

# Pregled primjene umjetne inteligencije i Blendera u animaciji i reklamnom stvaralaštvu

---

Horvat, Irma

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:698970>

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

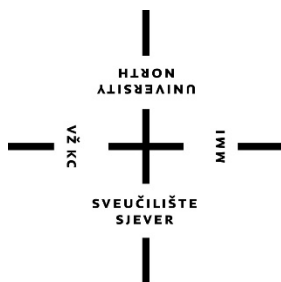
Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-24**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

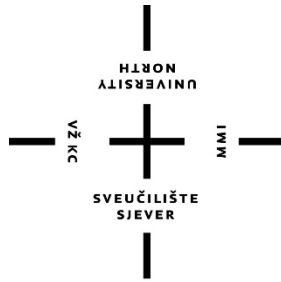
**Završni rad br. 111-MMD-2023**

**Pregled primjene umjetne inteligencije i Blendera u  
animaciji i reklamnom stvaralaštvu**

**Irma Horvat, 2889/336**

Varaždin, rujan 2024. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za multimediju

Završni rad br. 111-MMD-2023

## **Pregled primjene umjetne inteligencije i Blendera u animaciji i reklamnom stvaralaštvu**

**Student**

Irma Horvat, 0336026392

**Mentor**

doc. dr. sc. Andrija Bernik

Varaždin, rujan 2024. godine

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za multimediju		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Multimedija		
PRISTUPNIK	Irma Horvat	MATIČNI BROJ	2889/336
DATUM	15.07.2023.	KOLEGIJ	Virtualna i proširena stvarnost
NASLOV RADA	Pregled primjene umjetne inteligencije i Blendera u animaciji i reklamnom stvaralaštvu		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: An overview of the application of artificial intelligence and Blender in animation and adverti

MENTOR: doc.dr.sc. Andrija Bernik ZVANJE: Docent

ČLANOVI POVJERENSTVA	
1.	izv.prof.dr.sc. Dean Valdec - predsjednik
2.	izv.prof.dr.sc. Emil Dumić - član
3.	doc.dr.sc. Andrija Bernik - mentor
4.	doc.art.dr.sc Robert Geček - zamjeniski član
5.	

## Zadatak diplomskog rada

BROJ: 111-MMD-2023

Suvremeni svijet animacije i reklamnog stvaralaštva sve više istražuje potencijal umjetne inteligencije (UI). UI je grana računalnih znanosti te opisuje svaki sustav koji ima sposobnost rješavanja problema te donošenja odluka nalik na ljudski um. Blender je moćan alat za 3D modeliranje, animaciju i vizualne efekte. Integracija umjetne inteligencije u Blender pruža nevjerojatne mogućnosti u animaciji kao i u oglašavanju. Ova spojena tehnološka kombinacija omogućuje umjetnicima, dizajnerima i animatorima da stvaraju složene i fotorealistične scene uz znatno manji napor i vrijeme.

U ovom preglednom diplomskom radu, analizirat će se kako ova kombinacija mijenja tradicionalne pristupe stvaralaštvu kao i načine na koji ova tehnologija mijenja industriju animacije i oglašavanja. Kroz sustavan pregled literature analizirat će se primjeri korištenja umjetne inteligencije u animaciji, kao generiranja pokreta likova, dinamičkih simulacija kao i inteligentnog upravljanja animacijama. Također istražiti će se primjena UI u kreiranju ciljanih reklamnih kampanja temeljenih na analizi podataka o potrošačima. Istražujući primjere iz prakse, opisat će se korisnost, izazovi kao i potencijalni smjerovi budućeg istraživanja u ovoj rastućoj domeni stvaralaštva.

ZADATAK URUČEN 05.09.2024.



Beut

## **Predgovor**

Ovaj diplomski rad ne bi bio moguć bez podrške mog mentora, Andrije Bernika. Njegova stručnost, smjernice i neizmjerena podrška bili su ključni za završetak ovog rada. Njegova posvećenost i strpljenje inspirirali su me da uložim svoj maksimum. Također, želim se zahvaliti svim profesorima i asistentima na Sveučilištu Sjever koji su kroz predavanja, savjetovanja i radionice doprinijeli mom obrazovnom putu. Njihova podrška i znanje usmjerili su me ka razvijanju kritičkog mišljenja i istraživačkog duha.

Nadam se da će rezultati ovog istraživanja doprinijeti daljem razumijevanju umjetne inteligencije i kako se ona može koristiti u kontekstu izrada 3D animacija te da će ovaj rad poslužiti kao osnova za buduće studije na ovom polju.

## **Sažetak**

Suvremeni svijet animacije i reklamnog stvaralaštva sve više istražuje potencijal umjetne inteligencije (UI). AI je grana računalnih znanosti te opisuje svaki sustav koji ima sposobnost rješavanja problema te donošenja odluka nalik na ljudski um. Blender je moćan alat za 3D modeliranje, animaciju i vizualne efekte. Integracija umjetne inteligencije u Blender pruža nevjerojatne mogućnosti u animaciji kao i u oglašavanju. Ova spojena tehnološka kombinacija omogućuje umjetnicima, dizajnerima i animatorima da stvaraju složene i fotorealistične scene uz znatno manji napor i vrijeme.

U ovom preglednom diplomskom radu, analizirat će se kako ova kombinacija mijenja tradicionalne pristupe stvaralaštvu kao i načine na koji ova tehnologija mijenja industriju animacije. Kroz sustavan pregled literature analizirat će se primjeri korištenja umjetne inteligencije u animaciji, kao generiranja pokreta likova, dinamičkih simulacija kao i inteligentnog upravljanja animacijama. Opisat će se razni tematski povezani članci u kojima je moguće prikazati trenutni razvoja tehnologije opisane u radu. Pregledati će se praktični primjeri korištenja umjetne inteligencije u animaciji i stvaralaštvu. Odraditi će se kratko istraživanje gdje će se uspoređivati rad ljudskog bića i umjetne inteligencije. Usporedba će pregledavati više parametra: brzinu i efikasnost, kvalitetu i kontrolu, upotrebljivost i autorska prava, kreativnost i umjetnički izrat kao i trošak. Na samom kraju rada prezentirati će se diskusija i rezultati analize.

### **Ključne riječi:**

Umjetna inteligencija, Blender, animacija, CNN, Generative Models, DALL-E, Stability AI

## **Abstract**

The modern world of animation and advertising creation is increasingly exploring the potential of artificial intelligence (AI). AI is a branch of computer science that describes any system capable of problem-solving and decision-making in a manner similar to the human mind. Blender is a powerful tool for 3D modeling, animation, and visual effects. The integration of artificial intelligence into Blender offers incredible possibilities in both animation and advertising. This technological fusion enables artists, designers, and animators to create complex and photorealistic scenes with significantly less effort and time.

In this comprehensive thesis, an analysis will be conducted on how this combination is changing traditional approaches to creative work, as well as how this technology is transforming the animation industry. Through a systematic literature review, examples of the use of artificial intelligence in animation will be analyzed, including character motion generation, dynamic simulations, and intelligent animation control. Various thematically related articles will be described to showcase the current development of the technology discussed in the paper. Practical examples of using artificial intelligence in animation and creative work will also be reviewed. A brief study will be conducted comparing the work of humans and AI. This comparison will evaluate multiple parameters: speed and efficiency, quality and control, usability and copyright, creativity and artistic expression, as well as cost. At the end of the paper, a discussion and analysis of the results will be presented.

## **Keywords**

Artificial Intelligence, Blender, animation, CNN, Generative Models, DALL-E, Stability AI



## **Popis korištenih kratica**

<b>AI</b>	Umjetna inteligencija
<b>CNN</b>	Konvolucijska neuronska mreža
<b>RNN</b>	Rekurentne neuronske mreže
<b>GAN</b>	Generativna suparnička mreža
<b>NLP</b>	Obrada prirodnog jezika
<b>PGM</b>	Probabilistički Grafički Modeli
<b>VAE</b>	Varijacijski autokoderi
<b>API</b>	Programsko sučelje aplikacije

# Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Osnove o umjetnoj inteligenciji .....	3
1.2. Podjela umjetne inteligencije .....	4
1.2.1. Strojno učenje ( <i>machine learning</i> ).....	5
1.2.2. Duboko učenje ( <i>deep learning</i> ).....	7
1.2.3. <i>Generative Diffusion Models</i> .....	10
1.2.4. <i>Prirodni jezik (NLP)</i> .....	12
2. Primjene umjetne inteligencije .....	15
2.1. Počeci umjetne inteligencije u vizualnim umjetnostima.....	16
2.2. Etika umjetne inteligencije u vizualnim umjetnostima .....	18
2.3. Umjetna inteligencija u vizualnim umjetnostima.....	21
3. Umjetna inteligencija u animaciji .....	24
3.1. Komercijalna primjena umjetne inteligencije u animaciji .....	25
4. Pregled literature: primjena umjetne inteligencije u 3D modeliranju.....	29
5. Pregled literature: primjena umjetne inteligencije u 3D animaciji .....	35
6. Usporedba procesa izrade i animiranja 3D objekata s i bez korištenja umjetne inteligencije .....	49
6.1. Brzina i efikasnost rada .....	49
6.2. Kvaliteta i kontrola.....	54
6.3. Upotrebljivost i autorska prava .....	57
6.4. Kreativnost i umjetnički izraz .....	59
6.5. Trošak.....	59
6.6. Analiza rezultata:.....	62
6.6.1. <i>Rasprava</i> .....	63
6.6.2. <i>Osvrti na rad</i> .....	65
6.6.3. <i>Prednosti i izazovi integracije umjetne inteligencije u Blenderu</i> .....	66
7. Zaključak.....	68
8. Literatura.....	70



# 1. Uvod

Početak 20-og stoljeća svijet znanstvene fantastike kuje se naziv "umjetno inteligentni roboti" u obliku Limenog čovjeka iz "Čarobnjak iz Oza" kao i Marie iz Metropolis. [20] Kroz medije, čak i danas provlači se ideja o super-pametnim računalima koja će nas nadmašiti u svakom smislu. Od filmova i serijala kao Terminatora, Matrixa, Ja Robot i Ex Machina do video igra kao Deus Ex, System Shock, Detroit: Become Human, NieR: Automata. Nažalost, do danas svijet umjetne inteligencije još nije dosegao razinu opisanih u znanstvenoj fantastici, no brza evolucija tehnologije nastavlja otvarati vrata novim mogućnostima i izazovima. Turing je sugerirao da ljudi koriste dostupne informacije kao i razum kako bi riješili probleme i donijeli odluke, pa zašto i strojevi ne bi mogle učiniti isto? To je bila logička struktura njegovog rada iz 1950. godine, "Računalni stroj i inteligencija", u kojem je raspravljao o tome kako izgraditi inteligentne strojeve i kako testirati njihovu inteligenciju. [1]

Alan Turing je rano prepoznao potencijal korištenja šaha kao testnog okruženja za umjetnu inteligenciju u rješavanju problema. Iako tadašnja računala nisu bila dovoljno moćna za stvaranje snažnog šahovskog programa, Turing je uočio kompleksnost šaha s njegovih 10 legalnih poteza i ishoda. U svom već spomenutom radu iz 1948., „Računalni stroj i inteligencija“, Turing je postavio temelje za buduće šahovske programe, što je naposljetku dovelo do razvoja programa koji su se 1990-ih mogli natjecati s velemaistorima. [1]

Šahovski računalni programi kontinuirano su napredovali tijekom 1970-ih, dosegnuvši razinu stručnjaka do kraja tog desetljeća, odnosno top 1% svjetskih igrača. Godine 1983. program Belle, kojeg je razvio Ken Thompson, prvi je službeno dosegao razinu majstora. Nakon njega, Hitech je postao prvi Senior Master program, a Deep Thought prvi program koji je redovito pobjeđivao velemaistore. Oba programa razvijena su na Sveučilištu Carnegie-Mellon u Pittsburghu. Tijekom 1990-ih, IBM je preuzeo projekt i razvio program Deep Blue, evoluciju Deep Thought-a. Godine 1996. u Philadelphiji se održao poznati dvoboj između Garryja Kasparova i Deep Blue-a, gdje je Kasparov pobijedio 4-2. Godinu dana kasnije, Deeper Blue (evolucija Deep Blue-a) pobijedio je Kasparova rezultatom 3.5-2.5. U narednim mečevima protiv Kasparova, Kramnika i drugih svjetskih prvaka, računalni programi pokazali su dobar omjer, iako nisu svi bili susreti Svjetskog prvenstva. [2]

Turing je predložio izmjenu na ono što se naziva "Imitacijska igra". Imitacijska igra uključuje tri ljudska sudionika u tri odvojene sobe. Svaka soba je povezana putem ekrana i tipkovnice, u jednoj sobi je muškarac, u drugoj žena, a trećoj muškarac ili žena koji će biti sudac. Žena pokušava uvjeriti suca da je muškarac, dok sudac pokušava odrediti tko je tko. Turing mijenja koncept ove igre uključujući umjetnu inteligenciju, ljudsku osobu i ljudskog ispitivača. Zadatak ispitivača tada

je odlučiti tko je AI, a tko je čovjek. Od formiranja testa, mnogi AI su bili u stanju proći; jedan od prvih je program nazvan ELIZA, koji je stvorio Joseph Weizenbaum. [1]

Prema Turingu računalo je bilo sposobno "misliti" ako je njegov rezultat bio toliko uvjerljiv da osoba koja je s njim u interakciji nije mogla razlikovati njegove odgovore od odgovora pravog čovjeka. Alana Turinga se smatra ocem umjetne inteligencije i kognitivne znanosti, te je bio vodeći rani eksponent hipoteze da je ljudski mozak velikim dijelom digitalni računalni stroj. On je teoretizirao da je moždani korteks pri rođenju "neorganizirani stroj" koji kroz "trening" postaje organiziran "u univerzalni stroj". Turing je predložio ono što je kasnije postalo poznato kao Turingov test kao kriterij za razmišljanje o umjetnom računalu. Krajem 2022., pojava ChatGPT-a ponovno je pokrenula razgovor o vjerojatnosti da su komponente Turingovog testa ispunjene. [1. ,3] Originalni Turingov test zahtijeva tri terminala, od kojih je svaki fizički odvojen od ostalih dva. Jedan terminal upravlja računalom, dok su druga dva upravljana od strane ljudi. Tijekom testa, osoba djeluje kao ispitivač, dok druga osoba i računalo djeluju kao ispitanici. Ispitivač ispituje ispitanike unutar određenog područja, koristeći određeni format i kontekst. Nakon unaprijed određenog vremena ili broja pitanja, ispitivač je zatim pozvan da odluči koji je ispitanik bio čovjek, a koji računalo.

Test se ponavlja mnogo puta. Ako ispitivač donese ispravnu odluku u polovici ili manje testnih izvođenja, računalo se smatra umjetnom inteligencijom jer ga ispitivač smatra "jednako ljudskim" kao ljudski ispitanik. [2]

Matthew Jackson i William D. Eberle profesori u Školi Humanističkih Znanosti Stanford odradili su da najnovija verzija ChatGPT-a, verzija 4, se nije razlikovala od svojih ljudskih pandana. U slučajevima kada je bot odabrao manje uobičajena ljudska ponašanja, bio je kooperativniji i altruističniji. Odnosno ChatGPT prolazi Turingov test [3]

Službeni početak umjetne inteligencije smatra se konferencijom održanom na Dartmouthu 1956. godine. U ranim 1950-ima, polje "strojeva za razmišljanje" imalo je različita imena poput kibernetike, teorije automatizacije i složene obrade informacija, što odražava raznolikost konceptualnih usmjerenja. John McCarthy, mladi asistent na Dartmouth fakultetu, organizirao je grupu s ciljem razvijanja i pojašnjavanja ideje o mislećim strojevima 1955. godine. Odlučio je nazvati tu radnu grupu "Umjetna inteligencija". McCarthy je također autor osnovnog programskog jezika za umjetnu inteligenciju, LISP-a (1958), i smatra se pionirskom figurom u području umjetne inteligencije. [2]

LISP (LIST Processing) je programski jezik koji je razvio John McCarthy 1958. godine, a ime mu dolazi od njegove osnovne strukture podataka, liste. LISP je jedan od najstarijih programskih jezika i posebno je značajan u području umjetne inteligencije (AI) zbog svoje fleksibilnosti i moći izražavanja. [2]

LISP je dizajniran za simboličku manipulaciju, što ga čini idealnim za AI aplikacije koje uključuju obradu i analizu složenih podataka. LISP omogućuje lako rukovanje simbolima i listama, što je korisno za implementaciju algoritama učenja i zaključivanja. LISP pruža interaktivno okruženje koje omogućuje programerima da eksperimentiraju s kodom i brzo testiraju ideje. Ovo je posebno korisno u istraživačkom radu i razvoju AI sustava, gdje je iterativni pristup ključan. [4]

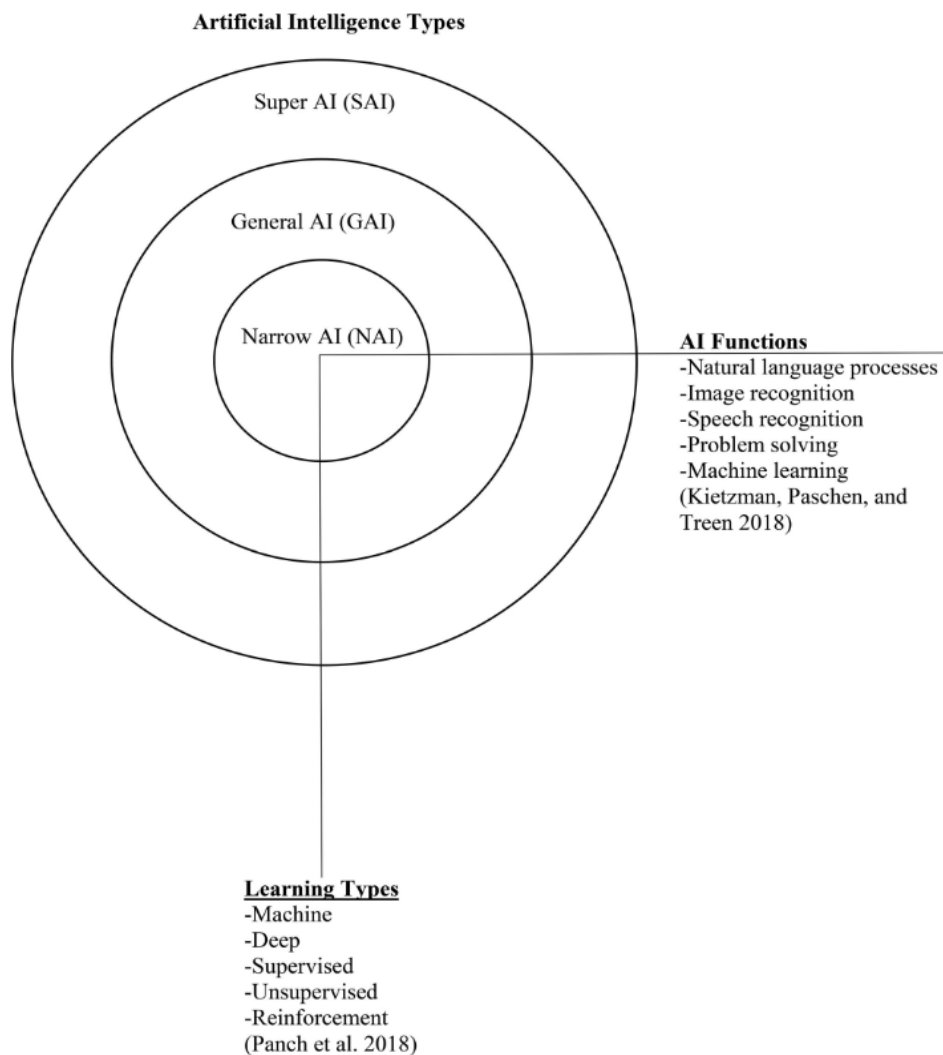
## 1.1. Osnove o umjetnoj inteligenciji

Prema Roger C. Schanku primarni cilj umjetne inteligencije je izgradnja inteligentnog stroja. Drugi cilj je saznati o prirodi inteligencije. Oba cilja imaju potrebu definiranja inteligencije. Postoji malo suglasnosti o tome što znači inteligencija. Iz čega slijedi da u zajednici umjetne inteligencije postoji malo suglasnosti o tome što je točno AI i što bi trebao biti. Razumljivo je da umjetna inteligencija pati od nedostatka definicije svog opsega. Neke od značajka za koje se očekuje da inteligentno biće posjeduje su mogućnost komunikacije, neko unutarnje znanje, znanje o svijetu, namjernost i kreativnost. [5] Zaključna definicija umjetno inteligentnog programa je: "Umjetna inteligencija je znanost koja daje programima sposobnost mijenjanja sebe na bolje kao rezultat vlastitih iskustava." [5]

Professor Christopher Manning sa Sveučilišta Stanford ima korisne definicije inteligencije, umjetne inteligencije i tehnologija umjetne inteligencije. [6] Inteligenciju se može definirati kao sposobnost učenja i primjene odgovarajućih tehnika za rješavanje problema i postizanje ciljeva, prilagođenih kontekstu u nesigurnom, uvijek promjenjivom svijetu. Potpuno preprogramirani robotski radnik u tvornici je fleksibilan, precizan i dosljedan, ali nije inteligentan. [6] Umjetna inteligencija (AI), termin koji je skovao profesor na Stanfordu John McCarthy 1955. godine, definirao je kao "znanost i inženjering stvaranja inteligentnih strojeva". Mnoga istraživanja su se bavila programiranjem strojeva da se ponašaju na pametan način, poput igranja šaha, ali danas naglašavamo strojeve koji mogu učiti, barem donekle na način na koji to rade ljudi. [6] Stroj s sposobnošću obavljanja kognitivnih funkcija poput opažanja, učenja, zaključivanja i rješavanja problema smatra se umjetnom inteligencijom. [6]

Jedna od točaka koje opisuje Pai Wang u radu "Defining AI" je kako ne možemo očekivati da će svaki koncept biti dobro definiran od samog početka, čak ni za znanstvene koncepte, jer je svaki fenomen proučavan znanstveno početno koncipiran kao nejasna ideja, a koncepti su prirode fluidni. [7]

Postojanje toliko nejasnoća oko definiranja umjetne inteligencije može se pripisati širokom opsegu područja koje obuhvaća, stalnim promjenama tehnologije i različitim perspektivama stručnjaka. Umjetna inteligencija je multidisciplinarno polje koje se neprestano razvija, što otežava postavljanje jednoznačne definicije koja bi obuhvatila sve aspekte. Osim toga, pitanja etike, filozofije i moralnih implikacija dodatno kompliciraju definiciju AI-a, stvarajući različite interpretacije i nejasnoće u tom području. [7]



Slika 1.1: Vrste umjetne inteligencije

## 1.2. Podjela umjetne inteligencije

Umjetna inteligencija može podijeliti na užu umjetnu inteligenciju (narrow AI), opću umjetnu inteligenciju (artificial general intelligence) i jaku umjetnu inteligenciju (artificial superintelligence). Uža AI se odnosi na situaciju kada stroj može izvršavati specifične zadatke bolje od čovjeka. Opća AI se postiže kada stroj može obavljati bilo koji intelektualni zadatak s jednakom

točnošću kao i čovjek. Jaka AI označava situaciju kada AI može nadmašiti ljude u mnogim zadacima.[8]

Uža umjetna inteligencija predstavlja inteligentne sustave koji su specijalizirani za jednu konkretnu svrhu, na primjer AI sustav koji može pobijediti najboljeg šahista na svijetu-no to mu je jedina svrha. Sustavi kao email spam filters, Google tražilica, Siri ili ostali asistenti su dobri primjeri uske umjetne inteligencije. [9]

Opća umjetna inteligencija (artificial general intelligence) dizajnirana je da se podudara s inteligencijom na razini ljudskog mozga u smislu širine i prilagodljivosti. Snažna umjetna inteligencija podsjeća na nešto iz znanstveno-fantastičnih filmova. To su hipotetski strojevi koji mogu komunicirati s svijetom kao ljudska bića. Mogu učiti i samostalno rješavati problem. [8]

S aspekta programiranja, umjetna inteligencija (UI) uključuje proučavanje simboličkog programiranja, rješavanje problema i pretraživanje. [8] Tipično, AI programi se fokusiraju na simbole, a ne na numeričku obradu. Također aktiviraju rješavanje problema - postizanje ciljeva, pretraživanje - s rijetkim pristupom rješenju izravno uz uključivanje raznih tehnika.

Programski jezici koji se koriste za implementaciju AI uključuju sljedeće:

- Python
- R
- Lisp
- Prolog

Tradicionalno programiranje funkcionira na sustavu temeljenom na pravilima, gdje su eksplicitne upute napisane za svaki mogući scenarij. Programer definira ulaz i očekivani izlaz, a računalni program djeluje kao deterministički stroj slijedeći ova unaprijed postavljena pravila. Umjetna inteligencija, s druge strane, funkcionira više poput crne kutije. Ulazi i željeni izlazi daju se tijekom procesa obuke, ali za razliku od tradicionalnog programiranja, ne daju se eksplicitna pravila za njihovo povezivanje. Umjesto toga, AI uči iz ovih podataka i počinje predviđati ishode na temelju obrazaca koje identificira tijekom obuke. [8]

### **1.2.1. Strojno učenje (machine learning)**

Strojno učenje ili Machine Learning dio je primjene umjetne inteligencije-ono je općenita tehnika učenja iz podataka bez eksplicitnog programiranja. Temelji se na ideji da postoje uzorci u podacima koji su identificirani i korišteni za buduće predikcije. Razlika u odnosu na postavljanje čvrstih pravila je ta što se stroj samostalno uči pronalaziti takva pravila. [8] Strojno učenje je sposobnost predikcije i donošenje odluka temeljeno na nadim podacima. Što je više novih podataka, to algoritam bolje uči. Kroz strojno učenje, AI sustavi postaju sve bolji u obavljanju



zadataka, a da ih pritom nije potrebno posebno programirati. Kada se novi podaci unesu u algoritam, on koristi model za predikciju, a zatim se ta predikcija evaluira radi poboljšanja modela. [2] Strojno učenje pripada području slabe umjetne inteligencije jer ne razumije stvarno značenje onoga što obrađuje, već povezuje simbole i značenja te identificira uzorke. Razlika je u tome što računalo samo prepoznaje uzorke u podacima, umjesto da ih programer unaprijed definira, čime računalo s vremenom postaje "pametnije". [2]

Strojno učenje može se podijeliti u dvije kategorije:

1. Nadzirano učenje. Sustav uče ljudi
2. Nenadzirano učenje sustav uči samostalno.

Nadzirani sustavi učenja temelje se na velikom broju primjera točnih odgovora ili postupaka za određeni problem ili situaciju. Što je veći broj podataka, to je sustav uspješniji u predikciji točnog odgovora. Primjerice, ako se stroju pruži tisuće slika pasa kako bi pronašao uzorke i razlike među njima, sustav se ne mora brinuti o isključivanju slika koje nisu psi, kao što su mačke, krave, automobili, kuće itd. Sve te slike čine "*training set*" ili skup podataka za treniranje. Kroz korištenje tog skupa podataka, stroj uči da su svi uzorci koje pronađe dio karakteristika određenog entiteta, u ovom slučaju psa. [2]

S druge strane, strojevi također mogu učiti samostalno koristeći velike količine podataka i tražeći obrasce u njima. Na primjer, stroju se mogu dati sve slike s nečijeg profila na društvenoj mreži, a stroj neće znati tko su mama, tata, dečko, cura, brat, sestra, muž, žena, kći ili sin te osobe, ali može grupirati osobe prema frekvenciji njihovog pojavljivanja na slikama ili lokaciji gdje su slike napravljene. Iako je trenutno strojno učenje bez nadzora manje učinkovito od nadziranog sustava strojnog učenja, ono predstavlja korak prema razvoju snažne umjetne inteligencije. [2]

Neki od najčešće korištenih algoritama za predviđanje točnih ishoda (nadzornog učenja) su:

1. Stabla odlučivanja (Decision Trees): Ovaj algoritam koristi strukturu nalik stablu gdje svaka grana predstavlja izbor između nekoliko opcija, a svaki list predstavlja ishod ili klasifikaciju. Stabla odlučivanja su jednostavna za razumijevanje i interpretaciju te se često koriste za klasifikaciju i regresiju.
2. Naivna Bayesova klasifikacija: bazira se na Bayesovom teoremu i pruža način izračuna vjerojatnosti hipoteze uz određene zadane podatke.
3. Logistička regresija (Logistic Regression): Ovaj algoritam koristi se za binarnu klasifikaciju, gdje izlaz može imati samo dvije vrijednosti (npr. da ili ne).

Nenadzirano učenje, s druge strane, koristi algoritme koji nemaju unaprijed poznate oznake podataka. Cilj je otkriti skrivene obrasce i strukture u podacima. Neki od najčešće korištenih algoritama su:

1. **Algoritmi grupiranja (Clustering Algorithms):** Ovi algoritmi grupiraju podatke u skupine ili klastere tako da su objekti unutar istog klastera slični jedni drugima, a različiti od objekata u drugim klasterima. Najpoznatiji algoritam grupiranja je K-means, koji minimizira razlike unutar svakog klastera.
2. **Analiza glavnih komponenti (Principal Component Analysis, PCA):** Ovaj algoritam koristi se za smanjenje dimenzionalnosti podataka, čime se poboljšava interpretabilnost podataka i smanjuje gubitak informacija. PCA identificira glavne osi varijacije u podacima i projicira podatke na te osi, čime se smanjuje broj značajki dok se zadržava što više varijance.

Kombinacijom ovih algoritama, nadzirano i nenadzirano učenje omogućuju rješavanje širokog spektra problema u raznim područjima primjene umjetne inteligencije i strojnog učenja. [8]

### **1.2.2. Duboko učenje (deep learning)**

Ono predstavlja pod kategoriju strojnog učenja, a realizira se umjetnim neuronskim mrežama (Umjetne neuronske mreže su računalni modeli inspirirani biološkim neuronima koji se koriste za obradu podataka i izvođenje kompleksnih zadatka u strojnom učenju i umjetnoj inteligenciji.)koje pomažu u prepoznavanju govora, računalnog vida i obrade prirodnog jezika. [10] Fokusira na algoritme inspirirane strukturom i funkcijom neuronskih mreža u mozgu. Cilj mu je stvaranje umjetnih neuronskih mreža koje su sposobne učiti iz velike količine podataka. Ono što razlikuje duboko učenje od tradicionalnih algoritama strojnog učenja jest korištenje više slojeva nelinearnih jedinica za obradu i transformaciju značajki. Ti slojevi omogućuju modelu da automatski nauči reprezentacije podataka s više razina apstrakcije. [10]

Duboko učenje postiglo je značajan uspjeh u različitim zadacima poput prepoznavanja slika i govora, obrade prirodnog jezika te autonomne vožnje. Popularne arhitekture dubokog učenja uključuju konvolucijske neuronske mreže (CNN) za obradu slika, rekurentne neuronske mreže (RNN) za obradu sekvenčnih podataka gdje je važan redoslijed i generativna suparnička mreža (GAN) za generiranje slika, zvuka i teksta . [10]

CNN je vrsta neuronske mreže koja analizira sliku koristeći horizontalno i vertikalno skeniranje, čime omogućuje prepoznavanje objekata na sceni. Ova tehnologija se koristi za obradu vizualnih podataka, a rezultat je prepoznavanje objekata na slici, poznato kao prepoznavanje

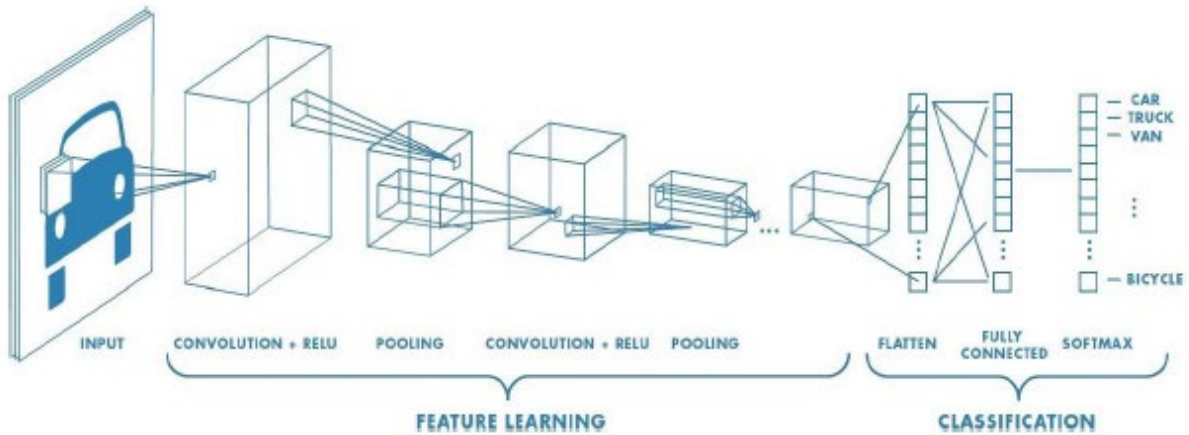
objekata. RNN ima sposobnost pamćenja ograničene prošlosti i koristi tu informaciju kao ulaz u daljnje procesiranje. GAN može stvarati realistične slike, zvukove ili tekst koji su slični onima koji su korišteni u skupu za učenje. [11]

#### □ **Konvilucijska neuronska mreža CNN**

Jedna od najpopularnijih dubokih neuronskih mreža su konvilucijske neuronske mreže (poznate i kao CNN ili ConvNet) u dubokom učenju, posebice kada je riječ o primjenama u računalnom vidu. [12] Konvilucijske neuronske mreže (CNN) su duboke neuronske mreže posebno dizajnirane za obradu strukturnih podataka poput slika. Ono što ih čini posebno učinkovitima u računalnom vidu je njihova sposobnost izvlačenja i naučavanja značajki iz slika.

CNN-ovi koriste specijalne slojeve nazvane konvilucijski slojevi koji primjenjuju filtere na ulazne slike kako bi otkrili različite uzorke i značajke. Ti slojevi mogu otkriti različite aspekte slike poput rubova, oblika i tekstura. dok kasniji slojevi mogu kombinirati te uzorke kako bi prepoznali složenije karakteristike kao što su geometrijski oblici ili čak specifični objekti poput lica ili automobila. Nakon konvilucijskih slojeva, obično slijede slojevi za subuzorkovanje (pooling), koji smanjuju dimenzionalnost izlaza konvilucijskih slojeva. To olakšava daljnju obradu i smanjuje broj parametara u mreži, čime se smanjuje i potrebna računalna snaga. Konačno, CNN-ovi uključuju potpuno povezane slojeve koji integriraju naučene značajke i omogućuju klasifikaciju ili predikciju. Ova arhitektura omogućuje CNN-ovima da postignu izvanredne rezultate u različitim zadacima kao što su klasifikacija slika (npr. prepoznavanje lica), detekcija objekata na slikama ili segmentacija slika na različite regije. [12]

U radu „Face Recognition: A Convolutional Neural-Network Approach“ Lawrence et al.(1997.) [13] opisuje vizualizaciju rada CNN-a na slijedeći način: zamislimo da želimo prepoznati prijatelja na slici s koncerta. Slično kao što naše oči pregledavaju sliku, CNN počinje s cjelokupnom slikom kao ulazom. Svaki sloj u mreži zatim uzima manje dijelove slike i analizira ih na različitim razinama apstrakcije. To omogućuje mreži da postepeno razumije sve složenije aspekte slike i na kraju prepozna specifične osobine ili objekte. [13]



Slika 1.2: Prikaz rada konvolucijske neuronske mreže

#### □ **Rekurentne neuronske mreže RNN**

Rekurentne neuronske mreže (RNN) su posebno dizajnirane neuronske mreže za obradu sekvencijskih podataka kao što su prirodni jezik, vremenske serije i govorna prepoznavanja. Za razliku od konvencionalnih neuronskih mreža, RNN-ovi imaju unutarnje stanje koje omogućuje zadržavanje informacija o prethodnim ulazima. Ključna komponenta RNN-a je rekurentni sloj koji omogućuje informacijama da se "pamte" i prenose s jednog koraka sekvencije na sljedeći.

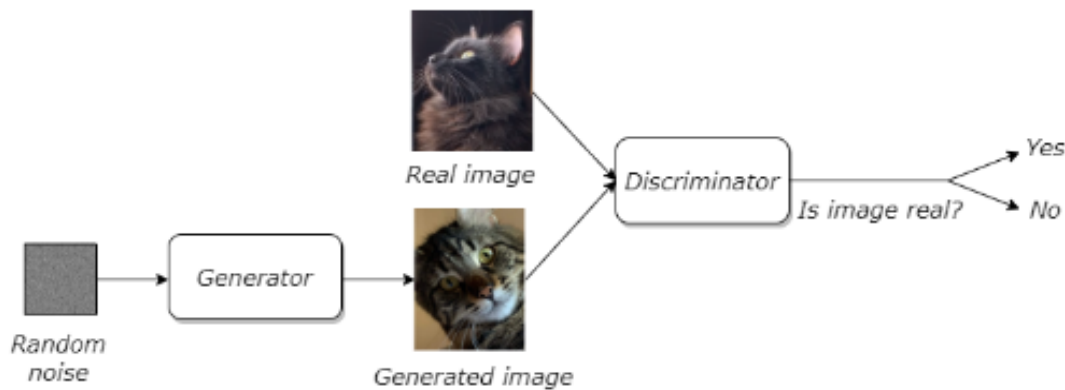
Međutim, tradicionalne RNN-ove karakterizira problem nestajućeg ili eksplozivajućeg gradijenta, što može otežati učenje na dugim sekvencijama podataka. Kako bi se riješio ovaj problem, razvijene su naprednije varijante RNN-ova poput Long Short-Term Memory (LSTM) i Gated Recurrent Unit (GRU). Ove varijante imaju sofisticirane mehanizme koji omogućuju bolje upravljanje dugoročnim zavisnostima u podacima. [14]

NN-ovi su ključni u mnogim primjenama dubokog učenja koje uključuju sekvencijske podatke. Oni su neizostavan alat u područjima poput strojnog prevođenja, generiranja teksta i analize vremenskih serija. [14]

#### □ **Generativna suparnička mreža GAN**

Kada je riječ o generativnim modelima, generativna suparnička mreža (GAN) predstavlja prekretnicu u literaturi dubokog učenja. Generator nastoji generirati što realističnije uzorke podataka, dok diskriminator nastoji razlikovati te generirane uzorke od stvarnih podataka. Ove dvije mreže se treniraju iterativno u suparničkom okruženju: generator pokušava poboljšati svoje uzorke kako bi što više nalikovali stvarnim podacima, dok diskriminator uči sve bolje razlikovati lažne uzorke od stvarnih. Natjecanje između generatora i diskriminatora potiče ih da se

kontinuirano poboljšavaju tijekom treninga. Kada je trening završen, generator može generirati potpuno nove uzorke podataka koji imaju slične statističke karakteristike kao i originalni podaci iz skupa za učenje. Ova tehnika omogućuje generiranje visokokvalitetnih novih podataka u različitim područjima kao što su umjetna slika, glazba, tekst i mnogi drugi, čime je GAN postao ključan alat u umjetnoj inteligenciji i dubokom učenju. [15] U slici 3 vidimo opis rada generativne suparničke mreže a sastoji se od generatora koji transformira vektorski šum u realistične podatke te diskriminatora koji klasificira je li primljeni uzorak stvaran ili generiran, postičući kvalitetne generativne modele kroz suparničko učenje.



Slika 1.3: Prikaz rada GAN-a

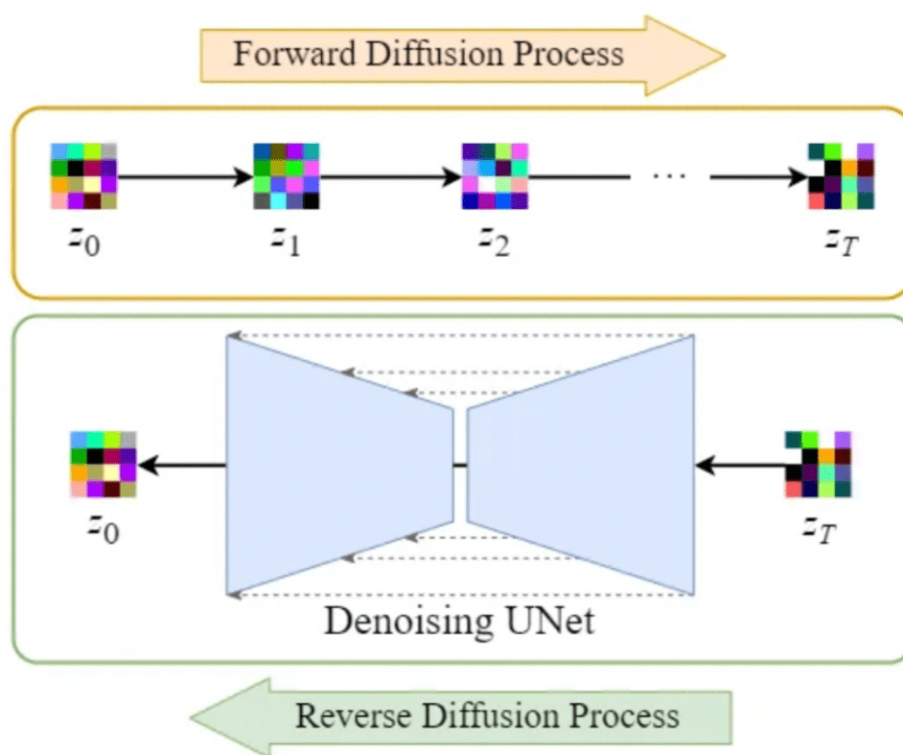
GAN-ove je 2014. godine uveo Ian Goodfellow. [18] U izvornom GAN okviru, i generator i diskriminator su MLP-ovi. (Multi-Layer Perceptron je osnovni tip neuronske mreže koji se sastoji od više slojeva neurona povezanih u slojevitu strukturu) Generator uzima slučajni šum vektor kao ulaz i generira uzorke. Diskriminator uzima generirani uzorak i stvarni uzorak iz podataka kao ulaze i pokušava odlučiti koji je stvaran. Zatim, na temelju povratnih informacija od diskriminatora, generator ažurira svoje parametre kako bi poboljšao generiranje uzorka koji su što sličniji stvarnim podacima. Ovaj suparnički odnos dovodi do situacije gdje se igra završava na sedlastoj točki, gdje je diskriminator neodlučan (vjerojatnost da je uzorak stvaran ili generiran je približno 1/2). [14]

### 1.2.3. Generative Diffusion Models

Modeli generativne difuzije su vrsta dubokih generativnih modela koji pretvaraju jednostavan šum (poput Gaussovog šuma) u složene podatke kroz niz malih koraka. Ovi modeli imaju dva glavna procesa: dodavanje šuma podacima i uklanjanje tog šuma kako bi se dobili originalni podaci.

1. Dodavanje šuma (*Forward Diffusion*): U ovom procesu, postupno se dodaje šum podacima. Počinje s originalnim podacima i polako ih pretvara u šum.
2. Uklanjanje šuma (*Reverse Denoising*): Ovdje se uči kako obrnuti proces dodavanja šuma. Neuronska mreža se trenira da uklanja šum korak po korak kako bi se vratili originalni podaci.

Difuzijski modeli su stabilniji za treniranje u usporedbi s Generativnim Adverzarijalnim Mrežama (GAN-ovima). Ovi modeli često stvaraju kvalitetnije slike i druge podatke od drugih generativnih modela. Mogu se koristiti za različite zadatke kao što su stvaranje slika, videa, teksta i još mnogo toga. Problemi modela generativne difuzije jesu da su vremenski i računalno zahtjevni za izvođenje [16]



Slika 1.4: Ilustracija rada GAN-a

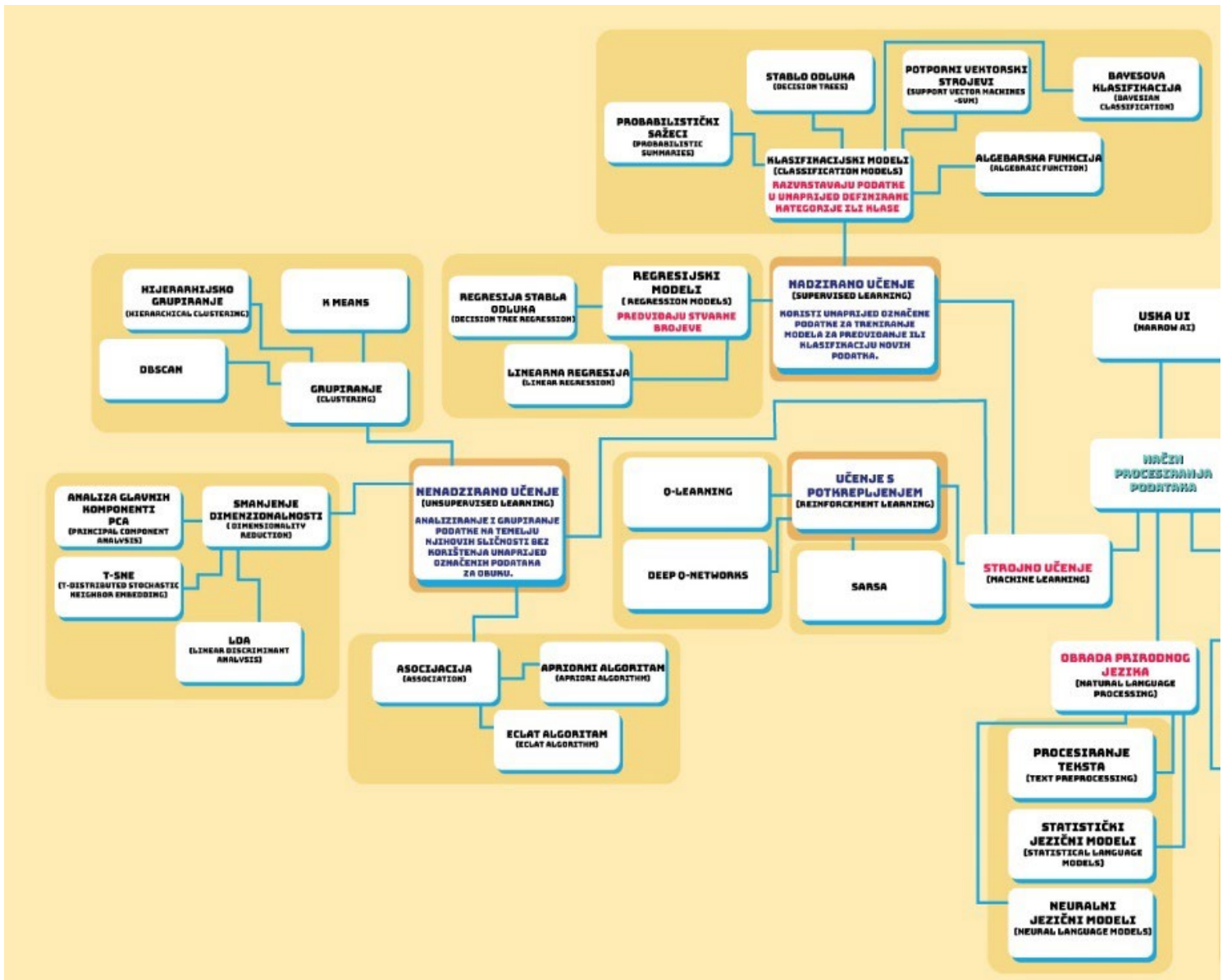
### 1.2.4. Prirodni jezik (NLP)

Obrada prirodnog jezika (NLP) je područje na sjecištu umjetne inteligencije, računalne znanosti i lingvistike, fokusirano na omogućavanje računalima da razumiju, interpretiraju i generiraju ljudski jezik. NLP obuhvaća razne zadatke i primjene koje se bave interakcijom između računala i ljudskih (prirodnih) jezika. NLP koristi metode strojnog učenja, koje su ključni dio umjetne inteligencije. Strojno učenje omogućava računalima da uče iz podataka, prepoznaju obrasce i donose odluke bez eksplicitnog programiranja za svaki pojedini zadatak. U NLP-u, strojno učenje se koristi za: klasifikaciju teksta (razvrstavanje podataka u kategorije spam ili ne-spam), predviđanje u smislu automatskog dovršavanja teksta, kao i prepoznavanje obrazaca, odnosno identifikacija imenovanih entiteta, odnosa među riječima i drugo. [17]

Koraci predprocesiranja prirodnog jezika su: tokenizacija, razbijanje teksta na manje jedinice, obično riječi ili rečenice, uklanjanje stop riječi kao „i“ „ili“ koje nemaju značajan utjecaj na analizu, stemming i lemmatizacija, smanjivanje riječi na njihov osnovni oblik gdje riječ „trčanje“ postaje riječ „trčati“. Nadalje tekst je potrebno pretvoriti u brojeve tehnikama kao Bag of Words, TF-IDF i Word Embeddings. [17]

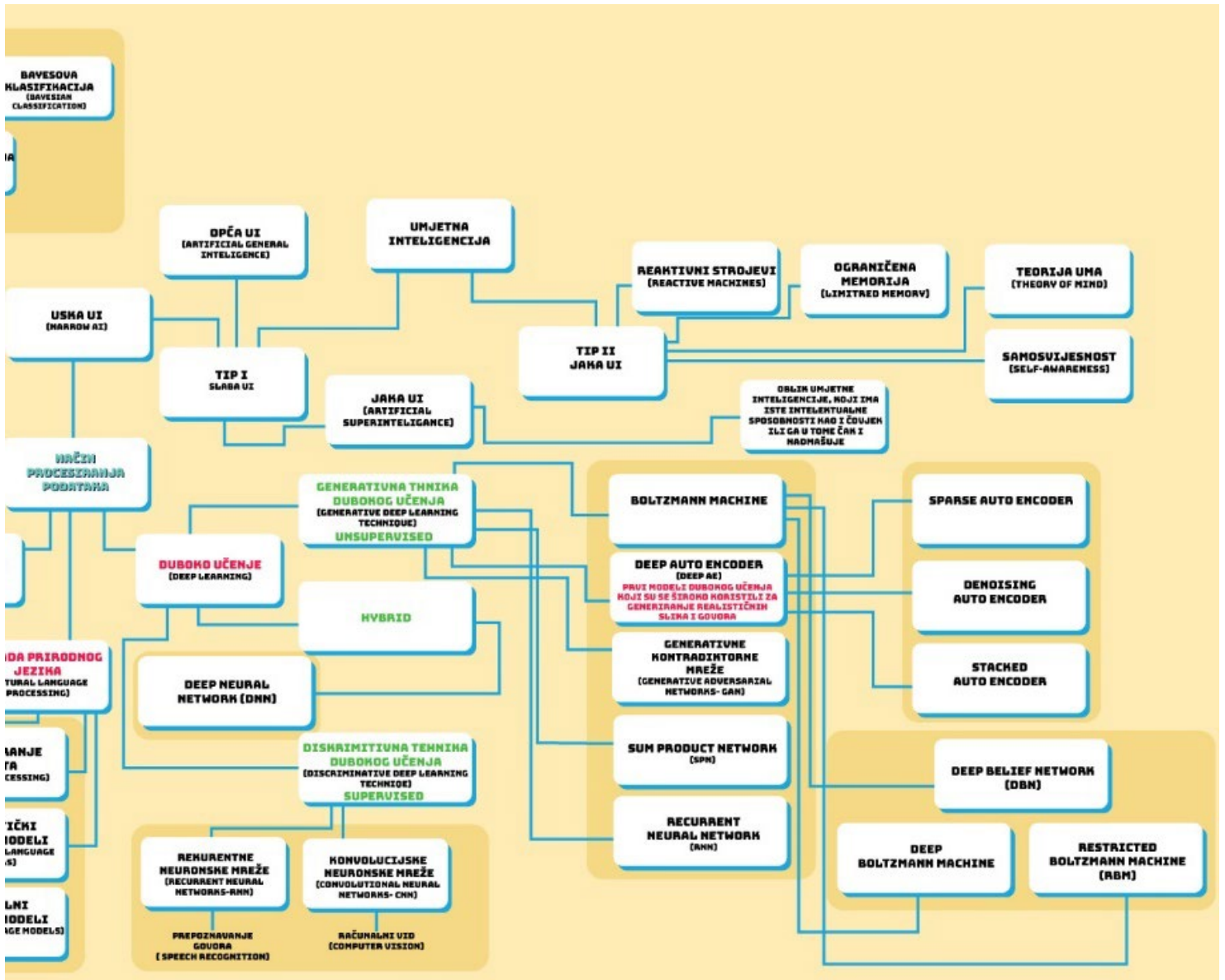
Za različite zadatke koriste se različiti modeli strojnog učenja ili dubokog učenja:

1. Naivni Bayesov klasifikator: Koristi se za klasifikaciju teksta poput filtriranja neželjene pošte.
2. Skriveni Markovljevi modeli (HMM) i Uvjetna slučajna polja (CRF): Koriste se za zadatke poput označavanja dijelova govora ili prepoznavanja imenovanih entiteta.
3. Duboke neuronske mreže (DNN): Uključuju rekurentne neuronske mreže (RNN) i transformatore (npr. BERT, GPT), koji su vrlo učinkoviti za zadatke poput prevođenja jezika, generiranja teksta i analize sentimenta [17]



Slika 1.5: Autorska umna mapa raspodjele umjetne inteligencije 1/2





Slika 1.6: Autorska umna mapa raspodjele umjetne inteligencije 2/2

## 2. Primjene umjetne inteligencije

Danas se često govori o tome da AI već mijenja svijet, uspoređujući njezinu popularnost s industrijskom revolucijom. Očekuju se značajne promjene u društvu i tržištu rada, s predviđanjima da će strojevi preuzeti mnoge rutinske poslove koje obavljaju ljudi. AI u poslovnom i osobnom aspektu najviše korištenja ima pri upravljanju velikim količinama informacija kao i automatizacijom rutinskih zadataka. Umjetna inteligencija već je sada sveprisutna - prisutna u našim svakodnevnim aktivnostima poput povezivanja s drugima putem tekstualnih poruka, e-mailova ili telefonskih poziva, gdje inteligentni algoritmi usmjeravaju informacije. [10] Primjena umjetne inteligencije obuhvaća široki spektar područja i funkcija, što se očituje u zdravstvu kroz dijagnosticiranje bolesti i personaliziranu medicinu, u financijama putem detekcije prijevара i upravljanja rizicima, u transportu kroz optimizaciju prometnih tokova i autonomne automobile, u marketingu kroz personalizaciju kampanja, u obrazovanju kroz prilagodbu nastavnog materijala, te u proizvodnji kroz optimizaciju procesa i upravljanje lancem opskrbe. Većina proizvoda s kojima dolazimo u kontakt dizajnirana je u suradnji ljudi i umjetne inteligencije, a zatim proizvedena u automatiziranim tvornicama. Ako bi svi sustavi umjetne inteligencije odlučili prestati raditi, naša civilizacija bi patila - bankarske transakcije bi zastale, komunikacija, transport i proizvodnja bi bili zaustavljeni. [10]

Različiti roboti, od kućnih ljubimaca do industrijskih, brojčano premašuju 10 milijuna. Programi za prepoznavanje govora i prevođenje koriste statističke tehnike strojnog učenja kako bi brzo rješavali složene zadatke. Ključna vrijednost algoritama leži u njihovoj brzini, koja omogućuje efikasno procesiranje velikih količina podataka gotovo trenutačno, a uklanjanje latencije omogućuje obavljanje više zadataka u manje vremena, što čini algoritme ključnim alatom suvremenog načina života. [10]

U proteklim godinama, mnoge tvrtke specijalizirale su se u području umjetne inteligencije, pri čemu se najčešće koriste algoritmi strojnog učenja. [10] Primjer primjene umjetne inteligencije u zdravstvu su IBM Watson Health, platforma koja koristi AI za pomoć pružateljima zdravstvenih usluga u analizi i upravljanju podacima o pacijentima. Waymo je projekt gdje se koristi umjetna inteligencija za samo vozeća vozila koji je pokrenuo Google, Waymo koristi kombinaciju radara i kamera da "vidi" okoliš te algoritme umjetne inteligencije za donošenje odluka o tome kako kretati se njime [18] Umjetna inteligencija koristi se i u robotici: Spot robot od Boston Dynamicsa je robot pokretan umjetnom inteligencijom koji je sposoban upravljati složenim okruženjima i obavljati različite zadatke poput inspekcije, mjerenja i nadzora. Koristi računalni vid kako bi shvatio svoje okruženje te algoritme strojnog učenja kako bi se prilagodio novim situacijama.

Softbank Pepper je robot koji je dizajniran za interakciju s ljudima na prirodnom jeziku, Amazonova Kiva je još jedan primjer robota pokretan umjetnom inteligencijom. Virtualni asistenti, prepoznavanje slika i govora, korisnička podrška i mnoga druga polja koriste umjetnu inteligenciju [18]

## 2.1. Počeci umjetne inteligencije u vizualnim umjetnostima

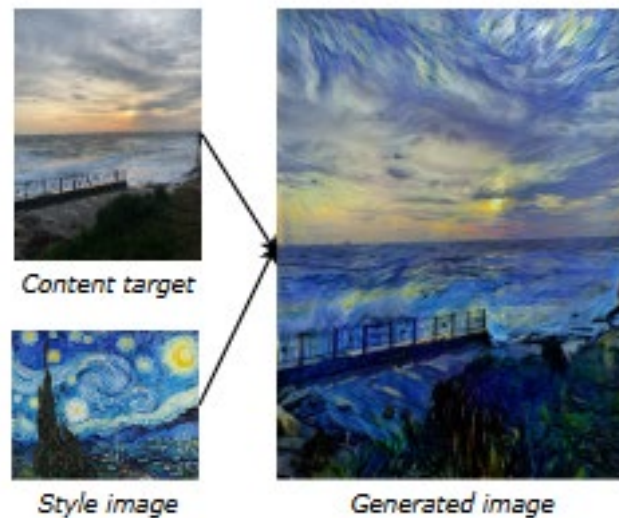
Vizualni prikazi i umjetnički izričaj korišteni su kao alat komunikacije i pripovijedanja u svim civilizacijama. Za kreaciju umjetnosti potrebna je „inspiracija“ i kreativna ideja se može opisati kao „nova i vrijedna kombinacija poznatih ideja.“ [19. 20] Budući da ništa ne može nastati iz praznine, moramo shvatiti da svakom kreativnom djelu ili kreativnoj ideji uvijek prethodi povijesno-kulturna shema; plod je kulturnog naslijeđa i proživljenih iskustava. Kao što Margaret Boden navodi u svojoj knjizi *Artificial Intelligence and Natural Man* (Boden, 1987.) AARON, je robotski sustav razvijen od strane umjetnika i programera Harolda Cohena, koji može samostalno uzeti kist svojim robotskim rukama i slikati na platnu. Smatra se najranijim programom umjetne inteligencije za stvaranje umjetnosti. Cohen je osmislio softver kasnih 1960-ih na Kalifornijskom sveučilištu u San Diegu i nazvao ga AARON početkom 1970-ih. [21] Cohenov početni program bio je prilično jednostavan. Definirao je mali skup pravila i obrazaca koje je računalo sastavilo u crteže, koji su zatim stavljeni na papir pomoću crtače "kornjače" - malog robota opremljenog markerom. [19. 20] AARON je programiran s opsežnim skupom pravila i znanja o položajima tijela, biljkama i osnovnim principima umjetnosti. Umjesto da kopira postojeće slike, AARON može generirati nove, jedinstvene slike temeljem tih pravila i znanja. Na primjer, može crtati različite prikaze ljudi u botaničkom vrtu, svaki put stvarajući nešto novo. Njegovo znanje je kumulativno, što znači da, jednom kada nauči koncept (npr. skupinu listova), može koristiti to znanje u različitim kontekstima i situacijama. Ovo je slično načinu na koji ljudi uče i primjenjuju stečeno znanje.

AARON slijedi stroga pravila ocrtavanja i konstrukcije, što mu pomaže da ostane dosljedan u svom stvaralaštvu. Na primjer, uvijek će nacrtati dvije ruke i dvije noge za ljudska tijela, čak i ako su neki od tih dijelova trenutno nevidljivi. [19.,21]

Od kada su CNN postigle impresivne razine procesiranja, započelo je razvijanje tehnika vizualizacije kako bi se bolje razumjelo kako ove mreže vide svijet i vrše klasifikaciju. [15] Proučavanje svakog sloja trenirane neuronske mreže dovelo je do razvoja Deep Dream-a, koji

stvara iznenađujuće umjetničke slike. Deep Dream generira slike na temelju reprezentacija koje je neuronska mreža naučila. [15]

Neural Style Transfer je tehnika temeljena na dubokom učenju koja kombinira sadržaj jedne slike sa stilom druge slike. Ova tehnika koristi prethodno uvježbanu konvolucijsku neuronsku mrežu (CNN) za prijenos stila jedne slike na drugu. Primjer je prikazan na slici gdje se stil slike (npr. Zvezdana noć Vincenta Van Gogha) primjenjuje na ciljnu sliku sadržaja.



*Slika 2.1: Ilustracija rada CNN-a*

U radu „Artwork Synthesis with Conditional Categorical GANs“ Tan et al. opisuju svoj model „ArtGAN“ gdje su prikazali rezultate GAN-a treniranog na skupini slika. Iako njihove izlazne slike nisu izgledale kao djela velikih majstora, slike su uspjele uhvatiti nisko razinske značajke umjetničkih djela. Ovaj rad je potaknuo interes za korištenje GAN-ova za generiranje umjetničkih slika. Također, izazvao je ljude da razmisle o kreativni kao konceptu koji bi mogao biti repliciran umjetnom inteligencijom. [22., 41] Time započinje ozbiljnija implementacija umjetne inteligencije u praksi i umjetnosti. Danas su ti modeli sposobni generirati vrlo realistične i složene slike temeljem jednostavnih tekstualnih upita. To omogućava pojedincima bez programerskog znanja da koriste ove moćne modele. Važno je imati na umu da upotreba ovih modela treba biti vođena etičkim i odgovornim razmatranjima.

Kao što je u radu već spomenuto difuzijski modeli su vrsta modela strojnog učenja koji postupno dodaju slučajni šum na podatke tijekom treninga i zatim uče kako obrnuti taj proces kako bi generirali nove podatke koji izgledaju slično originalnim podacima. Godine 2021. Open AI je objavio rad koji je pokazao da difuzijski modeli nadmašuju GAN-ove u generiranju slika. Manje od godinu dana kasnije, Open AI je primijenio ovo saznanje na generiranje slika iz teksta te su predstavili GLIDE, sustav koji se sastoji od difuzijskog modela za sintezu slika i transformer-

enkodera za unos teksta. Ovaj novi i poboljšani model treniran je na istom skupu podataka kao i DALL-E. Kvaliteta generiranih slika značajno nadmašuje one iz DALL-E-a. U studiji u kojoj su od ljudskih sudionika tražili da ocijene slike generirane od strane DALL-E-a i GLIDE-a, sudionici su preferirali slike GLIDE-a u 87% slučajeva za foto realizam i 69% slučajeva za sličnost s naslovom. Osim toga, preferirali su zamagljene GLIDE slike nad rangiranim ili pažljivo odabranim slikama iz DALL-E-a. [15]

Stabilna difuzija, nastala iz projekta nazvanog Latentna difuzija, razvijena je od strane istraživača na Ludwig Maximiliana sveučilištu u Münchenu i Sveučilištu Heidelberg. Četiri od originalnih pet autora (Robin Rombach, Andreas Blattmann, Patrick Esser i Dominik Lorenz) kasnije su se pridružili tvrtki Stability AI i izdali kasnije verzije Stabilne difuzije.[23]

Stabilna difuzija predstavlja možda najveću revoluciju u području, a dolazi od tvrtke Stability AI koja je potpuno otvorila pristup izvornom kodu. (*open code model*)

Za razliku od djelovanja u pikselnom prostoru, stabilna difuzija djeluje u (nižedimenzionalnom) latentnom prostoru i mapira izlaz difuzijskog procesa natrag u pikselni prostor koristeći VAE (*Variational Autoencoder*). Dok su prethodni modeli teksta-slika zahtijevali stotine dana računanja na GPU-u, ovaj latentni difuzijski model zahtijeva znatno manje računalne resurse i stoga je dostupniji onima s manje resursa. Osim generiranja slika, stabilna difuzija dodatno omogućava korisniku modifikaciju postojećih slika putem prijevoda slike u sliku (npr. pretvaranje skice u digitalnu umjetnost) ili popunjavanje (uklanjanje ili dodavanje nečega na postojeću sliku). [22., 23]

## 2.2. Etika umjetne inteligencije u vizualnim umjetnostima

Umjetna inteligencija kao alat donosi mnoge koristi i poboljšanja u različitim područjima zbog svojih sposobnosti analize podataka, učenja iz iskustva i autonomnog djelovanja, no u kontekstu umjetnosti umjetne inteligencije postoji nekoliko etičkih problema.

Bilo da se one smatraju umjetnošću ili ne AI-generirane slike su sve više prisutnije. 2018. godine generirana je i prodana prva AI slika pod nazivom “Edmond de Belamy” a prodana je na dražbi umjetnina u Christie’su za 432,000 dolara. Slika se generirala pomoću generativne superničke mreže GAN kao dio serije “La Famille de Belamy” umjetničke skupine Obvious Art.

2022. godine slika “Theatre d’opera spatial” Jasona M. Allena osvojilo je digitalnu umjetničku nagradu na godišnjem natjecanju u Colorado State Fair-u. [15] Taj događaj izazvao je zbrku među umjetničkim zajednicama upravo zbog etičkih zabrinutosti, pobjednička slika bila lišena

umjetničkog talenta u usporedbi s drugim umjetničkim djelima koja su stvarali umjetnici kroz godine posvećene prakse i obrazovanja. „Niti uputa koja je dana generatoru ne može se smatrati umjetničkim djelom kao na primjer poezija“ [15] te se spekuliralo kako bi i tu uputu mogao dati drugi model umjetne inteligencije, te ljudski dodir više neće biti niti potreban pri stvaranju umjetnosti. [15]



*Slika 2.2: La Famille de Belamy i Theatre d'opera spatial*

Diskusija „može li se kreacija nazvati umjetnošću“ se ne pojavljuje prvi put u povijesti. „Fontana“ Marcela Duchampa iz 1917. godine započela je rasprava o tome je li "Fontana" umjetnost ili nije. Istaknula je promjenjive pojmove estetike i dovela u pitanje tradicionalne ideje o ulozi umjetnika i definiciji same umjetnosti. Danas se Duchampovo djelo smatra jednim od najvažnijih i najutjecajnijih umjetničkih djela 20. stoljeća, ilustrirajući kako nešto što je u početku bilo kontroverzno ili odbačeno kao ne umjetnost, na kraju može biti prepoznato kao takvo. Također u ranim godinama fotografije, osobito u 19. stoljeću, postojao je skepticizam oko toga može li se ona smatrati oblikom umjetnosti. [24] Neki su kritičari tvrdili da je fotografija samo mehanički proces, bez kreativne intervencije umjetnika, te da stoga ne može biti umjetnost u tradicionalnom smislu. [24] Primjerice, kad su se pojavili film, stripovi, performansi, konceptualna umjetnost ili digitalna umjetnost, mnogi su osporavali jesu li ti mediji ili prakse zaista umjetnost. No s vremenom su se mnoge od tih formi uspostavile kao važne i legitimne umjetničke izraze. Isti je slučaj i s umjetnom inteligencijom danas. Dok neki mogu osporavati njenu umjetničku vrijednost zbog njenog tehničkog podrijetla ili nedostatka ljudske kreativnosti, drugi vide AI kao potencijalno bogato polje umjetničkog izražavanja i istraživanja. Trend ispitivanja novih oblika umjetnosti ili tehnoloških inovacija u kontekstu umjetnosti kao umjetničkog izražavanja stoga je kontinuiran kroz povijest i odražava dinamičnu prirodu umjetnosti i kreativnosti.

*Data Laundering* podrazumijeva dobivanje podataka bez pristanka izvornog vlasnika, nakon čega se ti podaci ponovno koriste, transformiraju i prodaju radi profita od strane legitimnih tvrtki. [16] Stvaranje generativne AI umjetnosti snažno se oslanja na podatke, često prikupljene iz postojećih umjetničkih djela. To izaziva značajne etičke zabrinutosti vezane uz korištenje podataka, privatnost i prava intelektualnog vlasništva. Korištenje podataka bez odgovarajućeg pristanka ili priznanja može dovesti do kršenja prava i povrede privatnosti, postavljajući moralna pitanja o odgovornom korištenju podataka u stvaranju AI umjetnosti. [25] Kao i u mnogo grana gdje se umjetna inteligencija počela razvijati tako i u umjetnosti postoji strah da bi umjetna inteligencija mogla ugroziti ulogu ljudskih umjetnika, što bi moglo rezultirati gubitkom radnih mjesta i devalvacijom tradicionalnih umjetničkih oblika. Posebne perspektive, emocije i izrazi koje ljudski umjetnici unose u svoje djelo mogli bi biti ugroženi ukoliko umjetna inteligencija postane dominantni kreator. Također, postoji zabrinutost da bi umjetnička djela stvorena uz pomoć umjetne inteligencije mogla promicati mržnju, netrpeljivost ili druge neetične sadržaje ako se ne kontroliraju ili reguliraju adekvatno. [26.,19]

U radu „AI art and its impact on Arts“ autori istražuju utjecaj umjetne inteligencije na umjetnike i umjetnost, posebno kroz prizmu generativnih umjetno inteligentnih sustava koji stvaraju umjetničke radove. Autori ističu niz problema i izazova koje ti sustavi predstavljaju za umjetnike i umjetničku zajednicu. Kao što je već spomenuto, autori ističu digitalnu krivotvorinu umjetničkih djela kao jednu od zabrinutosti, ograničavanje proizvodnje i konzumacije kulture je još jedan od zabrinutosti. Opisuju kako „Umjetnici mogu postati oprezni u dijeljenju svojih radova zbog straha od zloupotrebe ili neovlaštenog korištenja putem generativnih umjetno inteligentnih sustava. To može ograničiti raznolikost umjetničkih izraza i štetiti kreativnoj raznolikosti.“ [27]

Još jedna zabrinutost oko prevelikog oslanjanja na tehnologiju je ideja da može doći do izumiranja tradicionalnih umjetničkih vještina i znanja. Ako umjetnici postanu previše ovisni o umjetnoj inteligenciji za stvaranje novih djela, mogli bi izgubiti sposobnost umjetnosti ručno ili tradicionalnim tehnikama. [26] Autentičnost djela je još jedna velika zabrinutost oko etičnosti umjetne inteligencije. Kao što je već objašnjeno algoritmi uče na temelju postojećih podataka, što ograničava autentičnost umjetne inteligencije pri generiranju slika. [26.,20]

Za određene umjetnike, korištenje njihovih umjetničkih djela i imena bez njihova pristanka može izazvati osjećaj apsolutnog kršenja autorskih prava. Na primjer, umjetnica Hollie Mengert suočila se s izazovom kada je na *Redditu* osoba pod pseudonimom "MysteryInc152" objavila radove koje je stvorila koristeći "*DreamBooth*" model, MysteryInc152 je ponosno istaknuo svoj rad navodeći: "2D stilovi ilustracija su rijetki u Stabilnoj Difuziji, pa sam kreirao DreamBooth model inspiriran radom Hollie Mengert." Koristeći 32 Mengertove ilustracije, MysteryInc152 je podešavao Stabilnu Difuziju kako bi replicirao stil umjetnosti Hollie Mengert. Nakon toga,

MysteryInc152 je objavio kontrolnu točku pod otvorenim licencama, omogućavajući svakome da je koristi. Važno je napomenuti da model koristi ime umjetnice kao identifikator za upute, kao što je primjerice: "ilustracija princeze u šumi, Hollie Mengert stil umjetnosti". Ovakvi primjeri pokazuju potrebu za jasnim smjernicama i zakonima koji štite prava umjetnika i sprječavaju neovlašteno korištenje njihovih djela. [28]

Umjetnica Hollie Mengert izrazila je nezadovoljstvo što je njezino ime povezano s alatom za generiranje umjetnosti bez njezina pristanka. Student strojarstva, koji je i stvorio ovaj alat, nije bio upoznat s njezinim radom prije korištenja, a nije ni uklonio radove nakon što je obaviješten o nezadovoljstvu umjetnice. Ova situacija postavlja pitanje autorskog prava i osobne zaštite umjetničkog rada. [28]

Umjetnička zajednica vezana je etičkim obvezama i poštovanjem prema zanatu. Kopiranje rada drugog umjetnika s ciljem financijske ili društvene koristi, posebno kada se radi bez dozvole ili znanja originalnog umjetnika, smatra se plagijatom. Optužba za takvo djelo može biti štetna za karijeru umjetnika koji je plagirao, jer se smatra nepoštivanjem godina teškog rada plagiranog umjetnika, a može biti i opasno ako se čini u svrhu krađe identiteta ili klevete.[28]

### 2.3. Umjetna inteligencija u vizualnim umjetnostima

Umjetna inteligencija može uvelike pomoći u kreacijskom procesu, bilo kao inspiracija, kao prijedlog ili učitelj. Samo pri konceptualizaciji vizije DALL-E može kreirati slike iz ključnih riječi. *Adobe Sensei* koristi umjetnu inteligenciju te funkcionira kao digitalni asistent (brza korekcija boja, selekcija objekta itd.) Za digitalne umjetnike to znači više vremena za koncentraciju na same kreativne vještine. *NVIDIA Canvas* softverska je platforma dizajnirana za pomoć umjetnicima u stvaranju. Nudi različite značajke i alate za pojednostavljenje procesa stvaranja digitalne umjetnosti na način da generira pejzažne slike iz jednostavnih poteza kista. [27] Programer,



*Slika 2.3: Rad Sougwen Chung*



Nao\_u, kreirao je 2D igricu tijekom tri dana. Rezultat je znanstveno-fantastična platformer video igra nazvana Shoon, koja je slična Nintendovim klasicima kao što su Darius ili R-Type. Koristio je Midjourney za generiranje pozadine i likove u igri. [29]

Sougwen Chung je kanadski suvremeni AI umjetnik koji uključuje AI u svoj kreativni proces. Chungov rad istražuje sjecište tehnologije, robotike i umjetnosti. Chung ima za cilj istražiti odnose između čovjeka i stroja i potencijal za kreativnost i suradnju između njih dvoje. [30]

Sougwen Chung treniraju robote da fizički slikaju u zajedno s njima na masivnim platnima. Chung su uvježbali neuralnu mrežu na stotinama njihovih slika – i napravili su robote uvježbane na tim neuralnim mrežama da slikaju njima u stvarnom vremenu. Kada slikaju liniju, roboti oponašaju Chungovu liniju, a zatim je produžuju prema van s novim idejama i uzorcima. "Ono što jurim je to iznenađenje i čuđenje u tom strojnom prijevodu", kaže Chung.[30] Refik Anadol je



*Slika 2.4: Rad Refika Anadola*

poznati turski umjetnik i dizajner specijaliziran za imerzivne i interaktivne instalacije. On koristi velike skupove podataka i algoritama strojnog učenja za generiranje novih estetskih formi i narativa. [31] Projekti poput “Machine Hallucination” i “Wind of Boston: Data Paintings” pokazuju njegovu sposobnost da koristi AI generativnu umjetnost ne samo kao alat već i kao suradnika u kreativnom procesu. [31] Njegova djela su izložena diljem svijeta u muzejima, galerijama i javnim prostorima. Anadolove suradnje protežu se na različite discipline, uključujući arhitekturu, glazbu i ples. [31] Mario Klingemann je njemački umjetnik i pionir u generativnoj i AI umjetnosti. On koristi neuronske mreže i algoritme za generiranje AI slika, animacija i interaktivnih instalacija. Njegova umjetnička djela često uključuju manipulaciju i transformaciju postojećih slika, poput fotografija ili video snimaka, koristeći AI algoritme. [31] Alexander Reben, Stephanie Dinkins Scott Eaton, Sofia Crespo, Stephanie Dinkins, Ross Goodwin su samo neki od velike liste umjetnika koji koriste AI u izradi umjetnosti. [31]

Odgovorna UI-generirana vizualna umjetnost slavi spoj ljudske kreativnosti i računalne snage umjetne inteligencije. Umjetnici i algoritmi surađuju kako bi proizveli umjetnička djela koja pomiču granice mašte. Prepoznajući umjetnu inteligenciju kao alat, a ne zamjenu za ljudsku kreativnost, UI-generirana umjetnost postaje skladna kombinacija ljudske vizije i strojne asistencije. To omogućava umjetnicima eksperimentiranje s novim tehnikama, stilovima i mogućnostima koje su ranije bile neistražene.

### 3. Umjetna inteligencija u animaciji

Animacija je žanr ljudskog istraživanja, projekcija kvaliteta koje se percipiraju kao ljudske kao osobnost, volja, moć, život. Animacija se može izraziti kroz razne medije te postoji široki raspon tehnologija koje se koriste u izradi iste. Lutkarstvo, crtanje, digitalna umjetnost ili stripovi no može se rezultirati kroz sustave umjetne inteligencije. [70] Produkcija animacije prvenstveno je usmjerena na potpuno izražavanje ljudske misli, što je stvarno iskustvo života i svijeta. To je također značenje i vrijednost animacije kao umjetnosti. [30] U radu „Application of Artificial Intelligence Technology in Virtual Reality Animation Aided Production“ [30] autori su odradili istraživanje koje se sastojalo od 100 sveučilišta, od kojih 600 studenata i 100 profesora. Prema

Problem	Yes	No
Do you want to start a course on artificial intelligence?	10%	90%
Is it necessary to popularize artificial intelligence knowledge?	95%	5%
Is artificial intelligence technology applied in the actual animation creation process?	93%	7%
Do you think artificial intelligence technology has helped your animation creation?	96%	4%

*Slika 3.1: Anketa o popularnosti tečaja tehnologije umjetne inteligencije u smjeru animacije*

rezultatima ankete većina ispitanika smatra da će alat umjetne inteligencije biti korišteni u stvarnoj animacijskoj produkciji, ali priznaju nedostatak razumijevanja temeljnih principa tih tehnologija. Većina ispitanika se slaže o potrebi popularizacije znanja o umjetnoj inteligenciji u produkciji animacije. Analiza ističe značajnu disciplinsku razliku između dizajna animacija, koji pripada području dizajna, i umjetne inteligencije, koja je utemeljena u znanosti i inženjerstvu. Ova razlika u područjima studija može objasniti zašto mnoge obrazovne institucije još uvijek nisu uvele tečajeve koji se specifično bave umjetnom inteligencijom u produkciji animacije. [30]

Razvojem računalne tehnologije i grafičke opreme, postupno se sve više koristi računalo pri dizajnu i izradi umjetnosti. Računalna tehnologija ne samo da stvara bazu za razna učenja o animaciji, već nudi razne oblike inovacije i metode u ekspresiji animacija i dizajna. Sam tijek rada u izradi animacija sadrži mnogo ne kreativnog rada za koji postoji mogućnost automatizacije. [30] Danas također animatori posjeduju razne tehnologije i materijale za vizualizaciju svojih ideja, što zauzvrat može učinkovito skratiti proizvodni ciklus i poboljšati ograničenja tradicionalne animacije. [30]

Tradicionalni proces dizajna multimedijske animacije zahtijeva puno vremena i ljudskih resursa. Tehnologija umjetne inteligencije nudi mogućnost automatizirane generacije likova, scena i objekata što uvelike ubrzava proces. [32] Vizualni efekti (CGI) igraju ključnu ulogu u animaciji,

a tehnike umjetne inteligencije mogu značajno poboljšati ovaj aspekt [32]. Osim u samoj produkciji umjetna inteligencija može pomoći bolje razumjeti povratne informacije i preferencije publike. Analizom podataka o publici, AI može davati sugestije kako bi rad bio u skladu s očekivanjima publike. [32]

Liu i Peng u radu "Influence of Artificial Intelligence Technology on Animation Creation", istražuju odnos između animacije i umjetne inteligencije, te kako umjetna inteligencija poboljšava učinkovitost animacije. Naglašavaju činjenicu da će u budućnosti tehnologija umjetne inteligencije pomoći animaciji da stvara realistične rendere, da će olakšati animatorima rad i osloboditi ih repetitivnih zadataka. [33]

Li u radu "Film and TV Animation Production Based on Artificial Intelligence AlphaGd", Mobile Information Systems" istražuje se kako umjetna inteligencija može ubrzati produkciju i poboljšati kvalitetu animacije te da može povećati kvalitetu animacije ostvarivanjem autentičnosti u produkciji animacije i stvaranjem dojma da se publika nalazi u uronjenom okruženju. (*interactive environment*) [34]

### **3.1. Komercijalna primjena umjetne inteligencije u animaciji**

U komercijalnim primjenama, generativna umjetna inteligencija je integrirana u produkcijske procese Netflixovog animea *The Dog & The Boy* (2023) u obliku AI-generiranih pozadina. Netflix Japan tvrdi da je upotreba AI u ovom animeu bila odgovor na nedostatak radne snage u industriji animea, koji je već dugotrajan problem. U prevedenoj objavi na Twitteru Netflix Japana stoji: "Kao eksperimentalni napor za pomoć industriji animea, koja se suočava s nedostatkom radne snage, koristili smo tehnologiju generiranja slika za pozadinske slike svih video isječaka od tri minute!" Na kraju kratkog filma prikazani su različiti koraci koji su bili potrebni za stvaranje pozadine, kako je prikazano na slici izvorna skica je prvotno nacrtana ručno, nakon čega ju je umjetna inteligencija obradila i generirala scenu. Slika označena kao Korak 2 pokazuje da umjetna inteligencija nije uspjela zadržati kompoziciju pozadine u skladu sa skicom, pa je izveden dodatan korak AI generiranja u nadi da će to ublažiti nedostatke. U konačnoj pozadini (BG), cijeli Korak 3 je potpuno revidiran ručno i čini se da je vraćen na originalni dizajn skice. Generativna AI nije obećavajući alat za autore koji cijene potpunu umjetničku kontrolu u svojim projektima jer se dio te kontrole žrtvuje u njegovoj primjeni. Umjetna inteligencija može generirati scene koje su blizu onoga što želite, ali trenutno zahtijeva ljudsku intervenciju za crtanje dijelova koje umjetna inteligencija nije uspjela generirati prema očekivanjima. Mnoge promjene koje se generiraju u odnosu na skicu nisu prisutne u konačnoj pozadini, a kako bi ona zadovoljila standarde kvalitete

studija, morala je biti dalje revidirana ručno od strane ljudskog umjetnika. Ovaj scenarij možda postoji samo trenutno jer će generativna umjetna inteligencija nastaviti rasti i poboljšavati se tijekom vremena. No, za sada nije sposobna izraditi točne želje studija ili drugih kreatora. [35]

Netflixova odluka da koristi umjetnu inteligenciju za generiranje pozadinskih slika u animeu *The Dog & The Boy*, kako bi navodno riješila nedostatak radne snage u anime industriji, izazvala je veliku kontroverzu. Ovaj potez kritiziran je zbog mogućeg smanjenja vrijednosti rada već nedovoljno cijenjenih animatora. Anime industrija već dugo pati od niskih plaća i eksploativnih praksi, što dovodi do masovnog napuštanja struke od strane animatora zbog prekomjernog rada i nedostatka priznanja. Umjesto rješavanja tih sistemskih problema, Netflix Japan odlučio se za umjetnu inteligenciju kao jeftiniju i bržu alternativu ljudskom radu. Reakcije na društvenim mrežama, uključujući i službeni kanal Netflix Japan, bile su uglavnom negativne, s kritikama upotrebe umjetne inteligencije kao rješenja za nedostatak radne snage. Kritičari ističu potrebu za poboljšanjem uvjeta rada i podrškom animatorima, umjesto zamjene njihovog rada tehnologijom. Unatoč kontroverzi, *The Dog & The Boy* može poslužiti kao primjer razmišljanja o budućnosti umjetne inteligencije u kreativnim industrijama i njenim etičkim implikacijama.[35]



Slika 3.2: *The Dog and The Boy*

U Marvelovoj seriji *Secret Invasion*, AI je također bio prisutan u procesu izrade. U intervjuu za Polygon, nije otkriveno koji točno AI je korišten, ali istaknuto je da "poslovi umjetnika nisu zamijenjeni integracijom ovih novih alata." Izjava naglašava njihov cilj postizanja "izvanzemaljskog i drugačijeg izgleda," što su postigli korištenjem "prilagođenog AI alata" za projekt. Umjesto tradicionalnog pristupa, umjetnici iz Method Studiosa su se usredotočili na integraciju generativnog AI-ja u svoj radni proces za stvaranje uvodne špice. S obzirom na trenutnu fazu razvoja AI tehnologije, izjava Method Studiosa se čini vjerodostojnom. Suvremena

generativna tehnologija umjetne inteligencije ima krivulju učenja koju svaki studio mora savladati kako bi ju u potpunosti iskoristio. [35]

Waymark produkcijska tvrtka tvrdi kako je film *The Frost* (2023.) 100% AI generiran uključujući slike, kretnje likova, okruženje kao i glazbu. Svaki kadar bio je generiran od strane



*Slika 3.5: Slika zaslona uvodne špice Secret Invasion*



*Slika 3.4: Slika zaslona The Frost*



*Slika 3.3: Slika zaslona The Frost*

DALL-E 2. U radu „The Conglomeration of Everything: Shifting Animation Production Practices due to Artificial Intelligence“ autor opisuje kako je film u mnogo aspekata više sličan previzualizaciji filma nego samom filmu. Previzualizacija se koristi kako bi se vizualizirale scene prije nego se snime, nalik na animirani storyboard. [35] Pokret je kontrolirao D-ID, softver za

manipulaciju videozapisa koji radi na tehnologiji umjetne inteligencije. Ovaj softver je sposoban stvarati izraze lica, pokrete usta i geste pomoću naprednih algoritama računalnog vida. [35]

## 4. Pregled literature: primjena umjetne inteligencije u 3D modeliranju

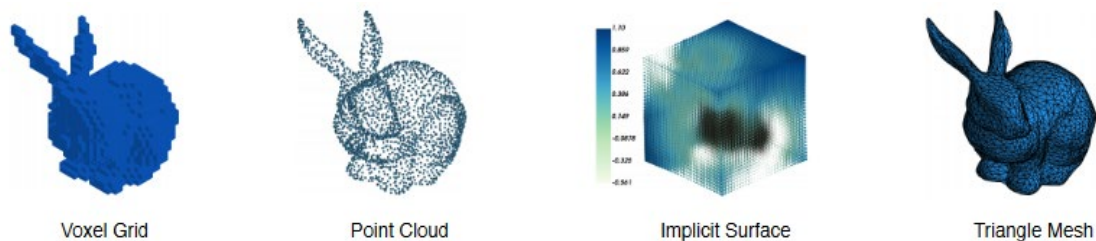
Autori kroz rad „Learning Generative Models od 3D Structures“ [36] opisuju kako je potražnja za 3D sadržajem veća nego ikad, a sama praksa stvaranja 3D sadržaja je još uvijek uglavnom nepristupačna, tradicionalni softveri za 3D modeliranje zahtjeva opsežnu obuku i iskustvo za postizanje visokog stupnja vještine. Moguće alternative rada su fotogrametrija nakon čega slijedi rekonstrukcija modela, koji je sam po sebi zahtjevan proces. Idealno rješenje su generativni modeli 3D sadržaja: izrada računalnih programa koji mogu sintetizirati 3D oblike i scene, nakon generiranja sadržaja model bi trebao moći biti manipuliran i uređivan kako bi korisnici mogli postići svoje ciljeve. [36]

Napredak u dubokom učenju omogućio je razvoj generativnih modela koji se koriste pri stvaranju 3D sadržaja koji nije unaprijed strukturiran. Wu i suradnici su prvi koristili Deep Belief Network (DBN) za modeliranje probabilističkog prostora 3D oblika te pokazali da takav model može sintetizirati nove 3D oblike nakon treninga na velikim repozitorijima oblika poput ShapeNet-a. (ShapeNet je veliko spremište oblika predstavljenih 3D CAD modelima objekata. ShapeNet sadrži 3D modele iz mnoštva semantičkih kategorija i organizira ih pod WordNet taksonomijom. To je zbirka skupova podataka koji pružaju mnoge semantičke bilješke za svaki 3D model kao što su dosljedna kruta poravnanja, dijelovi i bilateralne ravnine simetrije, fizičke veličine, ključne riječi, kao i druge planirane bilješke. )

Kasnije su Girdhar i suradnici predložili povezivanje latentnih reprezentacija 3D oblika i 2D slika za rekonstrukciju 3D oblika iz jedne slike. Nalik stvaranja 3D modela lica iz fotografije.

Sharma i suradnici istraživali su upotrebu denoising autoenkodera za učenje latentnog prostora 3D oblika radi kompletiranja oblika. [36] Moguće je zamisliti njihov rad kao alat koji može uzeti nekompletan 3D oblik (poput polomljene skulpture) i „popraviti ga“ na temelju naučenih informacija. Druga popularna metodologija dubokog učenja također su primijenjene na sintezu 3D sadržaja. Wu i suradnici su također prvi primijenili generativne suparničke mreže (GAN) na 3D modele; njihov 3D-GAN je bio sposoban za neuvjetovanu sintezu visoko rezolucijskih 3D oblika. (model je treniran na skupu podataka bez bilo kakvih dodatnih informacija o specifičnim oblicima koje treba stvoriti. Nakon treninga, GAN može spontano generirati različite varijante oblika koje odgovaraju općem obrascu ili stilu naučenom iz podataka.) Liu i suradnici su proširili model omogućavajući interaktivnu sintezu i uređivanje oblika. GAN-ovi su kasnije prilagođeni drugim reprezentacijama oblika, postižući velike uspjehe s oblak točkama (*point cloud*), okretnom reprezentacijom (*implicit surface*) i površinskim mrežama (*triangle mesh*).

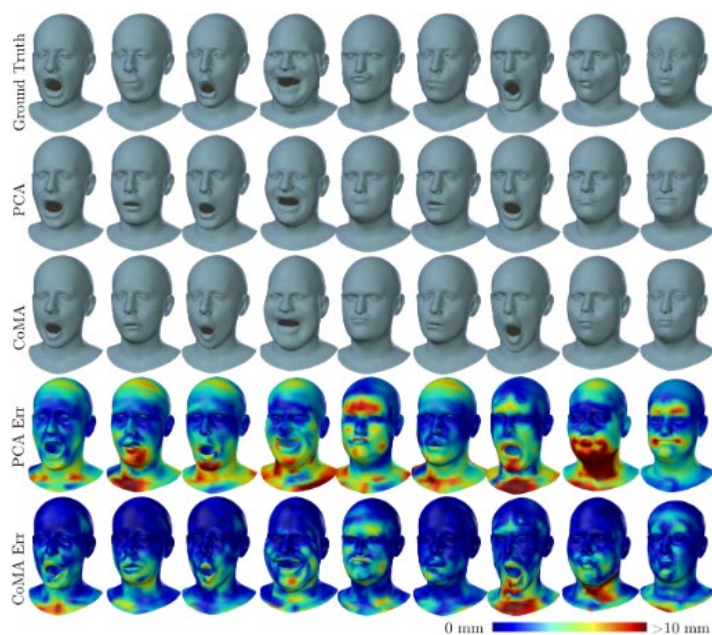




Slika 4.1: Različiti prikazi geometrije niske razine pojedinačnih objekata/dijelova objekata

Sve ove tehnike omogućavaju stvaranje i uređivanje složenih 3D oblika na načine koji su prije bili nemogući ili vrlo teško izvedivi.

Varijacijski autoenkoderi (VAE) također su pokazali svoj potencijal u neuvjetovanoj sintezi 3D oblika, posebno u specifičnim područjima kao što su modeliranje lica i ljudskog tijela s mrežama. S ovim modernim alatima dubokog učenja, istraživači su postigli vrlo impresivne rezultate u sintezi i rekonstrukciji oblika. U radu predložili su Convolutional Mesh Autoencoder (CoMA) koji koristi spektralne konvolucije na mrežama kako bi se uhvatile varijacije oblika i izraza lica na više razina. Za podatke učenja korišteno je 20.446 mreža lica s ekstremnim izrazima lica snimljenih od 12 subjekta. Model može precizno predstavljati 3D lica u niskodimenzionalnom latentnom prostoru (sve detalje, manje prostora). Model koristi spektralne konvolucije koje razumije pomicanje linija i rubova na mreži lica kada se lice pomakne. CoMA može naučiti različite izraze lica i sačuvati te informacije u malom prostoru (zahvaljujući autoenkoderu). [37] Dakle, CoMA može uzeti složene 3D modele lica i predstaviti ih u mnogo jednostavnijem obliku, zadržavajući sve bitne detalje, što omogućava efikasnije i brže korištenje tih podataka. [37]



Slika 4.2: Usporedba s PCA: Kvalitativni rezultati za eksperiment interpolacije

Do sada opisani radovi, ignoriraju strukturu 3D oblika i scena, zapravo cilj im je stvoriti cijeli model „od nule“ u radu „Learning Generative Models of 3D Structures“ cilj je stvoriti 3D modele koji eksplicitno uključuju njihovu unutarnju strukturu. (koje je moguće nadograđivati i uređivati) [36] U kontekstu 3D predstavljanja objekta, cilj je uhvatiti složenost i detalje oblika ili scene na način koji omogućuje točnu analizu, manipulaciju i vizualizaciju. To uključuje raščlanjivanje entiteta na dvije ključne podkomponente:

1. geometriju atomskih strukturnih elemenata ( Representations of Part/Object Geometry)
2. strukturne forme (Representations of Structure) koji te elemente spajaju u kohezivnu cjelinu.

Geometrija atomskih strukturalnih elemenata odnosi se na precizan matematički opis najmanjih, nedjeljivih dijelova 3D entiteta. Ovi atomski elementi mogu biti jednostavni geometrijski oblici (poput vrhova, rubova i ploha u mreži) ili složeniji oblici (poput splajnova (splines /curves) ili površina). [36] Prepoznavanje oblika, veličine i pozicije tih elemenata ključno je za rekonstrukciju detalja 3D entiteta. Geometrijske atomske strukture mogu se pronaći u više struktura; meshes, clouds, voxels ili NURBS.

Strukturalne forme opisuju organizaciju na više nivoa i opisuju odnose između atomskih elemenata. Opisuje kako se ti elementi spajaju kako bi tvorili cjelokupni oblik ili scenu. Neke od pristupa strukturalne forme su segmentirana geometrija, part sets i relationship graphs. [36]

Prema autorima rada“Learning Generative Models of 3D Structures“ state-of the art metode učenja generativnih modela koji su svjesni strukture 3D oblika i scena, uključujući različite reprezentacije strukturalnih atoma i uzoraka su:

Tri najbitnije metode učenja generativnih modela koji su svjesni strukture 3D oblika i scena su:

### **1. Variational Autoencoders (VAE)**

VAEs su generativni modeli koji koriste varijacijski pristup za učenje latentne reprezentacije podataka. U slučaju 3D struktura, VAEa omogućuju generiranje novih oblika učenjem distribucije postojećih oblika i uzimanjem uzoraka iz latentnog prostora. VAE maksimizira varijacijski Bayesov objektiv preko svih trening primjera, što omogućava efikasno uzorkovanje kompleksnih, visokodimenzionalnih distribucija.

Proces učenja VAE je: Enkoder uči parametre distribucije latentnog prostora (npr. srednja vrijednost i varijansa Gaussove distribucije). Korištenjem varijacijskog pristupa, cilj je maksimizirati varijacijski *lower bound* (donja granica za neki cilj funkcije-procjena optimalnog rješenja) (ELBO), što omogućuje efikasno uzorkovanje iz kompleksnih distribucija. Modeliranje se vrši tako da se latentne varijable uzorkuju pomoću reparametrizacijskog trika, čime se omogućuje efikasno treniranje modela koristeći gradijentne metode.

Evidence Lower Bound (ELBO) je specifičan oblik lower bound-a koji se koristi u varijacijskim autoenkoderima (VAEs) i drugim varijacijskim metodama. Cilj ELBO-a je maksimizirati donju granicu na log-vjerojatnoću podataka, čime se poboljšava učenje modela. ELBO se koristi kao kriterij za treniranje modela, omogućavajući efikasno učenje parametara.

VAE se koristi za generiranje novih 3D oblika, temeljene na naučenoj distribuciji postojećih oblika, koriste se u područjima poput sinteze podataka, rekonstrukciji oblika te prijenosa stilova. [36]

## **2. Generative Adversarial Networks (GAN):**

Kako je u radu već opisano GAN se sastoji od dva modela: generatora i diskriminatora, koji se natječu jedan protiv drugog. Generator stvara nove uzorke podataka, dok diskriminator pokušava razlikovati stvarne od generiranih uzoraka. GAN-ovi su vrlo popularni zbog svoje sposobnosti da generiraju visokokvalitetne uzorke i koriste se za kreiranje realističnih 3D oblika i scena. Proces učenja temelji se na treningu i ponavljanju opisanog procesa, cilj generatora je maksimizirati vjerojatnost da diskriminator prihvati generirane uzorke kao stvarne, a cilj diskriminatora je maksimizirati točnost razlikovanja između stvarnih i generiranih uzoraka. Koriste se u stvaranju fotorealističkih slika, simulacija, augmentaciji podataka te za unaprjeđenje rezolucije slika.

## **3. Probabilistički Grafički Modeli (PGMs)**

PGM koriste grafičke strukture za predstavljanje i upravljanje zajedničkim distribucijama kompleksnih objekata- koristi grafičku strukturu (često usmjerene aciklične grafove - DAG-ove) kako bi prikazao međusobne zavisnosti između varijabli. Svaki čvor u grafu obično predstavlja varijablu, a bridovi između čvorova predstavljaju veze između tih varijabli.

Oni omogućuju faktoriranje zajedničke distribucije preko podskupova varijabli, što ih čini moćnim alatom za modeliranje strukturalnih odnosa unutar podataka. Različite varijante PGMs, kao što su faktorski grafovi, Bayesovske mreže i Markov random field (MRF), koriste se za

generiranje 3D oblika i scena temeljenih na probabilističkim metodama. Ove metode omogućuju stvaranje visokokvalitetnih 3D struktura kroz različite pristupe generativnom modeliranju, svaka sa svojim prednostima i specifičnim područjima primjene. Bayesovske mreže jasno prikazuju uzročne odnose te se koriste u medicini za dijagnostiku bolesti i u financijama za procjenu rizika. Dok se MRF koriste u računalnom vidu za segmentaciju slike a u prirodnom jeziku za modeliranje sekvenci. [36]

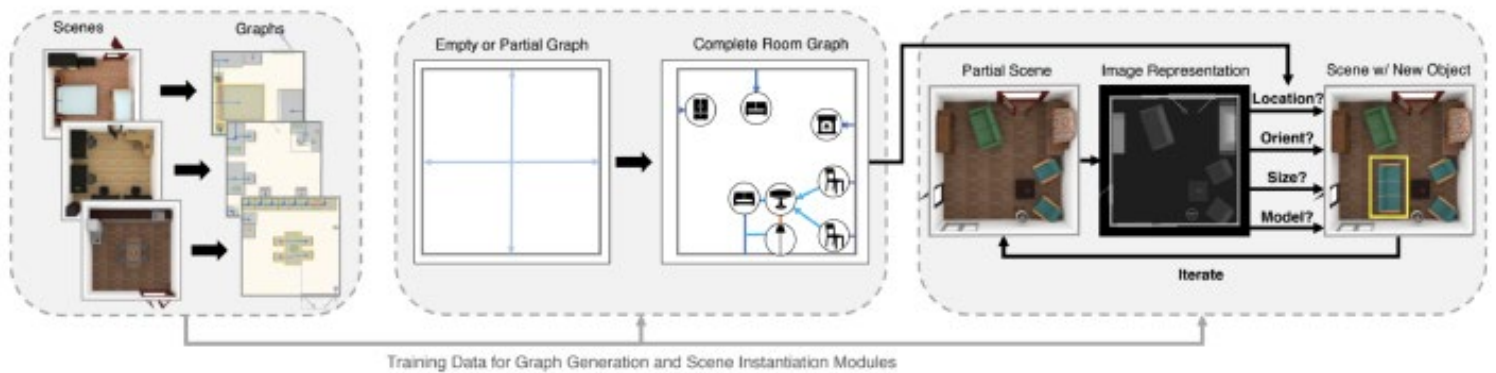
U radu opisuju važnost dodatnih istraživanja za poboljšanje generativnih modela strukture, uključujući razvoj boljih, pouzdanijih generativnih modela za složenije strukture poput stabla, grafova i hijerarhijskih grafova. Generativni modeli trebaju stvoriti ne samo vizualno uvjerljive 3D sadržaje, već i funkcionalno uvjerljive, koji se mogu koristiti u virtualnim okruženjima ili čak fizički izraditi. Naglašava se potreba za poboljšanjem modela kako bi se bolje generirale teksture i materijali, stilovi objekata i scena, te funkcionalnost generiranih sadržaja. [36]

U radu autori se referenciraju na rad „Planning and Instantiating Indoor Scenes with Relation Graph and Spatial Prior Networks“ [38] gdje su Savva i suradnici novu reprezentaciju generacije modela nazvanu Prototipični interakcijski grafovi ili PiGraphs koji mogu uhvatiti reprezentativne fizičke kontakte kao i fizičke poveznice između 3D objekata. [36] Glavna teza rada je predstavljanje novog okvira za sintetičku izradu unutarnjih scena, koji kombinira reprezentaciju relacijskog grafa s neuralnim mrežama za prostornu analizu. [38] Autori su razvili sustav zvan Plan IT koji se sastoji od dva ključna koraka:

1. Planiranje Strukture Scena: generiranje relacijskog grafa gdje su objekti u sceni prikazani čvorovima, dok su prostorni i semantički odnosi između objekata predstavljeni rubovima grafa.
2. Instanciranje Scene, koje koristi Neuralno-vođeno pretraživanje koje pomaže u smještanju objekata u scenu na način koji je dosljedan generiranom grafu, koriste CNN za analizu slika radi vođenja procesa smještanja objekata.,

Proces rada PlanIT-a je kako slijedi: Počinje se s velikim setom nestrukturiranih 3D scena koji se naziva ekstrakcija relacijskih grafova, automatski se izvlače relacijski grafovi (koji se sastoje od čvorova i rubova koji predstavljaju bitne odnose u sceni) [38] Nadalje, generativni model grafova uči model koristeći graf konvolucijske mreže, model može sintetizirati nove grafove koji predstavljaju visoko razrađene scene-model može sintetizirati nove grafove koji predstavljaju visoko razrađene scene. Zatim slijedi Instanciranje Konkretna Scene, koristeći CNN modele, sustav određuje točne pozicije, orijentacije i veličine objekata kako bi odgovarali grafu. [38] Ovaj pristup omogućava PlanIT sustavu da generira unutarnje scene visoke kvalitete koje zadovoljavaju i simboličke i prostorne zahtjeve. Također, sustav podržava korisničke aplikacije kao što je generiranje scena iz djelomično specificiranih grafova, omogućavajući fleksibilnost u dizajnu i

treniranju autonomnih agenata za računalni vid i robotiku. PlanIT sustav predstavlja značajan korak naprijed u sintetičkoj izradi scena, omogućujući visoko precizne, funkcionalne i uvjerljive unutarnje prostore koji su usklađeni s ljudskim potrebama i interakcijama [38]



Slika 4.3: Ilustrirani rad PlanIT modela

Zaključno PlanIT-a koristi relacijske grafove koji se automatski izvlače iz postojećih scena, gdje su objekti predstavljeni kao čvorovi označeni ikonama kategorija objekata. Ovi grafovi se zatim koriste za treniranje dubokog generativnog modela koji može stvarati nove relacijske grafove. Konačno, koristeći rasuđivanje temeljeno na slikama, sustav iterativno ubacuje 3D modele za svaki čvor u grafu, instancirajući graf u konkretnu scenu. [38]

## 5. Pregled literature: primjena umjetne inteligencije u 3D animaciji

U sljedećem poglavlju detaljno će se opisati najvažniji i najkorisniji modeli umjetne inteligencije koji se mogu koristiti u kombinaciji s Blenderom. Posebna pažnja bit će posvećena njihovoj primjeni u 3D animacijama, ali i u modeliranju te asistiranju korisnicima tijekom procesa kreiranja. Cilj je pružiti uvid u mogućnosti i prednosti koje umjetna inteligencija donosi, olakšavajući i unapređujući rad u Blenderu.

Blender je besplatni program za 3D računalnu grafiku otvorenog koda koji se koristi za stvaranje animiranih filmova, vizualnih efekata, umjetnosti, 3D printanih modela, izradu pokretne grafike, interaktivnih 3D aplikacija, virtualne stvarnosti i videoigara. Blenderove značajke uključuju 3D modeliranje, UV mapiranje, teksturiranje, digitalno crtanje, uređivanje rasterske grafike, simulaciju tekućine i dima, simulaciju čestica, simulaciju mekog tijela, oblikovanje, animaciju, renderiranje, pokretnu grafiku, uređivanje videa, skriptiranje i komponiranje. [39]

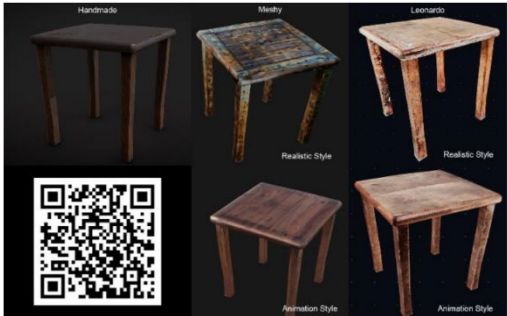


Meshy je alat za generiranje 3D sadržaja pomoću umjetne inteligencije, omogućujući brzo kreiranje 3D modela i tekstura iz teksta ili slika. Glavne značajke uključuju "Text to Texture" za stvaranje tekstura iz tekstualnih opisa, "Image to Texture" za kreiranje tekstura iz slika, "Text to 3D" za generiranje 3D modela iz tekstualnih opisa, te "Image to 3D" za generiranje 3D modela iz jedne slike. Meshy je namijenjen dizajnerima, umjetnicima i developerima, te ubrzava njihov 3D radni proces. [40]

Leonardo.AI je sličan program, a trenutno su Leonardo.AI i Meshy vodeći i najistaknutiji alati za generiranje tekstura pomoću umjetne inteligencije. U radu „A Comparative Analysis Between Leonardo.Ai and Meshy as AI Texture Generation Tools“ Jie i suradnici odradili su usporedbu oba programa u spektru kvalitete generiranih terxtura [41]

Tablica 5.1: Usporedba karakteristika programa

Karakteristika	Meshy	Leonardo
Platforma	Web aplikacija/diskord	Web aplikacija
Metoda generiranja	Text to texture	Text to texture
Output result	PBR	PBR
Rezolucija	1K/2K/4K	2K
Format generirane teksture	.png	.jpg
Preview	DA	NE
Import format	.fbx/.obj/.stl/.gltf/.glb	.obj
Max Imported Size	50 MB	20 MB
Export Format	.glb	.obj
Vrijeme	2-5 minuta	5-10 minuta
Besplatni tokeni	200	150

Oba alata mogu generirati PBR teksture nakon generiranja tekstura. Meshy generira PBR teksture koje uključuju boju, metalnost, hrapavost i normalne mape, omogućujući kontrolu nad svojstvima hrapavosti i metalika. Leonardo generira mape za albedo, normal, hrapavost, dubinu i pomak (*Albedo, Normal, Roughness, Depth and Displacement maps*), također s kontrolom nad hrapavošću. Ovi resursi mogu se preuzeti i integrirati u alate poput Blendera, Unity 3D-a ili drugih aplikacija, olakšavajući tijek dizajna. Formati uvoza i izvoza te ograničenja veličine variraju; Leonardo podržava OBJ datoteke do 20MB, dok Meshy podržava .fbx/.obj/.stl/.gltf/.glb formate s maksimalnom veličinom datoteke od 50MB. Ako originalni format modela ne zadovoljava zahtjeve, može se konvertirati pomoću 3D softvera poput 3ds Maxa ili Blendera. Izvoz također varira, Leonardo izvozi u OBJ datoteke, a Meshy u GLB datoteke. [41]

Praktični primjeri	Prompt:	Rezultat
Stari drveni stolac	„an old wooden stool, HDR, high quality, realistic/Animation style –no low quality, bad color“	
Tenk	„War Peugeot 1918 Tank, HDR, high quality, Realistic/Animation style –no low quality, bad color“	
Zmaj	„chinese dragon, HDR, high quality, Realistic/Animation style –no low quality, bad color“	

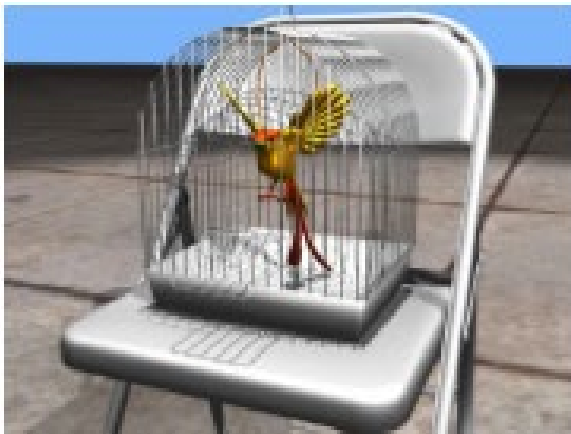
Tablica 5.2: Usporedba različitih promptova u njihovih rezultata

U zaključku, Meshy se ističe u izradi animiranih stilova s živopisnom paletom boja, dok je Leonardo bolji za realistične stilove s konzistentnim bojama. Oba alata su trenutno najprikladnija za modele niže složenosti, no napredak u AI tehnologiji obećava značajno poboljšanje učinkovitosti izrade 3D modela.



U radu „WordsEye: An Automatic Text-to-Scene Conversion System“ autori prezentiraju sustav koji koristi jezični model (NLP) za automatsko pretvaranje teksta u reprezentativne 3D scene. Cilj rada je omogućiti korisnicima da doslovno "naslikaju" sliku riječima, gdje opis može uključivati ne samo prostorne odnose, nego i radnje koje objekti izvode. Korisnici unose tekst, koji se zatim analizira i pretvara u semantičku strukturu. Ta struktura se dalje prevodi u 3D objekte, poze, prostorne odnose i boje. Na primjer, ako se upiše "John je rekao da je mačka na stolu. Životinja je bila pored zdjele jabuka," WordsEye bi stvorio sliku čovjeka s oblačićem govora, unutar kojeg bi bila slika mačke na stolu sa zdjelom jabuka pored nje. [42]

Coyne i Sproat opisuju kako lingvistički opisi obično imaju visoku razinu apstrakcije, rezultat u grafici može biti nepredvidljiv. [42] WordsEye koristi tehnike obrade prirodnog jezika (NLP) za lingvističku analizu i semantičku interpretaciju ulaznog teksta. To uključuje označavanje dijelova govora, parsiranje (*parsing*) i pretvaranje stabla parsiranja (*parsing*) u strukturu ovisnosti. Sustav također koristi semantičke okvire i WordNet za interpretaciju značenja riječi i uspostavljanje odnosa između entiteta. [42] WordsEye koristi bazu podataka od 2000 3D objekata u svom sustavu. Autori WordsEye-a prepoznali su ključne aspekte semantike i atributa grafičkog prikaza potrebne za ovaj zadatak. Glavni doprinos WordsEye-a je pružanje opsežne zbirke najvažnijih semantičkih informacija o objektima potrebnih za generiranje scene iz teksta: veličine, orijentacija, dijelovi (koji se objekti moraju promijeniti u veličini ili orijentaciji prilikom postavljanja u scenu), prostorni odnosi (koji objekti su postavljeni u sceni za odnose "na" ili "ispod"), skeletni položaji i funkcionalne oznake. Te attribute povezuje se s semantičkim prikazima unesenog teksta razvijenim s entitetima, radnjama, atributima i odnosima. WordsEye je razvijen u LISP-u (LISP označava obradu liste). WordsEye izvlači informacije iz unesenog teksta označavanjem i parsiranjem (*parsing*). Zatim stvara strukturu ovisnosti koja se pretvara u semantički prikaz. Predefinirana pravila prikaza koriste se za postavljanje 3D objekata u scenu s određenim bojama i prostornim odnosima iz skupa niskih prikazivača koji se pretvaraju iz semantičkog prikaza. [42]


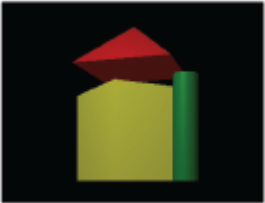


*Slika 5.1: The bird is in the birdcage. The birdcage is on the chair*

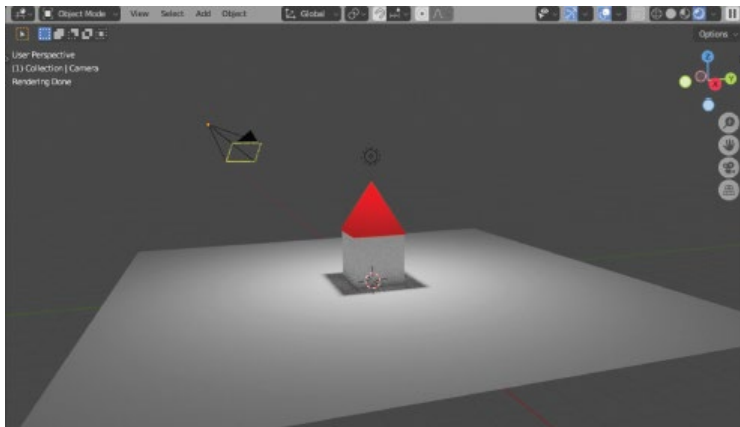
Hans-Georg Fill i Fabian Muff u radu „Visualization in the era of artificial intelligence: experiments for creating structural visualizations by prompting large language models“ istražuju mogućnost korištenja velikih jezičnih modela za generiranje strukturalnih vizualizacija. Autori istražuju kako jezični modeli poput GPT-4 mogu biti upotrijebljeni za generiranje složenih vizualizacija bez potrebe za detaljnim kodiranjem. Kroz niz eksperimenata, istražuju se različite vrste vizualizacija, uključujući dvodimenzionalne i trodimenzionalne vizualizacije. [43] Chat GPT-4 omogućuje generiranje važećeg koda u JavaScript-u. Sadrži naredbe za pristup WebGL-API-ju što omogućuje vizualizaciju u 3D-u. Chat-GPT dobio je sjedeći prompt: „Generate JavaScript code for displaying a simple house with yellow walls and a red roof using WebGL. Surround the code by triple backticks and do not add any explanation.“. Rezultatna slika bila je previše slična dvodeimenzionalnoj vizualizaciji, uz manje izmjene u promptu finalna slika imala je obećavajuć prikaz.

Finalni prompt: „Create the code for displaying a three-dimensional house on a website using Three.js. The house shall have yellow walls and a red roof. It stands on a blue lake, which is made of a shiny material that reflects objects. In front of the house there is a fur tree. Add several lights to the scene. Add an animation loop to the scene so that the camera flies in a circle around the house. Only display the code using triple backticks without any explanations.“ [43]

Tablica 5.3: Prikaz promptova

Prompt	Rezultat
<b>Prvi prompt:</b>	
<b>Finalni prompt:</b>	

Iako je three.js vrlo napredno API-je za prikazivanje 3D scena, uvijek se mora ugraditi u kontekst web stranice, što zahtijeva generiranje dodatnog koda. Zbog trenutačnih ograničenja pristupačnih verzija ChatGPT-a, količina koda koji se može generirati je prilično ograničena. Autori su za daljnje testiranje koristili Blender, on pruža skriptno sučelje temeljeno na programskom Pythonu. To omogućuje gotovo svu funkcionalnost alata da se pristupa programski, odnosno pisanjem i izvođenjem programskog koda umjesto pristupanja korisničkom sučelju. Na primjer, ovaj pristup bi omogućio skriptu da stvori stotine nasumičnih trodimenzionalnih objekata bez jednog klika. „Za naše potrebe, otkrili smo da GPT-4 može generirati valjani Python kod temeljen na Blender knjižnicama, što omogućuje generiranje 3D scena iz opisa prirodnim jezikom.“ [43] Chat GPT prompt 3: „Create the Python code for Blender for the following scene: There is a house with a red roof and white walls with blue windows. The camera looks at the house slightly from above and a point light points to the top of the roof. The house is placed on a large white plane where shadows are casted by the point light. Only show the code surrounded by triple backticks and do not add any explanation.“

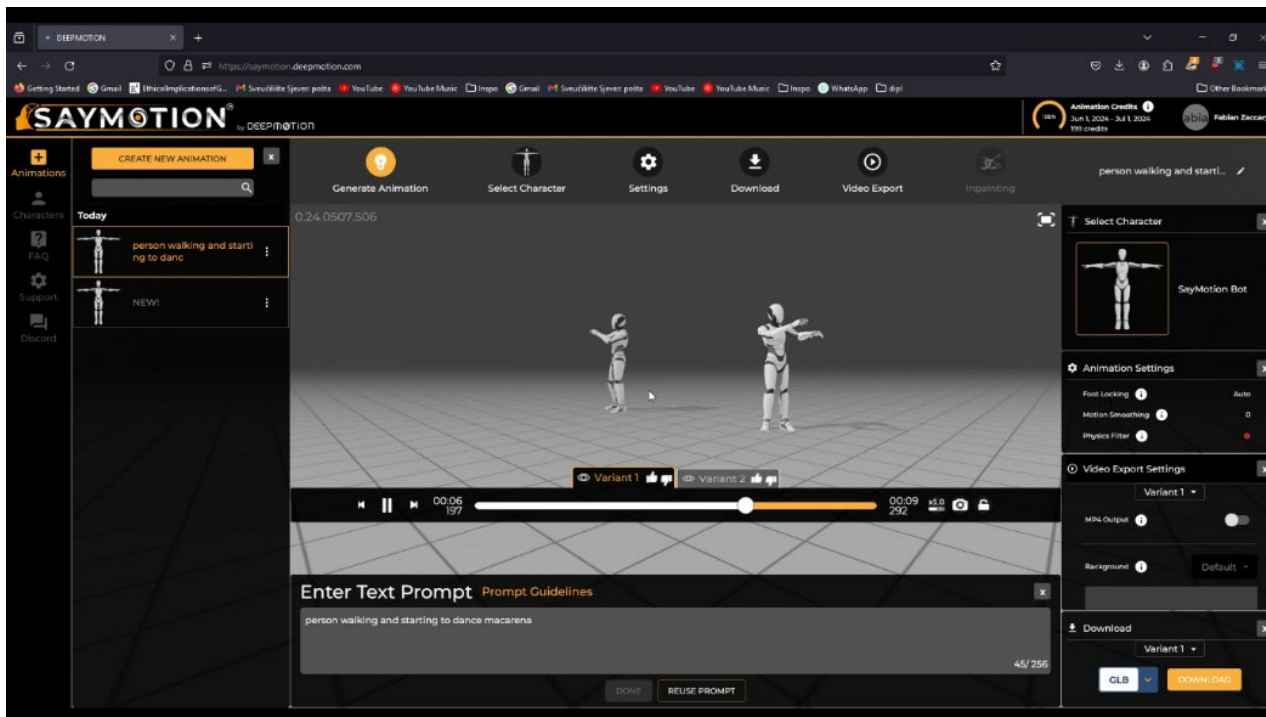


*Slika 5.2: Chat GPT prompt 3 kreacije Python koda za izradu 3D scene*

U zaključku rada autori opisuju kako se može očekivati daljnje napredovanje velikih jezičnih modela koji će omogućiti izravnu integraciju u programe, npr. Addon za Blender koji izravno pristupa Chat-GPT API-ju. Također su opisali kako nije bilo moguće kreiranje kompliciranijih scena na temelju samo tekstualnog opisa. [43]

U idućem podpoglavlju istražiti će se primjeri istraživanja i softverskih rješenja koja koriste tehnologije umjetne inteligencije za generiranje 3D animacija na osnovu tekstualnih opisa.

SayMotion (prije poznat kao MotionGPT) je dio Deep Motion-a te omogućuje izradu 3D animacija na temelju prompta teksta. Ovaj alat koristi generativnu umjetnu inteligenciju kako bi pojednostavio proces animacije, omogućujući korisnicima da usmjeravaju digitalne likove i



Slika 5.3: Saymotion sučelje

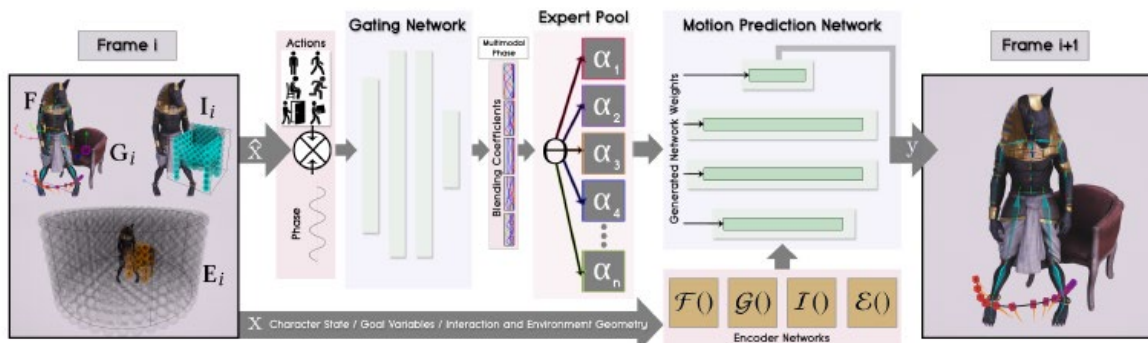
proizvode prilagođene pokrete bez potrebe za specijaliziranim hardverom ili tehničkom stručnošću. Podržava razne izvozne formate uključujući .fbx, .glb, .bvh i .mp4 [44] SayMotion je još uvijek u Open Beta verziji te trenutno podržava samo animacije cijelog tijela, u planu je izrada AI animacija tijela i lica. Deep motion također radi na AI programu za Motion Capture. Animate 3D omogućava pretvaranje video zapisa u 3D animacije mocap tehnologija radi bez markera i opreme te prati pokrete cijelog tijela, lica, pokreta ruku i više subjekta istovremeno. [44]

Move.ai je platforma koja se generiranje 3D animacija i pokreta temeljenih na umjetnoj inteligenciji. Glavni fokus platforme je stvaranje visokokvalitetnih animacija za avatare, scene i objekte u različitim virtualnim okruženjima. Za razliku od SayMotiona, Move.ai učitava visokokvalitetne podatke o pokretu iz bilo kojeg okruženja koristeći telefone ili standardne kamere. Koristi patentirani softver koji primjenjuje umjetnu inteligenciju, računalni vid i biomehaniku kako bi izvlačio podatke o pokretu iz videozapisa. Ovo uključuje animacije pokreta, gestikulacije, izražajnosti lica i drugih pokreta koji su važni za interakciju s virtualnim svijetom. Kasnije se snimljeni pokreti mogu lagano prenijeti u digitalno okruženje. [45]



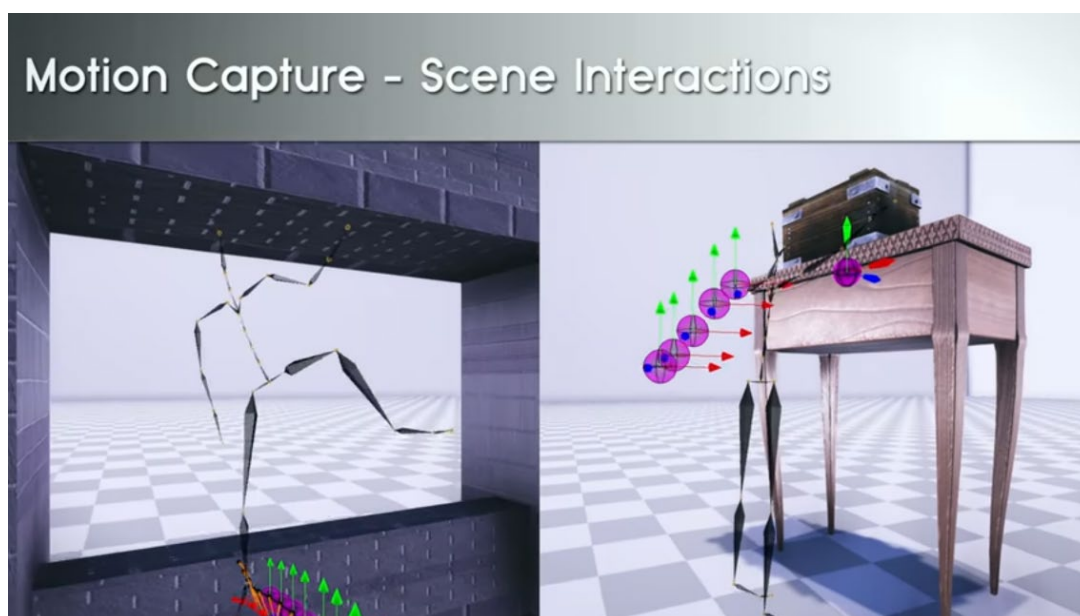
*Slika 5.4: Move.ai projekt*

Predstavljeni sustav u radu „Neural State Machine for Character-Scene Interactions“ razvijena je za kreatore igara i animatore koji žele postići veću razinu realističnosti u pokretima svojih likova. Sveučilište u Edinburghu i Adobe razvili su sustav kontrole likova koji koristi duboko učenje kako bi pomogao likovima da trče, skaču, izbjegavaju prepreke, otvaraju i ulaze kroz vrata, podižu i nose predmete iz samo jednog modela [46] U ovom istraživanju predstavljaju "Neural State Machine", okvir dubokog učenja vođenog podacima za interakcije likova sa scenama. Njihov sustav sintetizira različite pokrete i interakcije sa scenom, kao sjedenje, micanje od prepreka, dizanje kutija i sve to iz baze već snimljenih koraka. Na taj način omogućuje se jednostavno i besprijevano kontroliranje lika u stvarnom vremenu. Model izravno uči iz geometrije scene te se pokreti prirodno prilagođavaju sceni. NSM sastoji se od dvije glavne komponente, „Gating Network“ i „Motion Prediction Network“, Gating Network“ prima informacije o tome što lik trenutno radi i što želi postići te odlučuje kako kombinirati različite instrukcije ili načine ponašanja kako bi se dobio najbolji rezultat. MPN koristi informacije o tome kako lik trenutno izgleda i što želi postići te predviđa način na koji će se lik kretati u slijedećem trenutku. Ova dva dijela rade zajedno kao tim kako bi osigurali da likovi u igrama ili animacijama izgledaju glatko i prirodno u svakom trenutku.[41]



Slika 5.5: Ilustracija rada Natural Sate Machine

Sustav se obučava korištenjem podataka snimanja pokreta, što mu omogućuje učenje različitih pokreta i prijelaza za različite zadatke. Rezultati pokazuju visokokvalitetno generiranje pokreta u stvarnom vremenu koje je prikladno za primjene. [41]



Slika 5.6: Ilustracija rada Natural Sate Machine

Arhitektura sistema je kako slijedi, *Gating Network* koja prima podskup parametra trenutnog stanja (položaj zglobova, brzina i sl.) kao i vektor ciljane akcije koji definira zadatak koji lik treba završiti na primjer sjedenje, hodaње prema određenoj točki, izbjegavanje prepreka. Izlaz je *expert blending coefficients* koji određuju kako će se različiti modeli (komponente unutar mreža pokreta) kombinirati kako bi se generirano slijedeći pokret. Dok *Motion Prediction Network* koristi informacije iz predhodnog okvira kako bi generirala predikcije za slijedeći korak, te predikcije uključuju novo držanje lika, putanju i ciljane parametre, time određuje lagan prijelaz između drugih poza. (iz sjedenja u trčanje) [41]

Ukratko, autori predstavljaju end-to-end framework dubokog učenja za sintetiziranje interakcija likova sa scenama iz podataka snimljenih pokreta (motion capture), nazvan "Neural

State Network". Sustav može se koristiti s jednostavnim korisničkim naredbama i generira visokokvalitetne pokrete koji se prilagođavaju različitim objektima i okolinama. Model je responzivan, kompaktan i skalabilan te je prvi takav okvir koji se bavi zadacima interakcije sa scenama za animaciju likova vođenu podacima. [46]

Bin Peng s Sveučilišta u Californiji, Nvidia i suradnici u ovom radu opisuju framework koji omogućuje fizički simuliranim likovima da nauče svestrane i ponovno upotrebljive vještine iz velikih nestrukturiranih skupova podataka o kretanju, koji se zatim mogu primijeniti da proizvedu realistična ponašanja za nove zadatke. Ovdje lik koristi ponašanja iz naučenih vještina kako bi trčao prema meti i srušio je. [47]



*Slika 5.7: ASE model: prikaz naučenih pokreta*

Autori koriste tehnike iz adversarijalnog učenja imitacije i nesuperviziranog učenja pojačanja kako bi trenirali modele koji mogu proizvoditi realistične pokrete. Model radi na slijedeći način:

1. **Prikupljanje Podataka:** Model koristi velike skupove nestrukturiranih isječaka pokreta, koji uključuju različite primjere ponašanja koje želimo da agent usvoji. Ovi isječci mogu sadržavati različite vrste ljudskih pokreta, snimljenih kroz različite situacije i zadatke. (motion tracking, video feeding)

2. **Adversarial Imitation Learning algorithms.:** Ova tehnika omogućava modelu da uči imitirajući stvarne pokrete iz skupa podataka. Model pokušava generirati pokrete koji su što sličniji onima u isječcima, dok diskriminator (drugi model) pokušava razlikovati generirane pokrete od stvarnih. Cilj je da generirani pokreti postanu toliko slični stvarnim da diskriminator ne može razlikovati između njih.

2. **Unsupervised Reinforcement Learning:** Kroz ovu metodu, agenti uče vještine bez eksplicitnih zadataka. Umjesto toga, optimiziraju unutarnji cilj koji proizlazi iz vlastitih prošlih iskustava. Ovi unutarnji ciljevi često potiču agenta da traži novost ili raznolikost u ponašanju, što se može kvantificirati korištenjem različitih metrika.

3. **Maximizacija Informacija:** Kombinirajući adversarijalno učenje s nesuperviziranim učenjem, model koristi cilj maksimizacije informacija kako bi otkrio raznolika i različita ponašanja. Ovo pomaže modelu da izbjegne "mode-collapse" (situacija gdje model generira samo nekoliko vrsta pokreta) i umjesto toga potiče razvoj širokog spektra vještina.

4. **Masivna Paralelna Simulacija:** Koristeći NVIDIA-in simulator Isaac Gym, model može trenirati vještine koristeći ekvivalent desetljeća simuliranih iskustava. Ovaj paralelni pristup omogućava brzo i efikasno učenje velikog broja vještina. [46] Međutim, važno je pojasniti da se ovaj desetogodišnji vremenski okvir odnosi na virtualni prostor gdje se koristi ogromna računalna snagu kako bi se ubrzali protok vremena unutar ovog virtualnog prostora. Ono za što je bilo potrebno desetljeće u virtualnom prostoru konačno je dovršeno u samo 10 minuta u stvarnom životu. [48.,47]

5. **Transfer Zadatak:** Nakon pretreniranja, niskorazinski model koristi se za definiranje apstraktnog prostora akcija za visoko-rangiranu politiku koja se koristi za izvršavanje novih zadataka. Ovi pretrenirani modeli omogućavaju likovima da sintetiziraju složena i prirodna ponašanja bez potrebe za dodatnim podacima ili ponovnim treniranjem za svaki novi zadatak.

6. **Specifikacija Zadatka:** Korisnici mogu specificirati zadatke putem jednostavnih funkcija nagrađivanja, a učenje vještina omogućava likovima da automatski sintetiziraju složene strategije kako bi postigli ciljeve zadatka. [47]

Model ASE može se koristiti u raznim područjima kao što su industrija video igara, film i animacija, robotika te virtualna i proširena stvarnost (VR i AR). U industriji video igara, omogućava stvaranje realističnih likova koji prirodno reagiraju na razne situacije bez potrebe za ručnim animiranjem svakog pokreta. U filmovima i animacijama, smanjuje vrijeme i troškove stvaranja fluidnih i složenih scena. U robotici, pomaže u razvoju robota sposobnih za izvođenje preciznih i koordiniranih zadataka, bilo u industrijskim postrojenjima ili u svakodnevnim kućanskim aktivnostima. U VR i AR, omogućava interaktivne i realistične simulacije koje poboljšavaju korisničko iskustvo. [47]

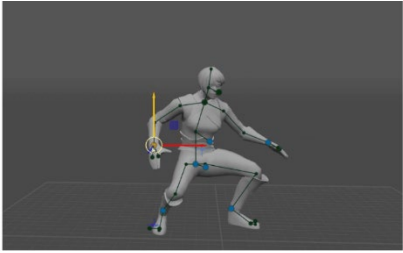
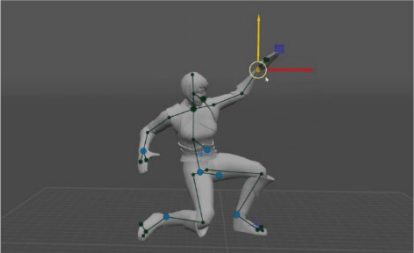
Cascadeurov članak iz 2022. Godine također opisuje Nvidin model ASE te se uključuje u raspravu: „is certainly an impressive achievement, a tool like this might not be what an animator would prefer to use in their workflow. The classical animation process is based on full control over the character, an approach that is not really compatible with said characters making their own decisions, even within user-defined goals. On the other hand, said decisions do sometimes produce unexpectedly interesting results, and, as shown by the examples above, AI-based tools are a great way to get rid of the treadmill work that to this day plagues the process of animation.“ [49] U



članku apeliraju na korištenje umjetne inteligencije kao supomoćnika u radu animacije i upravo kao takav program prezentiraju Cascadeur. Cascadeur koirsti neuronsku mrežu treniranu podacima iz stotina kratkih animacijskih isječaka. Razlika je, međutim, u tome što se ovaj put umjetna inteligencija koristi zajedno s unosom korisnika. [49]

Lik ovdje ima nekoliko točaka pričvršćenih za razne dijelove tijela. Kada korisnik pomakne jednu od tih točaka, odgovarajući dio tijela se pomiče zajedno s njom. Sustav pokušava predvidjeti koju pozu korisnik cilja - i u skladu s tim pomiče ostatak tijela. Pristup poput ovog ne rješava sve probleme. Kvaliteta poza generiranih alatom ponekad može biti neujednačena. A ponekad softver može predložiti pozu potpuno drugačiju od one koja se pokušava potiči. Ali čak i tada, postavljanje složenih poza čini mnogo lakšim nego što bi to bilo s tradicionalnijim alatima. Korištenje AutoPosinga je izvrstan način za brzo postavljanje grubog nacrtu za animaciju.[49]

Tablica 5.4: Primjer rada

Poza 1	
Nastala poza micanjem točki pritiska	

Značajka AutoPosing u Cascadeuru može brzo generirati veliki izbor poza koje se kasnije mogu koristiti za postavljanje animacije. [49]

Zaključno, Potpuna automatizacija animacije nije jedini način na koji AI može pridonijeti svijetu animacije, AI alati poput NVIDIA Audio2Face, Speech-Aware Animation and Lip Sync od Adobea, Auto rigging od tvrtke Mixamo, Adobe Fuse program za dizajniranje 3D likova koji omogućuju konstruiranje vlastitih prepoznatljivi 3D likova su samo neki od AI modela koji mogu ubrzati rad umjetnika, dizajnera animatora i game kreatora. Trenutni razvoj dubokog učenja i sintetičkih generativnih modela obećava povećanje funkcionalnosti već korištenih animacijskih tehnologija.

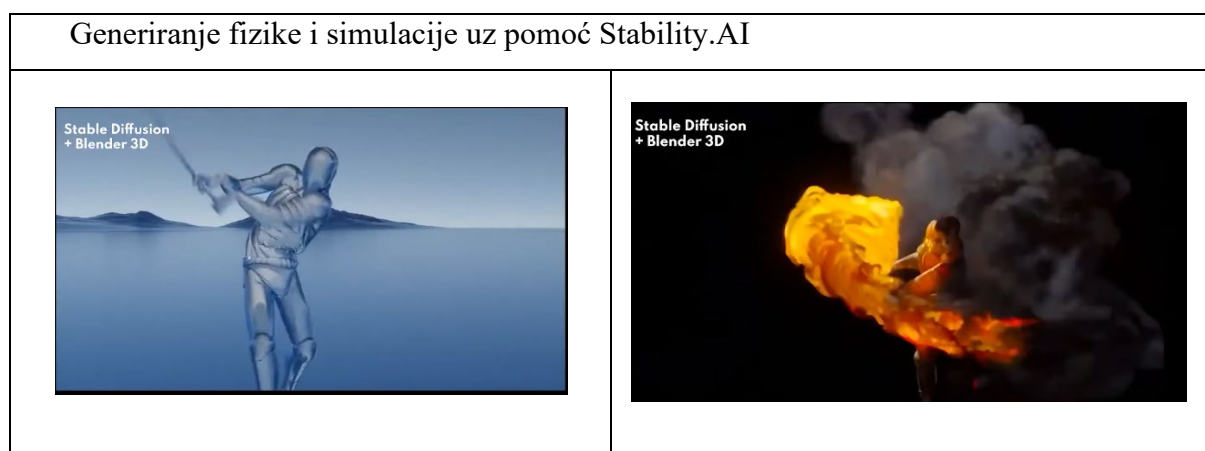
Ugrađeni Python interpreter u Blenderu omogućava korisnicima izvršavanje prilagođenih skripti koje manipuliraju resursima, stvaraju nove alate i uređuju objekte. ChatGPT može generirati Python skripte za Blender na zahtjev korisnika koristeći informacije iz svoje baze podataka. Pri radu s ovom tehnikom potrebno je minimalno znanje Pythona jer je i ChatGPT limitiran. Iako ChatGPT može biti od pomoći, potrebno je ručno prilagođavanje, posebno kod kompleksnijih skripti. Važno je imati na umu i razlike između verzija AI-a, s obzirom na njihovu sposobnost prepoznavanja informacija i konteksta. [51]

Chat GPT može se integrirati u Blender na sličan način kao i u radu „Visualization in the era of artificial intelligence: experiments for creating structural visualizations by prompting large language models“ korištenjem integriranog Chat GPT Addona za Blender, gdje nije potrebno posebno kopirati rezultate iz web aplikacije u Blender. [51]

Stability AI za Blender donosi tehnologiju kreiranja slika putem Stable Diffusiona. Ovaj alat omogućava korisnicima da stvaraju teksture, efekte i animacije bazirane na umjetnoj inteligenciji koristeći izvorni materijal iz vlastitih rendera ili samo tekstualne opise.



Stability for Blender zahtijeva API ključ i internetsku vezu, ali je besplatan za korištenje. [65]

Stability ne radi nove modele „iz nule“ već transformira već postojeće modele u stilizirane rendere.



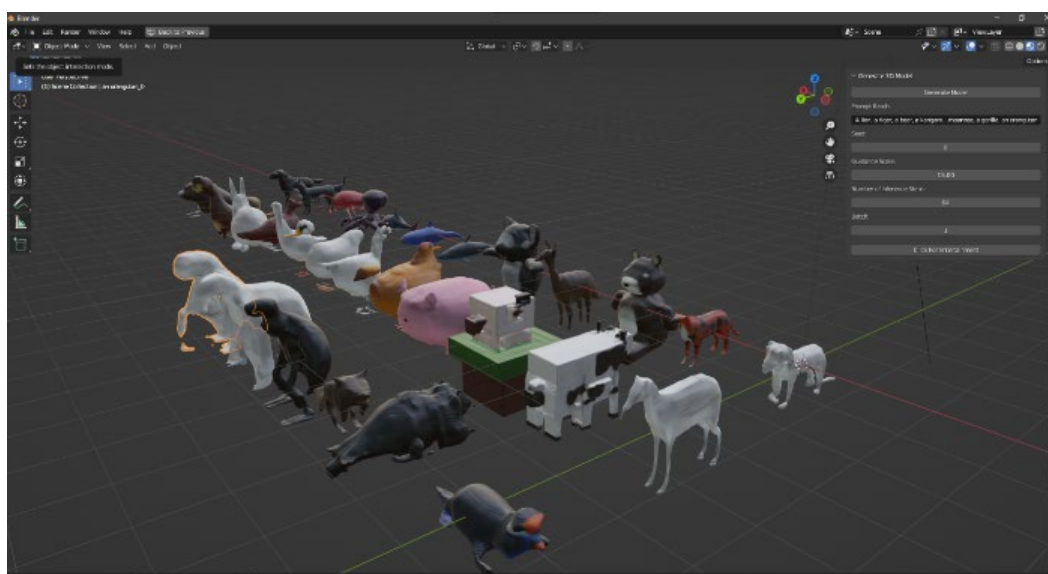
Tablica 5.5: Generiranje fizike i simulacije uz pomoć Stability.AI

Tablica 5.6: Prikaz mogućnosti Stability AI

<p>Generiranje tekstura</p>	
<p>Generiranje modela i osvjetljenja</p>	

Još jedan Blender addon koji koristi tehnologiju umjetne inteligencije za generiranje 3D modela iz tekstualnih opisa je Shape-E.

Ovaj alat omogućava korisnicima da kreiraju 3D modele unosom teksta. Shape-E podržava veliku generaciju modela, kontrolu nad randomizacijom i vođenjem skale (*guidance skale*), te automatsko primjenjivanje materijala. Alat je besplatan za korištenje i može pomoći u ubrzanju procesa 3D modeliranja [52]



Slika 5.8: Sharp-E plug-in

## **6. Usporedba procesa izrade i animiranja 3D objekata s i bez korištenja umjetne inteligencije**

U ovom djelu diplomskog rada, analizirati će se tijekom rada izrade 3D animacije, korištenjem programa za 3D modeliranje kao i tijekom rada izrade 3D animacije korištenjem umjetne inteligencije bilo potpuno ili integracijom umjetne inteligencije u klasičan proces izrade. Analiza će se fokusirati na animaciju humanoidnih oblika, pri čemu će se također obraditi generacija modela i kreiranje scena radi postizanja realističnih i uvjerljivih rezultata.

Analizirati će se više parametra:

1. Brzina i efikasnost rada
2. Kvaliteta i kontrola
3. Upotrebljivost i autorska prava
4. Kreativnost i umjetnički izraz
5. Trošak

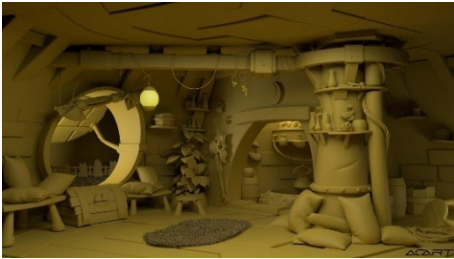
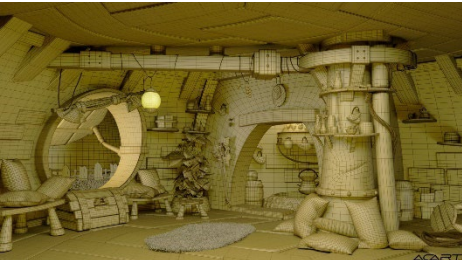

### **6.1. Brzina i efikasnost rada**

Pod brzinu i efikasnost rada smatra se na količinu vremena i produktivnosti u procesu samog modeliranja ali i animiranja.

Klasičan tijek rada izrade 3D modela u Blenderu počinje s kreiranjem osnovne geometrije poput kocki, kugli ili cilindara koje se zatim oblikuju i modificiraju pomoću različitih alata za modeliranje kao što su extrude, loop cut, i sculpting. Nakon što je osnovna forma definirana, umjetnici dodaju detalje poput tekstura, boja i materijala koristeći Blenderov integrirani alat za izradu tekstura i uređivač materijala. Izradu animacija korisnici također mogu odrađivati unutar Blendera koristeći keyframing i alate poput graph editor i drugih naprednih alata. Blender također ima integrirani sustav za rigging te je moguće implementaciju dodatnih plug inova. U Blenderu korisnici imaju potpunu kontrolu nad procesom rada. [53] U samom procesu umjetna inteligencija može uvelike pomoći ako ne i zamijeniti cijeli proces.

3D umjetnik Erick D. Acosta Arenas, izradio je ovu scenu u 20 sati, Arenas je profesionalni 3D umjetnik koji specijalizira u izradi scena (okruženja) za studio ICON. [54]

Tablica 6.1: Rad Erica D.A. Arenasa

Model	
Wireframe	
Render	





Umjetnicima početnicima, koji imaju manje iskustva, treba puno više vremena za izradu jednostavnih 3D modela. Pixune studio, u svom blogu objavili su vremenske statistike za izradu modela: za izradu jednostavnog modela potreban im je jedan do dva radna dana, za detaljne realističke modele im je potrebno jedan do dva tjedna, za izradu okruženja i arhitekture dva do četiri tjedna, izrada glavnih likova četiri do osam tjedna, a za izradu kompleksnih vozila i mehanizma potrebno im je dva do šest tjedana. [55] U drugom dijelu članka opisuju kako im je samo za teksturiranje i UV mapiranje potrebno tri do pet radnih dana. [55]

Animacijski projekti mogu trajati od par tjedana do par godina, mnogo je faktora koji na to utječu, animacije se mogu završiti brzo, ali to često zahtijeva puno resursa i povećava ukupne troškove. Suradnja s više ljudi može značajno ubrzati proces. Za nezavisne umjetnike koji stvaraju

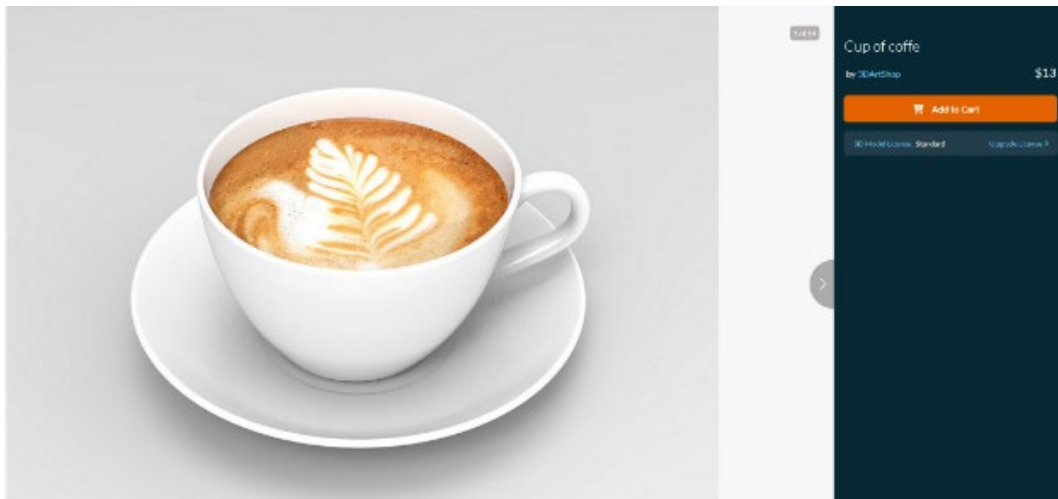
3D animacije, vremenski okviri variraju ovisno o složenosti i detaljima, uz osobno iskustvo. Jednostavne animacije mogu trajati tjedan ili dva, dok kompleksni prizori mogu trajati tjednima ili mjesecima. Proces animacije uključuje faze poput definiranja zadatka, pisanja scenarija, konceptualne umjetnosti, izrade storyboarda, modeliranja, rigginga, animacije, renderiranja i dizajna zvuka, pri čemu je svaka faza ključna za ostvarenje kreativne vizije. Na osobnom primjeru za modeliranje i animiranje animacija „Halloween ghost“ i „Brodić“ bilo je potrebno po 5 sati rada iako se radi o 10 sekundnim animacijama. [56]

Nvidia u svojoj objavi „Instant Latte: Nvidia Gen AI Research...“ opisuje kako su istraživači uspjeli ubrzati svoj najnoviji AI model Latte3D gdje generiranje 3D modela traje do 10 sekundi. [57]

Tablica 6.2: Generirani 3D modeli uz pomoć Latte3D

Vrijeme generiranja	„Latte with intricate leaf design latte art in an elegant porcelain cup“	„a cafe latte in a large glass“
400 m/s		
5 minuta		

Za usporedbu, Turbosquid nudi veliki izbor besplatnih i komercijalnih 3D modela, no opisi modela ne uključuju informacije o vremenu potrebnom za njihovu izradu. Ti modeli obično imaju više detalja i mogu se koristiti za realistične scene, dok su modeli generirani s umjetnom inteligencijom LATTE3D više su prikladni za pozadinske scene gdje nije potrebno mnogo detalja.



Slika 6.1: Sučelje Turbosquida

Korištenje LATTE3D za generaciju 3D modela ima svoje prednosti i nedostatke u smislu efikasnosti i vremena u usporedbi s klasičnom izradom 3D modela. S jedne strane, LATTE3D omogućava brzo generiranje osnovnih 3D modela iz tekstualnih opisa, što značajno skraćuje vrijeme potrebno za početnu fazu izrade modela. Ovo može biti vrlo korisno za umjetnike i dizajnere koji trebaju brzo dobiti osnovne oblike i strukture za svoje projekte. S druge strane, modeli generirani s LATTE3D često zahtijevaju dodatno uređivanje i prilagodbu kako bi postigli razinu detalja i realizma potrebnu za složenije ili visoko kvalitetne scene. To znači da, iako početna generacija modela može biti brza, ukupno vrijeme rada može se povećati zbog potrebnih dodatnih koraka. Nasuprot tome, klasična metoda izrade 3D modela, koja uključuje ručno modeliranje u softverima poput Blendera, Maya ili 3ds Max, zahtijeva više vremena i truda za početno stvaranje modela. Ova metoda omogućava veću kontrolu nad detaljima i preciznost od samog početka, što može smanjiti potrebu za naknadnim prilagodbama. Međutim, proces je sporiji i zahtijeva više tehničkog znanja i vještina. [57]

U konačnici, LATTE3D je efikasno rješenje za brzi početak izrade modela, ali za projekte koji zahtijevaju visoku razinu preciznosti i detalja, klasična metoda može biti bolji izbor unatoč dužem početnom vremenu izrade. Turbosquid, Sketchfab, CG Trader i druge web stranice koje nude besplatne i komercijalne 3D modele mogu biti vrlo korisne za dobivanje potrebnih modela bez potrebe za izradom „od nule“. Korištenjem ovih resursa, korisnici mogu brzo pronaći i prilagoditi modele koji odgovaraju njihovim potrebama, što dodatno štedi vrijeme i resurse.

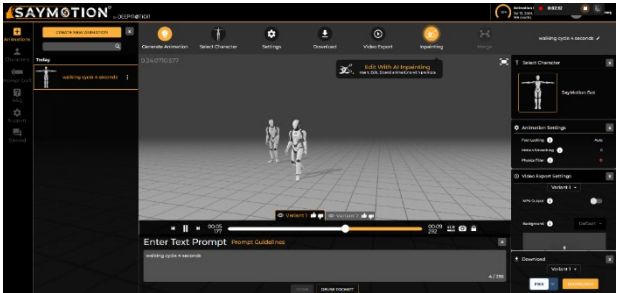
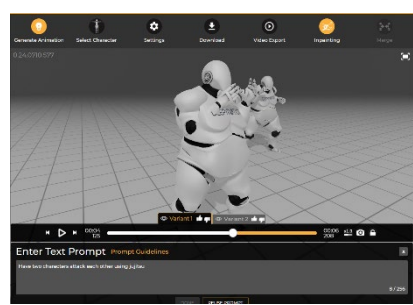
U radu „AIGC Technology: Reshaping the Future of the Animation Industry“ [58] istražuje se utjecaj tehnologije generativnog sadržaja potpomognutog umjetnom inteligencijom *Artificial Intelligence-assisted Generative Content (AIGC)* u industriji animacije, prolazi kroz komponente generativnih suparničkih mreža, obrade prirodnog jezika, učenje pojačanjem, VR i AR-a. Gao

opisuje kako AIGC ulazi u više u faza animacijskog procesa, od kreativnog procesa dizajniranja, pripovijedanja i pisanje scenarija do samog renderiranja scena. U projektu „The dog and the boy“ Netflix Japan, WIT studio i japanska podružnica Microsoftovog Xiaolcea koristili su AIGC tehnologije pri izradi 3 minutne animacije. [58] AI je imao ulogu izrade većine pozadinskih crteža i glazbe korištenih u animaciji. Za izradu pozadinskih slika korišten je sistem „Primitive AI“ koji je treniran na slikama iz Netflixovove tvrtke „Production I.G“. Suradnički proces omogućio je animatorima da prilagode slike generirane umjetnom inteligencijom i spoje ih s drugim elementima, što je rezultiralo vrlo učinkovitim načinom postizanja željene estetike u animaciji. Za stvaranje pozadinske glazbe korišten je AI kodnog imena "M", koji je pomogao u skladanju tematske pjesme. AI je analizirao obrasce, strukture i stilove iz velikog broja glazbenih djela kako bi generirao više opcija pjesme, koje su zatim rafinirali ljudski skladatelji, stvarajući tako kohezivan i privlačan soundtrack. [58] No, je li bilo brže i učinkovitije? Autor nadalje opisuje nedostatke i limitacije u radu na projektu „The dog and the boy“. Iako je korištenje umjetne inteligencije na projektu značajno skratilo proizvodni ciklus i smanjila troškove produkcije, kvaliteta umjetno generiranih slika nije bila na razini ručno crtanih verzija, posebice u dizajniranju likova. Ovaj projekt pokazuje potencijal AIGC tehnologije no umjetna inteligencija i dalje nije u mogućnosti samostalno ostvariti kreativnost i narativnu dubinu. [58]

Koristeći alat SayMotion u 2 minute generirana je animacija hoda u trajanju od 10 sekundi sa 2 varijante, koje je moguće dodatno obrađivati koristeći .fbx datoteku. Prompt je moguće dodatno uređivati te će se animacija ponovno generirati. Što je prompt duži i kompliciraniji dolazi do grešaka u modelu, no animacije je i dalje moguće dodatno uređivati.



Tablica 6.3: Prikaz rada Saymotion

Vrijeme generiranja	Prompt	Rezultat
2 minute	Walk cycle, 4 seconds	
3 minute	Have two characters attack each other using jujitsu	

Koristeći klasičnu tehniku animacije proces bi trajao mnogo duže, od modeliranja, rigginga, postavljanje ključnih sličica (*frames*), animiranje, renderiranje i eventualno post-produkcijskog obrađivanja.

## 6.2. Kvaliteta i kontrola

Parametar kvalitete i kontrole odnosi se na preciznost, detalje i mogućnost manipuliranja i izmjena 3D objekata kao i animacija. Ako je kvaliteta animacije sinonim za realizam, najkorištenija tehnika rada bila bi *motion capture*.

Motion capture uključuje snimanje pokreta i pretvaranje ih u upotrebljiv format za analizu i animaciju. Mocap destilira pokret u oblik prikladan za danju obradu što uključuje snimanje, čišćenje, uređivanje i mapiranje pokreta za animirane likove. Motion capture u stvarnom vremenu omogućuje trenutačnu animaciju, korisnu za prijenose uživo ili interaktivne izložbe, dok se sustavi koji nisu u stvarnom vremenu koriste za tradicionalnu animaciju. [59] Vrijeme potrebno za potpunu produkciju animacija iz motion capture tehnologija ovisi o više parametra kao opseg i kompleksnost animacijskog pokreta, broja ljudi u sceni, alatima i tehnologiji koji su dostupni. Veličina tima i stručnost mogu ubrzati ili usporiti produkciju također zahtjevi za kvalitetom mogu

utjecati na vrijeme rada, animacije visoke kvalitete s detaljnim pokretima i realističnim simulacijama obično zahtijevaju više vremena za produkciju. Jednostavne animacije mogu biti gotove za nekoliko tjedana dok složene animacije i projekti mogu trajati nekoliko tjedana do nekoliko mjeseci. [59]

Animatori i 3D umjetnici mogu postići visoku razinu detalja i preciznosti, a to ponajviše ovisi o njihovoj vještini i iskustvu, glede kontrole imaju potpunu kontrolu nad svakim aspektom modeliranja, teksturiranja kao i animiranja. Time se omogućuje dodatno prilagođavanje i doradivanje..



*Slika 6.2: Primjer motion capture tehnologije*

Move.ai je tvrtka koja specijalizira na analiziranju ljudskog pokreta korištenjem računalnog vida, motion capture tehnologije te algoritma strojnog učenja. U kolaboraciji s Nvidiom cilj je omogućiti korištenje tehnologije pokretima svima, bez korištenja odijela i markera. Još jedan cilj je integrirati tu tehnologiju u aplikacije u stvarnom vremenu kao i mobilne uređaje, čineći je dostupnu svima. Sustav Move AI razvijen je s fleksibilnošću rada, može raditi u malim okruženjima s nekoliko kamera ili u velikim prostorima gdje se koriste kamere visoke rezolucije. Takva svestranost sustava omogućava precizno i detaljno snimanje ljudskih pokreta. Neke od obećanih funkcija move.ai su korištenje samo jedne kamere kako bi se snimio i spremio projekt, move.ai može se koristiti bilo gdje bez posebnih osvjetljenja ili studia, nudi praćenje ruku uz praćenje tijela, brzo procesiranje- snimka od 60 sekundi može se obraditi u 5 minuta, visokokvalitetni motion data je jedan od naglasaka u njihovoj promociji, koristeći umjetnu inteligenciju, računalni vid i biomehaniku moguće je spremi visokokvalitetne podatke. Glede exporta i danjeg prilagođavanja, datoteke izvoza su .fbx i .usd tako da je animacije moguće još više doraditi kasnije u 3D programu. [45]

JSFILMZ je koristio Move AI u plesnom projektu te je opisao kako je Move AI jednostavan za kalibraciju, korištenje i snimanje. Nakon izvoza .fbx datoteke, morao je naknadno uređivati

određene kutove animacija, no istaknuo je kako to nije bilo previše teško. Koristio je 6 mobilnih uređaja i opisuje cijeli proces rada u svom videu. [60]

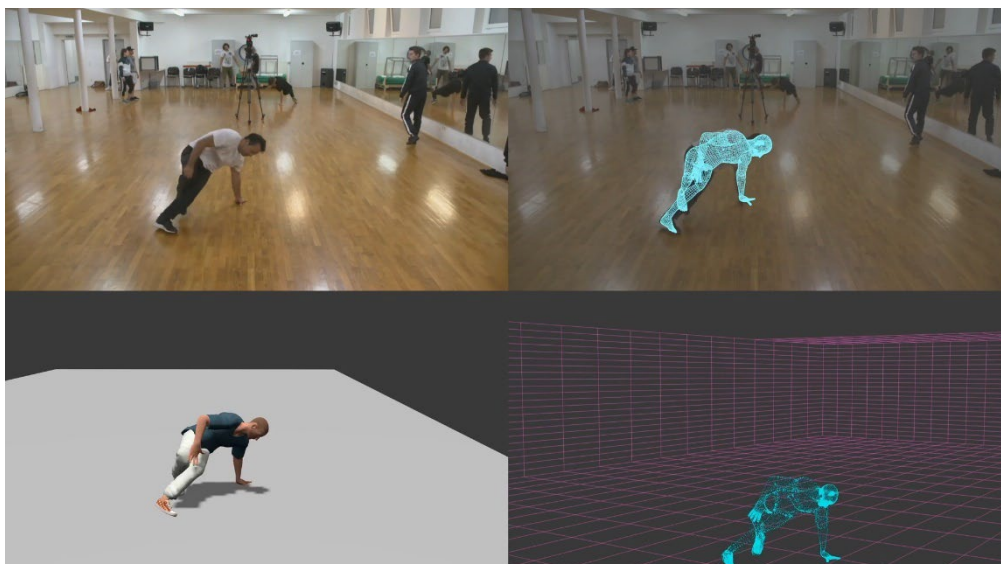
Neke od ograničenja koje Move AI su razni planovi, Move One, Move Pro i Move Live od kojih svaki nudi više opcija od predhodnog,

*Tablica 6.4: Planovi Move.AI*

	<b>Move one</b>	<b>Move Live</b>	<b>Move Pro</b>
<b>Uređaj</b>	Samo Apple uređaji	Software only.	Web platforma
<b>Broj modela na kojima se može raditi motion capture</b>	1	2	8
<b>Područje rada</b>	5x5m	10x10m	20x20 m
<b>Rezolucija</b>	HD	?	4K
<b>Fps</b>	60	110	120
<b>Broj kamera</b>	?	4-8 kamera	Do 12 uključujući GoPro, Sony i druge
<b>Export</b>	.fbxm .usd .mp4	?	.fbxm .usd .mp4

Cijena za svaki plan nije opisana te je potrebno slati formu za upit.

Izbor između tradicionalnog motion capturea i AI-based pristupa ovisi o specifičnim potrebama i prioritetima projekta. Tradicionalni motion capture pruža visoku razinu kontrole nad detaljima i preciznost u snimanju pokreta, dok AI-based pristupi, kao što nudi Move.ai, nude fleksibilnost, brzinu procesiranja tehnologije računalnog vida i strojnog učenja, te jednostavnost korištenja bez potrebe za skupom opremom poput odijela i markera. Ovisno o situaciji, AI-based rješenja mogu biti ekonomičnija i praktičnija za široku primjenu, dok tradicionalni motion capture može biti preferiran za projekte koji zahtijevaju vrhunsku kontrolu i detalje u snimanju pokreta.



*Slika 6.3: Move.AI način rada*

### 6.3. Upotrebljivost i autorska prava

Kroz ovaj parametar ispituju se i autorska prava kao i komercijalna upotreba rezultata.

U radu „The Conglomeration of Everything: Shifting Animation Production Practices due to Artificial Intelligence“ u poglavlju „Copyright, biases and the loss of creativity“ autor opisuje kako je svaka umjetna inteligencija za generiranje sadržaja gradi se na skupovima podataka za obuku koji su u osnovi povezani s bazama tekstova i slika koje izvorni kreator možda nije dopustio za korištenje. Getty Images primijetio je da je njihova internetska stranica sa slikama bila korištena za sadržaj kada je Stable Diffusion počeo generirati slike s Getty Images vodenim žigom krajem 2022. Osim velikih tvrtki poput Getty Imagesa, manji neovisni umjetnici koji dijele svoje radove na raznim društvenim mrežama također su primijetili da se njihovi umjetnički stilovi pojavljuju u AI-generiranim sadržajima. Ilustratorica Anoosha Syed primijetila je da su AI generatori "namjerno imitirali moj stil“. Etika autorskog prava središnje je pitanje u vezi s kreativnom AI, posebice u vezi s mogućnošću "krađe" ideja iz izvora autora ili zamjenom ljudskih autora u procesu. To postavlja važna pitanja vlasništva kada netko koristi alate AI jer ne mogu tvrditi isključivo autorsko pravo. Zakon o autorskim pravima Sjedinjenih Američkih Država ljudi nemogu dobiti autorska prava za djela koja nisu sami stvorili, a ova praksa proširena ja i na umjetnička djela generirana umjetnom inteligencijom. Budući da generativna AI potpuno generira sadržaj trenutno ni jedna osoba ne može tvrditi vlasništvo nad onim što umjetna inteligencija „napravi“. [35] Veliki prodajni argument AI-a je njegova sposobnost brzog i jeftinog stvaranja sadržaja, ali ako korporacije žele koristiti te generacije u komercijalnom radu, zakon o autorskim

pravima morao bi se promijeniti kako bi omogućio da djela stvorena od strane ne-ljudskih entiteta budu autorski zaštićena ili korisnici AI-a morali bi dokazati svoje ljudsko autorstvo nad AI-generiranim djelima. [35]

Način da se ostvari autorsko pravo nad generiranim sadržajem je da se modificiraju materijali koji su izvorno generirani tehnologijom umjetne inteligencije do te mjere da modifikacije ispunjavaju standarde zaštite autorskih prava. Glavni problem ovog pristupa je što zahtjeva da korisnik prepravlja sve umjetno generirane sadržaje, iako je glavni cilj umjetne inteligencije smanjiti vrijeme proizvodnje. [35] Postoji još mnogo etičkih briga oko obuke modela umjetne inteligencije, koji su već opisani u prijašnjem poglavlju. Trenutno su pokrenute tužbe protiv korištenja autorskih slika i umjetnina pri treniranju umjetne inteligencije, kao tužba Karla Ortiza, Sarah Andersen i Kelly McKernana [61] U listopadu 2023. godine savezni sudac William H. Orruck podržao je tvrtke iza generatora umjetničkih slika pomoću umjetne inteligencije: Midjourney, Stable Diffusion i Dream Up, odbacujući gotovo sve tvrdnje tri umjetnika u prvom sudskom sporu ovakve vrste. [62]

Tvrtke poput Adobe stocka nude umjetno generirane fotografije koje je moguće koristiti u komercijalne svrhe, Adobov AI model Adobe Firefly za treniranje koristio je slike s Adobe Stocka, slike koje su već javno vlasništvo koje su pod otvorenim licencama i koje se kroz novčanu kompenzaciju mogu licencirati za komercijalnu upotrebu. [63]

Europska unija objavila je Europski akt o umjetnoj inteligenciji čiji je fokus na regulaciji i pravilima koja će utjecati na razvoj i primjenu umjetne inteligencije Europi. Predlaže se regulacija AI sustava, regulativni okvir koji osigurava sigurnost AI sustava, transparentnost rada te koji prate prava intelektualnog vlasništva, definira se odgovornost za kršenje autorskih prava koja se odnose na one koji razvijaju implementiraju AI sustave, predviđa se i uspostavljanje sustava licenciranja i pravedne naknade za autore čija djela koriste AI sustavi. Akt ima za cilj balansirati zaštitu prava autora i poticati inovacije u području umjetne inteligencije. [64]

Kada govorimo o ručno kreiranim 3D modelima i animacijama, osoba automatski stječe autorska prava nad svojim radom, to uključuje prava na distribuciju, reprodukciju, komercijalnu primjenu i prilagodbu, iako je automatska, autorska prava mogu se i registrirati u slučaju pravnih sporova kao dokaz o vlasništvu. Pitanje autorskih prava za radove kreirane pomoću umjetne inteligencije je kompleksno i pravno još uvijek nije u potpunosti riješeno, Generalno ako je AI alat korišten kao pomoć u kreativnom procesu, osoba koja koristi alat može imati prava na finalni proizvod, međutim ako AI samostalno generira rad, pravna situacija oko autorskih prava može biti nejasna. Vlasnici algoritama umjetne inteligencije mogu imati određene licence koji utječu na prava korisnika nad generiranim sadržajem. Oba pristupa imaju svoje prednosti i nedostatke.

Ručno kreirani radovi omogućavaju veću kontrolu i kreativnu slobodu, dok AI alati nude brzinu i efikasnost. Optimalan pristup često zavisi od specifičnih potreba projekta i dostupnih resursa.

#### **6.4. Kreativnost i umjetnički izraz**

Odnosi se na sposobnost animatora da koristi svoju maštu, vještinu i umjetnički izražaj kod stvaranja 3D modela kao i animacija.

Tehnologija AIGC (generiranog sadržaja pomoću umjetne inteligencije) transformira industriju animacije revolucionirajući kreativni i dizajnerski proces, poboljšavajući naraciju priča i pisanje scenarija, inovirajući tijekove proizvodnje i postprodukcije te pojednostavljajući faze renderiranja i suradnje umjetnika i umjetne inteligencije. [58] Unatoč potencijalnim koristima korištenja AI u umjetnosti, postoje nekoliko izazova koji su zajednički svim područjima primjene. Jedan od izazova je balansiranje između kreativnosti i kontrole. Umjetnost generirana pomoću AI ponekad može nedostajati namjernosti i emocionalne rezonancije koju ima umjetnost stvorena ljudskom rukom, a pronalaženje pravilne ravnoteže između umjetnikovog ulaza i izlaza AI-ja može biti komplicirano. Drugi izazov je potreba za treniranjem i fino podešavanjem generativnih modela kako bi proizveli visokokvalitetne rezultate, izbjegavajući korištenje pristranih podataka koji bi mogli rezultirati, na primjer, homofobičnim ili rasističkim rezultatima. Još jedan konačni izazov implicira sam koncept kreativnosti, što je kreativno, a što nije, te može li to biti povezano s originalnom umjetničkom vrijednošću. [66] u radu „AI Art and its Impact on Artists“ Harry Jiang i autori u poglavlju „Image generators are not artists“ opisuju kako se umjetna inteligencija nemože smatrati umjetnikom, tako da se ne može raspravljati ako je ono kreativno ili ne. [63]

#### **6.5. Trošak**

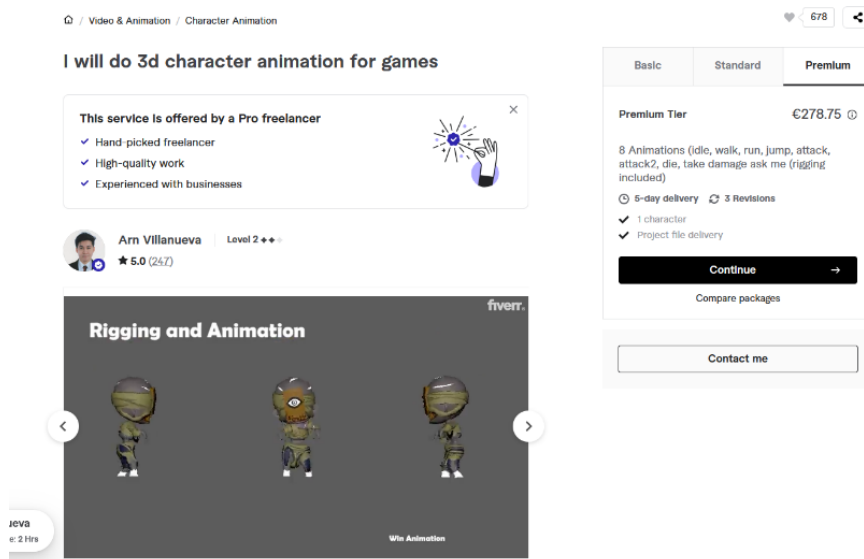
Parametar troška odnosi se na ukupni trošak izrade 3D modela, scena i animacija kao i odgovarajuće kompenzacije za rad umjetnika.

Mnogi studiji za animaciju nude različite cijene za projekt a sve ovisi o mnogo faktora, kvaliteti, vještinama i iskustvu animatora, trajanju, post i pre produkciji. U postprodukciju i preprodukciju spada izrada scenarija, storyboarda, audioprodukcija i uređivanje. [95] Fiverr je online tržište gdje stručnjaci nude razne usluge. Poznat je po raznovrsnoj ponudi uključujući grafički dizajn, digitalni marketing, pisanje i prijevode, video montažu i mnogo više. Sve ponude za izradu 3D animacija nalaze se u rangu cijena od 15 dolara do 1731 dolara, 3D animacije koje

nude su raširene po mnogo područja od 3D animiranih webflow web stranica, do realističnih 3D arhitektonskih animacija, dizajn logotipa u stilu uvodnog videa. [64] Animacije likova za video igre i animirane filmove na Fiveru su u cjenovnom rangu od 97€ do 289€ Za primjer uzeti će se animator Arn Villanueva koji ima 5 godina iskustva u području 3D animacije likova, nudi animaciju lika za video igre a premium paket košta 278,75 € a uključuje:

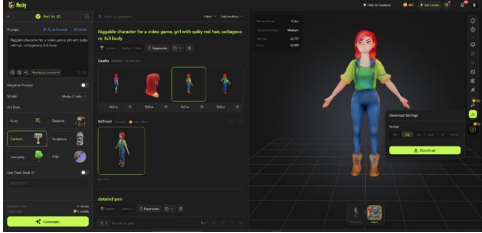
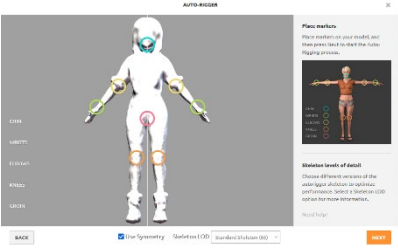

1. Četveronožna ili dvonožnu animaciju
2. Pokretanje ciklusa animacije
3. Animacijski ciklus hodanja
4. Ciklus animacije napada
5. Ciklus neaktivne animacije
6. Ciklus animacije rušenja
7. Ciklus udarene animacije
8. Animacija smrti

Za test se koristio Meshy za generiranje 3D modela, koji se zatim uploadao na Mixamo kako bi se pronašla animacija hodana. Animacija je preuzeta u fbx formatu i uvezena u Blender. U samo nekoliko minuta napravljena je animacija hodanja za generirani lik, koju je moguće dodatno prilagoditi.



Slika 6.4: Arn Villanuev profil

Tablica 6.5: Prikaz izrade animacije u par minuta

Program	Prompt	
Meshy	„Riggable character for a video game, girl with spiky red hair, cottagecore, full body“- refined	
Mixamo		
Blender		

Korištenje umjetne inteligencije za stvaranje animacija donosi značajne prednosti u pogledu efikasnosti i pristupačnosti u usporedbi s tradicionalnim metodama. Na primjer, platforme poput Mixama, SayMotiona i druge omogućuju brzo generiranje animacija za 3D likove putem AI algoritama, čime se značajno smanjuje potreban vremenski i ljudski resurs za animaciju. Za razliku od klasičnih studijskih pristupa koji zahtijevaju dugotrajno ručno animiranje ili angažiranje profesionalnih animatora, korištenje AI omogućuje korisnicima da samostalno kreiraju animacije uz znatno niži trošak. Iako je raspon animacija na platformama poput Mixama možda ograničen, pristupnost i brzina koju pruža AI čine ga privlačnim izborom za mnoge manje projekte i freelance zadatke gdje je budžet često ograničen. Kod klasičnog načina animacije, troškovi su često visoki zbog vremena koje animator mora uložiti i skupih licenci za profesionalne 3D programe. S umjetnom inteligencijom, početni troškovi implementacije napredne tehnologije mogu biti visoki, ali dugoročno, AI može značajno smanjiti troškove proizvodnje ubrzavajući proces animacije i smanjujući potrebu za intenzivnim radom animatora.



## 6.6. Analiza rezultata:

Zaključno, oba pristupa animiranju 3D objekata - klasičan način i umjetna inteligencija - imaju svoje prednosti i nedostatke. Klasičan način omogućuje visok stupanj kontrole, detalja i kreativnog izraza, ali zahtijeva više vremena i resursa. S druge strane, umjetna inteligencija može značajno ubrzati proces i smanjiti troškove, ali može ograničiti kreativnost i specifičnost prilagodbi. LATTE3D koristi se za brzu generaciju osnovnih modela, dok se ručno modeliranje koristi za detaljno uređivanje i finalizaciju. Na taj način, AI bi mogao preuzeti repetitivne i vremenski zahtjevne zadatke, dok bi umjetnici mogli usmjeriti svoje vještine i kreativnost na fine detalje i prilagodbe, što bi rezultiralo bržim i efikasnijim procesom izrade visokokvalitetnih 3D modela.

Korištenjem besplatnih platformi kao Turbosquid, CG Trader, u kombinaciji s AI alatima kao Meshy, Mixamo, Stability AI za Blender timovi mogu brzo dobiti potrebne resurse i prilagoditi ih specifičnim potrebama projekta, čime se dodatno povećava fleksibilnost i efikasnost rada.

Međutim, potrebno je imati na umu upitnost autorskih prava pri korištenju umjetne inteligencije kao i etičkih pitanja koja su česti dio diskursa. Dok AI može generirati visokokvalitetne modele i animacije, često se postavlja pitanje vlasništva i originalnosti tih djela. Budući da AI modeli često uče iz postojećih podataka, može biti teško odrediti originalnost i autorska prava nad generiranim sadržajem. Stoga, kombinacija ljudske kreativnosti i AI tehnologije također omogućuje jasniju atribuciju autorskih prava, jer ljudski doprinos može pružiti jedinstveni pečat i originalnost koja je teško postići isključivo pomoću umjetne inteligencije.

3D animacija je skupa produkcija upravo zbog potrebnog vremena, stručnosti i resursa. Umjetna inteligencija može smanjiti te troškove automatizacijom rutinskih zadataka, čime se skraćuje vrijeme produkcije. Međutim, smanjenje troškova može doći s upitnošću kvalitete jer AI možda neće uvijek moći postići razinu detalja i suptilnosti koju može pružiti ljudski animator.

Umjetna inteligencija može značajno pomoći pri kreativnom procesu stvaranja sadržaja, generiranjem novih ideja ili stilova temeljene na analizama velikih količina podataka. AI alati mogu se koristiti za vizualizaciju projekta kako bi se ostalima članovima tima lakše objasnio koncept.

Kako se vjerojatnost da će generativna AI značajno utjecati na nove generacije umjetnika povećava, mogu se izdvojiti tri smjera u budućnosti. Prvi od ovih smjerova je suradnja između umjetnika i AI-a radi stvaranja AI-asistiranih umjetničkih djela. Ova putanja tretira generativnu AI kao alat koji pomaže umjetniku povećavajući njegovu učinkovitost, pri čemu količina generativnih AI sadržaja i metoda može biti ograničena autorskim pravom. Korisnici generativne AI će naučiti kako je učinkovito koristiti te stjecati dodatne vještine u programiranju kako bi podešavali AI prema potrebama svojih projekata.

Drugi smjer je onaj najgori gdje će umjetna inteligencija sasvim preuzeti kreativnu industriju, ovaj scenarij predviđa velike gubitke radnih mjesta zbog sposobnosti generativne AI da brzo i jeftino stvara umjetnička djela u velikim količinama. Ovaj scenarij bi se mogao ostvariti jednom kada generativni modeli UI-a budu trenirani na dovoljno podataka da mogu stvarati gotovo sve s minimalnim ljudskim unosom. To bi vjerojatno dovelo do stagnacije u kreativnosti, gdje bi sve što UI generira imalo opći osjećaj sličnosti.

Treći put spoznaje ljudsku kreaciju kao „premium“ robu, Iako je generativna umjetna inteligencija sposobna stvoriti beskonačnu količinu sadržaja, mnogo toga ima isti izgled, što, kada se prepozna, umanjuje uživanje u tom sadržaju. Suočeni s ovom mogućnošću, ljudi bi cijenili autentična djela stvorena od strane ljudi i možda bi bili spremni platiti više za njih. Umjetnost stvorena pomoću AI-a bi bila smatrana jeftinom i nezanimljivom, dok bi ljudska umjetnost mogla steći konkurentsku prednost kroz pravu kreativnost. U ovom scenariju, fizička umjetnička djela također bi trebala biti vrednovana više u svijetu gdje je generirana digitalna umjetnost prezasićena. [35]

### **6.6.1. Rasprava**

Radom se prikazuje pregled literaturnih referenci glede primjene umjetne inteligencije unutar programa Blendera. Bilo u smislu potpune automatizacije rada ili pripomoći procesu izrade. Svoju pravu revoluciju u obliku dubokog učenja i generativnih modela započeli su radovi poput "Deep Learning" od LeCuna, Bengioa i Hinton, [103] "Generative Adversarial Networks" od Goodfellowa [104] i drugih. Umjetna inteligencija zaista pokazuje svoju korisnost u područjima kao što su robotika, medicina, financije, a sada se postepeno integrira u svakodnevni život čovjeka. Tako je i pronašla je svoje mjesto i u kreativnoj industriji, u obliku alata poput DALL-E, StyleGAN i DeepArta, Meshy, Suno AI, ChatGPT, Stable Diffusion, Magenta ili Lumen5.

Prvi cilj ovog rada bio je analizirati tijek rada izrade 3D animacija korištenjem programa za 3D modeliranje, kao što je Blender, te ispitati mogućnosti integracije umjetne inteligencije u taj proces. Poseban naglasak stavljen je na primjenu umjetne inteligencije u humanoidnim animacijama, kako kroz potpunu automatizaciju tako i kroz hibridni pristup gdje AI asistira tradicionalnim metodama. Drugi cilj rada je evaluirati prednosti i nedostatke korištenja Blendera s umjetnom inteligencijom u praktičnim scenarijima, što uključuje identifikaciju i procjenu praktičnih aspekata korištenja ovih tehnologija kao što su brzina rada, potrebna tehnička znanja te mogućnost koju AI nudi u usporedbi s tradicionalnim metodama. Treći cilj rada je na temelju

odrađene analize predložiti smjernice za integraciju i optimalno korištenje umjetne inteligencije u procesu izrade 3D animacija ali i modeliranja.

Kroz analizu ispitivala su se područja brzine i efikasnosti procesa rada, gdje se ispitivala vremenska isplativost korištenja AI u procesu izrade modela kao i animacija. Nadalje ispitivala se kvaliteta i kontrola, gdje se uspoređivala razina detalja, iskoristivost modela i animacija i sveukupna estetika. U radu ispituju se autorska prava kao i određena etička pitanja te se ističe kako je pravni okvir oko autorskih prava za radove stvorene pomoću AI još uvijek nejasan i nedefiniran. Etička pitanja uključuju potencijalnu "krađu" ideja i stilova od originalnih autora, što je već izazvalo reakcije među umjetnicima čiji su radovi i stilovi korišteni za treniranje AI modela bez njihove dozvole. To dovodi do moralnih dilema o vlasništvu i originalnosti u umjetnosti generiranoj umjetnom inteligencijom. Sukladno s time dovodi se u pitanje kreativnost i umjetnički izraz samih radova. Kroz analizu u centar diskusije dovodi se i trošak izrade klasične animacije kao i animacije generirane pomoću umjetne inteligencije.

Temeljeno na istraživanju iz 2021, provedeno od strane Yang, Y. i suradnika većina ispitanika smatra kako će alati umjetne inteligencije biti korišteni u stvarnoj animacijskoj produkciji [30], a na stvarnim primjerima kao „The Dog & The Boy“ (2023), Marvelovoj seriji Secret Invasion ili kratkog filma The Frost (2023) Već se vide utjecaji umjetne inteligencije na vizualne medije korištene na profesionalnoj razini. [35]

Umjetna inteligencija nudi širok spektar talenta unutar kreacijskog procesa animacije.

Kroz rad su opisani brojni modeli umjetne inteligencije, a njihovo kombiniranje može otkriti nove potencijale i stvoriti inovativna rješenja. Radovi poput „Neural State Machine for Character-Scene Interactions“, [46] gdje Starke, S. i suradnici opisuju model koji se bavi zadacima interakcije lika sa scenama vođenih podacima, te rad „Generating 3D Faces Using Convolutional Mesh Autoencoders“ [37] gdje je u radu prikazana CoMa koji koristi autoenkodere da „uzme“ složene 3D modele lica i predstaviti ih u mnogo jednostavnijem obliku i čuva te podatke, mogu značajno unaprijediti kontrolu nad likovima u animacijama i igrama, stvarajući nešto zaista impresivno. Detaljni rad oba programa u mogućnosti je izraditi potpuno realistične pomake likova u igrama i animacijama.

Move.AI tehnologija omogućava precizno snimanje pokreta, što bi se moglo kombinirati s alatima za automatizaciju procesa poput Adobe Character Animate za sinkronizaciju govora i pokreta likova. [45] Implementacija programa poput Meshy-a u rad s Blenderom može značajno ubrzati i unaprijediti rezultate. Međutim, kombinacija Meshy-a s modelom Plan IT [38], čiji je cilj planiranje strukture scena, može stvoriti simbiotski model koja omogućuje potpuno automatiziranu i prilagodljivu izradu modela za unutarnji dizajn prostora.

Jedna od ključnih prednosti modernih AI alata i programa za 3D modeliranje, poput Blendera, jest njihova interoperabilnost. Većina alata podržava standardne formate datoteka kao što su .obj ili .fbx, što omogućuje jednostavnu razmjenu podataka i suradnju između različitih softverskih rješenja. Ovo otvara vrata za kombiniranje različitih tehnologija, kao što su GAN-ovi za generiranje tekstura [41] i Move.AI za precizno snimanje pokreta, stvarajući sinergiju koja može znatno unaprijediti kvalitetu i efikasnost kreativnih procesa. Takva otvorenost i fleksibilnost alata omogućuju umjetnicima i tehničarima da koriste najbolje značajke iz svakog programa, stvarajući visokokvalitetne projekte uz optimizirane resurse i vrijeme.

### 6.6.2. Osvrti na rad

Rezultati analize prikazane u radu ukazuju na to da primjena umjetne inteligencije značajno ubrzava proces kreacije 3D modela i animacija korištenjem Blendera, s time da alati poput GAN-ova omogućuju brže generiranje tekstura i voxela. Kvaliteta generiranih modela je zadovoljavajuća, no postoji obrnuta proporcionalnost između brzine i kvalitete. Ispitivanja su dokazala da je moguće integrirati AI alate u programe poput Blendera i Maya te koristiti rezultate u stvarnim projektima. Upotreba AI alata donosi izazove vezane uz autorska prava i vlasništvo nad kreacijama, postavljajući pitanje koliko je autorski rad zapravo ljudski. AI može dehumanizirati kreativni proces, ali i otkriti nove potencijale u umjetničkom izrazu, omogućujući umjetnicima da se fokusiraju na kreativnije aspekte rada. Implementacija AI tehnologija može smanjiti troškove proizvodnje animacija i 3D modela na duži rok, unatoč inicijalnim visokim troškovima. Ako je AI alat korišten kao pomoć u kreativnom procesu, osoba koja koristi alat može imati prava na finalni proizvod. Međutim, ako AI samostalno generira rad, pravna situacija postaje složenija jer trenutni zakoni o autorskim pravima ne priznaju isključivo vlasništvo nad radovima koje stvara UI. Zaključno, analiza potvrđuje da primjena umjetne inteligencije u Blenderu može unaprijediti kreativne procese, čineći ih bržim i efikasnijim, dok etička pitanja i utjecaj na autorska prava zahtijevaju daljnju raspravu.

Kroz analizu dokazana je hipoteza da je moguće koristiti pomoćne alate umjetne inteligencije kao Move.AI, Meshy, Saymotion, Latte 3D ili Shape-E. Mnogo je načina implementacije AI u Blender od addona do Phyton koda kroz skriptno sučelje implementirano u Blender. Danas, sav proces kreacije sadržaja, bilo video, glazba, animacija, 3D modeliranje gotovo sve kreativne industrije mogu se zamijeniti modelima umjetne inteligencije. Umjetna inteligencija ima mogućnost automatizacije većine ako ne i svog procesa izrade animacija kao i modeliranja. No u drugom slučaju postavlja se pitanje koliko je autorski rad zapravo ljudski, odnosno ima li takav

rad (simulirani) jednaku težinu kreacije kao i ljudski. Primjenjivanjem tehnika kao GANs za automatsko generiranje tekstura kao i voxela objekta pokazale su se učinkovitima za neke upotrebe.

Testiranjem alata Latte3D, Shape-E i WordsEye generirani modeli mogu se iskoristiti u procesu izrada animacija i modela, dok alati poput SayMotions, Move.AI i Cascadeur mogu koristiti tehnologije umjetne inteligencije za izradu brzih i realističnih animacija. Analizom literature također je dokazano kako je sve već spomenute alate moguće implementirati u program Blender, ako ne kroz add-on-e onda ručnim unosom .fbx ili .obj formata.

Svim opisanim testovima i analizom dokazano je kako je moguće generirane rezultate koristiti u stvarnim projektima bilo amaterskim ili profesionalnim.

### **6.6.3. Prednosti i izazovi integracije umjetne inteligencije u Blenderu**

Integracija umjetne inteligencije u Blender nudi brojne prednosti, uključujući ubrzanje kreativnog procesa, poboljšanje vizualne kvalitete i optimizaciju tijekom rada. Ipak, ova integracija također dolazi s izazovima poput potrebe za kvalitetnim podacima, tehničke složenosti i potencijalne dehumanizacije kreativnosti.

Umjetna inteligencija ubrzava proces rada i štedi vrijeme. Kada je riječ o animaciji, proces kreiranja lika, namještanja (rigging), sinkronizacije govora i zatim animacije zahtijeva mnogo vremena. Međutim, razvoj tehnologije smanjio je vremenske zahtjeve i povećao produktivnost.

Uz pomoć kamere i pametnog telefona, možemo snimiti audio i omogućiti našim likovima sinkronizaciju usana s audio zapisom koristeći program pod nazivom Adobe Character Animate. [65] Motion Capture više nije skup i dugotrajan proces, korištenjem Move.AI tehnologije, mocap se može odraditi samo uz mobilni uređaj. AI algoritmi kao Saymotion i Cascadeur uvelike pojednostavljaju proces animacije, moguće ih je prilagoditi uz minimalno predznanje programa.

Umjetna inteligencija u kontekstu animiranja može pomoći studentima da razviju interes za animaciju ako prvobitno nemaju toliko znanja o tome. Početnici se mogu oslanjati na programe AI za vizualizaciju svojih projekata. [65] Filmski studiji također mogu imati korist od jednostavnih i brzih programa za kreaciju videozapisa, stvaranjem previzualizacije projekata mogu lakše iskomunicirati svoju ideju za film.

Neke od trenutnih nedostataka u kontekstu umjetne inteligencije u izradi animacija su ovisnost o kvaliteti podataka, kao što je viđeno na primjerima iz analize, generirani sadržaj često je niske kvalitete glede tekstura i točnosti oblika objekta, generirani sadržaj dobar je za pozadinske modele, no ne i za potrebe realističnih prikaza.

Jedna od teorijskih nedostataka je gubitak originalnosti, kada umjetna inteligencija prestane učiti od ljudskih umjetnika, učiti će od drugih modela umjetne inteligencije. [65] Generirana umjetnost ponekad može nedostajati namjernosti i emocionalne rezonancije koju ima umjetnost stvorena ljudskom rukom, a pronalaženje pravilne ravnoteže između umjetnikovog ulaza i izlaza umjetne inteligencije može biti izazovno [66].

Pitanje autorskih prava je jedan od velikih nedostataka korištenja umjetne inteligencije u kreativnom radu. Umjetna inteligencija sposobna je brzo obavljati neke poslove, ali za izazovnije zadatke potrebno je specijalizirano obučavanje. Automatiziranjem animacije, odnosno dijelova rada animacije koristeći računalne tehnike možemo smanjiti troškove i vrijeme, na taj način fokus rada umjetnika je na zabavnijim dijelovima kreiranja.

## 7. Zaključak

Generative adversarial network (GAN-ovi) otvorile su novo poglavlje u svijetu umjetnosti, gdje se susreću ljudska kreativnost i AI inovacije, potičući rasprave o kreativnosti, etici i budućnosti suradnje između ljudi i AI-a. Umjetna inteligencija trenutno ima veliku snagu u pružanju potpore ljudskim radnicima, ali nije još dovoljno sposobna za preuzimanje poslova koji zahtijevaju kreativnost, dizajn, implementaciju i planiranje šire slike poslovanja. Margaret Boden je istaknula da bi čak i kada bi umjetna inteligencija bila kreativna mnogima to izgledalo kao prividna, a ne stvarna kreativnost, zbog nedostatka namjere i naše nespremnosti da umjetnoj inteligenciji damo mjesto u društvu. [19. 20] Pitanje etike, autorskih prava i krivotvorenje digitalnih umjetnina i dalje ostaje u zraku, neki autori smatraju kako ova vrsta digitalnog krivotvorenja uzrokuje brojne štete umjetnicima, od kojih se mnogi već bore za uzdržavanje. [63] Iz tog razloga dolaze na tržište aplikacije kao Cara koja koristi anti-AI tehnologiju s ciljem zaštite ljudskih umjetnika prekidanjem imitacije stilova u obuci generativnih AI modela. [67]

Neki autori umjetničku kreativnost umjetne inteligencije doživljavaju kao brzi napredak, a budućnost nosi sa sobom uzbudljive prilike i neizvjesnosti. [66] Tijekom sljedećeg desetljeća, očekuje se da će umjetna inteligencija (AI) igrati ključnu ulogu u kreativnom procesu. [66]

Danas, umjetna inteligencija može samo djelomično zamijeniti ono što bi vrhunski ljudski kreator mogao stvoriti [66]

Pitanje nije hoće li AI preuzeti naše poslove, već kako će AI demokratizirati kreativnost i omogućiti nam da pomaknemo granice kvalitete i kvantitete sadržaja koji želimo proizvoditi. Tehnologije iza umjetne inteligencije brzo rastu, što znači da će postojeća rješenja nastaviti poboljšavati i zasigurno će biti novih otkrića. Moguće je da će se razviti potpuno automatizirani alati za animaciju ili će se fokus premjestiti na AI-asistirane alate koji olakšavaju rad animatora bez da ga u potpunosti zamijene. [65]

Primjena tehnologije umjetne inteligencije u animacijskom području raste, ali ne može dugo opstati jer na kraju dana svatko želi jedinstvenost i originalni koncept. Umjetna inteligencija može pomoći u smanjenju radnog stresa, ali ne može zamijeniti animatore. [65] Povijest animacije svjedoči o simbiotskom odnosu između tehnologije i kreativnosti, a svaki novi tehnološki napredak redefinira mogućnosti vizualnog pripovijedanja. Dok se tehnologija nastavlja razvijati, umjetnost i tehnike animacije obećavaju budućnost ispunjenu još fascinantnijim i maštovitijim iskustvima.

Kako je Heng Yang u radu „The expression of multimedia animation art design in the era of artificial intelligence“ opisao: „ With a correct understanding of technology, technology and art

maintain a balanced forward relationship Art must have a proper understanding of technology and maintain a continuous relationship with technological progress.“ [32]



## 8. Literatura

[1] Muggleton, S. (2014). Alan Turing and the development of Artificial Intelligence. *AI communications*, 27(1), 3-10. link: <https://www.doc.ic.ac.uk/~shm/Papers/AIC579.pdf>

[2] Crnčić, S. (2020). *Umjetna inteligencija u poslovanju* (Doctoral dissertation, University North. University centre Varaždin. Department of Business Economics).

[3] Stanford, School of Humanities and Sciences (2024.) by Cameron Scott link: <https://humsci.stanford.edu/feature/study-finds-chatgpts-latest-bot-behaves-humans-only-better>

[4] Hu, Y. Programming in Lisp/Scheme. link: <https://youjunhu.github.io/misc/Lisp.pdf>

[5] Schank, R. C. (1987). What is AI, anyway?. *AI magazine*, 8(4), 59-59. link: <https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/view/623>

[6] Stanford university, (2020) Artificial Intelligence Definitions, Human-centered Artificial Intelligence link: <https://hai.stanford.edu/sites/default/files/2020-09/AI-Definitions-HAI.pdf>

[7] Wang, P. (2019). On defining artificial intelligence. *Journal of Artificial General Intelligence*, 10(2), 1-37. Link: <https://intapi.sciendo.com/pdf/10.2478/jagi-2019-0002>

[8] Dr. Dheeraj Mehrotra (2019), basics of artificial intelligence & machine learning, Notion Press Link: <https://shorturl.at/wIHSS>

[9] Strelkova, O. (2017). Three types of artificial intelligence. Link: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/05/142.pdf>

[10] Kovač, L. (2015). *Umjetna inteligencija danas* (Doctoral dissertation, University of Rijeka. Faculty of Humanities and Social Sciences. Department of Polytechnics).

[11] Matkov, Dominik (2019.) Primjena umjetne inteligencije i neuroevolucije u video igrama link:

<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:211:654921>

[12] Li, Z., Liu, F., Yang, W., Peng, S., & Zhou, J. (2021). A survey of convolutional neural networks: analysis, applications, and prospects. *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, 33(12), 6999-7019.

[13] Lawrence, S., Giles, C. L., Tsoi, A. C., & Back, A. D. (1997). Face recognition: A convolutional neural-network approach. *IEEE transactions on neural networks*, 8(1), 98-113.

[14] Gu, J., Wang, Z., Kuen, J., Ma, L., Shahroudy, A., Shuai, B., ... & Chen, T. (2018). Recent advances in convolutional neural networks. *Pattern recognition*, 77, 354-377.

[15] Maerten, A. S., & Soydaner, D. (2023). From paintbrush to pixel: A review of deep neural networks in AI-generated art. *arXiv preprint arXiv:2302.10913*.

- [16] Cao, H., Tan, C., Gao, Z., Xu, Y., Chen, G., Heng, P. A., & Li, S. Z. (2024). A survey on generative diffusion models. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*.
- [17] Thenmozhi, M. NATURAL LANGUAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING WITH THE HELP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE. *ARTIFICIAL INTELLIGENCE LANGUAGE LEARNING AND COMMUNICATION: EXPLORING THE INTERSECTION OF TECHNOLOGY AND EDUCATION*, 90.
- [18] Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2020). Generative adversarial networks. *Communications of the ACM*, 63(11), 139-144.
- [19] Music, C. (2018). Featured author. *Environment*. <https://www.bbvaopenmind.com/wp-content/uploads/2017/12/Ficha-The-Next-Step.pdf>
- [20] López de Mántaras, R. (2016). Artificial intelligence and the arts: Toward computational creativity.
- [21] Whitney Museum of American Art (2024.) link: <https://whitney.org/exhibitions/harold-cohen-aaron>
- [22] Maerten, A. S., & Soydaner, D. (2023). From paintbrush to pixel: A review of deep neural networks in AI-generated art. *arXiv preprint arXiv:2302.10913*.
- [23] Stability.ai link: <https://stability.ai/>
- [24] Horvat, I. (2021). *Ekspperimentalne metode analogne fotografije* (Doctoral dissertation, University North. University centre Varaždin. Department of Multimedia, Design and Application).
- [25] Boddington, P. (2017). *Towards a code of ethics for artificial intelligence* (pp. 27-37). Cham: Springer
- [26] Obrvan, M. (2023). *Umjetna inteligencija pri stvaranju vizualne umjetnosti* (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Humanities and Social Sciences. Department of information and Communication sciences).
- [27] Jiang, H. H., Brown, L., Cheng, J., Khan, M., Gupta, A., Workman, D., ... & Gebru, T. (2023, August). AI Art and its Impact on Artists. In *Proceedings of the 2023 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society* (pp. 363-374).
- [28] Shan, S., Cryan, J., Wenger, E., Zheng, H., Hanocka, R., & Zhao, B. Y. (2023). Glaze: Protecting artists from style mimicry by {Text-to-Image} models. In *32nd USENIX Security Symposium (USENIX Security 23)* (pp. 2187-2204). <https://www.usenix.org/system/files/usenixsecurity23-shan.pdf>

[29] Michael Kan (2023.) „The Visuals in This Sci-Fi Shooting Game Are Made by AI,, link: <https://www.pcmag.com/news/the-visuals-in-this-sci-fi-shooting-game-are-made-by-ai-heres-how-to-play>

[30] Yang, Y. (2021, February). Application of artificial intelligence technology in virtual reality animation aided production. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1744, No. 3, p. 032037). IOP Publishing.

[31] Karen Garces (2023.) „Artists that use AI“ link: <https://penji.co/ai-artists/>

[32] Yang, H. The expression of multimedia animation art design in the era of artificial intelligence. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1).

[33] Liu, Q., & Peng, H. (2021, April). Influence of Artificial Intelligence Technology on Animation Creation. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1881, No. 3, p. 032076). IOP Publishing.

[34] Li, Y. (2021). Film and TV animation production based on artificial intelligence AlphaGd. *Mobile Information Systems*, 2021(1), 1104248.

[35] Evans, A. K. (2024). *The Conglomeration of Everything: Shifting Animation Production Practices due to Artificial Intelligence* (Doctoral dissertation, San Francisco State University).

[36] Chaudhuri, S., Ritchie, D., Wu, J., Xu, K., & Zhang, H. (2020, May). Learning generative models of 3d structures. In *Computer graphics forum* (Vol. 39, No. 2, pp. 643-666).

[37] Ranjan, A., Bolkart, T., Sanyal, S., & Black, M. J. (2018). Generating 3D faces using convolutional mesh autoencoders. In *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)* (pp. 704-720).

[38] Wang, K., Lin, Y. A., Weissmann, B., Savva, M., Chang, A. X., & Ritchie, D. (2019). Planit: Planning and instantiating indoor scenes with relation graph and spatial prior networks. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 38(4), 1-15.

[29] Beginning Blender, Open source 3D modeling, animation and game design , Lance Flavell (2010.) link: [https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=aHmlWV50mIAC&oi=fnd&pg=PR1&dq=blender+3d+modeling+software&ots=AyT8QSWQoV&sig=mv\\_Iyaf5I7xL9BgAFIHfagWvnWg&redir\\_esc=y#v=onepage&q=blender%203d%20modeling%20software&f=false](https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=aHmlWV50mIAC&oi=fnd&pg=PR1&dq=blender+3d+modeling+software&ots=AyT8QSWQoV&sig=mv_Iyaf5I7xL9BgAFIHfagWvnWg&redir_esc=y#v=onepage&q=blender%203d%20modeling%20software&f=false)

[40] Meshy, documentation link: <https://docs.meshy.ai/>

[41] Liang, J., Shan, X., & Chung, J. (2023). A Study on Process of Creating 3D Models Using the Application of Artificial Intelligence Technology. *International Journal of Advanced Culture Technology (IJACT)*, 11(4), 346-351.

[42] Coyne, B., & Sproat, R. (2001, August). WordsEye: An automatic text-to-scene conversion system. In *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and*

*interactive techniques* (pp. 487-496). link:  
[http://www.cs.columbia.edu/~coyne/images/wordseye\\_siggraph.pdf](http://www.cs.columbia.edu/~coyne/images/wordseye_siggraph.pdf)

[43] Fill, H. G., & Muff, F. (2023). Visualization in the era of artificial intelligence: Experiments for creating structural visualizations by prompting large language models. *arXiv preprint arXiv:2305.03380*.

[44] Deepmotion, Saymotion, Documentation link:  
<https://www.deepmotion.com/doc/saymotion>

[45] Move.ai (2024.) link: <https://www.move.ai/about>

[46] Starke, S., Zhang, H., Komura, T., & Saito, J. (2019). Neural state machine for character-scene interactions. *ACM Transactions on Graphics*, 38(6), 178.

[47] Peng, X. B., Guo, Y., Halper, L., Levine, S., & Fidler, S. (2022). Ase: Large-scale reusable adversarial skill embeddings for physically simulated characters. *ACM Transactions On Graphics (TOG)*, 41(4), 1-17.

[48] Tang, M., & Chen, Y. (2024). AI and animated character design: efficiency, creativity, interactivity. *The Frontiers of Society, Science and Technology*, 6(1).

[49] Starke, S., Zhang, H., Komura, T., & Saito, J. (2019). Neural state machine for character-scene interactions. *ACM Transactions on Graphics*, 38(6), 178.

[50] Cascadeur, „AI in animation“ (2022) link: <https://cascadeur.com/blog/general/ai-in-animation>

[51] AI superpowers, Unveiling the integration Blender and ChatGPT, Aiden Evans. Link: [https://www.google.hr/books/edition/AI\\_SuperPowers\\_Unveiling\\_the\\_Integration/RCjUEAAAQBAJ?hl=hr&gbpv=1&dq=blender+and+chatgpt&printsec=frontcover](https://www.google.hr/books/edition/AI_SuperPowers_Unveiling_the_Integration/RCjUEAAAQBAJ?hl=hr&gbpv=1&dq=blender+and+chatgpt&printsec=frontcover)

[52] Sharp-E, BlenderText To 3D AI Generator link: <https://devbud.gumroad.com/l/Shap-e>

[53] The beginners guide to Blender (2015.) Jonathan Lampel link:  
<https://dl.icdst.org/pdfs/files3/3644474c85357ae67069f50ee880938c.pdf>

[54] Erick D. Acosta Arenas, 3D Environment Artist at ICON Creative Studio link:  
<https://www.artstation.com/artwork/lxYzwz>

[55] Pixune studio (2024.) „How Long Does it Take to Make a 3D Model?“ link:  
<https://pixune.com/blog/how-long-does-it-take-to-create-a-3d-model/>

[56] MOJ YT KANAL

[57] Nvidia (2024.) „Instant Latte: NVIDIA Gen AI Research Brews 3D Shapes in Under a Second,“ link: <https://blogs.nvidia.com/blog/latte-3d-generative-ai-research/>

[58] Gao, R. (2023). AIGC Technology: Reshaping the Future of the Animation Industry. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 56, 148-152.

[59] Gleicher, M. (1999). Animation from observation: Motion capture and motion editing. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 33(4), 51-54.

[60] [https://www.youtube.com/watch?v=PDFqN\\_pvEUE](https://www.youtube.com/watch?v=PDFqN_pvEUE)

[61] Written Testimony of Karla Ortiz (2023.) „US. Senate Judiciary Subcommittee on Intellectual Property “AI and Copyright”“ link: [https://www.judiciary.senate.gov/imo/media/doc/2023-07-12\\_pm\\_-\\_testimony\\_-\\_ortiz.pdf](https://www.judiciary.senate.gov/imo/media/doc/2023-07-12_pm_-_testimony_-_ortiz.pdf)

[62] In a Blow for Artists, a Federal Judge Has Sided With Three A.I. Companies in a Copyright Dispute (2023) link: <https://news.artnet.com/art-world/federal-judge-sides-with-ai-companies-in-artists-copyright-dispute-2387654>

[63] Jiang, H. H., Brown, L., Cheng, J., Khan, M., Gupta, A., Workman, D., ... & Gebru, T. (2023, August). AI Art and its Impact on Artists. In *Proceedings of the 2023 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society* (pp. 363-374). link: [https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3600211.3604681?trk=public\\_post\\_comment-text](https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3600211.3604681?trk=public_post_comment-text)

[64] „EU AI Act: shaping Copyright compliance in the age of AI Innovation,, link: <https://keanet.eu/eu-ai-act-shaping-copyright-compliance-in-the-age-of-ai-innovation/>

[65] Fiver, front page, link: [https://www.fiverr.com/search/gigs?query=3d%20ANIMATION&source=sorting\\_by&ref\\_ctx\\_id=b010e4ff03ef44cb81659be397d5cb53&search\\_in=everywhere&search-autocomplete-original-term=3d%20animation&filter=rating](https://www.fiverr.com/search/gigs?query=3d%20ANIMATION&source=sorting_by&ref_ctx_id=b010e4ff03ef44cb81659be397d5cb53&search_in=everywhere&search-autocomplete-original-term=3d%20animation&filter=rating)

[65] Jie, P., Shan, X., & Chung, J. (2023). A Comparative Analysis Between Leonardo Ai and Meshy as AI Texture Generation Tools. *International Journal of Advanced Culture Technology (IJACT)*, 11(4), 333-339.

[66] Crimaldi, F., & Leonelli, M. (2023). AI and the creative realm: A short review of current and future applications. *arXiv preprint arXiv:2306.01795*.

[67] Cara Glaze, front page link: <https://blog.cara.app/blog/cara-glaze-about/>

## Slike

Slika 1.1: Vrste umjetne inteligencije _____	4
Slika 1.2: Prikaz rada konvilucijske neuronske mreže _____	9
Slika 1.3: Prikaz rada GAN-a _____	10
Slika 1.4: Ilustracija rada GAN-a _____	11
Slika 1.5: Autorska umna mapa raspodjele umjetne inteligencije 1/2 _____	13
Slika 1.6: Autorska umna mapa raspodjele umjetne inteligencije 2/2 _____	14
Slika 2.1: Ilustracija rada CNN-a _____	17
Slika 2.2: La Famille de Belamy i Theatre d'opera spatial _____	19
Slika 2.3: Rad Sougwen Chung _____	21
Slika 2.4: Rad Refika Anadola _____	22
Slika 3.1: Anketa o popularnosti tečaja tehnologije umjetne inteligencije u smjeru animacije _	24
Slika 3.2: The Dog and The Boy _____	26
Slika 3.3: Slika zaslona uvodne špice Secret Invasion _____	27
Slika 3.4: Slika zaslona The Frost _____	27
Slika 3.5: Slika zaslona The Frost _____	27
Slika 4.1: Različiti prikazi geometrije niske razine pojedinačnih objekata/dijelova objekata ____	30
Slika 4.2: Usporedba s PCA: Kvalitativni rezultati za eksperiment interpolacije _____	30
Slika 4.3: Ilustrirani rad PlanIT modela _____	34
Slika 5.1: The bird is in the birdcage. The birdcage is on the chair _____	38
Slika 5.2: Chat GPT prompt 3 kreacije Python koda za izradu 3D scene _____	40
Slika 5.3: Saymotion sučelje _____	41
Slika 5.4: Move.ai projekt _____	42
Slika 5.5: Ilustracija rada Natural Sate Machine _____	43
Slika 5.6: Ilustracija rada Natural Sate Machine _____	43
Slika 5.7: ASE model: prikaz naučenih pokreta _____	44
Slika 5.8: Sharp-E plug-in _____	48
Slika 6.1: Sučelje Turbosquida _____	52
Slika 6.2: Primjer motion capture tehnologije _____	55
Slika 6.3: Move.AI način rada _____	57
Slika 6.4: Arn Villanuev profil _____	60

## Tablice

Tablica 5.1: Usporedba karakteristika programa _____	36
Tablica 5.2: Usporedba različitih promptova u njihovih rezultata _____	37
Tablica 5.3: Prikaz promptova _____	39
Tablica 5.4: Primjer rada _____	46
Tablica 5.5: Generiranje fizike i simulacije uz pomoć Stability.AI _____	47
Tablica 5.6: Prikaz mogućnosti Stability AI _____	48
Tablica 6.1: Rad Erica D.A. Arenasa _____	50
Tablica 6.2: Generirani 3D modeli uz pomoć Latte3D _____	51
Tablica 6.3: Prikaz rada Saymotion _____	54
Tablica 6.4: Planovi Move.AI _____	56
Tablica 6.5: Prikaz izrade animacije u par minuta _____	61



Sveučilište  
Sjever



SVEUČILIŠTE  
SJEVER

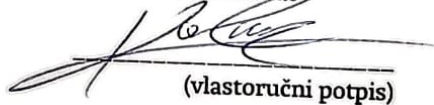
### IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Irma Horvat (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Pregled primjene umjetne inteligencije i Blendera u animaciji i reklamnom stvaralaštvu (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

Irma Horvat



(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.