

# Subjektivno ispitivanje kvalitete slika putem Interneta stvorenih s DALL-E 2 i SDXL 1.0 modelima za pretvorbu teksta u sliku

---

Svetec, Simona

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:696349>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-25**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br. 097-MMD-2023

**SUBJEKTIVNO ISPITIVANJE KVALITETE  
SLIKA PUTEM INTERNETA STVORENIH S  
DALL-E 2 I SDXL 1.0 MODELIMA ZA  
PRETVORBU TEKSTA U SLIKU**

Simona Svetec

Varaždin, rujan 2023.

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij Multimedija**



DIPLOMSKI RAD br. 097-MMD-2023

**SUBJEKTIVNO ISPITIVANJE KVALITETE  
SLIKA PUTEM INTERNETA STVORENIH S  
DALL-E 2 I SDXL 1.0 MODELIMA ZA  
PRETVORBU TEKSTA U SLIKU**

Student:  
Simona Svetec, 2907/336

Mentor:  
izv. prof. dr. sc. Emil Dumić

Varaždin, rujan 2023.

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za multimediju

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Multimedija

PRISTUPNIK Svetec Simona

JMBAG

0336027727

DATUM 26.06.2023.

KOLEGIJ

Računalni vid

NASLOV RADA

Subjektivno ispitivanje kvalitete slika putem Interneta stvorenih s DALL-E 2 i SDXL 1.0

modelima za pretvorbu teksta u sliku

NASLOV RADA NA  
ENGL. JEZIKU

Subjective crowdsourced image quality evaluation generated with DALL-E 2 and SDXL 1.0

text-to-image models

MENTOR

Emil Dumić

ZVANJE

izv.prof.dr.sc.

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc. art. dr. sc. Mario Periša - predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Dean Valdec - član
3. izv. prof. dr. sc. Emil Dumić - mentor
4. doc. dr. sc. Andrija Bernik - zamjenski član
- 5.

## Zadatak diplomskog rada

BROJ

097-MMD-2023

OPIS

U ovom radu će biti ispitane umjetno stvorene slike koristeći DALL-E 2 i SDXL 1.0 sustave dubokog učenja koristeći metodu ispitivanja putem Interneta.

Pretvorba teksta u sliku opisuje skup modela za stvaranje slika iz ulaznog teksta. Neke od aplikacija uključuju stvaranje i uređivanje slika, računalno potpomognut dizajn, animacije, računalne igre i drugo. U radu će se opisati DALL-E, DALL-E 2 i SDXL sustavi dubokog učenja za stvaranje slika iz teksta. Opisat će se i transformer neuronske mreže, često korištene u modelima za kodiranje teksta. Također će se opisati i difuzijski modeli općenito, noviji modeli za stvaranje slike, poput GLIDE modela. Prilikom korištenja takvih algoritama, bitna je i kvaliteta stvorenih umjetnih slika. Neki od predloženih algoritama ispitivanja kvalitete su fotorealizam, sličnost s tekstualnim opisom i općenita kvaliteta generiranih slika.

U praktičnom dijelu rada će se samostalno stvoriti više umjetnih slika iz teksta koristeći DALL-E 2 i SDXL 1.0 javno dostupne sustave dubokog učenja. Slike će se ocijeniti na fotorealizam, sličnost s tekstualnim opisom i općenitu kvalitetu. Koristit će se metoda ispitivanja putem Interneta i Apache/PHP server za prikupljanje podataka. Zaključno će se dati mišljenje o kvaliteti DALL-E 2 i SDXL 1.0 algoritma za stvaranje slika iz teksta.

ZADATAK URUČEN

08.09.2023.

POTPIS MENTORA

Emil Dumić



## **Predgovor**

Kako trenutno živimo u svijetu brzog napretka umjetne inteligencije i brojnih tehnologija koje ju koriste, odnosno sile koja sve više oblikuje i utječe na našu svakodnevicu, ovaj rad dao mi je priliku da detaljnije istražim njezino nastajanje, mogućnosti i predviđanje za budućnost. Isto tako, kroz istraživanje, koliko je sadržaj koji ona generira relevantan, autentičan i kvalitetan.

Ovom prilikom želim se zahvaliti mentoru Emilu Dumiću na utrošenom vremenu, podršci, korisnim smjernicama i strpljenu kod pisanja ovog diplomskog rada te svim ostalim profesorima odjela Multimedije na prenesenom znanju i prijateljskom pristupu. Također, veliko hvala obitelji, kolegama i prijateljima koji su bili uz mene tijekom cijelog razdoblja studiranja i bez kojih bi ovo petogodišnje putovanje na Sveučilištu Sjever u Varaždinu bilo puno teže i napornije.

## Sažetak

Diplomski rad istražuje četiri industrijske revolucije, a posebno se usredotočuje na tehnološki napredak koji je doveo do stvaranja i razvoja umjetne inteligencije koja predstavlja jedan od ključnih segmenata današnjeg modernog doba. Uz to, razmatra se kako popularni i inovativni modeli uključujući DALL-E 2 i SDXL 1.0 mogu unaprijediti mogućnosti i primjenu umjetne inteligencije u budućnosti. Isto tako, isti ti navedeni sustavi koji omogućuju generiranje visoko realističnih slika prema tekstualnim opisima korisnika glavna su tema elaboracije i usporedbe u napravljenom istraživanju koje je provedeno u svrhu ocjenjivanja parametara ubrajajući realističnost, podudaranje slike s opisom i opći dojam. Ispitanici koji su pristupili istome, točnije njih 27, davali su vlastita mišljenja za po 8 stvorenih sadržaja prema jednakim opisima koristeći tehnologije DALL-E 2 i SDXL 1.0 što ukupno čini 16 slika. Napravljene su analize koje su usporedile srednje ocjene za slike od pojedinih sustava uz dodatne analize prema pojedinim parametrima, dobu dana, spolu, kao i korištenom uređaju. Naposljetku slijede opisane i navedene one slike za koje su promatrači dali najbolje odnosno najlošije ukupne ocjene, a rangirani su i svi sadržaji po redoslijedu od najslabije ocijenjenog prema onome s najboljim prosjekom.

**Ključne riječi:** industrijske revolucije, umjetna inteligencija, sadržaj generiran umjetnom inteligencijom, DALL-E 2, SDXL 1.0.

## **Abstract**

This graduation thesis examines four industrial revolutions, and focuses especially on the technological progress that led to the creation and development of artificial intelligence, which represents one of the key segments of today's modern era. In addition, it looks at how popular and innovative models including DALL-E 2 and SDXL 1.0 can advance the possibilities and applications of artificial intelligence in the future. Likewise, the same systems that enable the generation of highly realistic images according to the user's textual descriptions are the main topic of elaboration and comparison in the research conducted for the purpose of evaluating parameters including realism, matching the image with the description and the general impression. Respondents who accessed the same, more precisely 27 of them, gave their own opinions for 8 created contents according to the same descriptions using DALL-E 2 and SDXL 1.0 technologies, which makes a total of 16 images. Analyzes were made that compared the mean ratings for images from individual systems with additional analyzes according to individual parameters, time of day, gender, as well as the device used. At the end, those images for which the observers gave the best and worst overall ratings are described and listed, and all contents are ranked in order from the lowest rated to the one with the best average.

**Keywords:** industrial revolutions, artificial intelligence, artificial intelligence generated content, DALL-E 2, SDXL 1.0.



## Popis korištenih kratica

<b>SEO</b>	engl. Search engine optimization Optimizacija web stranice za internetske tražilice.
<b>GAN</b>	engl. Generative Adversarial Networks Generativni model temeljen na dubokom učenju.
<b>AWS</b>	engl. Amazon Web Services Podružnica Amazona koja pruža platforme za računalstvo.
<b>ChatGPT</b>	engl. Chat Generative Pre-trained Transformer Jezični model temeljen na umjetnoj inteligenciji.
<b>RLHF</b>	engl. Reinforcement Learning from Human Feedback Tehnike dubokog strojnog učenja.
<b>CLIP</b>	engl. Contrastive Language-Image Pre-training Neuronska mreža trenirana na različitim parovima (slika, tekst).
<b>VQ-VAE</b>	engl. Vector Quantized Variational Autoencoder Vrsta varijacijskog autokodera koji koristi vektorsku kvantizaciju.
<b>API</b>	engl. Application programming interface Skup određenih pravila i specifikacija koje programeri slijede.
<b>HTML</b>	engl. HyperText Markup Language Prezentacijski jezik za izradu web stranica.
<b>CSS</b>	engl. Cascading Style Sheets Stilski računalni jeziku za opis prezentacije dokumenta.
<b>PHP</b>	engl. Hypertext PreProcessor Programski jezik za izradu dinamičnih web stranica.
<b>CERN</b>	franc. Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire Europski centar za nuklearna istraživanja.
<b>WWW</b>	engl. World Wide Web Jedna od najkorištenijih usluga Interneta.
<b>W3C</b>	engl. World Wide Web Consortium Web organizacija za standardizaciju.
<b>HTTP</b>	engl. Hypertext Transfer Protocol Najčešća metoda prijenosa podataka na webu.
<b>SFTP</b>	engl. Secure File Transfer Protocol Sigurna metoda prijenosa podataka na webu.

# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Četiri industrijske revolucije.....	3
2.1.	Predindustrijsko doba.....	3
2.2.	Prva industrijska revolucija.....	3
2.3.	Druga industrijska revolucija.....	5
2.4.	Treća industrijska revolucija.....	6
2.5.	Četvrta industrijska revolucija.....	7
2.5.1.	Komponente Četvrte industrijske revolucije.....	8
3.	Umjetna inteligencija.....	11
3.1.	Razvoj kroz godine.....	12
3.2.	Primjena.....	14
3.3.	Način rada.....	16
3.3.1.	Prvi val (početak).....	16
3.3.2.	Drugi val (strojno učenje i umjetna inteligencija vođena podacima).....	17
3.3.3.	Treći val (budućnost).....	19
3.4.	Trenutne prilike i izazovi.....	20
4.	Sadržaj generiran umjetnom inteligencijom.....	22
4.1.	Pozitivne i negativne strane.....	22
4.2.	Sustavi za prepoznavanje sadržaja.....	23
4.3.	Problemi kreativnosti i realističnosti.....	23
4.4.	Poznati alati.....	25
4.4.1.	Chat GPT.....	26
4.4.2.	DALL-E.....	28
4.4.3.	SDXL.....	30
4.5.	Tvrtke koje se bave tom tehnologijom.....	32
5.	Web stranice.....	33
5.1.	HTML.....	34
5.2.	CSS.....	35
5.3.	JavaScript.....	37
5.4.	PHP.....	38
6.	Izrada istraživanja.....	40
6.1.	Određivanje ciljeva.....	40
6.2.	Priprema dizajna i sadržaja.....	41

6.3. Generiranje sadržaja .....	42
6.4. Korišteni računalni jezici .....	42
6.5. Sadržaj web stranica .....	45
6.6. Korišteni softveri kod izrade .....	48
6.7. Stavljanje na server .....	50
7. Rezultati istraživanja.....	53
7.1. Osnovne informacije .....	53
7.2. Analiza prosječnih ocjena .....	54
7.3. Rangirane slike prema prosjeku ocjena.....	61
8. Zaključak.....	65
9. Literatura.....	66
Popis slika .....	68
Popis tablica.....	70

# 1. Uvod

Gledajući na ljudsku civilizaciju kroz prošlost, ona je prošla nevjerojatno putovanje od početaka do danas. Tisućama godinama, a počevši od društava lovaca i sakupljača plodova, ljudi su živjeli u manjim sredinama vrlo skromnim načinom života zarađujući i živeći od obrađivanja poljoprivrednih površina i uzgoja domaćih životinja. Kako su godine prolazile, postupno su razvijali alate, te poboljšavali komunikaciju, a osnivanje stalnih naselja omogućilo je stvaranje organiziranih društava. Neke od bitnijih antičkih civilizacija su egipatska, grčka i rimska čije veličanstvene tragove možemo vidjeti i danas u poljima kulture, umjetnosti, znanosti i politike.

Tijekom srednjeg vijeka razvoj trgovine, putovanja na kopnu i moru, Križarski ratovi i otvaranje sveučilišta diljem Europe omogućili su razmjenu ideja, znanja i tehnologija između različitih svjetskih kontinenata. Isto tako, putovanjem svećenika i misionara prenosio se religijski, znanstveni i kulturni sadržaj, no i u većim gradovima i trgovačkim centrima susretali su se ljudi iz različitih kultura, zemalja te su i oni trgovanjem razmjenjivali korisne vještine i tehnike [1].

Sve te spomenute interakcije imale su pozitivan utjecaj na kasnije razdoblje povijesti, međutim, s prijelaza iz 18. na 19. stoljeće dogodila se dotad neviđena promjena u ljudskoj civilizaciji. Prva industrijska revolucija koja se iz Sjeverne Amerike i Europskog kontinenta postepeno počela globalno širiti, zauvijek je promijenila način života ljudi koji su tada živjeli, a što je krajnje utjecalo i na današnje naraštaje. Niz događanja i novih tehnoloških uspjeha i promjena poput uvođenja strojne proizvodnje, parnog stroja kojega je izumio škotski inženjer James Watt i masovne proizvodnje obilježilo je prijelaz poljoprivrednog društva, kojima je održavanje zemlje i proizvodnja usjeva ključno, na industrijsko društvo. Sve te inovacije vodile su do društvenih promjena, urbanizacije i masovne seobe seoskog stanovništva u veće i razvijenije gradove.

Ipak, industrijska revolucija nije bila brza promjena, već ona označava proces koji traje duži niz godina, a tijekom kojih se dotadašnji alati postepeno zamjenjuju onima koji su napredniji s ciljem olakšavanja i ubrzavanja poslova, te pojednostavljenja i povećanja proizvodnih artikala. Svaka naredna faza industrijske revolucije, a ima ih ukupno četiri, donijela je vlastita poboljšanja, izazove i društvene promjene koje su oblikovale daljnji tijek povijesti [2].

Tako je druga industrijska revolucija, nastala tijekom 19. stoljeća i trajala do početka Prvog svjetskog rata, donijela elektrifikaciju i proizvodnju na traci u tvornicama. Nove tehnologije poput telefona, gramofona, električnog osvjetljenja i automobila s unutarnjim sagorijevanjem poboljšale su komunikaciju i produktivnost, te mogućnost kretanja u dalje krajeve [3].

Treću industrijsku revoluciju, koja se još naziva i digitalnom, a događala se tijekom 20. stoljeća, označavaju osobna računala, širenje internetske mreže i povezanosti te golemi napredak

u informacijskim tehnologijama. Računalne tehnologije omogućile su automatizaciju procesa i razvoj interneta, mijenjajući način na koji ljudi komuniciraju, rade i posluju [4].

Tu je i posljednja odnosno Četvrta industrijska revolucija koja se trenutno odvija, pa njezin razvoj i napredak možemo pratiti. Ona u sve većim količinama postaje dio svakodnevnice modernog čovjeka, a sastoji se od narednih sastavnica: nanotehnologija, robotika, umjetna inteligencija, Internet stvari, autonomna vozila, 3D tisak i kvantna računala. Napredak u tim područjima utječe na oblik na koji čovjek živi i obavlja poslove, no ona donosi i izazove [5].

U ovom diplomskom radu najviše će se pažnje pridodati umjetnoj inteligenciji koja predstavlja vrlo bitan segment četvrte industrijske revolucije, a mijenja način na koji čovjek radi i razmjenjuje informacije s okolinom. Taj pojam podrazumijeva mogućnost računala da obavlja zadatke za koje je potrebno učenje, razumijevanje jezika, donošenje odluka i prepoznavanje obrazaca, a jedan od najpopularnijih oblika sadržaja koje generira tehnologija umjetne inteligencije je kreiranje slike prema zadanom tekstualnom opisu. Tehnološkim napretkom vizualnog računalstva, pojavio se širok spektar različitih modela takve namjene [6], a ovdje se u istraživanju uspoređuju dva modela temeljena na difuziji. Utvrđuje se i koliko generirani sadržaj, koji se stvara prema deskripciji, izgleda vjerno ispitanicima, te da li on može parirati stvarnim fotografijama.

Svrha ovog rada je kroz poglavlja o četiri industrijske revolucije, umjetnoj inteligenciji i generiranom sadržaju umjetnom inteligencijom upoznati tematiku, mogućnosti i izazove te uputiti čitatelja u ovaj segment modernog doba koji svakodnevno sve više napreduje i širi se.

Cilj ovog rada je, nakon odrađenog istraživanja, sakupiti sve pohranjene podatke prijave i dane ocjene te napraviti završnu analizu kojom će se pokazati relevantnost generiranog sadržaja umjetnom inteligencijom i usporedba modela DALL-E 2 i SDXL 1.0.

## 2. Četiri industrijske revolucije

Prva industrijska revolucija je donijela masovne transformacije prijelazom s 18. stoljeća na 19. stoljeće, a tu i sve naredne industrijske revolucije koje su također obilježene ključnim napredovanjima u civilizaciji, tehnologiji i gospodarstvu. Prva industrijska revolucija dopremila je masovnu proizvodnju u tvornicama zahvaljujući parnom stroju, dok je druga industrijska revolucija donijela električnu struju i proizvodnju na traci. Treću industrijsku revoluciju označuju digitalizacija i računalne tehnologije, te na kraju, trenutna četvrta industrijska revolucija obuhvaća promjene fizičkog, digitalnog i biološkog svijeta mijenjajući svakodnevnicu čovjeka [2].

### 2.1. Predindustrijsko doba

Predindustrijsko doba označava prijelazno razdoblje između osnivanja manufaktura, oblika proizvodnje kojeg simbolizira ručni rad i podjela poslova, u srednjovjekovnim gradovima i prve industrijske revolucije. U tom je vremenu većina obitelji koje su živjele u ruralnim krajevima, dio svog slobodnog vremena koje im je ostalo nakon poljoprivrednih poslova, posvetila šivanju, tkanju i drugim sličnim tekstilnim poslovima. Tzv. kućna radinost predstavljala je dodatan izvor zarade, a najviše je bila proširena u Engleskoj i Nizozemskoj, no i u drugim europskim područjima. Na taj se način ruralno stanovništvo upoznao s proizvodnim tijekom, a dobilo je i radnu naviku.

U tom razdoblju rastao je i koncept ponude i potražnje, a trgovci su zbog nabave zaliha za svoje djelatnosti morali putovati u gradove iz manjih mjesta te su na taj način uspostavili trgovačku mrežu. Isto tako, sve veći postotak ljudi se upoznao s novčanim prihodima, dok su im prije vlasnici zemlje na kojoj su radili umjesto fizičkog novca, za plaću osigurali smještaj i hranu.

Demografski gledano, to je sve vodilo do porasta seoske populacije, a što je rezultiralo povećanom seobom u veće gradske sredine koje su se naglo širile tijekom ranog novog vijeka [1].

### 2.2. Prva industrijska revolucija

Nakon predindustrijskog doba, u drugoj polovici 18. stoljeća u Engleskoj započinje preokret u proizvodnom pogonu zbog primjene novonastalih radnih strojeva koji su omogućili masovnu proizvodnju, a nazvan je Prva industrijska revolucija. Taj se novi sustav produkcije pomoću niza tehničkih napredaka, koji su u potpunosti u pozitivnom smislu promijenili odnose u društvu i gospodarstvu, iz Engleske širio velikom brzinom po čitavom europskom kontinentu [2].

Rastuća potreba za ručnom proizvodnjom koja označuje dugotrajan i skupi rad, potaknula je stvaranje novih alata za proizvodnju, a prvi stroj je bio onaj tkalački kojega je stvorio engleski izumitelj John Kay, rođen 1704. godine, što je označilo početak mehanizacije u tekstilnoj industriji

ključne za Prvu industrijsku revoluciju. Prije su na poslovima tkanja žene, koje su ručno prepletale, bile zastupljenije, no sada su na to radno mjesto pristigli muškarci, a radni pogoni su se povećali te su iz njih nastale i prve tvornice. Dakle, povećanjem kapaciteta povećana je i proizvodnja.

Drugi važan izum je klip kojeg pokreće tlak nakupljene pare u cilindru, odnosno parni stroj, a patentiran je od strane škotskog inženjera James Watta u drugoj polovici 18. stoljeća. Tim se novim otkrićem, koje se počelo masovno koristiti u industriji, zaobišla potreba za prirodnim izvorima energije. Prva tvornica koja je koristila parne strojeve u svojim proizvodnim procesima bila je ona u Londonu 1772. godine, dok je na hrvatskim područjima, točnije u tvornici papira u Rijeci, oko šezdeset godina kasnije takav stroj prvi put stavljen u pogon [7].

Ipak, tek je početkom sljedećeg, 19., stoljeća škotski inženjer, umjetnik i filozof James Nasmyth razvio parni čekić, a tada je parni pogon zavladao i u drugim poljima proizvodnje. Para je bila upotrijebljena u riječkom, morskom i kopnenom prometu i prijevozu što je dovelo do još većeg razvitka trgovine i otvaranja novih tvornica, pa tako je godine 1807. američki inženjer Robert Fulton sagradio prvi uspješan parobrod nazvan „Clermont“, a koji je prvi put zaplovio u Sjevernoj Americi rijekom Hudson između New Yorka i Albanyja u kolovozu 1807. godine. Parobrodi su omogućili sigurniji prijevoz tereta i putnika po rijekama i jezerima i promijenili su svjetski prometni sektor. Nekoliko godina kasnije, točnije 1814., engleski inženjer i izumitelj George Stephenson kreirao je prvu parnu lokomotivu, a prvom javnom željezničkom prugom za prijevoz putnika i tereta smatra se pruga od Stocktona do Darlingtona, čija je izgradnja trajala od 1821. do rujna 1825. godine. Ista je smještena u sjeveroistočnom dijelu Engleske, a imala je bitnu ulogu u razvoju željeznice kao novonastale tehnologije brzog i pouzdanog prijevoza.

Ti spomenuti parni strojevi nisu jedini izumi u doba prve industrijske revolucije koji su promijenili svijet. I drugi patenti su također bitni, a koriste se i danas poput gromobrana Benjamina Franklina iz 1752. godine kojeg danas sadrži većina građevinskih objekata.

Prva industrijska revolucija uvelike je utjecala na stanovništvo i svakodnevnicu mijenjajući tradicionalne navike života i rada. Otvaranje novih tvornica te širenje postojećih, a posebno u blizini rudnika ugljena i u većim gradskim sredinama, iziskivalo je mnogobrojno radne snage. Uvođenje strojne proizvodnje u tvornice promijenilo je dinamiku zaposlenja, pa tako su muškarci zajedno sa ženama i djecom napuštali poljoprivredne poslove i život na selu te naseljavali gradove zbog potencijalne sigurne zarade u tvornicama. Na taj su se način razvijale gradske četvrti, gdje su doseljenici u samim počecima živjeli vrlo teškim životom, s radnim vremenom i do 16 sati. Bili su primorani prilagoditi se urbanom okruženju i uvjetima rada, pa ih se iskorištavalo sve do kraja 19. stoljeća kada su se zajedno okupili i suprotstavili se poslodavcima i nadležnima kako bi opravdali svoja radna prava i dobili kraće radno vrijeme te bolje uvjete na radnom mjestu [1, 7].

### 2.3. Druga industrijska revolucija

Druga industrijska revolucija obuhvaća drugu sredinu 19. i početak 20. stoljeća kada su se događali povijesni tehnološki napreci i društvene promjene. Veliki broj povjesničara za kraj iste bilježi 1914. godinu jer su tada sva napredovanja stala zbog početka Prvog svjetskog rata, no dok je trajala, ta industrijska revolucija je donijela brojne novitete koji su utjecali na komunikaciju, obavljanje poslova i na svakodnevnicu života ljudi. Druga faza industrijske revolucije najviše je zahvatila teritorije sljedećih zemalja: Francusku, Njemačku, Belgiju, Japan i Sjedinjene Američke Države. Kasnije se industrijalizacija expandirala na Rusiju, Italiju i Španjolsku, dok su druge države vremenski kaskale za njima i kasnije su prisvojile nove tehnologije i novitete.

U tehnološkom i znanstvenom polju može se izdvojiti pristup raznolikim prirodnim resursima koji se do tada nisu često koristili ili su bili nedostupni. Među njima je najvažnija uporaba metala poput cinka, aluminija, nikla, bakra i čelika, a uz njih više su se koristila umjetna bojila, eksplozivni materijali, soda te mineralna umjetna gnojiva kojima je započela agrarna revolucija - promjena u načinu poljoprivredne proizvodnje potaknuta novim naučnim spoznajama. Isto tako, ova industrijska revolucija je donijela razvoj plastike i poboljšanja u kemijskoj industriji. Ti svi novi materijali imali su značajan utjecaj na korištenje novih načina formiranja proizvoda.

Usporedno s tim novinama, počinju se javljati novi oblici energije, a dostupne energije poput turbina ili plinske industrije koje su već bile poznate građanstvu, postale su dostupnije. Ipak, jedna od najvažnijih obilježja te revolucije je električna energija koja je omogućila širenje industrije i poslovanja. Uvođenje elektrifikacije kao pokretnog segmenta, dovelo je do otvaranja novih pogona u tvornicama gdje je ona pokretala nove strojeve, osvjetljenja gradova u noćnim satima kao i proizvodne sektore, a pojednostavila je i svakodnevne aktivnosti [2, 3].

Druga temeljna značajka, pojam masovne proizvodnje i montažnih linija, postala je ključna za učinkovitu i brzu produkciju različitih proizvoda od različitih vrsta materijala. Taj je koncept postao široko rasprostranjen što je dovelo do jeftinije produkcije i povećanja dostupnosti finalnih produkata većem krugu stanovništva. Za kraće vrijeme stavljanja proizvoda na tržište zaslužna je standardizacija - tijek usklađivanja proizvoda, usluga ili postupaka prema zajedničkim normama, uz automatizaciju - primjenu tehnologije u kojoj se procesi ili zadaci izvršavaju samostalno.

Razvoj komunikacija također ne treba zaboraviti navesti. Stanovništvo je dobilo priliku da izmjenjuje informacije na daljinu uvođenjem telegrafa, telefona i radio prijemnika. Na taj su se način vijesti, ideje i novosti brže širile, a društvo je postalo povezano na drugačiji način.

Drugi učinci u drugoj industrijskoj revoluciji vidljivi su u transportu. Razvoj automobila i avijacije proširilo je odabir prijevoznih sredstava, a putovanje je postalo još brže, komfornije,



jeftinije i dostupnije čime se povećala mogućnost kretanja, a to je koristilo i trgovini. Olakšan je transport putnika i robe, što je sprijateljilo države, narode i svjetske kulture.

Ipak uz brojna pozitivna napredovanja tu su i negativne strane poput natjecanja industrijskih sila za osvajanjem novih teritorija i širenje svojih postojećih tržišta što je dovelo do napetosti i ratovanja uključujući i izbijanje Prvog svjetskog rata u srpnju 1914. godine. Taj je događaj označio početak sukoba na svjetskoj razini koji je trajao sve do 1918. godine. Konflikt je proizašao iz tih napetih odnosa i vojnih saveza, a donio je društvene promjene i novi državni poredak [3].

## **2.4. Treća industrijska revolucija**

Treća industrijska revolucija datira iz sredine 20. stoljeća, a predstavlja proces koji su najviše vodile sljedeće države: Sjedinjene Američke Države, Japan i zemlje Europske unije. Povezana je s pojmom „informatičko društvo“ jer objedinjuje računalne tehnologije, elektroniku i internetsko umrežavanje te postepenu primjenu tih spomenutih polja u svaki dio čovjekove svakodnevnice. Prema tome, treća inačica industrijske revolucije usmjerena je na tehnološki napredak, novitete u komunikaciji i digitalizaciju, a taj pojam krenuo je od američkog ekonomista i sociologa Jeremy Rifkina. Kasnije su ga prihvatile i značajne svjetske ustanove poput Europskog parlamenta [4].

Razvoj informatičkih tehnologija doveo je do brze i složene obrade velikog skupa podataka, a pojava osobnih računala, internetskog umrežavanja i mogućnosti razmjenjivanja informaciju na daljinu putem Internet servisa, preokrenula je način komunikacije i rada čovjeka. Razmjenjivanje riječi događalo se u istom trenutku što je omogućilo visoku razinu interaktivnosti te poslovnu suradnju i veću povezanost prijatelja, obitelji i ostalih na potpuno nov i inovativan način.

Obnovljivi izvori energije, održivost i zaštita okoliša također spadaju u bitne komponente ove industrijske revolucije. Događaju se bitne promjene s naglaskom na energetske učinkovitosti, smanjenju emisija i većem korištenju energije Sunca, vjetrova i vode s ciljem zaštite planeta Zemlje kao i formiranju održive proizvodnje i ekološki osviještenog gospodarstva. Recikliranje i upravljanje otpadom postaje sve više prihvaćeno i pridonosi smanjenju smeća i zagađenja. To sve ne samo da pomaže zaštititi okoliša, već i stvara ravnotežu između čovjeka i prirode.

Dostignuća u robotici dovela su do stvaranja autonomnih strojeva u industriji koji su sposobni obavljati komplicirane zadatke u istraživanju, medicini i u proizvodnji. Ti strojevi smanjuju pogreške zaposlenika i povećavaju produktivnost, no zahtijevaju i manjak radne snage.

Sve u svemu, treća inačica industrijske revolucije postavila je temelje za buduća tehnološka napredovanja, a pretvaranje analognih podataka i procesa u digitalni oblik otvorilo je vrata novim poslovnim i privatnim mogućnostima, no isto tako, dovelo je do problema zaštite podataka koji se šalju putem internetskog puta, promjene postojećih radnih pozicija i etičkih pitanja [2, 4].

## 2.5. Četvrta industrijska revolucija

Četvrta industrijska revolucija ili Industrija 4.0 predstavlja trenutno industrijsko doba u kojem se nalazimo, a obuhvaća ujedinjavanje strojnog učenja, automatizacije, interneta stvari, genetske tehnologije, umjetnu inteligenciju i druge novitete. S obzirom na prošle industrijske revolucije, ovdje su još više unaprijeđeni procesi u proizvodnim tijekovima, načinu rada i komunikaciji.

Svi temelji tehnološkog razvoja bitni za Četvrtu industrijsku revoluciju, a ponajviše nastanak Interneta, počeli su se pojavljivati još u prošlom stoljeću, a danas su digitalizacija i složene računalne tehnologije postale raširene i značajno naprednije od svojih prethodnika. Taj je temelj postavio osnove za povezivanje stvarnog svijeta s onim digitalnim kao i analizu velikog skupova podataka, a prvi su puta te inovacije spomenute kao glavne značajke Četvrte industrijske revolucije 2011. godine na Hannoverском sajmu razvoja industrije u Njemačkoj. Brojni izlagači su na tom bitnom događanju predstavljali tu industriju kao pojam koji će se odraziti na svakodnevnicu čovjeka i brojne njegove dijelove poput radnog odnosa, zdravlja i obrazovnog sustava te će ih promijeniti na bolje. Uz to, planirali su i bitne promjene kod trenutno dostupnih tehnologija.

Uistinu, u ovih više od 10 godina, dogodile su se brojne inovacije. Digitalne platforme koje omogućuju povezanost ljudi, razmjenu informacija i kreiranje novih poslovnih prilika postale su vrlo bitna značajka ove industrijske revolucije, a tehnologije koje koriste umjetnu inteligenciju su sve naprednije i sve prisutnije u brojnim uslugama, pa korisnik u većem broju slučajeva nije ni svjestan da se upravo iza pojedine krije ta mlada znanost koja zahvaća svijet tehnologije [8].

Ipak, postoje i negativne strane ove kao i svake prijašnje revolucije. Predviđa se da će radnici na 5 milijuna radnih pozicija biti otpušteni zbog sve veće prisutnosti robotizacije i mehanizacije u industrijskim procesima u razvijenijim svjetskim zemljama, a posebno oni čiji su poslovi ručni, mehanički ili administrativni. Te osobe će se morati prekvalificirati za neko drugo zanimanje kako bi nastavili svoj radni odnos jer više neće biti potrebe za njihovih dotadašnjim radom. No, u bliskoj budućnosti, biti će sve veća potreba za radnom snagom na novim poslovima kao što je to bilo i prije s pojavom i širenjem Interneta, pa tako se i sada očekuje da će novi napreci donijeti sa sobom i nova zanimanja kao što je analiza podataka ili stvaranje novih i inovativnih proizvoda na tržištu stalnih promjena gdje velikom brzinom sve postaje viđeno i zastarjelo [9].

U tablici 2.1 navedene su glavne značajke svake od četiri industrijske revolucije koje su obilježile i označile pojedino razdoblje. Za sve je priložen i kratki opis u kojemu se nalaze velike promjene u društvenom i tehnološkom smislu za tadašnje i buduće stanovništvo koje je moralo i morat će nastaviti prilagođavati svoju svakodnevnicu trenutnim stanjima.

<b>Industrijska revolucija</b>	<b>Značajka</b>	<b>Kratki opis</b>
<b>Prva industrijska revolucija</b>	Mehanizacija	Obuhvaća prelazak s ručne na strojnu proizvodnju. Ključne značajke uključuju parne strojeve, početak industrijske proizvodnje i urbanizaciju.
<b>Druga industrijska revolucija</b>	Elektrifikacija	Uključuje telekomunikaciju, elektrifikaciju, razvoj automobila, avijacije i masovne proizvodnje putem montažnih linija.
<b>Treća industrijska revolucija</b>	Digitalizacija	Karakterizira ju digitalizacija, automatizacija, razvoj računalnih tehnologija i Interneta, kao i pojava osobnih računala i mobilnih uređaja.
<b>Četvrta industrijska revolucija</b>	Digitalne tehnologije	Ključne značajke su umjetna inteligencija, digitalne platforme, internet stvari, genetske tehnologije. Sve više pažnje se pridaje zaštiti okoliša.

*Tablica 2.1: Glavne značajke svake od četiri industrijske revolucije [9]*

### **2.5.1. Komponente Četvrte industrijske revolucije**

Zadnja inačica industrijske revolucije svakodnevno se pojavljuje u sve većem broju polja života čovjeka, a nju čine sljedeće sastavnice: robotika, nanotehnologija, Internet stvari, autonomna vozila, kvantna računa, tisak u tri dimenzije i umjetna inteligencija. Sve te komponente mogu biti upotrijebljene s ciljem olakšavanja i ubrzavanja mnogih poslova i zadataka [8].

- 1. Robotika** nudi inovativne mogućnosti koje su najviše prisvojile velike svjetske industrije poput proizvodnje i zdravstva gdje u njihovih radnim procesima roboti pružaju veliku brzinu i preciznost uz smanjeni trošak električne energije. Povećanju produktivnosti pridonosi autonomnost i automatizacija, a tako se mijenja način obavljanja poslova, dok uz to uključenje umjetne inteligencije u cijelu priču omogućava robotima da se prilagođavaju različitim situacijama, da surađuju s čovjekom te da uče iz vlastitog iskustva. Tako strojevi postaju vrlo koristan i moćan alat, olakšavaju zahtjevne poslove, no iako su oni kratkoročno i dugoročno financijski isplativi za tvornice, još uvijek u mnogim društvima vlada negativno mišljenje o nadomjesku radnika robotom što može dovesti do straha od nezaposlenosti, pa krajnje i do prosvjeda zaposlenika. Ipak, već su u nekim tvrtkama određeni radnici zbog dolaska robota prebačeni na druge radne pozicije poput završnog poliranja ili postavljanja etiketa za koje nije potrebna visoka stručna spremnost [5].

- 2. Nanotehnologija** označuje veći broj disciplina koje razvijaju, proučavaju i apliciraju uređaje, strukture i sustave u prostoru koje nije vidljivo oku čovjeka, a radi se o području do 100 nanometara. Dakle, ta tehnologija koja velikom brzinom napreduje omogućuje mikroskopsku manipulaciju objekata na molekularnoj razini što može dovesti do razvoja novih stanica s poboljšanim značajkama, kao i do stvaranja vrlo malih korisnih i preciznih uređaja i senzora, no isto tako i otvara mogućnosti za novitete koji prije nisu bili mogući. Ona se povezuje s nekim drugim znanostima poput elektrotehnike, gdje se koristi za stvaranje razvijenih sastavnica manjih od mikrometra, i medicine, gdje se koristi za ciljano liječenje bolesti na staničnoj razini. Jedno od značajnih primjera korištenja je sa Sveučilišta u Stanfordu gdje su američki znanstvenici stvorili inovativan sustav borbe protiv raka u kojem se zdravo tkivo ne oštećuje, no ipak se još cijeli postupak pomno istražuje. Postupak uključuje vrlo sitne cjevčice koje se, nakon što se postave u stranice zahvaćene rakom, zagrijavaju uz pomoć lasera čime dolazi do odumiranja tumorskih stanica. Značajna pozitivna strana je ta što se za razliku od klasične kemoterapije gdje se osim zaraženih stanica ubijaju i one zdrave, nanotehnologija dopušta pomno ciljanje utvrđenog tipa stanica raka koje se mora odstraniti kako bi se pacijentima produljio život [5].
- 3. Internet stvari** predstavlja novitet u tehnologiji koji međusobno umrežava više uređaja i/ili ih povezuje na internetsku mrežu kako bi komunicirali, prikupljali i izmjenjivali podatke jedni sa drugim. Ova tehnologija omogućava kreiranje pametnih sustava i predmeta koji moraju uz prethodno nabrojane radnje i analizirati prikupljene podatke u stvarnom vremenu bez ili uz minimalnu potrebu čovjeka. Internet stvari koristi se u sektorima koji se još uvijek razvijaju uključujući pametne kuće i gradove, kao i automatizaciju u industriji. Njegove pozitivne strane su povećana efikasnost, optimizacija resursa i mogućnost za stvaranje novih poslovnih prilika, a najčešće korišteni primjer je pametan objekt u kojem se uz pomoć aplikacije, pokreta ili glasa mogu podešavati svjetla, isključiti/uključiti uređaji, zatvoriti prozori i vrata iako su vlasnici udaljeni od kuće [5].
- 4. Autonomna vozila** su prije graničila sa znanstvenom fantastikom, no danas je vozilo bez potrebe za upravljanjem ili i bez vozača stvarnost koja je donijela revolucionarne promjene u prijevoznom sustavu. Vojska je jedna od prvih napravila istraživanja i realizirala taj projekt, no trenutno većina bitnijih automobilskih industrija proizvodi vozila koja se kreću samostalno koristeći kamere, brojne senzore i umjetnu inteligenciju kako bi raspoznavali objekte u okruženju u kojem se nalaze i donosili bitne odluke ključno za sigurno kretanje. Autonomna vozila polako oblikuju budućnost cestovnog prometa, a imaju potencijal za optimizaciju prometnih tokova te smanjenje emisija i prometnih nezgoda što vodi i do manjka unesrećenih, a mogla bi se primjenjivati i u logistici te javnom prijevozu [5, 10].

5. **Kvantna računala** omogućuju otvaranje novih poglavlja u računalnoj znanosti, a osnovni temelj takvih računala je korištenje kvantnih bitova umjesto standardnih bitova. Tom tehnologijom je moguće simultano obrađivati velike skupove informacija te rješavati komplicirane probleme, a čije bi radnje za klasična računala predstavljala veliki problem. Kvantna računala imaju mogućnost poboljšati područja poput kriptografije i optimizacije procesa, no i medicine gdje bi praćenje ponašanja molekula u posebnim uvjetima rezultiralo jeftinijom izradi i testiranju novih lijekova, a neke bolesti mogle bi se spriječiti ili izliječiti. Unatoč potencijalnim izazovima i problemima u razvoju i održivosti, takva su računala ključna stavka ove industrijske revolucije koja bi mogla donijeti bitne promjene u načinu na koji se čovjek suočava i rješava zahtjevne probleme [5].
6. **3D tisak** temelji se na ink-jet tehnologiji ispisivanja, te označava tijek stvaranja fizičkih modela od filameta, tanke strukture koja se tali na specifičnim temperaturama, a predstavlja vrstu materijala ubrajajući ove: čelik, drvo, srebro, zlato, keramiku, plastiku i slično. Osim materijala, za 3D tisak, koji se još naziva i aditivnom proizvodnjom, potrebno je računalo i 3D tiskarski stroj koji sloj po sloj izrađuje računalno generirani model u fizički objekt. Najčešće se ta tehnika koristi za produkciju specifičnih modela s puno detalja koje bi tradicionalnim proizvodnim tehnikama bilo teže proizvesti, no koristi se i za izradu jednostavnih objekata s manje detalja zbog brzine i mogućih manjih troškova. Danas se taj način otiskivanja implementirao u industrijama od medicine, arhitekture pa do proizvodnje automobilskih dijelova, iako se on od plasiranja prvog komercijalnog 3D printera 2007. godine od strane američke tvrtke 3D System sporo probijao na tržištu zbog iznimno visoke cijene strojeva, no i zbog nedostupnosti materijala. Za razliku od tada, trošak uređaja i materijala je cjenovno prihvatljiv za amatere i profesionalce [11].

### 3. Umjetna inteligencija

Umjetna inteligencija je grana računalne znanosti, a bavi se razvojem pametnih sustava koji su u mogućnosti interpretirati intelektualne sposobnosti čovjeka poput snalaženja u nepoznatom okruženju, pokazivanja prilagodljivog ponašanja, donošenja ključnih odluka, planiranja, učenja na temelju prikupljenog iskustva, pokazivanje svjesnosti i jasne komunikacije s čovjekom na raznim jezicima i sve to s određenim ciljem ili svrhom. Ova tehnologija koja definira trenutno desetljeće, a možda i sljedeće, sastoji se od različitih pristupa, uključujući duboko učenje, strojno učenje, obradu prirodnog jezika i analizu podataka, kako bi se omogućilo uređajima da steknu nova znanja i da donose zaključke na temelju podataka. Jedna od glavne značajke umjetne inteligencije je sposobnost prepoznavanja uzoraka iz velikih skupova informacija, a da bi to bilo uspješno i točno odrađeno, strojni modeli se uvježbavaju i uče na velikim količinama primjera za što su većinom zaslužne neuronske mreže – pojam koji u računalstvu označava sustav povezanih elemenata, a koji služi za raznovrsna izračunavanja, zasnovan na pokušaju oponašanja rada ljudskoga mozga [13].

Od početnih godina umjetne inteligencije, prva definicija za taj pojam uključivala je mogućnost ponašanja s prividom inteligencije, a različiti oblici Turingovog testa, nazvanog prema britanskom matematičaru, teoretičaru računalstva i kriptografu Alanu Turingu, proglašavali su stroj pametnim kada nakon izmjenjivanja informacija na neizravan način sa sudionicima, više od 30% njih nije moglo ili nije bilo sigurno da li su komunicirali s čovjekom ili sa strojem. Dakle, taj test uključuje interakciju u kojoj čovjek postavlja nekoliko pitanja upisivanjem teksta preko tipkovnice, a računalni ga softver mora uvjeri u neistinu - da je on ljudsko biće kako bi prošao provjeru.

U današnjim se definicijama često spominju i neke druge značajke koje bi strojevi trebali imati i koristiti, a jedan od takvih primjera je autonomija. Prema tome, umjetna inteligencija se danas odnosi na tehnologije koje iskazuju inteligentno ponašanje analizirajući okruženje u kojem se nalaze i poduzimaju određene radnje, no sve to uz određeni stupanj samostalnosti [12].

Umjetna inteligencija se može podijeliti u različite vrste, a jedne od glavnih kategorija su softverska i ugrađena umjetna inteligencija. Ove dvije vrste u čestim se slučajevima kombiniraju i koriste u različitim sustavima kako bi se omogućile napredne funkcionalnosti, a označuju ovo:

- **Softverska umjetna inteligencija** označava umjetnu inteligenciju koja je primijenjena u softverskim aplikacijama ili računalnim programima različitih svrha i tema, a što može uključivati različite tehnike poput dubokog učenja, strojnog učenja, obrade prirodnog jezika i slično. Primjeri te vrste uključuju sustave preporuka na web stranicama i internetskim tražilicama, virtualne asistente, softvere za analizu slikovnog i tekstualnog sadržaja, prepoznavanje govora i lica čovjeka kao i razumijevanje svjetskih jezika.

- **Ugrađena umjetna inteligencija** odnosi se na uporabu umjetne inteligencije u fizičkim uređajima, vozilima, aparatima i ostalim predmetima te uređajima koji mogu koristiti mogućnosti umjetne inteligencije za izvršavanje zadataka, analizu podataka ili donošenje bitnih odluka u stvarnom vremenu. Primjeri uključuju robote u industrijskim pogonima, autonomne automobile, bespilotne letjelice, Internet stvari, pametne kućanske uređaje (hladnjak, televizija, kamere) i senzore koji analiziraju okolinu.

Ti sustavi služe za obavljanje pojedinog zadatka ili više njih ubrajajući sakupljanje, analizu i rad s podacima, komunikaciju s čovjekom ili drugim inteligentnim sustavima, kao planiranje budućih događanja i donošenje zaključaka, a važniji primjeri korištenja su: dijagnostika i praćenje bolesti, provođenje simulacija, prevođenje jezika, računalne igre, računalni vid, pretraživanje velikih skupova podataka, analiza tržišta, predviđanje trendova i automatsko programiranje.

Druga podjela je prema stupnju dostignute inteligencije, gdje se umjetna inteligencija dijeli na tzv. slabiju i jaču. Slaboj umjetnoj inteligenciji pripadaju svi dosad razvijeni sustavi koji mogu rješavati samo određene zadaće i probleme, a prilagođeni su samo za određena ponašanja i ne razumiju i ne znaju baratati s kontekstom izvan tog strogog okvira. Njima se mogu pripisati samo neka pametna svojstva, a primjeri iste su sljedeći: čavrljanja (chatbotovi), prepoznavanje uzoraka, generiranje glazbe ili slika, preporuke na web stranicama i pretraživanje podataka.

S druge strane, razina jake umjetne inteligencije još uvijek nije dostignuta u potpunosti, no obilježava značajan cilj za mnoge znanstvenike i informatičare. Kao pojam definira sustav koji bi trebao imati mogućnost shvaćanja, učenja i zaključivanja na razini jednako ljudskoj (opća umjetna inteligencija) ili čak i više od toga (umjetna superinteligencija). Ta tehnologija mogla bi se prilagoditi neviđenim situacijama i rješavati kompleksne zadatke, jednako kao i um čovjeka [13, 14].

### **3.1. Razvoj kroz godine**

Ideje o djelomičnoj umjetnoj inteligenciji pojavljuju se već u ranoj književnosti, mitovima i legendama, poput židovske o Golemu, glinenom čovjeku kojega je kreirao praški rabin Levi ben Bezabel i udahnuo mu dušu s ciljem da mu služi. Ipak, pravi razvoj te tehnologije počeo je u drugoj polovici 20. stoljeća kada su nastala prva elektronička računala, a pristupi su primijenjeni najviše iz onih znanosti koji se bave istraživanjima načina rada ljudskog uma.

Prve važnije teorijske radove iz područja umjetne inteligencije napisao je oko 1950. godine prije spomenuti matematičar Alan Mathison Turing koji je smislio i način ispitivanja inteligencije stroja, dok je prvi računalni program umjetne inteligencije pod nazivom Logic Theorist izdan od strane američkih istraživača Herbert Aleksander Simona, Allen Newella i Cliff Shawa 1956. godine. On je omogućio izvođenje samoupravljivog donošenja zaključaka [13].

Iste te godine, kada je i izdan spomenuti softver, nastao je pojam umjetna inteligencija na kongresu koji se održao na Sveučilištu Dartmouth u Sjedinjenim Američkim Državama. Pionire toga područja okupio je važan američki računalni znanstvenik John McCarthy koji se smatra začetnikom umjetne inteligencije kao autor programskog jezika LISP-a izdanog 1958. godine.

Početna predviđanja znanstvenika bila su pozitivna i očekivala se svjetla budućnost u tom području što se polako i ostvarivalo, pa je tako 1961. godine razvijen šahovski program koji je igrao poput profesionalaca, a 1965. godine prije navedeni stroj koji je koristio metode logičkog zaključivanja. Iste je godine započelo istraživanje na sustavu čija je svrha bila naučiti brojne hipoteze i otkrića u znanosti pod nazivom Dendral, dok je 1966. kreiran prvi program za pričanje ELIZA. Nadalje, u 1970-ima važnija otkrića uključuju programski jezik PROLOG i prvi upotrebljivi inteligentni sustav MYCIN koji je ustanovljavao bakterijske krvne infekcije te je prema tome i preporučio terapije. Taj je sistem u ponekim situacijama odradio posao preciznije od medicinskih djelatnika, no zbog smanjenih mogućnosti pohrana toga doba, znanje mu je bilo limitirano. Tom problemu je doskočilo umrežavanja više tisuća računalnih procesora, što je realizirano projektom računala Connection Machine (prvi primjer umjetne neuronske mreže).

Za kraj prošlog stoljeća bitno je super računalo Deep Blue, razvijeno od strane IBM-a, koje je 1997. godine pobijedilo ruskog šahovskog majstora i tadašnjeg svjetskog prvaka Garija Kimoviča Kasparova u toj strateškoj igri. Ta je povijesna pobjeda označila prekretnicu u daljnjem razvoju umjetne inteligencije i pokazala je moć računalnih sustava, pa se u novijoj povijesti mogu pratiti brojna dostignuća počevši od 2011. godine i izdavanja osobnih virtualnih asistenata poput Siri koji su u mogućnosti upravljati aplikacijama na korištenom uređaju na temelju glasovnih zahtjeva od strane korisnika. Niz nastavlja Google Translate kojemu se povećava brzina i točnost prevođenja jednog jezika na drugi, te roboti američke tvrtke za dizajn robotike Boston Dynamics poput čovjekolikog Atlasa iz 2013. godine i Spota iz 2016. koji hoda četveronoške. Oba prikazuju sjajno inženjersko dostignuće i primjer su napredne robotike. Primarna primjena Atlasa je u istraživanju, spašavanju i logistici, a za rad koristi brojne senzore i aktuatore koji mu omogućuju motoričku kontrolu i održavanje ravnoteže na neravnom terenu. Spot je također opremljen sensorima kao i kamerama i lidarom (sustavom koji koristi laserske zrake za viđenje okoline u trodimenzionalnom prikazu), a može se upotrijebiti za inspekciju, nadzor, logistiku i utvrđivanje sigurnosti.

Programi DALL-E iz 2021. godine i Midjourney iz 2022. godine stvoreni su za generiranje digitalnih slika na temelju upisanog željenog tekstualnog opisa od strane korisnika, a slični sustavi su osmišljeni i za glazbu, stvaranje gotovih prezentacija kao i grafičkih dizajna. Nadalje, jezični model ChatGPT koji je postao dostupan javnosti na korištenje kao prototip u studenom 2022. godine omogućuje stvaranje tekstova u različitim stilovima, rješavanje zadataka, programiranje i



slično putem uputa u obliku teksta, slike ili zvuka. Taj sustav umjetne inteligencije dostupan je preko web tražilica, a s njime se može komunicirati na prirodnom jeziku, uključujući i hrvatski.

Nabrojani su najpoznatiji i najkorišteniji sustavi, no svakodnevno se pojavljuju novi, a stari se unaprjeđuju i ispravljaju se greške kako bi radili bolje, točnije i brže [13, 15].

## 3.2. Primjena

Umjetna inteligencija vrlo brzo mijenja svakodnevnicu čovjeka, pa se danas ta mlada tehnologija može pronaći u brojnim sustavima koji su često u uporabi od strane velike brojke korisnika, a da oni možda toga nisu ni svjesni. Ona ima širok raspon implementacije u različitim industrijama, no njezin se utjecaj povećava s razvojem, a ovo su glavna područja primjene:

- **Zdravstvo:** umjetna inteligencija koristi se za praćenje bolesti i postavljanje dijagnoze na temelju obrađenih medicinskih slika, no i za personalizirane terapije i predviđanje mogućih novih epidemija, a sve s ciljem smanjenja troškova i poboljšavanja zdravlja. Neke od važnijih svjetskih ustanova koriste strojno učenje kako bi brže dobili dijagnoze pacijenata od doktora, a primjer tehnologije koja razumije prirodni jezik i odgovara na postavljena pitanja je IBM Watson, kognitivni računalni sustav razvijen od strane američke tvrtke IBM – jednog od pionira u razvoju informacijskih tehnologija. On može analizirati slike i razumjeti napisani tekst, kao i zvučne zapise te iz tih sadržaja izvući najbitnije stavke, donijeti zaključke i dati korisne savjete. Osim u zdravstvu, gdje analizira sakupljene podatke o bolesnicima za postavljanje hipoteze koje zatim prezentira sa obrascem bodovanja pouzdanosti, koristi se i u drugim područjima poput istraživanja i obrazovanja. Isto tako, u zdravstvu su korisni online virtualni zdravstveni asistenti koji služe za pomoć pacijentima u pronalaženju potrebnih informacija oko bolesti, njege i prevencije, no i za zakazivanje termina i neke administrativne poslove. Taj segment može biti vrlo koristan kod smanjivanja preopterećenosti djelatnika u zdravstvenim ustanovama [14].
- **Financije:** umjetna inteligencija se primjenjuje za analizu tržišta, predviđanje trendova, automatizaciju financijskih transakcija i prevenciju prijevara. Tehnologija omogućuje preciznije analize, smanjenje ljudskih pogrešaka, povećanje efikasnosti i savjete za valjanije ulagačke odluke. Ipak, s obzirom da financije spadaju u osjetljivu temu, sigurnost i povjerenje u moderni sustav temeljen na umjetnoj inteligenciji mogu biti upitni.
- **Marketing i trgovina:** na temelju prethodnih pretraživanja, obavljenih kupnji ili drugih sličnih radnja na Internetu, umjetna inteligencija se koristi za personalizirane preporuke artikala i detaljnu analizu tržišta, dok u trgovinama može pomoći optimizirati proizvode, planirati inventar i odgovoriti na neka logistička pitanja i probleme.

- **Pretraživanje Interneta:** umjetna inteligencija, ako je ugrađena u web preglednike, može pohranjivati i analizirati unose podataka od strane korisnika kako bi na temelju toga mogla ponuditi relevantne rezultate pretraga čime se pospješuje korisničko iskustvo. Uz to, koriste se i chatbotovi na web stranicama koje nude usluge ili proizvode kako bi posjetiocima dali trenutne odgovore na sve zahtjeve i postavljena pitanja u bilo koje doba dana.
- **Digitalni osobni asistenti:** korisni sustavi koji se mogu nalaziti u kući, na poslovnom mjestu ili u vozilu, a za čiju je inteligenciju i prilagodljivost ključna umjetna inteligencija. Primjeri poput Microsoftove Cortane, Google Asistanta i Appleove Siri prepoznaju glasovne naredbe, razumiju ljudsku komunikaciju, te mogu i analizirati tekstualne poruke i elektroničku poštu, no i podatke o korisničkim preferencijama. Na temelju tih informacija, mogu u vrlo kratkom roku odgovoriti na postavljena pitanja korisnika, obaviti zadani zadatak na zahtjev (slanje poruka, upravljanje događajima u kalendaru, kreiranje podsjetnika), preporučiti (mjesto za izlazak, film ili glazbu) i povezati se s drugim aplikacijama (pretraživanje interneta, prikupljanje vremenskih prognoza, online kupovina namirnica). U Hrvatskoj je primjer korištenja umjetne inteligencije u toj svrsi Andrija, prvi digitalni asistent koji je bio posebno aktualan u pandemiji korona virusa, a za čiju je borbu i namijenjen svim građanima te države s kojim mogu pričati na WhatsAppu.
- **Strojno prevođenje:** umjetna inteligencija ima revolucionarnu ulogu i kod strojnog prevođenja i prevoditeljskih usluga. Duboko učenje i obrada prirodnog jezika omogućuju takvim sustavima da prevode tekstove između različitih jezika točno i brzo tako da detaljno analiziraju obrasce u rečenicama kako bi shvatili kontekst i značenje riječi u cjelini. Ta tehnologija nije limitirana samo na gramatiku, već u obzir uzima i fraze pojedinog jezika.
- **Pametne kuće, gradovi i infrastruktura:** umjetna inteligencija omogućuje uređajima koji se nalazi izvan i unutar kuće poput termostata, svjetla, kuhinjskih aparata i kamera da međusobno izmjenjuju podatke i na taj način surađuju kako bi kreirali energetski učinkovit i siguran ambijent. Analizirajući sakupljene informacije o potrošnji energije, željama korisnika i prisutnosti istih u prostorijama, takav sustav može automatski modificirati trenutne postavke poput temperature u sobama i jačine osvjetljenja. Korisna značajka takvog sustava je i sigurnost – obavlja se nadzor i u slučaju sumnjivih aktivnosti obavještavaju se korisnik ili državne službe. Isto tako, on može primati zahtjeve za upravljanje uređajima putem mobilne aplikacije i glasovnih naredbi. Osim u kući, takav sustav umjetne inteligencije može se koristiti u tzv. pametnim gradovima gdje bi prema potrebama i uvjetima upravljao prometom, paljenjem i gašenjem ulične rasvjete i sortiranjem te zbrinjavanjem velike količine otpada. Uz to, praćenje prometa omogućavalo bi optimizaciju rute što bi dovelo do manjih gužva na prometnim dionicama.

- **Autonomna vozila:** sve više automobila koristi sigurnosne značajke utemeljene na umjetnoj inteligenciji za analitiku prikupljenih podataka kako bi optimizirali rute kod uporabe navigacije i za otkrivanje mogućih opasnih stanja. Iako još uvijek nije u potpunosti preporučljivo prepustiti takvoj vrsti vozila da samostalno i bez ikakve intervencije vozača upravljaju vožnjom, njihov ubrzani razvoj mogao bi donijeti potpunu autonomnost.
- **Digitalna sigurnost:** tehnologija koja za ovo područje koristi umjetnu inteligenciju pomaže u otkrivanju i krađi digitalnih podataka, resursa i uređaja na temelju uzastopnog unosu podataka i prepoznavanju sumnjivih uzoraka, a nakon identificiranja napada taj isti i prati. To je posebno korisno kod predviđanja prijetnji i zaštiti od kibernetičkih napada.
- **Lažne vijesti:** umjetna inteligencija kao dio alata za otkrivanje dezinformacija u mogućnosti je analizirati velike skupove podataka kako bi otkrila potencijalne nepouzdana ili sumnjive izvore novosti. Pretražuju se konteksti u člancima, portalima i na društvenim mrežama kako bi se otkrile netočne izjave ili cijeli tekstovi istih. Isto tako takav sustav može pratiti širenje lažnih vijesti na internetskim stranicama i utvrditi trendove [14, 15].

### 3.3. Način rada

U sljedećim će potpoglavljima biti opisani načini rada umjetne inteligencije kroz tri vala prema kronološkom redoslijedu, prema čemu prvi val opisuje početak umjetne inteligencije i iako se ti pristupi mogu činiti zastarjelima, oni su i dalje vrlo korisni i primjenjuju se u nekoliko područja. Drugi val označuje novije tehnike koje su se velikom brzinom razvile tijekom posljednja dva desetljeća, dok treći val istražuje buduće tehnologije i trendove vezane za takve sustave [12].

#### 3.3.1. Prvi val (početak)

Od 1950-ih do 1990-ih rad umjetne inteligencije zasnivao se na kodiranju znanja i iskustava istraživača u skupove pravila koje stroj može provesti. Ova inteligencija je opisana kao simbolička jer se temelji na simboličkom procesiranju i zaključivanju (npr. ako je  $X=Y$  i  $Y=Z$  onda je  $X=Z$ ) za rješavanje problema. Taj pristup koristi simbole, logiku i pisana pravila kako bi se oponašalo ponašanje uma čovjeka, a danas se još uvijek koristi kod termostata, kontrole strojeva i robotike.

Dakle, čovjek piše detaljna pravila, odnosno algoritam u formatu if-then-else, koje računalo može slijediti kako bi krajnje dalo zaključak odnosno odgovor na zadanu mu situaciju. S time je proces donošenja odluka jednak načinu na koji stručnjaci u određenom području donose odluke. Uz to, čovjek može razumjeti način na koji sustav donosi odluke, a lako se prepoznaju pogreške ili se pronađu prilike za unaprjeđenje programa i dodavanja novih odgovora za posebne slučajeve.

Ipak, postoji vidljiv nedostatak takvog sustava – za razvijanje potpuno funkcionalnog i točnog sustava koji donosi složene odluke, bilo bi potrebno napisati ogroman broj pravila i iznimaka pa bi on vrlo brzo postao kompliciran i nepregledan. Prema tome je simbolička umjetna inteligencija najbolja za korištenje u okolnostima koja se ne mijenjaju duži period i gdje se koriste stroga pravila, a varijable su nedvosmislene. Za primjer se može navesti obračun porezne obveze gdje porezni stručnjaci zajedno s programerima mogu stvoriti stručne sustave koji koriste pravila koja su na snazi za trenutnu poreznu godinu. Nakon definiranja podataka računalu koji opisuju prihode poreznika obveznika, ono može prema pravilima izračunati poreznu obvezu.

Još jedno ograničenje takvog sustava koji se najbolje nosi s formalnim zadacima je rad s nesređenim i nestrukturiranim podacima. Računala mogu izvršavati zadatke automatski, no samo na način na koji su ih njihovi stvoritelji pripremili i naučili, a za njihovo poboljšanje potrebna je intervencija čovjeka. Time se simbolička umjetna inteligencija smatra manje učinkovitom za složene probleme u kojima se mijenjaju varijable i pravila. Istina je da milijuni pisanih pravila ne mogu obuhvatiti svo znanje i iskustvo iz područja poput medicine ili financija niti njihov razvoj.

Ipak, unatoč tome, kako je i u uvodu ovog potpoglavlja rečeno, simbolička umjetna inteligencija još uvijek nije odumrla, nego je još uvijek u primjeni. Osobito je korisna u pružanju potpore radnicima koji rade na problemima koji se ponavljaju u domenama poput kontrole strojeva (javljanje grešaka i načina popravka) i sustava za podršku odlučivanju [12].

### **3.3.2. Drugi val (strojno učenje i umjetna inteligencija vođena podacima)**

Strojno učenje označava širok raspon tehnika koje automatiziraju proces učenja algoritma. Iz tog razloga što se algoritam unaprjeđuje učenjem na podacima, može se reći da je ta umjetna inteligencija vođena podacima. Iako metode samo po sebi nisu inovativne, bitna stavka nedavnog značajnog napretka strojnog učenja je ogromno povećanje dostupnosti podataka široj publici. Ipak, mišljenje da strojno učenje obavlja sav „težak“ posao je krivo, već je tu ključan tvorac čije precizne upute ta tehnologija samo slijedi. Osobe koje razvijaju takvu vrstu programa koriste koncepte iz različitih disciplina poput matematike, računalstva, statistike i logike kako bi razmotrili o samom problemu i kontekstu njegova rješenja. Kao prvo, tvorac mora pronaći dobar način kodiranja samog problema, nakon čega slijedi odabir podataka koji će se koristiti. Vrlo je važno da se osiguraju zakoniti i etički sadržaji jer čak i nenamjerno korištenje i analiza ilegalnih sadržaja može biti štetna i protuzakonita. Potrebno je misliti i na autorska prava te dobivanje pristanka na korištenje za određene sadržaje od strane vlasnika istih. Nakon što podaci prođu ove testove, tvorac mora utvrditi je li baza tih podataka dovoljno velika i reprezentativna za problem koji se rješava. Na kraju, potrebno je odlučiti koliko će se sakupljenih podataka koristiti za obuku, a koliko njih

za testiranje. Važno je da se i za jedno i za drugo osigura dovoljna količina sadržaja kako bi postojala veća mogućnost da razvijeni algoritam dobro obavlja svoj posao.

Osim strojnog učenja, druga tehnika koristi umjetne neuronske mreže i duboko učenje temeljeno na neuronskim mrežama sa svrhom rješavanja različitih zadataka. Umjetne neuronske mreže predstavljaju matematički model koji se sastoji od povezanih tzv. neurona oblikovanih u slojeve. Svaki segment dohvaća ulazne podatke, izračunava težinsku sumu istih i primjenjuje aktivacijsku funkciju kako bi stvorio izlaz. Ključni elementi umjetne neuronske mreže uključuju arhitekturu (broj slojeva i neurona), težine koje se prilagođavaju tijekom treniranja i aktivacijske funkcije koje omogućuju neuronskim mrežama da nauče nelinearne obrasce, a često se koriste u diskriminativnim modelima baziranim na uvjetnoj vjerojatnosti (engl. *conditional probability*) gdje postoji složen odnos između ulaznih i izlaznih podataka koje ti modeli uče te generativnim modelima baziranim na zajedničkoj vjerojatnosti (engl. *joint probability*) te mogu generirati nove uzorke. Kasnije ispitivani modeli generiranja slike iz teksta pripadaju generativnim modelima.

Duboko učenje temelji se na dubokim neuronskim mrežama s mnogo slojeva koje imaju sposobnost samostalnog sakupljanja znanja iz ogromnih količina podataka. Značajna je njegova sposobnost izvlačenja složenih svojstva i obrazaca iz podataka, bez potrebe za ručnim odabirom pojedinih značajki. To je omogućilo stvaranje naprednih sustava za prepoznavanje slika, analizu teksta, prepoznavanje glasa, autonomna vozila, dijagnostiku medicinskih nalaza i slično.

Treniranje neuronskih mreža je bitan korak u evoluciji dubokog učenja i umjetne inteligencije. Predstavlja proces u kojem neuronska mreža uči iz dobivenih podataka kako bi donosila predviđanja ili klasifikacije na temelju istih. Za cijeli proces uvježbavanja, važni su pojmovi unatrazna propagacija (engl. *backpropagation*) i gradijentni spust (engl. *gradient descent*).

**Unatrazna propagacija** je tehnika koja se koristi za prilagodbu težina neuronske mreže kako bi se pogreške stvarnih i predviđenih rezultata svele na minimum. Ideja je da se greška, odnosno razlika između stvarnih i predviđenih rezultata, promiče unatrag kroz neuronsku mrežu kako bi se utvrdilo kako svaka težina utječe na tu grešku. Taj algoritam koristi gradijentne informacije (informacije o nagibu) kako bi prilagodio težine mreže unazad, s početka (izlaza mreže) prema ulazu (ulazima mreže). Ovo se ponavlja mnogo puta (iteracija) kako bi se minimizirala greška.

**Gradijentni spust** je optimizacijski algoritam koji se koristi za minimiziranje funkcije troška (tzv. ciljne funkcije (engl. *cost function*)) u procesu treniranja neuronske mreže. Radi na principu traženja najniže točke (minimuma) u funkciji greške, čime se pronalazi optimalna vrijednost parametara (težina) za minimiziranje greške. Postupak kreće od neke početne vrijednosti parametara i iterativno prilagođava težine u smjeru najbržeg pada (negativnog gradijenta) funkcije greške. Stope učenja kontroliraju veličinu koraka u svakoj iteraciji i igraju važnu ulogu u konvergenciji algoritma.

Proces treniranja neuronske mreže sastoji se od više iteracija unatražne propagacije uz primjenu algoritma gradijentnog spusta. Tijekom ovog procesa, mreža postupno poboljšava svoje sposobnosti kako bi bolje generalizirala iz podataka koje je vidjela tijekom treninga. Važno je napomenuti da treniranje neuronskih mreža može biti izazovno i zahtijeva veliku količinu podataka, pravilno podešavanje parametara poput stope učenja i složenih arhitektura mreža kako bi se postigla visoka točnost u predviđanjima ili klasifikacijama [12].

### 3.3.3. Treći val (budućnost)

Tehnike navedene u prethodna dva odjeljka opisane su kao tzv. slaba umjetna inteligencija koja je programirana da iskazuje inteligentno ponašanje samo u određenim područjima poput strateške igre šah ili prepoznavanju uzoraka iz velikog skupa danih podataka. S druge strane, tzv. jaka umjetna inteligencija bliža je općem razumijevanju i radu uma čovjeka jer označava algoritme koji mogu iskazati inteligentnost u velikom spektru konteksta i u različitim okruženjima.

Slabu umjetnu inteligenciju možemo gledati kao poprilično jaku i razvijenu za današnje zahtjeve, no ona jaka omogućila bi potpuno nove sposobnosti. Ipak, kako još uvijek ne postoji svrstava se u sekciju apstraktne umjetne inteligencije gdje pripada i umjetna superinteligencija koja bi označavala višu razinu opće inteligencije od čovjeka standardnih karakteristika. Niz se nastavlja sa pojmom singularnost koji u općim znanostima opisuje jedan događaj s bitnim posljedicama na područje koje je izloženo, no u kontekstu ove teme označavao bi moment u kojem umjetna inteligencija dosegne toliku razinu inteligencije i samostalnosti da izgradi još više inteligentnu i autonomniju umjetnu inteligenciju čime bi se u potpunosti oslobodila ljudske kontrole i nadzora te se počela razvijati u skladu sa svojim željama i potrebama.

Postoji rasprava o temi spekulativne umjetne inteligencije te da li ju je moguće stvoriti i postići progresivnim razvojem koristeći dostupne trenutne tehnologije i tehnike. Neki znanstvenici spominju Mooreovo zapažanje koje je 1965. godine dao Gordon Moore, suosnivač američke tvrtke Intel. Njegov zakon tvrdi da će se broj tranzistora na integriranom čipu udvostručiti svake dvije godine, što će rezultirati kontinuiranim eksponencijalnim napretkom računalne snage. Ipak, u posljednjim se godinama sve više počinje osjećati ograničenje tog pravila - minijaturna veličina tranzistora približava se fizičkim granicama, a razvoj novih tehnologija poput kvantnih računala mijenja budućnost računalne industrije. Među misliocima, neki tvrde da bi razvoj potpune umjetne inteligencije bio moguć, pa možda čak i neizbježan, dok su drugi skeptičniji i bojažljivi [12].

### 3.4. Trenutne prilike i izazovi

Umjetna inteligencija predstavlja revoluciju tehnologije, a glavni razlog zašto je bitna je njezina velika potencijalna korist koja može donijeti brojne inovacije u brojnim sektorima poput zdravstva, proizvodnje, mobilnosti i donošenja odluka.



Slika 3.1: Infografika o upotrebi umjetne inteligencije [14]

Isto tako, ta korist uključuje neizravnu dobrobit poput povećanja učinkovitosti, a čak i aplikacije koje služe u zabavne ili informativne svrhe mogu stvoriti kapital, stručnost i podatke što na kraju dovodi do značajnijeg razvoja. Ipak, umjetna inteligencija osim brojnih inovacija i pozitivnih promjena u društvu, sa sobom nosi cijeli niz pravnih, društvenih, etičkih i ekonomskih izazova [15].

- **Pravni izazovi:** pravni okvir još uvijek nije dovoljno razvijen da bi se nosio s brzim napretkom umjetne inteligencije, a jedno od glavnih pitanje je ono vezano za odgovornost. Ne postoji nikakav zakon ili pravilo koje bi moglo razriješiti situaciju u kojoj bi ta tehnologija prouzročila štetu ili donijela odluke koje bi uzrokovale ozbiljne posljedice na

društvo. Isto tako, ne postoje specifični propisi bilo koje vrste koji reguliraju upotrebu umjetne inteligencije u kritičnim sektorima poput zdravstva te kod autonomnih vozila.

- **Društveni izazovi:** iako se mogu istaknuti pozitivne stavke poput povećanja produktivnosti u industrijama uvođenjem strojeva temeljenim na umjetnoj inteligenciji, tako i postoji zabrinutost zbog mogućnosti gubitka radnih pozicija zbog automatizacije. To isto tako može dovesti do povećanja nejednakosti na tržištu rada, a uz to, vezano za društvene izazove, postoji i briga zbog privatnosti i sigurnosti podataka s obzirom da sustavi uče i analiziraju velike količine informacija koje mogu biti i osobne prirode.
- **Etički izazovi:** ovdje su bitna pitanja pristranosti i diskriminacije. Sustavi umjetne inteligencije treniraju na brojnim podacima iz kojih mogu naslijediti određene predrasude, a transparentnost i objašnjivost odluka takvih sustava predstavljaju također probleme.
- **Ekonomski izazovi:** dominacija velikih tehnoloških korporacija u polju razvoja umjetne inteligencije može dovesti do stvaranja monopola i kontrole tržišta čime se smanjuje konkurencija i noviteti, a što dugoročno gledano nije pogodno za društvo. Uz to, pristup usavršavanju i edukaciji u području te tehnologije može biti limitiran, što stvara podjelu društva i ograničava pristup brojnim prednostima umjetne inteligencije [12, 15].



## 4. Sadržaj generiran umjetnom inteligencijom

Sadržaj generiran umjetnom inteligencijom, a kako je već i prije ukratko rečeno, označuje proces stvaranja sadržaja u brojnim područjima uključujući književnost, glazbu i umjetnost. To može uvelike pomoći npr. kod generiranje tekstualnog sadržaja koji može zvučati kao da je napisan od strane pisca, a koristi se u novinarstvu, marketingu i izdavaštvu za pisanje članaka, blogova, objava i opisa proizvoda za web trgovinu što štedi vrijeme izrade, novac i resurse. Koristi se i u kreativnim sektorima za kreiranje slika, glazbe i videosadržaja, a generativne mreže i algoritmi za duboko učenje omogućuju korisnicima da eksperimentiraju s novim i dotad možda nekorištenim stilovima i postavkama što u većini slučajeva vodi do iznenadnih i inspirirajućih efekata.

Unatoč svemu, nije preporučljivo u potpunosti se oslanjati na inteligentne sustave i zanemariti ljudsku prisutnost. Sadržaj generiran umjetnom inteligencijom trebao bi se koristiti za ubrzavanje tijeka pisanja ili stvaranja, dok bi se korisnici tih istih alata trebali pobrinuti za završno uređivanje i prilagodbu sadržaja određenom zahtjevu i potrebama. Uz to, osim etičkih pitanja u vezi s korištenjem koja su objašnjena u prethodnom poglavlju, uz sadržaj stvoren na takav način javlja se i pitanje autentičnosti i originalnosti. Naime, sustavi umjetne inteligencije znaju reproducirati uzorke i stilove koji su već u nekoj mjeri viđeni, no iako može kombinirati već postojeće elemente na nov način, često nema svijest o kontekstu i emocijama koje čovjek može pružiti [16].

### 4.1. Pozitivne i negativne strane

Pozitivna stavka sadržaja generiranog uz pomoć umjetne inteligencije je povećanje efikasnosti timova zaposlenika kod stvaranja, pisanja i objavljivanja. Za detaljno istraživanje teme i stvaranje nacрта potrebno je mnogo vremena kod radnika u kreativnim industrijama koji se bave takvim poslovima, a usluga temeljena na umjetnoj inteligenciji sposobna je stvoriti natuknice s ključnim pojmovima, ideje ili gotov sadržaj za razne potrebe u vrlo kratkom vremenskom roku. Druga dobra strana je unaprjeđenje optimizacije web stranica (engl. *Search engine optimization*, kratica SEO) za internetske pretraživače gdje umjetna inteligencija omogućuje obavljanje detaljnih analiza i personalizirane strategije, a čime se poboljšava efikasnost korištenjem pravih ključnih riječi.

Upotreba umjetne inteligencije nosi i neka ograničenja, pa tako može doći do problema s generiranjem novih i kreativnih ideja jer se sustavi temelje na postojećim podacima. Isto tako, umjetna inteligencija ne razumije ljudsko ponašanje i misli, što ju ograničava u stvaranju personaliziranog sadržaja. Ponekad se dogodi da generira sadržaj koji djelomično ponavlja viđene uzorke, što može utjecati na nedostatak originalnosti i vjerodostojnosti. Potrebno je napomenuti da je konačna provjera potrebna kako bi se osigurala veća točnost i kvaliteta sadržaja [16].

## 4.2. Sustavi za prepoznavanje sadržaja

Sustave za prepoznavanje jezika, slika i govora bilo je vrlo teško razviti tehnikama prvog vala umjetne inteligencije, no oni su u velikoj mjeri zamijenjeni alatima strojnog učenja koji se temelje na podacima. Prema tome se alati za prepoznavanje jezika obučavaju na velikoj količini označenih tekstualnih sadržaja, alati za prepoznavanje slika sakupljaju znanje na milijunima obilježenih slika s interneta, a alati za prepoznavanje govora treniraju na prijepisima audiodatoteke. Pa tako na primjeru prepoznavanja slike, krenuvši od statične slike ponavlja se proces prepoznavanja i unaprjeđenja, a umjetne neuronske mreže otkrivaju i shvaćaju kako traženi objekt izgleda.

Ti su nabrojani alati dobri u određenim obrascima i u mogućnosti su izvršiti čovjeku korisne zadatke s vizualnim i jezičnim materijalom, no pitanje je da li oni uistinu razumiju svijet. Vezano za generiranje teksta, umjetna inteligencija može uvjerljivo koristiti riječi koje se međusobno povezuju kao što su „škola“ i „đak“, no ne može shvatiti ljudske osjećaje povezane s tim pojmovima jer je njihovo iskustvo limitirano na statističku pojavu riječi kojima ih ljudi predstavljaju. Dakle, za sada je vrlo dobra u ponašanju kao da razumije [12].

## 4.3. Problemi kreativnosti i realističnosti

Algoritmi strojnog učenja su u jednu ruku kreativni jer stvaraju vlastite načine rješavanja problema bez potrebe stručnjaka, no u drugu ruku oni mogu samo slijediti vrlo detaljne sekvence uputa zbog čega bi se mogla preispitati njihova mašta. To se može prikazati na primjeru ispisivanja nasumičnih brojeva gdje računala prate instrukcije kako bi proizveli niz brojeva koji izgledaju nepredvidivo i nasumično zbog dobrog rasporeda. Zbog toga je važno uvidjeti ta ograničenja i nedostatke, a posebno razlikovati pojmove „razumijevanja i stvaranja“ i „doima se da razumije“.

Drugo pitanje i problem u korištenju umjetne inteligencije za generiranje sadržaja je postizanje realističnosti. Unatoč vidljivom napretku kroz prethodne godine, često se nailazi na poteškoće u stvaranju gdje suptilne karakteristike i nijanse čine rezultat nestvarnim, no u nastavku slijede primjeri poboljšanja realističnosti generiranih rezultata umjetnom inteligencijom [12]:

- **Novinarstvo:** mnoge članke sada pišu „novinari“ temeljeni na umjetnoj inteligenciji koji definiraju ključne informacije u različitim poljima (vremenska prognoza, sportski rezultati, stanja na burzi) i pretvaraju ih u rečenice te završno objavljuju paragrafe teksta kao novinske članke. U tom slučaju algoritam treba paziti da napisani tekst sadrži dosljedan stil uz minimalno ponavljanje riječi i struktura koje bi čitatelju mogle izgledati robotski.
- **Pametni telefoni:** osnovna jezička produkcija koja se može koristiti na brojnim pametnim telefonima omogućuje predložene odgovore, za smanjenu potrebu tipkanja, i virtualne

pomoćnike koji služe za komunikaciju s korisnikom. Preporučeni tekst je prilično jednostavan jer povezuje svaku riječ s onom sljedećom. Prvo ti sustavi započinju s generičkim izjavama, no vrlo brzo se prilagode stilu korisnika koji ih upotrebljava. Oni zabilježe važne pojmove primljene poruke, a na temelju koje predlažu nekoliko odgovora koji se obično daju na takvu vrstu poruke.

Virtualni pomoćnici su složeniji jer je korisnikov zvuk i naglasak kada naprave neki zahtjev ili molbu potrebno pretvoriti u fonetske jedinice, pa u riječi i završno u skup uputa koje treba slijediti (obaviti poziv, pronaći lokaciju, pustiti pjesmu). Neki pomoćnici takve vrste dodaju uzvike poput „hmm“ kako bi zavarali korisnika da razmišljaju o odgovoru, a uz to mogu pokazivati emocionalne znakove koji su prikladni u određenim situacijama. Sve je to kako bi korisniku izgledali više ljudski, no važno je prepoznati da iako takvi postupci virtualnih asistenata mogu djelovati druželjivo, oni ne predstavljaju duboko razumijevanje koncepata niti suosjećajnost vezanu za korisnike.

- **Identificiranje lažnih slika:** interakcija između različitih umjetnih neuronskim mreža je način na koji rade neki noviji algoritmi strojnog učenja pod nazivom Generativna suparnička mreža (engl. Generative Adversarial Networks, kratica GAN). Ona može generirati realističke podatke poput zvuka, teksta ili slike, a temeljene na konceptu natjecanja dvije neuronske mreže – generatora i diskriminatora s ciljem postizanja ravnoteže kako bi se dobilo uvjerljiv sadržaj. Generator započinje s generiranjem šuma kojega postupno pretvara u određeni sadržaj koji bi trebao biti dovoljno uvjerljiv da prevari diskriminatora čija je svrha razlikovati stvarne podatke od onih koje je generirao generator. Ciklus generiranja se ponavlja mnogo puta pri čemu generator postaje sve bolji u stvaranju vjernih podataka, a diskriminator bolji u prepoznavanju lažnih sadržaja.
- **Proizvodnja realističnih sadržaja:** takva opisana tehnika otkrivanja i poboljšavanja sadržaja može se koristiti za stvaranje alata za modificiranje slike i proizvodnju, a primjer je prilagodba slike gdje lice čovjeka poprimi karakteristike malog djeteta ili starije osobe pri čemu se dobije uvjerljiv rezultat. Isti principi se mogu koristiti za razvoj realističnih videozapisa poznatih pod nazivom „deepfakes“ koji mogu biti korišteni za stvaranje lažnih sadržaja takve vrste u kojima se na primjer nalaze poznate osobe ili političari u svakojakim situacijama. Krivotvorenje fotografija je stara vijest, no ovakvi videoformati mogu biti nevjerojatno stvarni, a s obzirom na njihov sadržaj, u nekim slučajevima se mogu proglasiti i nezakonitim, dok se u drugim smatraju legitimnom kritikom ili satirom [12].

#### 4.4. Poznati alati

Kako je bilo rečeno, umjetna inteligencija ima potencijala promijeniti rad i unaprijediti poslovanje kod malih poslodavaca i velikih industrija, pa kao rezultat toga, potražnja za alatima temeljenim na toj tehnologiji iz dana u dan sve više raste, a jedan od najpoznatijih alata današnjice koji koristi umjetnu inteligenciju, a koji će biti detaljno opisan u sljedećem poglavlju, je ChatGPT - razvijen od strane tvrtke OpenAI za istraživanje i primjenu umjetne inteligencije čija je misija osigurati da ta tehnologija koristi cijelom čovječanstvu. To je napredni računalni program za razgovor (engl. *chatbot*) koji omogućuje komunikaciju s korisnicima putem prirodnog jezika [17].

Alat koji također predstavlja trenutni vrhunac inovacija je DALL-E, također izdan od strane OpenAI-a, a koristi duboko učenje za stvaranje slika iz opisa što otvara nova vrata u umjetnosti i kreativnom izražavanju. Isto tako, takvu svrhu ima i sustav SDXL izdan od strane tvrtke Stability AI, a koji stvara slike s visokom preciznošću koristeći difuziju. On je kasnije izdan alat, a u odrađenom istraživanju biti će vidljivo koji od ta dva moćna alata ispitanici smatraju boljim.

Osim ovih korisnih sustava, koji svjedoče o mogućnostima umjetne inteligencije da obave razne zadatke, od interakcije s čovjekom do stvaranja kreativnih djela, u nastavku su ukratko opisane i glavne platforme strojnog učenja kao usluge Amazona, Googlea, Microsofta i IBM-a:

- **IBM:** IBM-ova napredna platforma Watson nudi niz usluga i alata koji uz pomoć umjetne inteligencije, obradu prirodnog jezika i strojnog učenja mogu analizirati podatke, prepoznati uzorke, donositi zaključke i automatizirati procese. Cilj je pružiti rješenja u poslovnom svijetu, zdravstvu, financijama i drugim industrijama.
- **Google:** TensorFlow je platforma otvorenog koda razvijena od strane Googlea koja predstavlja vrlo jak i popularan alat za strojno i duboko učenje koji omogućuje inženjerima i informatičarima da na njoj razvijaju i treniraju željene modele umjetne inteligencije. Poznat je po fleksibilnosti i širokom rasponu alata što ga čini idealnim za prepoznavanje slika, obradu prirodnog jezika, ugrađivanje u autonomna vozila i slično.
- **Amazon:** Amazon Web Services (kratica AWS) izdao je niz alata i usluga za umjetnu inteligenciju uključujući Amazon SageMaker (platforma za brzo razvijanje, treniranje i implementaciju modela strojnog učenja), Rekognition (nudi mogućnosti računalnog vida za izvlačenje informacija iz slika i videozapisa) i Polly (usluga koja pretvara tekst u zvuk).
- **Microsoft:** Microsoftova platforma Azure također nudi korisne alate uključujući Azure Machine Learning, za razvoj i treniranje modela umjetne inteligencije, te Azure Cognitive Services za integraciju naprednih funkcionalnosti umjetne inteligencije u aplikacije, uključujući prepoznavanje lica i govora te analizu sentimenta teksta. Posebnost je njegova integracija s drugim Microsoftovim alatima i servisima [18].

#### 4.4.1. Chat GPT

ChatGPT, skraćeno od Generative Pre-trained Transformer, označava jezični model treniran od strane kompanije OpenAI, a koristi naprednu tehnologiju razumijevanja ljudskog jezika i generiranja teksta sa svrhom pružanja točnih i smislenih odgovora na postavljena pitanja.

Promatrajući poznate društvene mreže i pružatelje usluga, više od tri godine bilo je potrebno američkom streaming servisu Netflix da prikupi svojih prvih milijun pretplatnika, dok je Twitter popularna platforma za pisanje blogova uspjela isto postići za dvije godine. Nadalje, mreži fokusiranoj na videozapisima TikTok godinu dana dok je Facebooku za isto trebalo deset mjeseci. Međutim, zapanjujuće je da je chatbot ChatGPT, lansiran za širu javnost 30. studenog 2022. godine, uspio prikupiti ogroman broj od milijun korisnika u roku od samo jednog tjedna.

Ovaj alat, prije konačne objave, prošao je kroz dugotrajno i intenzivno treniranje na velikom skupu podataka prikupljenih s različitih web stranica, stručne literature, magazina, novinskih izvora, znanstvenih članaka i sličnih izvora. Zahvaljujući toj zahtjevnoj obuci, danas je u stanju pružiti informacije i generirati sadržaj na raznovrsne zahtjeve i upite brojnih korisnika.

ChatGPT model je sakupljao znanje korištenjem tehnike dubokog strojnog učenja poznate kao pojačano učenje iz ljudske povratne informacije (engl. *Reinforcement Learning from Human Feedback*, kratica RLHF). Ova metoda simulira dijaloge, omogućuje odgovaranje na dodatna pitanja, prepoznaje pogriješke, opovrgava netočne ili sumnjive pretpostavke i odbija neprikladne zahtjeve. U takvom procesu učenja, modelu se postavlja zadatak i daje mu se prilika da poduzme radnje kako bi ga riješio. Nakon svake akcije, model dobiva povratnu informaciju od ljudskog ocjenjivača u obliku prolaza ili pada koju zatim koristi kako bi prilagodio svoje ponašanje i unaprijedio svoje sposobnosti u budućem rješavanju zadataka.

Ovaj pristup je od velike koristi, posebno kada je zadatak kompleksan, a model razumijevanja zadatka ima svoja ograničenja. On omogućuje modelu da crpi stručno znanje od ljudskih eksperata i postupno unapređuje svoja dostignuća. Osim toga, takva tehnika učenja može se primijeniti i za prilagodbu ponašanja modela prema određenim preferencijama ljudskih ocjenjivača [17].

Sve u svemu, ChatGPT nudi raznolike mogućnosti, uključujući kritike, pojašnjenja, pa čak i stvaranje šala - gotovo sve što korisnik može zamisliti. Otkako je postao dostupan javnosti za korištenje, mnogi korisnici su ostali zadivljeni njegovim uslugama odgovaranja na pitanja, ali isto tako, neki ga doživljavaju kao tehnologiju koja izaziva zabrinutost čovjeka i mali strah.

Kako je ranije ovakva tehnologija bila dostupna samo ograničenom broju korisnika, tvrtka OpenAI omogućila je pristup ChatGPT-u svima bez naknada, čime je započela masovna upotreba.

Ono što ovu uslugu čini posebnom je njezina jednostavnost i fluidnost u komunikaciji. ChatGPT može razmjenjivati informacije gotovo kao da komunicira s ljudskim bićem, često teško

primjetno razlikujući se od stvarne interakcije. Osim toga, može, kako je to u prethodnim paragrafima i već spomenuto, odgovoriti na dodatna pitanja, priznati kada je i gdje pogriješio i, ako zaključi da mu je postavljen neprimjeren ili neprikladan zahtjev, reagirati sukladno tome.

ChatGPT ima širok spektar korisnih funkcija: može nasmijati korisnika kreativnim vicevima, napisati službenu pritužbu na željenu ustanovu ili pomoći kod okončavanja veze s partnerom. Također je u stanju generirati programske kodove, kreirati društvene medijske statuse, sastaviti pjesme, scenarije, poslovne i marketinške planove, čak i sažeti lekturu za školu, uz ključnu karakteristiku da ne kopira i ne spaja postojeće tekstove, već stvara potpuno originalne odgovore.

Nadogradnja ChatGPT-a donosi još napredniju verziju od trenutne (ChatGPT-3). Novi model je pametniji, bolje informiran o suvremenim događanjima i impresivniji u svojim mogućnostima.

Najnovija verzija, ChatGPT-4 izdan je u ožujku ove godine i predstavlja model koji prihvaća ulaze slika i teksta (primjer je prikazan u tablici 4.1) te odgovara tekstualnim sadržajem. Iako je vidljivo manje sposoban od čovjeka standardne razine inteligencije, prolazi simulirane pravosudne i državne ispite s boljim rezultatima od njegovog prethodnika. Na njemu je tim stručnjaka proveo 6 mjeseci usklađivanja koristeći lekcije iz njihovog suparničkog programa testiranja, uključujući i ChatGPT-3, što je rezultiralo njihovim najboljim rezultatima do sad, iako još uvijek daleko od dostizanja savršenstva, o činjenicama, upravljanju i djelovanju u zadanim granicama.

Vezano za spomenutu sposobnost upravljanja, umjesto standardne osobnosti modela s definiranim stilom i tonom, programeri, a u budućnosti i korisnici ChatGPT-a, mogu propisati žanr i zadatak vlastitog primjera umjetne inteligencije navođenjem uputa u sustavu. Na taj se način može efikasno prilagoditi iskustvo korisnika, a primjer je sljedeći: „Ti (sustav) si učitelj koji učeniku ne daje odgovor, ali uvijek nastoji postaviti pravo pitanje kako bi mu pomogao da nauči razmišljati. Razlaži problem dokle god učenik ne dođe na pravu razinu da ga riješi [17, 19]“.

Tekstualni i vizualni ulaz		Tekstualni izlaz
Zahtjev	Slika	
Što mogu napraviti od ovih sastojaka?		Postoji mnogo opcija za ono što možete napraviti od ovih sastojaka! Neke mogućnosti uključuju: palačinke ili vafle, omlet, kremu ili puding, tortu ili kekse, kruh. Ovo je samo nekoliko primjera, ali mogućnosti su beskrajne!

Tablica 4.1: Primjer korištenja slike kao ulaza kod verzije ChatGPT-4 [19]

#### 4.4.2. DALL-E

DALL-E, koji je predstavljen u siječnju 2021. godine, jedan je od ključnih proizvoda američke organizacije OpenAI. Ovaj inovativni model umjetne inteligencije promijenio je način generiranja slika na temelju korisničkih tekstualnih zahtjeva. DALL-E je primjer generativnog modela koji koristi naprednu tehnologiju obrade prirodnog jezika kako bi stvarao originalna umjetnička djela. Njegova osnova leži u ChatGPT modelu, jednom od najnaprednijih jezičnih modela današnjice, razvijenog od strane istog neprofitnog udruženja istraživača.

DALL-E koristi arhitekturu temeljenu na transformer neuronskim mrežama, a što mu omogućuje obradu ogromnih količina podataka i generiranje slika visoke rezolucije. Tijekom treninga, takvom se modelu tumači veliki broj slika i tekstualnih opisa, omogućujući mu da prepozna različite objekte, pojave i koncepte, te da razumije njihove veze. Nakon što korisnik unese zahtjev za generiranjem slike prema opisu putem mrežne stranice, DALL-E koristi svoje znanje iz podataka kojima je bio treniran kako bi stvorio slike koje odgovaraju upitu korisnika.

Jedna od bitnih karakteristika DALL-E-a je njegova sposobnost stvaranja slika temeljem tekstualnih opisa koji nisu prisutni u podacima kojima je bio treniran. Ova sposobnost proizlazi iz njegove vještine kombiniranja različitih elemenata iz opsežne baze podataka kojom je bio treniran. Na primjer, ako korisnik napiše tekstualni opis poput „moderna kuća za odmor na plaži s bijelom drvenom ogradom i crvenim vratima“, DALL-E može generirati sliku kuće koja odgovara tom opisu, čak i ako takav motiv nikada nije bio prisutan u podacima na kojima je bio treniran. Osim stvaranja uvjerljivih slika, ova napredna tehnologija može generirati slike temeljem apstraktnijih opisa poput „djevojčica jaše jednoroga“ ili „jelo koje predstavlja portal u drugu galaksiju“.



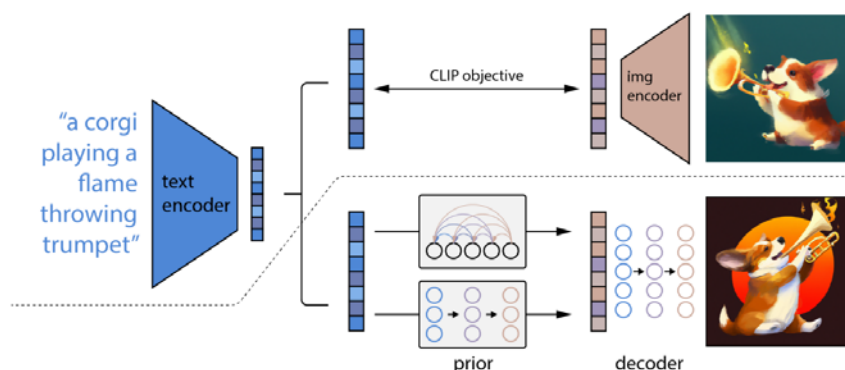
Slika 4.1: Generirane slike putem DALL-E 2 modela [17]

Primjena tog modela je raznolika. DALL-E se može koristiti u stvarnom vremenu za različite svrhe, a ponajviše u svijetu umjetnosti i dizajna za brzu izradu vizualizacije kreativnih ideja autora. Koristi se za stvaranje grafičkih dizajna, te novih likova, objekata i okruženja u video igrama temeljem opisa razvojnih timova, no i u medicini za generiranje prikaza molekula ili procesa čime se pojednostavljaju procesi istraživanja [17].

DALL-E 2, novija verzija modela koji koristi model difuzije za pretvaranje tekstualnih opisa u slike, treniran je na temelju arhitekture koder-dekoder koja šifrira tekstualni opis u OpenAI jezični model putem CLIP modela (engl. *Contrastive Language-Image Pre-training*). To je visokodimenzionalni vektor koji predstavlja oboje - i tekst i sadržaj slike. Model potom dešifrira ugrađivanje spomenute tehnike natrag u sliku pomoću modela difuzije.

Dok DALL-E koristi vektorski kvantiziran varijacijski autoenkoder (engl. *Vector Quantized Variational Autoencoder*, kratica VQ-VAE) za rješavanje velike dimenzionalnosti slikovnih informacija u usporedbi s tekstom, DALL-E 2 kodira tekstualni opis u OpenAI jezični model koristeći CLIP ugrađivanje, a u nastavku je u četiri koraka objašnjen tijekom rada generiranja teksta u sliku kod DALL-E 2 modela:

1. DALL-E 2 prima određeni tekstualni opis slike kao zahtjev koji daje krajnji korisnik.
2. Unos teksta je kodiran pomoću CLIP-a, neuronske mreže koja može kodirati tekst i slike u visokodimenzionalne vektore za ugrađivanje teksta kao i slike. CLIP koder pretvara ulazni tekst u visokodimenzionalni vektorski prikaz koji bilježi njegovo semantičko značenje.
3. CLIP ugrađeni vektor teksta zatim prolazi kroz difuzijski model i stvara CLIP ugrađeni vektor slike. Koristi se neuronska mreža generativnog modela. Model difuzije generira CLIP vektor slike koji odgovara vektoru kodiranog teksta.
4. Nakon što je difuzijski model generirao CLIP ugrađeni vektor slike, on se propušta kroz difuzijski dekoder koristeći difuziju (modificirani GLIDE model, engl. *Guided Language to Image Diffusion for Generation and Editing*) koji zatim generira konačnu sliku [20].



Slika 4.2: Prikaz rada DALLE-2 modela: gornji dio je trening CLIP modela, a donji test faza generiranja teksta u sliku [20]



### 4.4.3. SDXL

Stability AI je pionir u području umjetne inteligencije, poznat po svojim revolucionarnim generativnim alatima otvorenog koda koji koriste umjetnu inteligenciju i mijenjaju svijet tehnologije. Nakon uspješnog izdanja beta verzije XL u travnju ove godine, koja koristi tehnologiju temeljenu na njihovom sustavu Stable Diffusion, a omogućuje generiranje visokokvalitetnih slika iz tekstualnih opisa, dva mjeseca kasnije razvili su SDXL 0.9 alat sa znatno poboljšanim generiranim slikama i detaljnijim kompozicijama u odnosu na svog prethodnika.

SDXL 0.9 predstavlja skok u kreativnim slučajevima korištenja generiranih slika koristeći umjetnu inteligenciju nudeći sposobnost stvaranja kvalitetnih realističnih sadržaja za filmove, televiziju, glazbu i video industriju prema zahtjevima. Ova verzija SDXL-a nudi i razne funkcije koje se protežu izvan osnovnog tekstualnog opisa, a uključuju unošenje jedne slike da bi se dobile varijacije te slike, rekonstruiranje dijelova slike koji nedostaju i izrada proširenja slike [22, 23].

U nastavku su opisane te i druge značajke kao i savjeti korisni kod generiranja slika:

- **Korištenje jasnih i konkretnih uputa:** što su upute korisnika razumljivije i detaljnije, vjerojatnost za dobivanje željenih rezultata je veća. Na primjer, umjesto unosa „pas sjedi na stolici“, mogu se unijeti detalji poput „pas sjedi na drvenoj stolici ispred bijelog zida“.
- **Korištenje negativnih uputa za izuzimanje neželjenih slika:** ako postoje određene slike za koje korisnik ne želi da se stvore, može koristiti negativne upute da ih zaobiđe.
- **Isprobavanje različitih postavki:** web aplikacija ima brojne postavke koje se mogu prilagoditi, poput veličine slike, broja ponavljanja i metode uzorkovanja. Korisnik vrlo lako može eksperimentirati s različitim postavkama da vidi kako one utječu na slike.
- **Potrebno je strpljenje:** generiranje slika može potrajati neko vrijeme, posebno za slike visoke razlučivosti. Potrebno je biti strpljiv i pustiti aplikaciju da odradi svoj posao [24].

Ono što omogućuje sav ovaj napredak sastavu SDXL 0.9 je značajno povećanje broja parametara u odnosu na beta verziju. Osnovni model SDXL 0.9 sadrži 3.5 milijardi osnovnih parametara i 6.6 milijardi dodatnih parametara. Drugi stupanj modela koristi se za dodavanje finijih detalja generiranom izlazu prvog stupnja. Za usporedbu, beta verzija radi na parametrima od njih 3.1 milijarde i koristi samo jedan model, dok DALL-E 2 koristi 3.5 milijardi parametara.

SDXL 0.9 radi s dva CLIP modela, uključujući jedan od najvećih OpenCLIP modela treniranih do danas (OpenCLIP ViT-G/14), što poboljšava rezultate u verziji 0.9 i sposobnost stvaranja realističnih slika s većom dubinom i višom rezolucijom 1024x1024 [21].

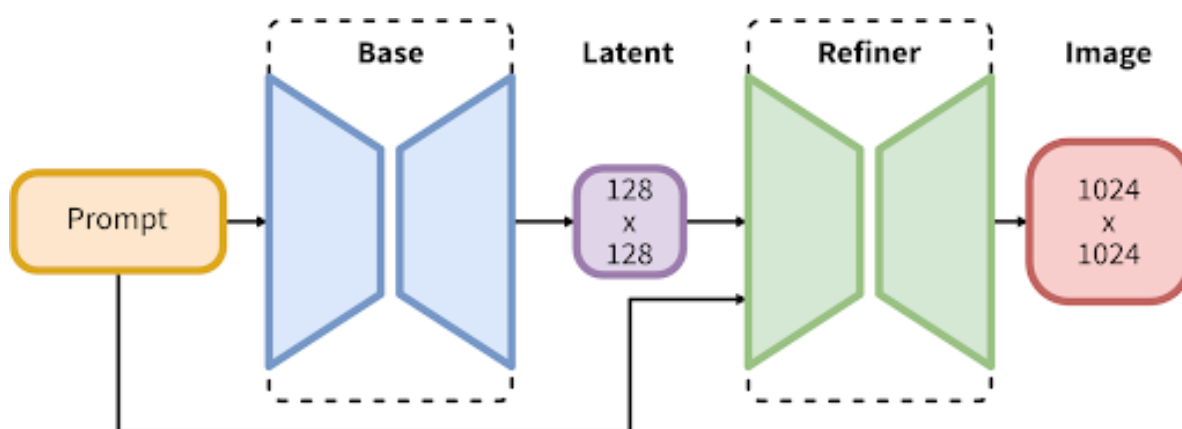
Nakon izdavanja verzije 0.9, Stability tim stručnjaka u srpnju ove godine objavio je i model SDXL 1.0, sljedeću verziju u razvoju modela za generiranje teksta u sliku. Ova verzija SDXL-a je

poboljšana kako bi bila jedan od najboljih dostupnih alata takve vrste. Također, kao i njezin prethodnik, stvara slike visoke rezolucije u brojnim umjetničkim stilovima uz visoku dozu realističnosti, no posebno je podešen za živopisne i precizne boje, s boljim kontrastom, osvjetljenjem i sjenama, a sve u formatu 1024x1024 piksela. Uz to, može generirati koncepte koji su inače izazovni za generiranje, kao što su ruke i tekst ili prostorno raspoređene kompozicije.



Slika 4.3: Bolji prostorni raspored i kontrola stila kod modela SDXL 1.0 [23]

Trenutna verzija SDXL-a ukupno sadrži čak 10.1 milijardu parametara – 3.5 milijardi u osnovnom modelu i dodatnih 6.6 milijardi u modelu za doradu slika što čini SDXL 1.0 jednim od trenutno najmoćnijih alata dostupnih za širu publiku. Njegov rad se sastoji od dva koraka: prvo, manji model preoblikuje tekst u sliku od 128x128 piksela, uz jasan dodatak šuma. Zatim, drugi model pročišćava sliku, povećava je na rezoluciju od 1024x1024 piksela i dotjeruje detalje.



Slika 4.4: Dvostruki korak rada modela SDXL 1.0 [23]

Ovaj trenutni model, kao i onaj prethodni, optimiziran je za upotrebu u cloud okruženju, ali zahtijeva računalne resurse s grafičkim procesorom koji ima minimalno 8 gigabajta video memorije. SDXL 1.0 je dostupan za preuzimanje putem GitHub platforme, a pristup mu je

omogućen i kroz aplikacijsko programsko sučelje (engl. Application programming interface, kratica API) za korisnike koji žele iskoristiti i implementirati njegove sposobnosti [22, 23].

#### 4.5. Tvrtnke koje se bave tom tehnologijom

Sve više poduzeća prepoznaje prednosti umjetne inteligencije u optimizaciji procesa, povećanju učinkovitosti i stvaranju inovativnih rješenja, što dodatno potiče širenje ovog sektora. Isto tako, sve je više onih koji razvijaju alate koji se istodobno mogu koristiti u korisne, informativne i zabavne svrhe poput alata za generiranje teksta u slike izdanih od istraživačkih kompanija OpenAI, sa sjedištem u San Franciscu osnovane u prosincu 2015. godine, i Stability AI, sa sjedištem u Londonu osnovane u 2019. godini [24, 25].

Alati tih udruženja biti će analizirani u istraživačkom dijelu ovog diplomskog rada, a u nastavku slijede opisi poslova i dostignuća tih kompanija.

**OpenAI** je istraživačka organizacija u privatnom vlasništvu za umjetnu inteligenciju koju su osnovali istraživači Sam Altman, Greg Brockman, Ilya Sutskever, Wojciech Zarembki i Elon Musk koji je 2018. godine zbog potencijalnih sukoba interesa s njegovim tvrtkama Tesla i SpaceX, podnio ostavku na članstvo u upravnom odboru organizacije. Njihova misija je usmjerena na odgovornu uporabu opće umjetne inteligencije za dobrobit čovječanstva, a osnivači vjeruju da ista ima potencijal rješavanja neodložnih globalnih problema i stvaranja pozitivnih promjena.

OpenAI surađuje s drugim stručnjacima iz Silicijske doline, uključujući Petera Thiela i suosnivača LinkedIna, Reida Hoffmana, koji je u godini otvaranja tvrtke donirao milijardu dolara za podršku i rad organizacije, a osim istraživanja, OpenAI se aktivno bavi političkim radom, obrazovanjem i širenjem svijesti o umjetnoj inteligenciji. Također održava suradnju s renomiranim organizacijama u području umjetne inteligencije, kao što su Microsoft, Google i IBM [25].

S druge strane, **Stability AI** može se nazvati pionikom u tom području. Njegov tim koji stoji iza popularnog alata za generiranje teksta u slike pod nazivom Stable Diffusion, osnovan je od strane programera Mohammad Emad Mostaquea koji je ujedno i njezin izvršni direktor.

Stability AI promiče demokratizaciju umjetne inteligencije, čineći modernu tehnologiju umjetne inteligencije dostupnom svakome. Etika tvrtke odjekuje filozofijom otvorenog koda, a njezini istraživači vjeruju da su na putu za stvaranje i pristup revolucionarnim inovacijama. Htjeli bi osigurati temelje za aktiviranje potencijala čovječanstva uključujući praktična rješenja, usmjerenost na utjecaj, suradnju, ambicioznost, odvažnost, inovativnost i transparentnost. Stability AI je zato posvećen pronalaženju zakonitih rješenja koja čine razliku, surađujući s brojnim partnerima, kupcima i zajednicama kako bi postigli bolje rezultate [24].

## 5. Web stranice

Znanstvenicima je sredinom prošlog stoljeća na CERN-u (Europski centar za nuklearna istraživanja), u Švicarskoj bilo sve teže komunicirati s različitim istraživačkim timovima širom svijeta i razmjenjivati velike količine podatke, kao i iste pohranjivati. Osjećali su potrebu za nekim rješenjem koje bi im olakšalo rad, a to rješenje je donio tim britanskog fizičara i izumitelja Tim Berners-Leea koji je kreirao prvi web poslužitelj i web preglednik, čime je pokrenut Internet. Upravo ta polazna ideja o pronalasku rješenja za problem arhiviranja i dijeljenja informacija s kojima su se susreli zaposlenici u najvećem svjetskom znanstvenom laboratoriju razvila se u milijune web stranica različitih sadržaja dostupne velikoj populaciji s mrežnim pristupom.

Od 1989. godine i razvoja koncepta World Wide Weba (kratica WWW), temeljenog na hipertekstualnoj strukturi i upotrebi URL-ova (engl. *Uniform Resource Locator*) i HTTP protokola (engl. *Hyper Text Transfer Protocol*), web stranice su se vidljivo razvile i još se i dalje svakodnevno razvijaju i unaprjeđuju, a kako su proglašene jednim od korištenijih sustava za komunikaciju, njima pristupa ogroman broj korisnika preko pametnih telefona, desktop i tablet uređaja. Prešle su popularnost standardnih medija poput novina i televizije jer ovdje korisnik ima mogućnost objavljivanja tekstualnog i multimedijskog sadržaja, a može komentirati i sudjelovati u mnogim aktivnostima. Uz uređaj s pristupom internetskoj mreži i web pregledniku, poput sljedećih: Chrome, Opera, Firefox, Opera, moguće je pretraživati web stranice i portale [26].

Svaku web stranicu u pozadini pokreću računalni jezici koji su ključni alati web developerima i programerima. Izbor jezika ovisi o složenosti i zahtjevima projekta, kao i o znanju i iskustvu tima koji razvija projekt, dok kombinacija više njih omogućava stvaranje kreativnijih i funkcionalnijih radova. Zahtjevnije stranice iziskuju veći broj računalnih jezika kao i baze podataka u koju se spremaju podaci, dok se za jednostavne stranice koriste samo fundamentalni jezici.

U početku, ranije verzije jezika za web razvoj ograničavale su web stranice na statički sadržaj. Taj osnovni oblik web sadržaja ima unaprijed definiranu fiksnu strukturu elemenata i stil, te obično ne reagira na korisničke interakcije ili promjene. Statične web stranice predstavljaju najjednostavniji oblik izrade, a mogu se koristiti za prezentaciju osnovnih podataka o tvrtki, organizaciji ili uslugama poput adrese, broja telefona i radnom vremenu.

Ipak, s vremenom i porastom broja korisnika, jezici su evoluirali, te su objavljene nove verzije od strane W3C-a (engl. *World Wide Web Consortium*), jedne od najpoznatijih web organizacija za standardizaciju osnovane 1994. godine. Ta međunarodna zajednica radi na razvoju web standarda kako bi osigurala dugoročan razvoj i stabilnost Interneta te stalno unaprjeđuje mogućnosti brojnim elementima kojima se jednostavnije stvaraju stranice koje su privlačne oku posjetitelja, a u isto vrijeme ugodne za lako korištenje, istraživanje i čitanje [26, 27].

## 5.1. HTML

Web stranica je tekstualni dokument koji je napisan fundamentalnim jezikom HTML (engl. *HyperText Markup Language*), a koristi se za stvaranje i strukturiranje sadržaja odnosno svih elemenata od kojih se sastoji web stranica. Ovaj jezik omogućava web developerima da definiraju i organiziraju elemente na web stranici, od naslova, paragrafa teksta i multimedijjskih sadržaja do interaktivnih komponenti poput forma za ispunjavanje i veza unutar stranice i na vanjske stranice kao i dokumente. Svaka stranica koja se nalazi na Internetu, bila ona kompleksna ili jednostavna, vrlo vjerojatno u pozadini ima kod tog osnovnog klijentskog prezentacijskog jezika za čije pregledavanje nije potreban server, već se linije HTML-a izvode na strani klijenta.

HTML jezik se u početnoj fazi sastojao od dvadesetak oznaka koje su bile označene izlomljenim zagradama, no s razvojem tehnologije, HTML se razvijao i proširivao kako bi podržao sve složenije zahtjeve modernih web aplikacija. Danas je HTML5 najnovija verzija standarda HTML jezika, koja donosi mnoge nove mogućnosti kao što su videoelementi i audioelementi, te bolju podršku za grafičke efekte i poboljšanu strukturu za bolja semantička tumačenja sadržaja.

Sintaksa HTML-a je vrlo jednostavna i nerijetko se ona uči kao prva lekcija kod web razvoja, a kao što je to bilo i u početku tako je i danas, svaki element odnosno segment stranice koji se nalazi u HTML dokumentu sastoji se od oznaka ili tagova. Velika većina elemenata ima uparene oznake, početnu i završnu, unutar kojih dolazi sadržaj elementa, no ako element nema u sebi nikakav sadržaj onda se piše samo početna oznaka koja je ujedno i završna oznaka [27].

Osim sadržaja, element može imati i attribute, odnosno posebne oznake koje se dodjeljuju elementima kako bi se kasnije određivalo njihovo ponašanje, stil ili druge značajke. Oni se definiraju unutar oznake pojedinog elementa i njihova se vrijednost označuje unutar navodnika nakon znaka jednako. Neki od najčešće korištenih atributa kod izrade web stranica su sljedeći:

- **class:** Definira ime klase, a namijenjen je za korištenje kod većeg broja elemenata.
- **id:** Definira jedinstveni identifikator za element, pa se isti naziv koristi samo jednom.
- **style:** Služi za izravno dodavanje jednog ili više CSS stilova za pojedinačne elemente.

Ugnježdivanje elemenata u HTML jeziku odnosi se na postavljanje jednog elementa unutar drugoga čime se gradi struktura „obiteljskog stabla“. Onaj element koji sadrži druge elemente je roditelj njima, dok su oni dijete elementi. Takvim se postupkom grade složenije strukture poput izbornika te redova i stupaca, no ovako se i organizira sav sadržaj na web stranici.

Da bi sve to funkcioniralo, pisane linije koda u tekstualnom dokumentu trebale bi slijediti pravila i niz uputa kako bi čitači web preglednika mogli bez poteškoća pretvoriti oznake i attribute u pojedino oblikovanje. Iako HTML dopušta nepravilnosti kod ugnježdivanja oznaka i radi čak

ako se nisu prema pravilima zatvorili sve oznake, ipak se preporuča držati se svih pravila sintakse kako ne bi bilo nikakvih problema kod prikazivanja sadržaja. Također, važno je održavati uredan i čitljiv kod prilikom samog pisanja linija i ugnježdivanja elemenata kako bi se u budućnosti modifikacije mogle lako i brzo promijeniti. To je korisno i kod rada većeg broja suradnika.

HTML jezik često predstavlja osnovu za web razvoj i u većini slučajeva se kombinira s CSS-om (engl. *Cascading Style Sheets*) za postavljanje izgleda i ponašanja elemenata, kao i sa JavaScript jezikom za dodavanje interaktivnosti između računala i korisnika te za postavljanje dinamike na web stranicu. Zajedno, ova tri računalna jezika omogućavaju razvoj šarolikog web sadržaja - od osnovnih i jednostavnih web stranica do kompleksnih web aplikacija [27, 28].

## 5.2. CSS

Kao što je navedeno u prijašnjem odjeljku, CSS je računalni jezik koji služi za definiranje stila elementima koji su napisani jednim od prezentacijskih jezika poput HTML-a. Naziv za taj jezik dolazi od engleske riječi koja u prijevodu označuje kaskadnu primjenu pravila, odnosno da se pisana pravila izvode kronološkim slijedom, no i prema značaju. Prema tome, ako se određena deklaracija ponavlja na više mjesta s različitim vrijednostima, tada će se ostvariti ona koja je zadnje deklarirana ili pak ona koja ima veću važnost bez obzira na mjesto gdje se nalazi.

Svaki CSS dokument sastoji se od pravila koja sadrže dva elementa, a to su selektor i lista deklaracija odnosno deklaracijski blok unutar vitičastih zagrada. Selektor reprezentira određeni HTML element ili skupinu elemenata nad kojim će biti primijenjen blok koji sadrži jedno svojstvo ili grupu svojstava i pripadajuće vrijednosti. Kraj pojedine deklaracije označava se točkom sa zarezom. Nije bitno da li se u istom redu napiše veći broj deklaracija ili je svaka u svojem redu, no zbog veće preglednosti i lakšeg snalaženja često se svako svojstvo piše u zasebnom redu.

Prije pojave CSS jezika oblikovanje izgleda web stranica se do određene mjere moglo postići i preko HTML koda, no time je došlo do problema miješanja sadržaja i strukture s kodom čija je prvenstvena namjena bila prezentacija. Još jedan nedostatak bio je i taj što se na svakom elementu na svakoj stranici web mjesta morao iznova definirati izgled [27].

CSS je osmišljen prvenstveno zbog tog odvajanja izgleda od samog sadržaja dokumenta kako bi se omogućilo bolje snalaženje unutar većeg broja opsežnijih dokumenata i kako bi se postigla veća fleksibilnost i kontrola izgleda. Ostale pozitivne strane te separacije su i opcije uređivanja više dokumenata na jednak način (jedno web mjesto sa svim svojim web stranicama ujednačeno je definirano putem jedne CSS datoteke, a moguće je i definirati prikaze na različitim uređajima) te jednostavna i brza promjena vrijednosti samo na jednom mjestu koje se zatim referira na sve označene elemente umjesto da se prolazi kroz veći broj dokumenata i u njima se pronalaze HTML

elementi i mijenja im se vrijednost jednom po jednom. Primjer toga je mijenjanje veličine fonta svim elementima koje se zatim odnosi na sve web stranice nekog web mjesta.

Razvoj CSS jezika prvi je predložio norveški programer Håkon Wium Lie 10. listopada 1994. godine, a prva verzija je definirana dvije godine kasnije, u prosincu 1996., kada je CSS 1 postao preporuka od strane W3C udruženja. Uz Håkona, glavni programer i osoba zaslužna za nastanak novog jezika je i Nizozemac Gijsbert (Bert) Bos. Kao informatičar, Bos je poznat po razvoju web preglednika pod nazivom Argo sa svrhom testiranja aplikacija za vlastiti prijedlog stilske tablice.

Prva se verzija jezika fokusirala na sljedeće osnovne opcije: veličinu elemenata, boju teksta i pozadine, promjenu fontova, razmake između riječi, slova i redaka teksta, zatim poravnanje teksta i razmake između elemenata, kao i oko elemenata. Postojala je i skupina atributa za jedinstvenu identifikaciju kao i klasifikaciju većeg broja elemenata, no zbog brojnih nedostataka poput ograničenih mogućnosti pozicioniranja elemenata, razvijene su nove verzije CSS-a (CSS2 i CSS3) koje su bitno riješile brojne probleme i poboljšale funkcionalnosti i značajke.

Iako početna verzija CSS jezika ima ograničene mogućnosti u usporedbi s kasnijim verzijama, ona označuje veliki iskorak u dizajnu web stranica jer je omogućila razdvajanje izgleda od strukture i time povećala fleksibilnost, prilagodljivost i dostupnost web sadržaja [27, 29].

Trenutni CSS3 nije finalna verzija, nego se i dalje neprestano razvija, no za sad je donijela veći broj poboljšanja i noviteta: postavljanje i pozicioniranje pozadinske slike, prilagodbu veličine pozadinskih slika web pregledniku, mijenjanje prozirnosti elemenata, dodavanje sjena elementima i postavljanja teksta u više stupaca, no isto tako i ove navedene mogućnosti:

- **„Model kutije“:** svaki HTML element može se promatrati kao kutija koja se sastoji od sadržaja, unutarnjih i vanjskih margina te okvira. Mijenjanjem vrijednosti tih navedenih svojstava kontroliraju se dimenzije i raspored elemenata na web stranici.
- **Pozicioniranje:** postoje različite metode za postavljanje rasporeda HTML elemenata, a neke od osnovnih uključuju relativno, apsolutno i fiksno pozicioniranje. Također, postoji i koncept „float“ koji regulira ponašanje elementa u odnosu na tekst oko njega.
- **Animacije:** CSS omogućava stvaranje animacija i prijelaza između stanja elemenata. Glavne opcije uključuju: vremenski tijek, izgled i ponašanje kod prijelaza. Kombinirajući tranzicije i animacije, mogu se lako postići raznovrsni vizualni efekti zbog kojih web stranica izgleda atraktivnije, no ipak treba biti umjeren u korištenju tih značajki.
- **Medija upiti:** pomoću medija upita prilagođavaju se stilovi elementima kako bi se efikasnije prikazivali na različitim uređajima čime se stvara dobar responzivan dizajn.
- **Mrežni raspored:** za stvaranje kompliciranih rasporeda i lakše pozicioniranje elemenata, CSS omogućuje organizaciju elemenata u redove i stupce [27].

### 5.3. JavaScript

JavaScript je programski jezik koji omogućuje upravljanje aplikacijom u koju je ubačen, a osigurava interaktivnost, dinamične efektne i brojne korisne funkcionalnosti. Njime se programira ponašanje web stranice i neizostavan je kod razvoja modernih projekata. Iako ga je za razvoj cijele web aplikacije moguće koristiti na serverskoj strani zahvaljujući Node.js okruženju, on je prvenstveno klijentski jezik čije instrukcije izvršava zadani web preglednik, a to omogućuje brze i efikasnije izvršenje, što je ključno za stvaranje korisničkog iskustva bez kašnjenja.

Zahvaljujući novostima predstavljenima u novoj verziji CSS jezika, za neke animacije i reagiranje na akcije korisnika više nije potrebno koristiti JavaScript. Za prikaz pomoćnih obavijesti, izbornika, zamjene i pozicioniranje slika i odvijanje raznih tranzicija, danas brojni web developeri koriste samo CSS3 tehnologiju koja olakšava i ubrzava cijeli postupak [30].

JavaScript se danas, uz postizanje interaktivnosti između korisnika i web stranice, koristi za stvaranje različitih aplikacija, uključujući desktop aplikacije, pa i one za pametne telefone u obliku igara zbog jednostavne prilagodbe na različitim uređajima i platformama. Isto tako, neki tom tehnologijom stvaraju brojne alate poput okruženja za razvoj, biblioteke i knjižnice. Ipak od jednostavnijih mogućnosti koje koriste i početnici su sljedeće:

- **Reagiranje na događaj:** izvršenje skupa naredbi u slučaju pojave određenog događaja poput klika miša na element stranice ili učitavanja web stranice u pregledniku.
- **Provjera podataka:** prije nego što se podaci iz forme pošalju na server, JavaScript može odraditi lokalnu validaciju podataka, a najčešće se provjerava da li je korisnik ostavio prazno polje kod obaveznog unosa, te da li je unio valjanu e-mail adresu.
- **Ugrađeni objekti preglednika:** korištenje ugrađenih objekata web preglednika poput rada s datumom i vremenom, upotrebe matematičkih funkcija, pristupa geografskoj lokaciji korisnika i izrade grafika korisno je za postizanje dodatnih mogućnosti na web stranici.
- **Manipulacija web preglednikom:** preko posjećene web stranice moguće je upravljati prozorima preglednika, pristupati povijesti, kao i učitavati druge određene web lokacije.

Sintaksa, varijable i funkcije su temelj i neizostavni dio JavaScript programiranja. Jednostavna sintaksa bazirana je na C jeziku, s jasno vidljivim blokovima naredbi definiranim vitičastim zagradama {}. Varijable predstavljaju spremnike i koriste se za pohranu raznih tipova podataka kao što su brojevi, nizovi, stringovi i objekti te kasniju manipulaciju nad njima. Deklaracija varijable označava ime kojim se navodi određeni podatak ili vrijednost, a koriste se ključne riječi poput var, let ili const, nakon čega slijedi naziv varijable. Funkcije omogućavaju bolju čitljivost, lakše održavanje i brže korištenje koda, a definiraju se ključnom riječi function, nakon čega se



definira ime funkcije i njezini parametri unutar oblika zagrada. Unutar otvorenih i zatvorenih vitičastih zagrada navode se linije koda koje će se izvršiti kod poziva te iste funkcije [30].

## 5.4. PHP

PHP (engl. *Hypertext Preprocessor*) je jedan od najkorištenijih i najpopularnijih programskih jezika koji se izvršava na strani poslužitelja, a koristi se za stvaranje dinamičkih web stranica i aplikacija. Njegova je sintaksa bazirana na C, Java i Perl programskom jeziku, pa se prilično jednostavno i brzo može naučiti za rad. Ta tehnologija omogućava web developerima da koristeći tehnike proceduralnog i objektno-orijentiranog programiranja generiraju HTML, upravljaju podacima i komuniciraju s bazama podataka. Prednost tog skriptnog jezika je i mogućnost korištenja brojnih postojećih biblioteka koje su već uključene u osnovnu instalaciju, no dodatne se uvijek mogu naknadno instalirati po potrebi određenog projekta [31].

Dansko-kanadski programer Rasmus Lerdorf je autor prve dvije verzije PHP jezika koji je prvi put predstavljen 1994. godine, no sudjelovao je i u razvoju kasnijih inačica kada mu se pridružio veći broj ostalih programera koji su dali svoj doprinos razvoju jezika. To znači da je PHP besplatni jezik otvorenog koda i da je svaka sljedeća verzija bila razvijena od strane grupe zainteresiranih korisnika koji su prema zahtjevima obavljali nadogradnje, poboljšanja i ispravke. Otvoreni kod pri ovom jeziku, no i kod ostalih takve vrste, daje mogućnost svim programerima da se uključe u nadogradnju samih programa kako bi u budućnosti bilo jednostavnije razvijati web.

Kako bi se datoteka pisana u PHP jeziku prosljedila PHP procesoru tijekom izvođenja, potrebno je da ona ima .php ekstenziju. Unutar nje moguće je izvoditi samostalne PHP programe, no isto tako on može biti pisan u kombinaciji s HTML, CSS i/ili JavaScript jezicima pri čemu je jedino bitno da se tada on zapiše između oznaka `<?php i ?>` čime se odvaja od ostalih računalnih jezika, a to uključivanje je i bila prvobitna ideja kod razvoja jezika. Cilj je da se nakon obrade takvih vrsta dokumenata svaki dio s PHP kodom zamijeni rezultatom koji se dobije njegovim izvršavanjem. Takav se dokument tada prikazuje korisniku u HTML obliku.

Upravo zbog brojnih mogućnosti, PHP je popularan izbor među programerima za razvoj web stranica i web aplikacija. Njegove raznolike i koriste značajke uključuju ovo:

- **Dinamičko kreiranje sadržaja:** PHP omogućava stvaranje HTML i drugih vrsta sadržaja na temelju pohranjenih podataka iz baza podataka, formi ili ostalih izvora što osigurava izradu dinamičkih web stranica koje se adaptiraju interakcijama korisnika.
- **Baza podataka i povezivanje:** PHP ima podršku za širok raspon baza podataka kao što su MySQL, PostgreSQL i SQLite. Ta značajka omogućava programerima da lako stvaraju aplikacije koje pohranjuju podatke te njima upravljaju i pristupaju.

- **Forme i korisnički unos:** PHP dopušta obradu unosa korisnika iz formi, validaciju podataka i spremanje u bazu podataka što je sve nužno za rad s informacijama na stranici.
- **Sesija i kolačići:** PHP pruža podršku za upravljanje sesijama i kolačićima, čime se nudi praćenje korisničkih sesija i očuvanje podataka između različitih zahtjeva.
- **Upravljanje datotekama:** PHP osigurava rad s datotekama na serveru, uključujući čitanje, pisanje, brisanje i mijenjanje naziva. Ovo je korisno za rukovanje korisničkih datoteka.
- **Objektno-orijentirano programiranje:** PHP jezik podržava objektno-orijentirano programiranje, što olakšava organizaciju koda, ponovno korištenje i održavanje.
- **Razvoj web aplikacija:** PHP jezik je čest kod izrade web aplikacija, uključujući društvene mreže, e-trgovinu, upravljanje sadržajem i još mnogo toga.
- **Razvojni okviri:** Postoji mnogo popularnih PHP razvojnih okvira, odnosno skupa unaprijed određenih pravila, komponenti i alata za lakši razvoj aplikacija, kao što su Laravel, Symfony i CodeIgniter koji nude već gotove strukture [31].

## 6. Izrada istraživanja

Nakon teorijskih dijelova vezanih uz umjetnu inteligenciju i tehnologije koje ju koriste, ključnih za razumijevanje cjelokupnog rada, u daljnjem tekstu slijede opisi izrade upitnika kojim se provjeravalo relevantnost generiranog sadržaja umjetnom inteligencijom. Sudjelovanje je bilo u potpunosti anonimno i od njega je sudionik mogao odustati u bilo kojem trenutku.

Bilo je potrebno ocijeniti 16 izmiješanih sadržaja koja su generirala dva napredna sustava temeljena na umjetnoj inteligenciji, a koja imaju mogućnost stvoriti kvalitetne slike na temelju uputa i opisa: DALL-E 2 i SDXL 1.0. Svaki od njih je radio s jednakim opisima koji su bili detaljni i specifični s ciljem da se testiraju sustavi da li mogu reproducirati sadržaj koji odgovara upisanom tekstu u polje za upis. Ukupno 8 danih opisa dvama sustavima daje 16 rezultata.

Od sudionika se tražilo da ocijene realističnost (vjernost stvorene slike), podudaranje s opisom (poklapanje teksta sa slikom) i opći dojam sadržaja (percepcijsku kvalitetu slike) uz pomoć klizača kojemu je određen raspon između 1 i 5 s korakom od 1 gdje ocjena 1 predstavlja loše, dok 5 predstavlja izvrsno. Dakle, ocjene i njihove vrijednosti postavljene su kao u školskom sustavu.

Prije izmiješanih 16 generiranih slika, nalazi se nulti sadržaj odnosno testna slika koja služi za upoznavanje sa samim načinom ocjenjivanja i te ocjene nisu uzete u obzir. Kako je i na početku navedeno, svaki sudionik je mogao odustati i to pritiskom na gumb X koji se nalazio u desnom gornjem kutu i njegova dotad prikupljena rješenja nisu korištena tijekom završne analize.

### 6.1. Određivanje ciljeva

Proces izrade istraživanja o relevantnosti generiranog sadržaja umjetnom inteligencijom putem web stranice počeo je prvim korakom što je određivanje ciljeva samog istraživanja. U ovom slučaju, cilj je preko podataka analizirati ukupne ocjene o svim i pojedinim parametrima koji su sljedeći: vjernost, poklapanje s opisom i percepcijska kvaliteta slike te vidjeti u kojem su rang. Ako prevladavaju više ocjene to će značiti da su ispitanici zadovoljni s generiranim slikama i da prema njima one ispunjavaju zadane kriterije, dok će loše ocjene značiti suprotno. Isto tako uspoređivat će se dva napredna sustava temeljena na umjetnoj inteligenciji koja su kreirala slike koje se ocjenjuju, a to su DALL-E 2 i SDXL 1.0 kako je i prije spomenuto. Ocjene od strane ispitanika ovog istraživanja, koji tijekom cijelog trajanja ispunjavanja nisu znali koju sliku je generirao koji pametni sustav, će se posebno promatrati.

Odabrana su upravo ta dva sustava koja koriste difuziju kod generiranja za uspoređivanje zbog toga što je DALL-E 2, koji je pušten u rad u travnju 2022. godine, stekao svjetsku popularnost i veliki broj korisnika. On je i bio među prvim takvim sustavima za generiranje slika iz opisa, a s

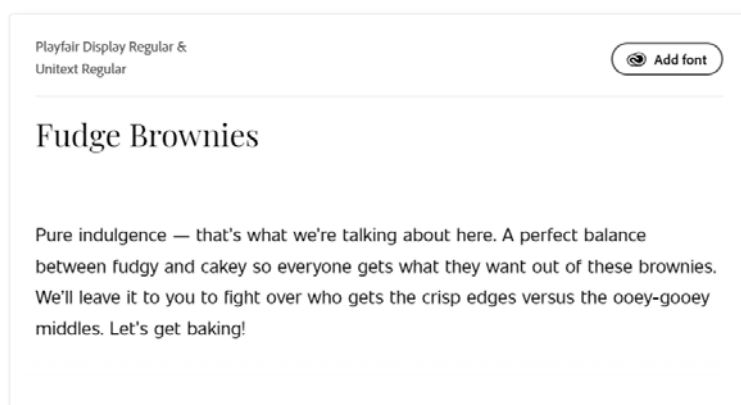
druge strane, SDXL 1.0 je novi algoritam objavljen u srpnju 2023. godine, pa je i manje poznat. Upravo zbog tih razloga smatrala sam da će biti zanimljivo usporediti kvalitetu njihovih radova.

## 6.2. Priprema dizajna i sadržaja

Sljedeći korak u tijeku izrade uključuje pripremu dizajna i sadržaja koji će se ocjenjivati. Bilo je potrebno voditi računa o jednostavnom i informativnom pristupu kako bi korisničko iskustvo bilo pozitivno. Naravno, cilj je bio da ispitanik preko osnovnih informacija u što kraćem roku pronade i zapamti ključne informacije koje su mu zatim potrebne za ocjenjivanje generiranih slika. U suprotnom bi mogao odustati od ispunjavanja ili ako bi krivo shvatio upute tada bi davao i ocjene suprotne početnoj zamisli što bi moglo negativno utjecati kod završne evaluacije.

Informacije su morale biti pregledne, jasno prikazane, kratke i jednostavno napisane bez dodatnih nepotrebnih grafika ili multimedijских sadržaja koji bi samo odveli pažnju ispitanika. Dakle, da se spriječi odlazak sa stranice, sadržaj ne smije biti napadan, a izgled svih elemenata mora biti ugodan oku posjetitelja. Također, da bi se korisničko iskustvo u potpunosti zadovoljilo, bilo je potrebno razmišljati o tehničkoj optimizaciji web stranice za brzo učitavanje i funkcionalno učitavanje i zadržavanje strukture web stranice na različitim vrstama uređaja.

Za svaki umjetnički rad, bilo da se radi o posteru za društveni događaj, brošuri za tvrtku ili ovakvom upitniku potrebna je kvalitetna ideja i inspiracija. Tako sam ja krenula u potragu za kreativnim radovima drugih dizajnera na vizualnoj platformi baziranoj na oglasnoj ploči Pinterest koja omogućava trenutno velikom broju njezinih korisnika da otkrivaju, spremaju i dijele vlastite ili tuđe fotografije i ideje. Od mnogobrojnih dizajna koje sam spremila u vlastitu privatnu kolekciju na toj društvenoj mreži, odlučila sam se za moderan izgled koji uključuje jedan ukrasni odnosno serifni font te standardni sans serifni font i tanke linije obruba. Uz to minimalna paleta boja i smanjen broj elemenata na stranici omogućuju da se ispitanici fokusiraju na osnovne pojmove te da uz razumijevanje i bez napora i problema riješe ovo sastavljeno istraživanje.



Slika 6.1: Odabrani spoj fontova u online knjižnici Adobe Fonts

### 6.3. Generiranje sadržaja

Tehnologije DALL-E 2 i Stability SDXL 1.0 nude korisnicima da putem korisničkih sučelja unose rečenicu koja opisuje sliku za koju žele da određeni sustav generira za njih. Kroz oba sučelja, korisnici mogu prilagoditi svoje želje i kreativne ideje putem teksta, omogućujući generativnim modelima da ih interpretiraju i pretvore u vizualne sadržaje. Sučelja su ključna za interakciju korisnika s ovim tehnologijama, omogućavajući im da lako komuniciraju svoje zamisli i dobiju generirane slike koje su usklađene s njihovim opisima.

DALL-E 2 koristi strojno učenje i algoritme za prepoznavanje uzoraka kako bi stvorio odgovarajuću sliku, dok se Stability SDXL više fokusira na visoku rezoluciju i stabilnost generiranih slika. Sučelje SDXL-a može pružiti dodatne opcije za prilagodbu generiranih rezultata, poput broja generiranih verzija slike, odabira stila i naglaska na određenim karakteristikama.

	Naziv korištene tehnologije	
Opis	SDXL 1.0	DALL-E 2
Dnevna soba s cvjetnim tapetama i drvenim policama punim knjigama. Soba je osvijetljena mjesečinom i lampom.		

Tablica 6.1: Primjer generiranih slika prema jednakom opisu u modelima SDXL 1.0 i DALL-E 2

### 6.4. Korišteni računalni jezici

Kod izrade istraživanja odnosno upitnika koristila sam HTML, CSS, JavaScript i PHP jezike kako bi stvorila interaktivni i dinamički obrazac za prikupljanje ocjena od strane ispitanika putem web stranice. Ta kombinacija različitih tehnologija omogućila mi je ispunjavanje i slanje odgovora koji su se finalno spremali u tekstualnu datoteku, pa nije bilo potrebe za bazom podataka.

HTML računalni jezik je korišten za strukturu stranice i definiranje elementa poput naslova, paragrafa, forma za unos, tipki za slanje i ostalih. Korišten je i za dodavanje multimedijских elemenata, točnije samih generiranih slika, koje su sudionici istraživanja i ocjenjivali. Svaki

navedeni element definiran je upisivanjem odgovarajućih HTML tagova, a sve to uz poštivanje redoslijeda, sintakse i pravila pisanja kako bi se sve prikazivalo onako kako je i zamišljeno.

Logički atribut `required` koji se navodi kod polja za unos podataka, a prihvaća brojčane vrijednosti 1 ili 0, donio mi je interaktivnost forme za prijavu ispitanika. Koristila sam ga za validaciju unosa korisnika, pa tako se nije moglo pokrenuti samo ocjenjivanje generiranih sadržaja ako korisnik nije ispunio sve podatke vezane za broj godina, spol, doba dana i vrstu osvjetljenja. Također stavila sam ograničenje vezano za broj godina: minimalan broj godina je 10, a maksimalan je 100. Time sam onemogućila da se upisuju tekstualni podaci, brojevi u minusu ili određeni preveliki brojevi koji nisu realni za životni vijek čovjeka. Za provjeru i dinamički prikaz poruka o greškama ili preskočenom pitanju nije bilo potrebe za osvježavanjem stranice.

Drugi nezaobilazni jezik kod izrade web stranica je CSS koji sam koristila kako bi svim elementima na stranici koje sam prije definirala HTML klijentskim jezikom dodala stil odnosno vizualni izgled i ponašanja u različitim stanjima (npr. stil kada miš pređe preko tipke). Ovim kaskadnim jezikom sam mijenjala boje, razmještaj i veličine elementima, debljinu obruba, fontove, no i pisala sam pravila za responzivni dizajn kako bi se sadržaj stranice mogao prilagoditi baš svakom uređaju s obzirom da nije određen uređaj na kojem će se vršiti ispitivanje.

Sljedeći korišteni jezik je JavaScript koji sam koristila za djelovanje na promjene u polju za unos tipa `range` i dinamičko ispisivanje odabrane vrijednosti, točnije ocjene za pojedinu generiranu sliku između jedan i pet za svaki parametar. Nakon definiranja HTML elemenata u koje će se vrijednosti parametara ispisati i strukture s poljima za odabir brojeva, preko JavaScript metode `document.getElementById` dohvatila sam te elemente iz dokumenta putem njihovih jedinstvenih identifikatora. Nakon toga, pristupa se trenutnoj vrijednosti elementa s ocjenom i taj je podatak dodijeljen varijabli `output`. Na kraju je definirana funkcija koja se izvršava kod micanja klizača. Funkcija promjeni sadržaj HTML elementa `output` na temelju trenutne vrijednosti klizača, odnosno ispiše brojčanu vrijednost koja je vidljiva na web stranici. Svaki put kad korisnik pomiče klizač da bi promijenio vrijednost, skripta će se izvršiti i ažurirati element sa novom vrijednošću.

```
var slider = document.getElementById("rang");
var output = document.getElementById("ocjena");
output.innerHTML = slider.value;
slider.oninput = function() {output.innerHTML = this.value;}
```

Posljednji korišteni jezik je PHP, a njega sam koristila za obradu podataka koje je sudionik istraživanja unio u forme za unos. Nakon slanja obrasca, PHP na serveru obrađuje spremljene podatke i pohranjuje ih u tekstualnu datoteku koja se nalazi u istoj mapi u onakvom redoslijedu i

formatu kakvi su navedeni u skripti. Time se zaobišla potreba za instalacijom i postavljenjem baze podataka i na ovaj jednostavniji način je riješen problem spremanja podataka. Pošto ovo nije komplicirano istraživanje u kojem se obrađuju velike količine podataka i kojem pristupa veliki broj sudionika, i na ovaj sam način lako baratala i uspoređivala upisane informacije i ocjene.

U primjeru ispod koji je identičan i kodu koji sam koristila kod istraživanja, kada ispitanik unese podatke za prijavu i odabere ocjene pomoću klizača u formi te klikne na gumb za završetak testa, podaci se šalju PHP skripti `process.php`. Skripta zatim obradi podatke, formatira ih i upisuje u datoteku `podaci.txt`. Taj postupak se ponavlja kada korisnik završi istraživanje. Dodatno se provjerava i da li je korisnik na desktop ili mobilnom uređaju ispunjavao test kako bi se kasnije usporedili rezultati. Moguće je da se zbog manje veličine ekrana detalji ne zamjećuju na pametnim telefonima. Također u tekstualnu datoteku se ispiše vrijeme početka ocjenjivanja (pritisak gumba početak) te vrijeme završetka (pritisak gumba završetak). Oni ispitanici kojima će trebati kratko vrijeme za rješavanje, biti će izuzeti iz završne analize jer se zaključuje da te osobe nisu uzele dovoljno vremena kako bi pomno pročitale opise generiranih slika i usporedile ih s istima, nego da su htjeli čim prije došli do kraja upitnika što naravno vodi do neskladnih ocjena.

```
<?php
    if(isset($_POST['submit'])) {
        $rang = $_POST["rang"];
        $datoteka = fopen("podaci.txt", "a");
        fwrite($datoteka, $rang);
        fclose($file);}
?>
<html><body>
    <form action="obrada.php" method="post">
        <input type="range" min="1" max="5" id="rang" name="rang">
        <input type="submit" name="submit" value="Pošalji">
    </form>
</body></html>
```

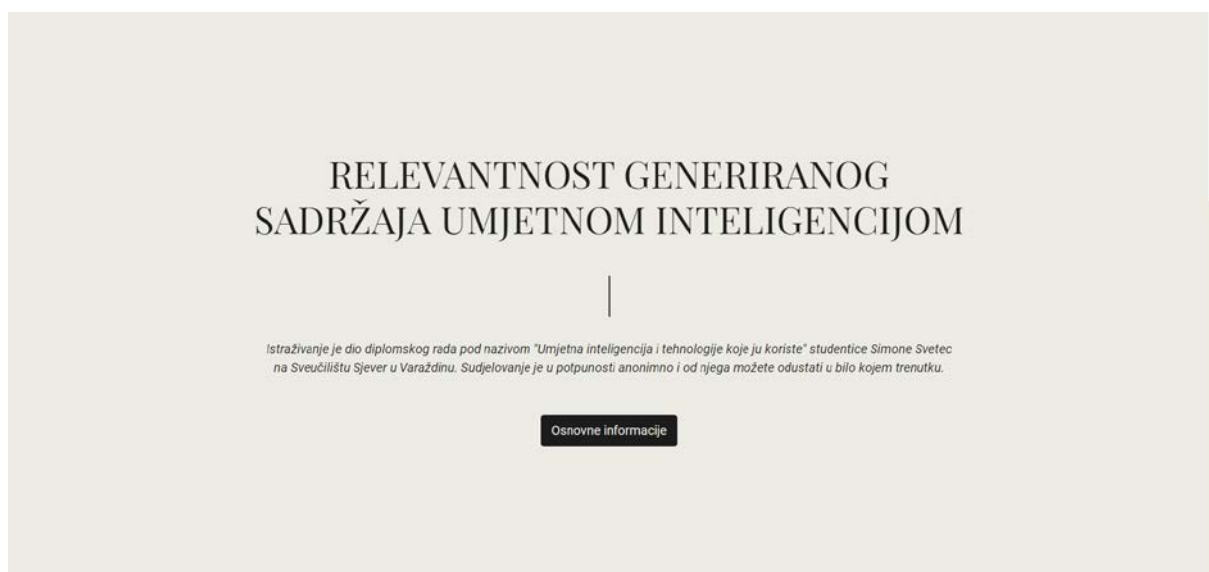
Dodatno sam koristila popularan otvoreni okvir za front-end razvoj web stranica Bootstrap koji nudi ugrađen skup izgleda, alata i gotovih komponenti koje olakšavaju i ubrzavaju cjelokupnu izradu, a krajnji izgled je konzistentan. U svom radu najviše sam koristila „sistem mreže“ koji omogućava jednostavno pozicioniranje elemenata na stranici i osigurava responzivnost.

## 6.5. Sadržaj web stranica

Istraživanje se sastoji od tri zasebna PHP dokumenta koja su međusobno povezana vezama. Na prvoj web stranici nalazi se glavni naslov, osnovne informacije koje bi ispitanicima trebale pomoći kod ispunjavanja upitnika i obrazac za prijavu. Druga web stranica otvara testnu sliku i ostalih 16 generiranih slika putem prije dva spomenuta sustava koja koriste umjetnu inteligenciju. Treća i posljednja web stranica sadrži kratki tekst o uspješnom završetku ispitivanja.

Kako bi se pojednostavilo korištenje web istraživanja, pokušala sam što više smanjiti broj elemenata na stranici i pojednostaviti tekstove te koristiti samo ključne i nužne informacije. Isto tako, za lakše i brže snalaženje, koristila sam tipke na svakom odjeljku web stranica koji vode do sljedeće odnosno prethodne sekcije. Također, dizajn je minimalan te ne sadrži nikakve nepotrebne grafike ili sadržaje koji bi mogli skrenuti pažnju ispitanika tijekom ocjenjivanja.

Na početnoj stranici istraživanja, kod prvog odjeljka, nalazi se velikim tiskanim slovima ispisan naslov samog istraživanja, nakon čega slijedi kratki opis koji govori kako se radi o anonimnom istraživanju koje je dio diplomskog rada, te da se od njega može odustati u bilo kojem trenutno od pokretanja testa. Posljednji element je tipka koja vodi na sljedeći odjeljak.



Slika 6.2. Glavni naslov na početnoj stranici istraživanja

Drugi odjeljak na početnoj stranici sadrži ključne informacije koje bi svakom sudioniku trebale biti dovoljne i jasne za razumljivo rješavanje istraživanja. U ta tri odvojena paragrafa najbitniji pojmovi označeni su debljim fontom od ostatka teksta zbog velike važnosti. Na kraju, nalaze se poveznice koje vode na prethodnu sekciju (glavni naslov) i na sljedeću (prijava ispitanika).



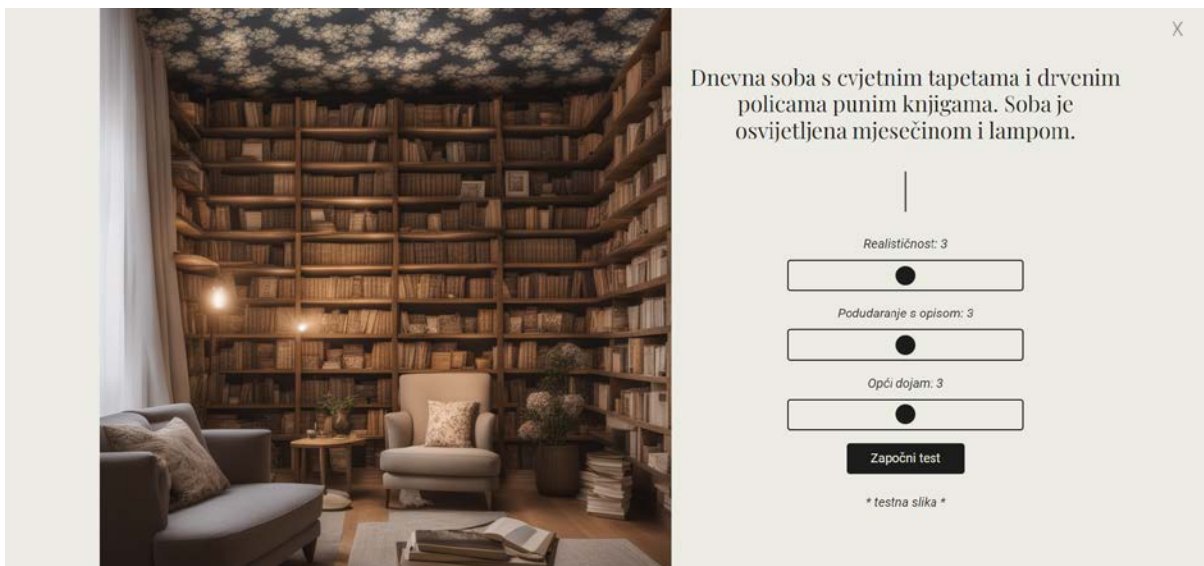


Slika 6.3: Osnovne informacije ključne za razumljivo rješavanje

I posljednji, treći odjeljak na početnoj stranici sadrži formu za upis kandidata za početak istraživanja. Ovdje se preko padajućih izbornika odabiru ponuđene opcije za pojedinu stavku, dok se za broj godina upisuje bročana vrijednost preko tipkovnice. Ovdje lijeva tipka vodi do prve sekcije na toj stranici, a desna na sljedeću web stranicu gdje se obavlja ocjenjivanje slika.

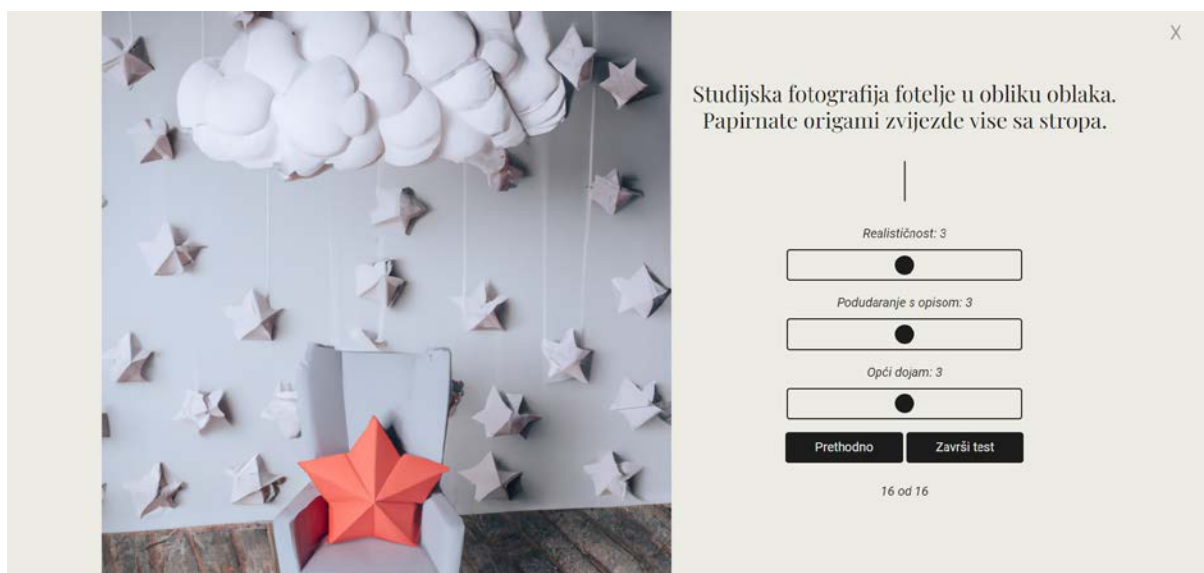
Slika 6.4: Forma za upis podataka sudionika bitnih za istraživanje

Testna slika istraživanja, kao i sve ostale generirane slike nalaze se na sljedećoj web stranici, a dizajn i raspored su jednaki kod svake od njih. Na desktop uređaju svaki odjeljak sa slikom zauzima potpunu visinu web preglednika i ovdje je moguća navigacija isključivo preko poveznica, dok je kod prikaza na mobilnim uređivanja odjeljak onolike veličine kolike je i njegov sav sadržaj. Ovdje, nakon klika na tipku, korisnika stranica vodi do 16 izmiješanih sadržaja.



Slika 6.5: Testna slika istraživanja koja služi za uvježbavanje

Na desktop verziji slika se nalazi na lijevoj polovici i to preko cijele visine web preglednika, dok je sav tekst na desnoj strani. Detaljan opis koji se koristio kod generiranja je na vrhu, a zadani kriteriji koji se ocjenjuju zajedno sa klizačima su ispod njega. Odabrane ocjene se dinamički ispisuju u element pored naslova pojedine komponente koja se ocjenjuje. Na kraju slijede poveznice na prethodnu kao i na sljedeću sliku, te broj trenutne slike od ukupnog broja.



Slika 6.6: Generirana slika zajedno s opisom i kriterijima ocjenjivanja

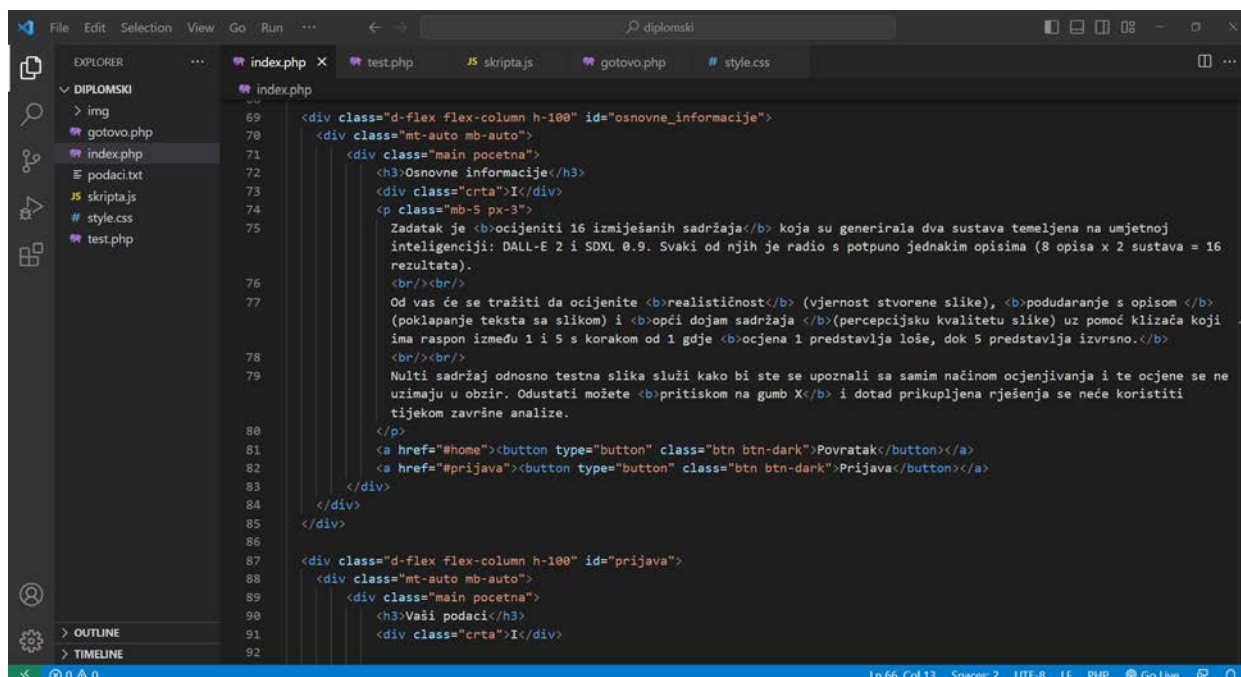
Nakon što je korisnik ocijenio sve generirane slike i stisnuo tipku za završetak ispitivanja, u web pregledniku se otvara treća i posljednja jednostavna web stranica na kojoj se nalazi naslov i kratki opis te tipka s vezom na početnu stranicu. Na taj se način ispitaniku zahvalilo ta ga se obavijestilo da je sve u redu prošlo s podacima te da su oni pohranjeni na željeno mjesto.



Slika 6.7: Završna stranica istraživanja

## 6.6. Korišteni softveri kod izrade

Od brojnih uređivača koda, za ovaj projekt izrade istraživanja preko web stranice, koristila sam **Visual Studio Code** razvijen od strane Microsofta. Ovaj besplatni i popularni alat koriste brojni web developeri i programeri u različitim domenama razvoja softvera, od web razvoja do razvoja aplikacija, zbog prilagodljivosti, brzine izvođenja, jednostavnog korištenja i velikog niza značajki koje olakšavaju proces izrade, uređivanja i testiranja koda. Pogodan je i za početnike [32].



Slika 6.8: Prikaz otvorenog projekta u programu Visual Studio Code

Ovaj alat omogućio mi je otvaranje cijelog projekta u kojem su u mapama bile sve datoteke i ostali korišteni sadržaj. Tako sam vidjela cijelu strukturu i mogla sam jednostavno i brzo prelaziti s jedne datoteke na drugu i uređivati linije koda. Pametni kodni pomoćnik u programu pruža prijedloge koda i automatsko zatvaranje zagrada i navodnika što je olakšalo pisanje. Još jedna korisna značajka koju sam upotrebljavala je naknadno instalirana ekstenzija Live Server koja automatski radi promjene na web stranici u stvarnom vremenu pisanja koda.

Sljedeći program koji sam koristila je **XAMPP**, popularan softverski paket korišten za stvaranje lokalnog razvojnog okruženja kod web razvoja. Kod testiranja projekta, koristila sam taj softver za lokalno pokretanje PHP jezika preko Apache web servera.

Nakon instalacije i pokretanje programa, u kontrolnoj ploči bilo je potrebno pronaći Apache modul i pokrenuti ga. Nakon toga sam cijelu mapu s projektom, a u kojem su se nalazile datoteke pisane u HTML, CSS, JavaScript i PHP jeziku te tekstualna datoteka u koju se pohranjuju podaci kao i mapa s generiranim fotografijama, smjestila u „htdocs“ mapu unutar XAMPP instalacijskog direktorija koja je i postavljena kao „DocumentRoot“ u konfiguraciji Apache servera [33].

Ispitivala sam da li se podaci ocjenjivanja upisuju u tekstualnu datoteku u željenom formatu i načinu, a to sam radila preko web preglednika gdje sam unijela URL „http://localhost/mapa/ime-datoteke.php“, gdje „ime-datoteke.php“ predstavlja početnu stranicu projekta. Na taj sam način ispravljala greške i unaprjeđivala kod prije postavljanja projekta na pravi web server.

Dodatni program koji sam koristila je **AnyDesk**, aplikacija za daljinsku kontrolu i udaljeni pristup računalima, a dostupna je na različitim platformama kao što su Windows, macOS, Linux, Android i iOS. Osigurava brzu i pouzdanu vezu između računala, a omogućava korisnicima da upravljaju računalima ili uređajima s udaljene lokacije. AnyDesk se često koristi za tehničku podršku, pristup radnom računalu izvan ureda, suradnju na projektima, obuku i edukaciju putem udaljenih sesija i još mnogo toga. Međutim, potrebno je misliti na sigurnost i zaštitu podataka kako ne bi došlo do neželjenih postupaka od strane nepovjerljivih izvora [34].

Taj program mi je omogućio da prenesem datoteke između lokalnog računala na udaljeno računalo koje se nalazi na Sveučilištu Sjever, te da ih finalno i prebacim na server što sam obavila preko programa **WinSCP** koji se nalazio na tom računalu, a koji služi za prijenos datoteka te podržava FTP, SFTP, SCP i WebDAV protokole. To je popularan alat među korisnicima koji trebaju sigurno prenositi važne datoteke između lokalnog računala i udaljenog poslužitelja [35].

WinSCP mi je pružio grafičko korisničko sučelje za jednostavno upravljanje prijenosom datoteka. Omogućavao mi je da pregledavam datoteke na lokalnom računalu i udaljenom poslužitelju koristeći dvije strane preglednika, što je olakšalo prijenos datoteka jednostavnom metodom povlačenja i ispuštanja. U tom sam programu lako i brzo mogla po potrebi stvoriti, brisati, promijeniti nazive, kao i kopirati i premještati datoteke i mape.

Naziv	Opis korištenja	Razlog odabira
VS Code	Za proces izrade, uređivanja i testiranja koda.	Jednostavno korištenje, ponuđena pomoć, veliki spektar značajki.
XAMPP	Za lokalno pokretanje PHP jezika preko Apache web servera.	Jednostavna instalacija, testiranje bez internetskog povezivanja.
AnyDesk	Za daljinsku kontrolu i udaljeni pristup računalu.	Brza i pouzdana veza između računala, podrška za različite protokole.
WinSCP	Za prijenos datoteka i mapa na web poslužitelj.	Jednostavno upravljanje prijenosom datoteka, manipulacija s datotekama.

Tablica 6.2: Popis korištenih programa kod izrade istraživanja

## 6.7. Stavljanje na server

Web stranice, web poslužitelji i Internet čine ključni dio današnjeg digitalnog svijeta. Web stranicama, dokumentima sastavljenih od računalnih jezika, se pristupa preko poveznica koje se nalaze na drugim web mjestima ili se u tražilicu korištenog web preglednika upisuje pojam i zatim se odabere jedan od više ponuđenih odnosno pronađenih rezultata. One omogućavaju prikaz tekstualnog sadržaja, fotografija, video zapisa i interaktivnih elemenata korisnicima.

Sve objavljenije stranice nalaze se na web poslužitelju, a zahtjevi za njima se šalju putem Interneta, globalne mreže koja povezuje milijune uređaja diljem svijeta, od strane web preglednika. Internet je temelj modernog komunikacijskog doba, omogućujući pristup brojnim web stranicama, slanje elektroničke pošte, razmjenu podataka i razgovor putem platformi.

Web poslužitelji su posebna vrsta računala koja je odgovorna za dostavljanje sadržaja na zahtjev. Oni koriste HTTP protokol za komunikaciju s web preglednicima i omogućavaju dinamičko generiranje sadržaja, a morali bi neprestano biti dostupni kako bi u bilo koje doba dana ili noći korisniku isporučili traženu web stranicu. Web preglednik, nakon što od web poslužitelja dobije web stranicu, tumači kodove jezika od kojih se stranica sastoji, a u mojem slučaju to su računalni jezici HTML, CSS, JavaScript i PHP [27].

Sve tri opisane komponente međusobno su povezane i omogućuju ljudima i organizacijama da komuniciraju, dijele događaje, informacije i iskustva, prodaju proizvode, te nude razne usluge.

Kod stavljanja istraživanja na web mjesto kako bi bilo dostupno za slanje ispitanicima, na raspolaganju sam imala jedan od web poslužitelja od strane Sveučilišta Sjever kojemu se pristupa preko web adrese <http://msl.unin.hr/>, a koji primarno služi za objavljivanje istraživanja, projekata i aplikacija od strane profesora Emila Dumića za multimedijске komunikacije i obradu signala.

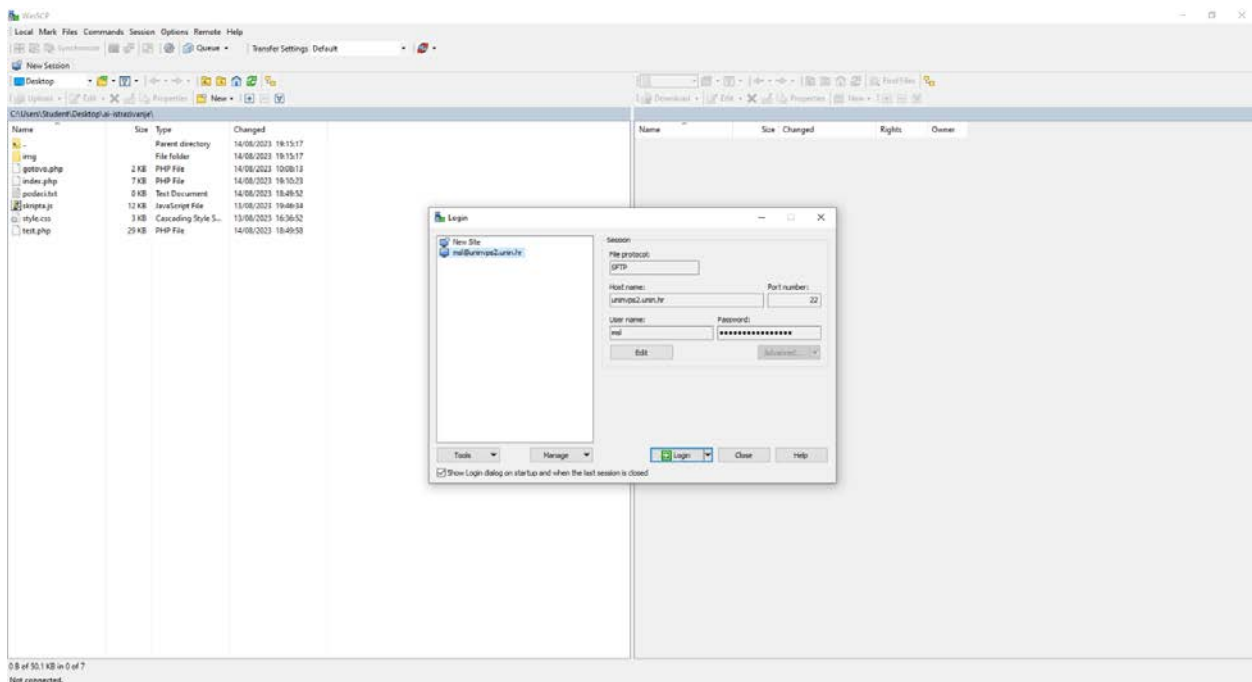
Nakon uspješnog povezivanja na udaljeno računalo na Sveučilištu Sjever u Varaždinu preko prije spomenutog programa za povezivanje AnyDesk, kopirala sam glavni direktorij iz mape htdocs s vlastitog računala, a u kojem su se nalazili svi dokumenti i podmape istraživanja, na to računalo. Zatim sam pokrenula program WinSCP za prijenos sadržaja na udaljeni poslužitelj, a nakon uspješne prijave u glavni direktorij na serveru prebacila sam mapu pod nazivom pod kojim se i tada mogao pokrenuti u web pregledniku. Za naziv mape sam postavila: ai-istrazivanje, pa se tako i mogao pokrenuti pod ovim URL-om: <http://msl.unin.hr/ai-istrazivanje/index.php>.

Bitna promjena koja je bila neophodna za odobreno upisivanje podataka ispitanika u tekstualnu datoteku je omogućivanje svih prava te datoteke jer se u suprotnom ne bi događalo nikakvo pohranjivanje. Oktalna vrijednost 0777 odgovara dozvolama pristupa datoteci. Broj 7 u oktalnoj notaciji označava da su sva prava omogućena (čitanje, pisanje i izvršavanje). Primjer koda gdje se koristi PHP funkcija chmod() za postavljanje dozvole na tekstualnu datoteku:

```
$ime_datoteke = 'datoteka.txt';
$dozvola = 0777;
if (chmod($ime_datoteke, $dozvola)) {
    echo "Dozvole pristupa su postavljene.";
} else { echo "Neuspješno postavljanje dozvola pristupa."; }
```

Slika 6.9 prikazuju grafičko sučelje u programu WinSCP i pokretanje konfiguracije za udaljeni poslužitelj, a koraci koji su zatim uslijedili su sljedeći:

- **Unos podataka o poslužitelju:** upisivanje imena poslužitelja, korisničkog imena i lozinke, te odabir protokola SFTP (engl. Secure File Transfer Protocol).
- **Povezivanje s poslužiteljem:** uspješna prijava putem SFTP protokola koji osigurava enkripciju i sigurnost tijekom prijenosa datoteka, čineći ga prikladnim za osjetljive podatke i siguran rad s udaljenim poslužiteljima poput ovog korištenog.
- **Prijenos direktorija:** u programu WinSCP putem intuitivnog grafičkog sučelja upravljanje prijenosima datoteka. Nakon povezivanja, pregled datoteke na poslužitelju i na lokalnom računalu u isto vrijeme. Korištenje brze i jednostavne metode povlačenja i ispuštanja za prijenos datoteka, kao i cijelog direktorija između ta dva mjesta.
- **Testiranje rada:** pristup preko prije navedene URL adrese na desktop uređaju kao i na mobilnom, ispunjavanje upitnika te provjera ispravnog upisivanja podataka prijave i dodijeljenih ocjena za generirane slike u tekstualnu datoteku.
- **Odjava:** Nakon utvrđivanja rada istraživanja slijedi odjava s web poslužitelja.



Slika 6.9: Pokretanje konfiguracije za udaljeni poslužitelj u programu WinSCP

## 7. Rezultati istraživanja

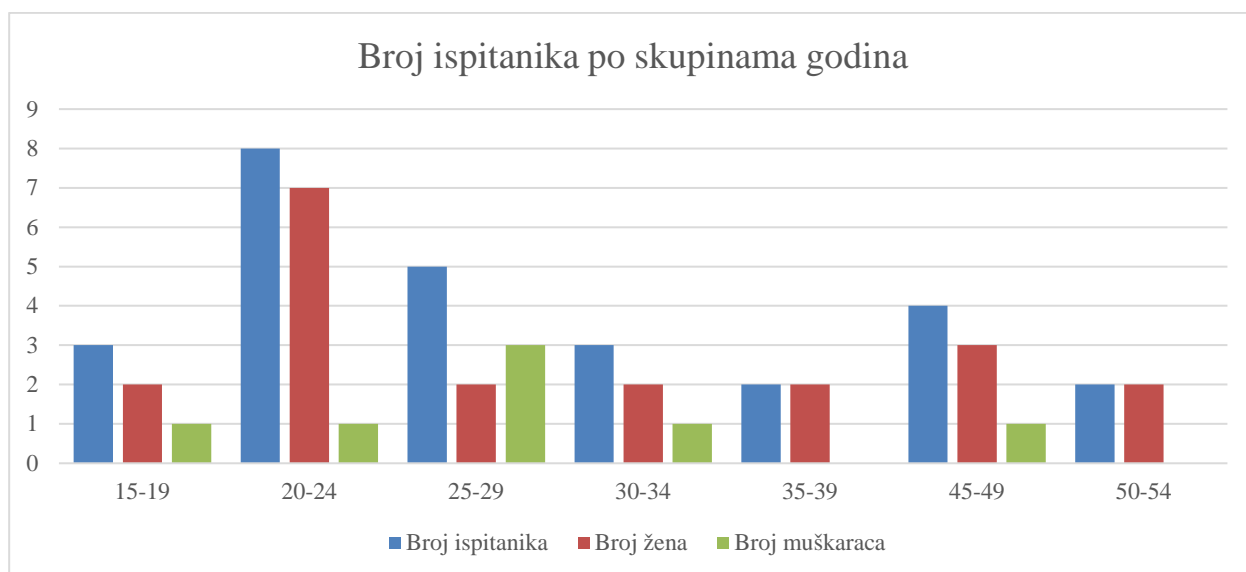
Sljedeći dio ovog diplomskog rada odnosit će se na anonimno istraživanje pod imenom „relevantnost generiranog sadržaja umjetnom inteligencijom“ čiji je proces izrade opisan u prijašnjem poglavlju. U vremenskom okviru od dva tjedna, istraživanje je **uspješno završilo 27 ispitanika**, a njihovi prikupljeni podaci će se detaljno analizirati i uspoređivati u nastavku.

Uz taj broj osoba koje su ispunile sva potrebna polja za unos, u tekstualnoj datoteci u koju su pohranjivani podaci, zabilježeno je još 10 osoba koje su pristupile istraživanju i navele vlastite informacije kod prijave, no odustali su u nekom trenutku kod ocjenjivanja generiranih slika. Uz to, ne postoji podatak koliko je osoba odustalo već kod prijave i napustilo web stranicu.

### 7.1. Osnovne informacije

Prosječna starost ispitanika koji su pristupili i predali sve potrebne podatke vezane za istraživanje je 30.55 godina od čega je 18 ženskih osoba (66.66%), dok je 9 muških (33.33%). Vidljivo je najviše ispitanika čija je dobra skupina između 20 i 24 godine (njih 8), dok nitko čije su godine unutar granice između 40 i 44 nije pristupio ovom istraživanju.

Promatrači ovisno o ciljevima istraživanja mogu biti stručnjaci (imaju stručnost u području koje se testira) ili nestručnjaci (nemaju nikakvu stručnost u području koje se analizira) [36]. U ovom slučaju, svi promatrači nisu imali nikakvo prijašnje značajno iskustvo u području generiranja slika, a također nisu ni bili izravno uključeni u razvoj istraživanja koje se proučava.

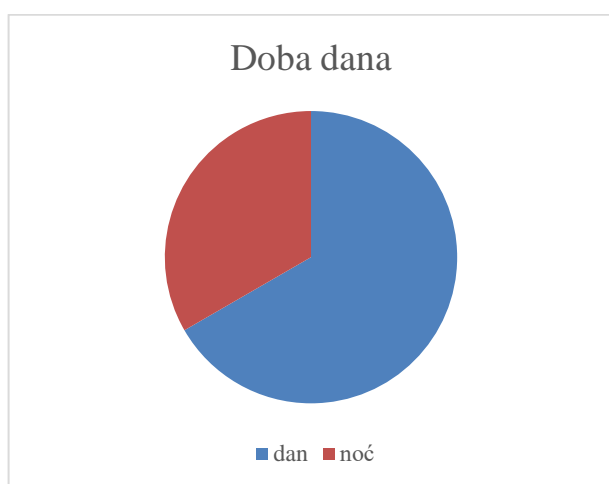


Slika 7.1: Broj ispitanika po skupinama godina

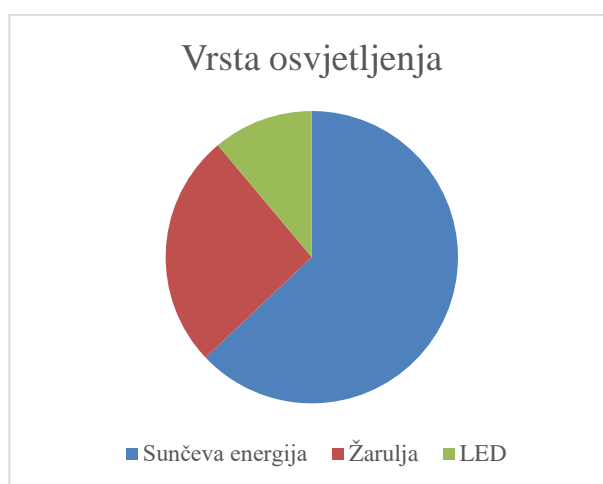


**Prosječno vrijeme ispunjavanja je 00:06:13** što je daleko ispod granice od 30 minuta za što se smatra da je najviše vremena unutar kojega ispitanik može održavati pažnju i smirenost te davati relevantne odgovore na postavljena pitanja [36]. U to vrijeme uračunato je i vrijeme rješavanja testnog pitanja koje je služilo za uhodavanje u samo ocjenjivanje, a čije se ocjene nisu uračunale u završnu analizu. Muškim pristupnicima trebalo je nešto više vremena za davanje ocjena, točnije 00:06:24, dok je za istu radnju ženama trebalo 00:06:07, no što ne predstavlja značajku razliku.

Od ukupnog broja ispitanika, njih 18 ocjenjivalo je slike stvorene umjetnom inteligenciju danju, a ostatak, odnosno njih 9, u noćnim satima. Većina osoba koja je pristupila istraživanju po danu, nije u tom trenutku koristila nikakvu vrstu umjetne rasvjete, nego je ekran njihovog uređaja osvjetljavala Sunčeva svjetlost, osim jednog primjera gdje je bila korištena žarulja. Noću je za vrstu rasvjete bila korištena žarulja sa žarnom niti u 6 slučajeva, a u 3 slučajeva LED rasvjeta.



Slika 7.2: Doba dana









Slika 7.3: Vrsta osvjetljenja


Većina ispitanika, njih 22 (81.48%) je za ispunjavanje istraživanja koristilo mobilni uređaj, dok je ostatak, njih 5 (18.52%) ocjenjivalo sadržaje na desktop uređaju. To je potencijalno moglo dovesti do manjeg uočavanja detalja koji su možda jasniji kod većih ekrana i davanja drugačijih procjena, no nakon analize ocjena koja slijedi u nastavku, iste će se usporediti i sa uređajima.

## 7.2. Analiza prosječnih ocjena

Kao što je to već nekoliko puta spomenuto u prijašnjim poglavljima, za generiranje slika prema potpuno jednakim opisima korišteni su sljedeći alati: SDXL 1.0 izdan od tvrtke Stability AI u srpnju ove godine i DALL-E 2 kojega je objavila tvrtka OpenAI u travnju prošle, 2022., godine.

U tablici 7.1 uz nazive korištene tehnologije i priložene generirane slike uz korištene opise, nalaze se i prosječne ocjene za kriterije realističnosti, podudaranja s opisom i općeg dojma.

Opis	Naziv korištene tehnologije					
	SDXL 1.0			DALL-E 2		
<p>Studijska fotografija zlatnog retrivera pored kojeg na jastuku spava bijela sijamska mačka.</p>						
	Realističnost	Opis	Dojam	Realističnost	Opis	Dojam
	4.04	4.33	4.52	4.22	3.52	3.93
	<b>Prosjeak: 4.30</b>			<b>Prosjeak: 3.89</b>		
<p>Suncokret sa sunčanim naočalama u polju na sunčan dan. U pozadini su kuće u nizu.</p>						
	Realističnost	Opis	Dojam	Realističnost	Opis	Dojam
	3.93	4.85	4.44	3.85	4.41	4.07
	<b>Prosjeak: 4.41</b>			<b>Prosjeak: 4.11</b>		
<p>Slika napuštenog starog dvorca pored jezera i borove šume. Sprema se oluja.</p>						
	Realističnost	Opis	Dojam	Realističnost	Opis	Dojam
	4.37	4.81	4.56	4.67	4.78	4.56
	<b>Prosjeak: 4.58</b>			<b>Prosjeak: 4.67</b>		

Opis	Naziv korištene tehnologije					
	SDXL 1.0			DALL-E 2		
Plišani medvjedić na skejtbordu na Times Squareu u New Yorku. Snimljeno noću ljeti.						
	Realističnost	Opis	Dojam	Realističnost	Opis	Dojam
	4.04	4.56	4.41	4.04	4.26	4.33
	<b>Prosjeak: 4.33</b>			<b>Prosjeak: 4.21</b>		
Studijska fotografija različitih vrsta čokoladnih kolača na drvenom okruglom pladnju.						
	Realističnost	Opis	Dojam	Realističnost	Opis	Dojam
	4.59	4.85	4.63	4.30	4.74	4.52
	<b>Prosjeak: 4.69</b>			<b>Prosjeak: 4.52</b>		
Štene pasmine shiba inu nosi beretku i prugastu kratku majicu. Kišni dan u zagrebačkoj ulici.						
	Realističnost	Opis	Dojam	Realističnost	Opis	Dojam
	4.11	4.74	4.59	3.85	4.07	3.96
	<b>Prosjeak: 4.48</b>			<b>Prosjeak: 3.96</b>		

Opis	Naziv korištene tehnologije					
	SDXL 1.0			DALL-E 2		
Roza dvokatnica s garažom u Hrvatskom primorju. Kraj nje je parkiran bijeli Mercedes.						
	Realističnost	Opis	Dojam	Realističnost	Opis	Dojam
	3.15	3.04	3.30	4.30	3.74	3.74
	<b>Prosjeak: 3.16</b>			<b>Prosjeak: 3.93</b>		
Studijska fotografija fotelje u obliku oblaka. Papirnate origami zvijezde vise sa stropa.						
	Realističnost	Opis	Dojam	Realističnost	Opis	Dojam
	3.93	4.22	4.15	4.00	3.78	3.96
	<b>Prosjeak: 4.10</b>			<b>Prosjeak: 3.91</b>		

Tablica 7.1: Prikaz ocjena za 16 generiranih sadržaja

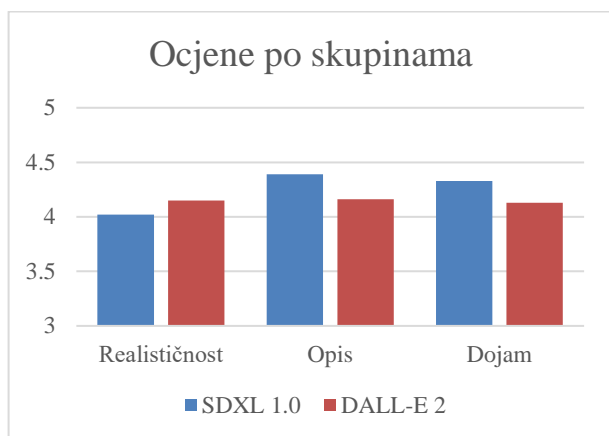
Pojedine dane ocjene za parametre bile su šarolike – ispitanici su iskoristili sve raspoložive vrijednosti, od jedinice do petice za neke od njih, a rezultati su ispali ovako: ukupan prosjek svih sakupljenih ocjena za 3 kriterija od 27 promatrača za 16 generiranih sadržaja **za sustav SDXL 1.0 je 4.25**, dok on **za sustav DALL-E 2 iznosi 4.15** što je za 2,4% manje od njegovog konkurenta.

Promatrajući sada pojedine kriterije, prosjek za realističnost svih generiranih slike od strane SDXL-a 1.0 iznosi 4.02, dok je kod DALL-E 2 modela broj veći za 3.2% pa glasi 4.15.

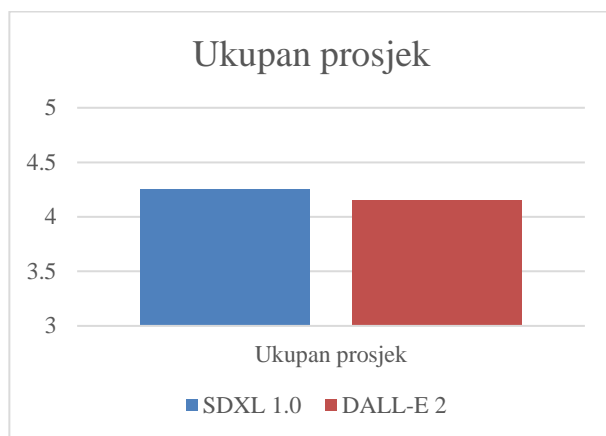
Za podudaranje slike s korištenim opisom, promatrači su za sve slike generirane sustavom SDXL 1.0 dali prosječnu ocjenu od 4.39, dok je ona za program DALL-2 4.16 (pad od 5.5%). I konačno, za opći dojam ispitanika za pojedine slike, ispitanici su za one koje pripadaju modelu

SDXL 1.0 dali prosjek 4.33, dok su one koje je generirao inteligentni sustav temeljen na umjetnoj inteligenciji DALL-E 2 ocijenili s 4.13 što je za 4,8% manje od prvog sustava.

Sve u svemu, kada se sagleda, DALL-E 2 jedino vodi kod prosjeka za parametar realističnost, dok ga je sustav SXDL 1.0 nadmašio kod ostale dvije mjere koje su podudaranje slike s opisom i opći dojam, kao i kod konačnog prosjeka svih sakupljenih ocjena za sve parametre.



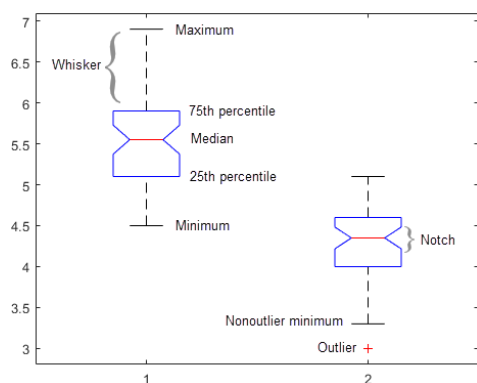
Slika 7.4: Prosjek ocjena



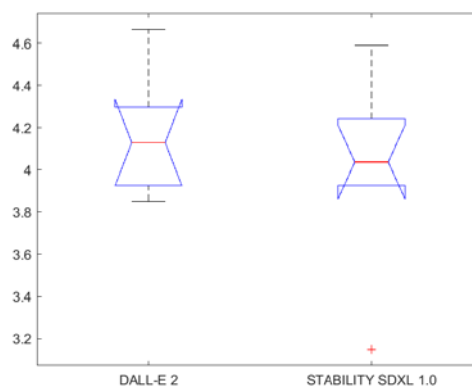
Slika 7.5: Ukupan prosjek

ANOVA test ispituje hipotezu da su srednje vrijednosti svih grupa jednake, a alternativna je hipoteza da bar jedna grupa nema jednaku srednju vrijednost. Pretpostavka ANOVA testa je da su uzorci svih grupa iz normalne (Gaussove) distribucije, ali je poznato da je test robustan na manja odstupanja od ove pretpostavke. Normalnost distribucije nije se posebno provjeravala.

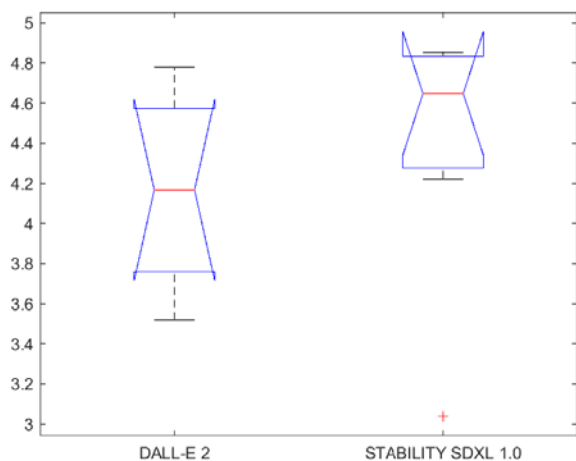
Crvena linija na slikama predstavlja medijan, a ne srednju vrijednost. Ipak je isti zaključak kao i sa srednjom vrijednošću: DALL-E 2 je bolji za realističnost slike, a STABILITY SDXL 1.0 za podudaranje teksta sa slikom i općenitom kvalitetom slike. Također, rezultati nisu statistički značajni jer je p vrijednost veća od 0,05 (što je obično granica za statističko ispitivanje): za kvalitetu je  $p=0,3465$ , za podudaranje teksta i slike  $p=0,3482$  i za realističnost  $p=0,4621$ .



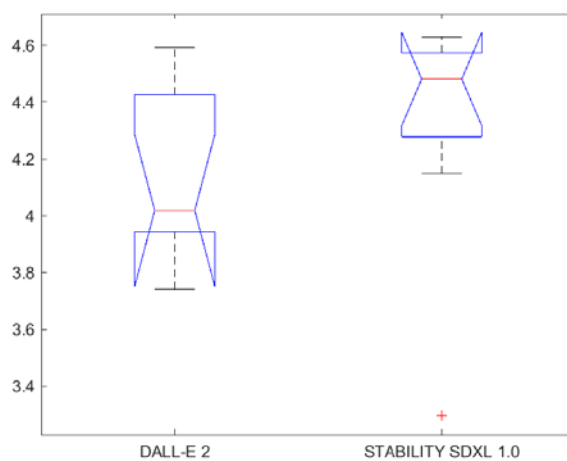
Slika 7.6: Općeniti izgled dijagrama [37]



Slika 7.7: Rezultati za realističnost

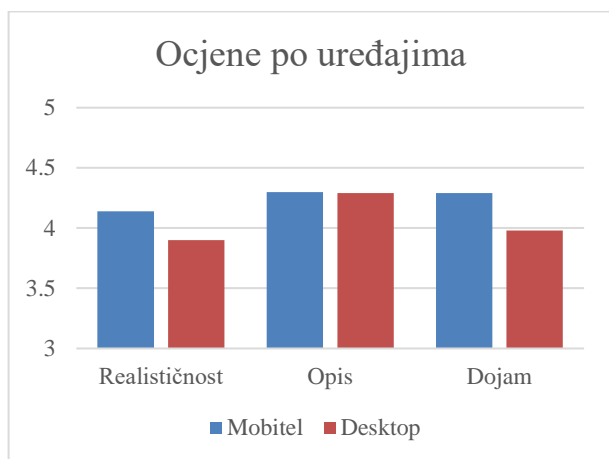


Slika 7.8: Rezultati za podudaranje s opisom

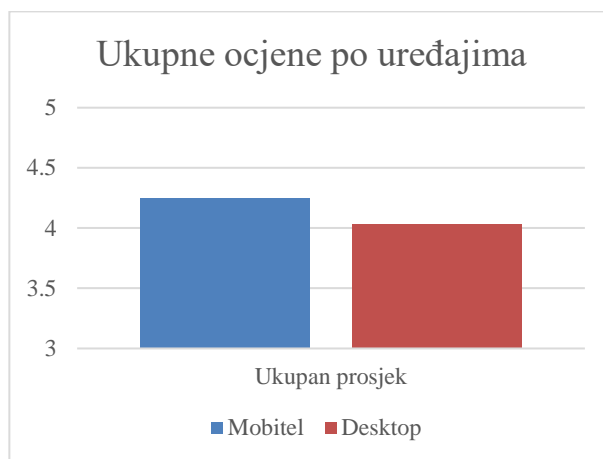


Slika 7.9: Rezultati za opći dojam

Ukupne dane ocjene će se uspoređivati i s uređajima na kojima su ispitanici ocjenjivali generirane slike (22 na mobilnom uređaju i 5 na desktop računalu). Prema tome, osobe koje su odradile ovo istraživanje na mobilnim uređajima dale su ukupan prosjek ocjena za sve parametre i za svih 16 slika od 4.25, dok su oni koji su pregledavali slike i ocjenjivali iste na desktop uređaju dali prosjek ocjena od 4.03 što je za 5,5% niža brojka. Najviša se razlika očituje kod kriterija opći dojam (vrijednost od 4.29 za mobilne uređaje, a 3.98 za desktop uređaje) i realističnost (vrijednost od 4.14 za mobilne uređaje, a 3.9 za desktop uređaje) dok je kod podudaranja slike s opisom rezultat gotovo pa jednak (prosjek 4.3 za mobilne uređaje, a 4.29 za desktop uređaje).



Slika 7.10: Prosjek ocjena po uređajima

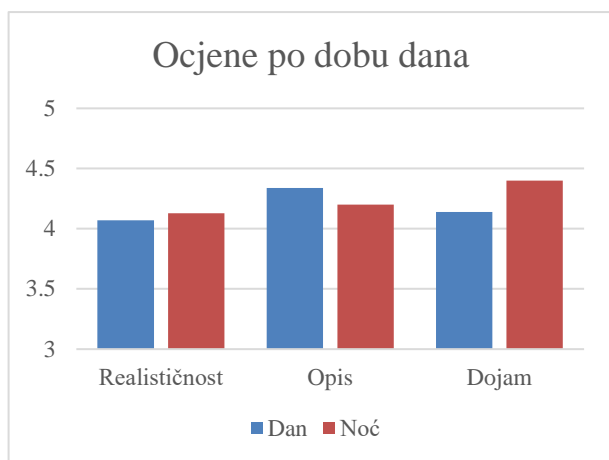


Slika 7.11: Ukupan prosjek po uređajima

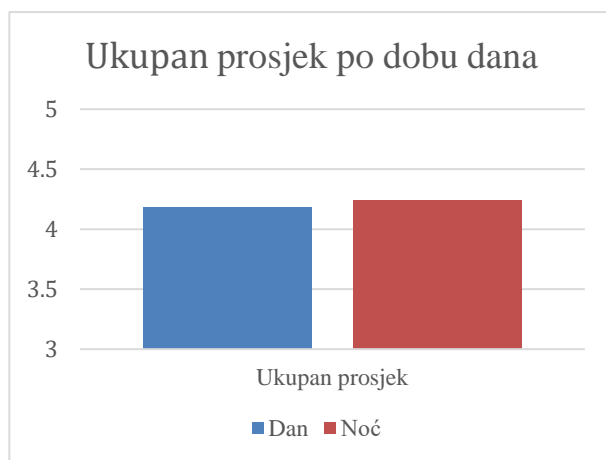
Nadalje, srednje ocjene za tri zadana parametra uspoređivat će se još na dva načina: prema dobu dana kada su ispitanici pristupili istraživanju (18 po danu i 9 po noći) i ocjenjivali sadržaje te prema njihovom spolu (18 ženskih i 9 muških ocjenjivača).

Osobe koje su ocijenile sadržaj ovog istraživanja po danu dale su prosječne odnose u iznosu od 4.18, dok je ta vrijednost viša za 2.4% kod ocjenjivanja u noćnim satima pa prema tome ona

glasi 4.24. Od svih parametara koje se vrednovalo, najveća se razliku primjećuje kod općeg dojma ispitanika gdje je za dnevno opažanje dana srednja ocjena od 4.14, dok je ona za noćno opažanje 4.4 što je za 6.3% veća brojka. Ostali rezultati ne odudaraju u tolikoj mjeri kao ovaj spomenuti.

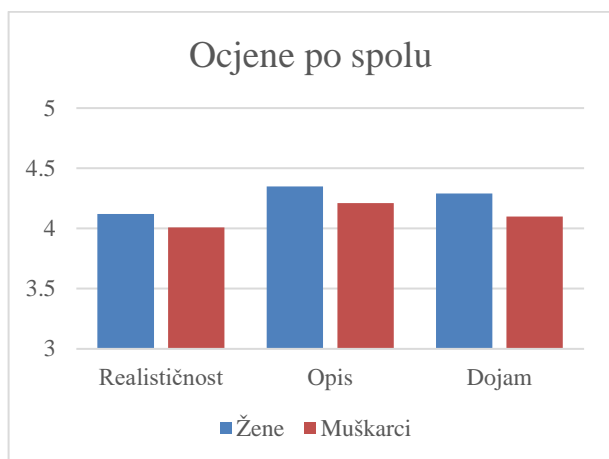


Slika 7.12: Prosjek ocjena po dobu dana

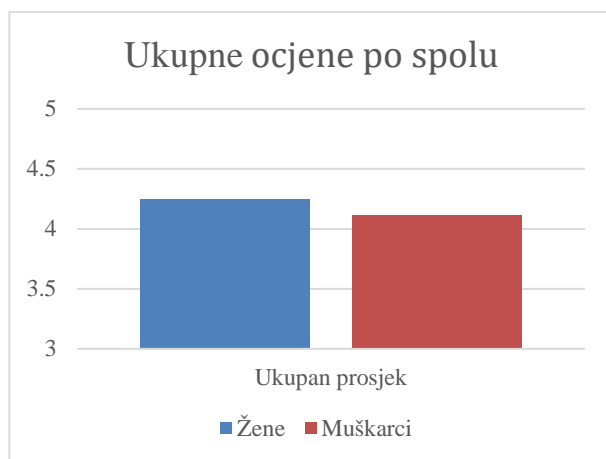


Slika 7.13: Ukupan prosjek po dobu dana

I zaključno, gledajući srednje ocjene za svih 16 generiranih sadržaja, od ukupnog broja sudionika, osobe ženskog spola dale su prosjek koji iznosi 4.25, dok su muškarci bili nešto kritičniji pa njihov prosjek iznosi 4.11 (vrijednost je za 3.4% niža). Najveća je razlika prikazana kod kriterija opći dojam (za žene prosječna ocjena iznosi 4.29, a za muškarce 4.0), a slijedi ga podudaranje slike s opisom (za žene prosječna ocjena iznosi 4.35, a za muškarce 4.21), dok je najmanji kontrast kod prosude realističnosti (za žene prosjek iznosi 4.12, a za muškarce 4.01).



Slika 7.14: Prosjek ocjena po spolu



Slika 7.15: Ukupan prosjek po spolu

### 7.3. Rangirane slike prema prosjeku ocjena

U nastavku, u tablicama 7.2 i 7.3 prikazane su generirane slike koje su ispitanici ocijenili sa najlošijim te najboljim ocjenama gledajući ukupan prosjek za sva tri parametra. Zanimljivo je da su obje generirane korištenjem modela SDXL 1.0 tvrtke Stability AI.


Tako je, slika prema korištenom opisu „Roza dvokatnica s garažom u Hrvatskom primorju. Kraj nje je parkiran bijeli Mercedes.“ dobila najmanji prosjek ocjena čija vrijednost iznosi 3.16, a ispitanici nisu bili uvjereni njezinim prikazom realne scene, kao ni poklapanjem opisa sa slikom. Najveća greška koju je sustav temeljen na umjetnoj inteligenciji napravio je kriva boja automobila (prema opisu je trebao biti bijeli). Isto tako, gledajući generiranu sliku prema jednakom opisu od strane DALL-E 2 sustava, ona je ocijenjena sredinom od 3.93 što je jedan od najlošijih ukupnih rezultata, no ipak on je za čak 24,5% bolji od generirane slike koja se nalazi u Tablici 7.2.

Opis	Tehnologija	Slika	Prosijek
Roza dvokatnica s garažom u Hrvatskom primorju. Kraj nje je parkiran bijeli Mercedes.	SDXL 1.0		3.16

Tablica 7.2: Najgore ocjenjena slika sa srednjom ocjenom 3.16

S druge strane, generirana slika prema opisu „Studijska fotografija različitih vrsta čokoladnih kolača na drvenom okruglom pladnju.“ ocijenjena je najboljim ocjenama s prosjekom za sva tri parametra dana od 27 ispitanika koji iznosi 4.69. Promatrače je najviše dojmilo podudaranje opisa sa slikom (prikazani su svi ključni pojmovi i stil uključujući studijsku fotografiju, više vrsta čokoladnih kolača, drveni okrugli pladanj) za što su glasali prosječnom vrlo visokom ocjenom od 4.85, dok su srednje ocjene za realističan izgled i opći dojam nešto manje. Također, slika prema jednakom opisom generirana od strane modela DALL-E 2 dobila je isto tako visoke ocjene gdje je prosjek iznosio 4.52 (za 3.8% manja vrijednost od slike prikazane u Tablici 7.3).



Opis	Tehnologija	Slika	Prosjeck
Studijska fotografija različitih vrsta čokoladnih kolača na drvenom okruglom pladnju.	SDXL 1.0		4.69






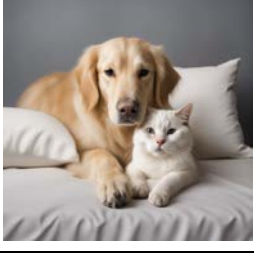

Tablica 7.3: Najbolje ocjenjena slika sa srednjom ocjenom 4.69





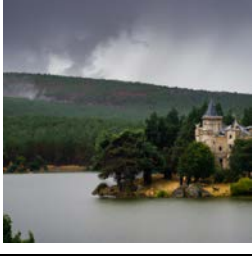

Nastavak na prijašnje opisane i navedene najbolje i najlošije ocjenjene generirane slike (obje napravljene sustavom SDXL 1.0), u Tablici 7.4 rangirano je svih 16 sadržaja prema prosjeku ocjena, krenuvši od najlošijih srednjih procjena prema onim najboljim i najuspješnijim.

Gledajući podatke, osim daleko najgore ocjenjene slike s dvokatnicom roze boje, na sljedeće četiri. pozicije su smještene slike generirane modelom DALL-E 2, dok je većina ostalih slika stvorena sustavom SDXL 1.0 pozicionirana od devetog mjesta pa prema boljim rezultatima.

Tablica 7.4: Rangirane slike prema prosjeku ocjena

Br.	Opis	Tehnologija	Generirana slika	Prosjeck
1.	Roza dvokatnica s garažom u Hrvatskom primorju. Kraj nje je parkiran bijeli Mercedes.	SDXL 1.0		3.16
2.	Studijska fotografija zlatnog retrievera pored kojeg na jastuku spava bijela sijamska mačka.	DALL-E 2		3.89
3.	Studijska fotografija fotelje u obliku oblaka. Papirnate origami zvijezde vise sa stropa.	DALL-E 2		3.91

4.	Roza dvokatnica s garažom u Hrvatskom primorju. Kraj nje je parkiran bijeli Mercedes.	DALL-E 2		3.93
5.	Štene pasmine shiba inu nosi beretku i prugastu kratku majicu. Kišni dan u zagrebačkoj ulici.	DALL-E 2		3.96
6.	Studijska fotografija fotelje u obliku oblaka. Papirnate origami zvijezde vise sa stropa.	SDXL 1.0		4.10
7.	Suncokret sa sunčanim naočalama u polju na sunčan dan. U pozadini su kuće u nizu.	DALL-E 2		4.11
8.	Plišani medvjedić na skejtbordu na Times Squareu u New Yorku. Snimljeno noću ljeti.	DALL-E 2		4.21
9.	Studijska fotografija zlatnog retrievera pored kojeg na jastuku spava bijela sijamska mačka.	SDXL 1.0		4.30
10.	Plišani medvjedić na skejtbordu na Times Squareu u New Yorku. Snimljeno noću ljeti.	SDXL 1.0		4.33

11.	Suncokret sa sunčanim naočalama u polju na sunčan dan. U pozadini su kuće u nizu.	SDXL 1.0		4.41
12.	Štene pasmine shiba inu nosi beretku i prugastu kratku majicu. Kišni dan u zagrebačkoj ulici.	SDXL 1.0		4.48
13.	Studijska fotografija različitih vrsta čokoladnih kolača na drvenom okruglom pladnju.	DALL-E 2		4.52
14.	Slika napuštenog starog dvorca pored jezera i borove šume. Sprema se oluja.	SDXL 1.0		4.58
15.	Slika napuštenog starog dvorca pored jezera i borove šume. Sprema se oluja.	DALL-E 2		4.67
16.	Studijska fotografija različitih vrsta čokoladnih kolača na drvenom okruglom pladnju.	SDXL 1.0		4.69

## 8. Zaključak

Ljudska civilizacija je uvijek bila pokretljiva, prilagodljiva i inovativna, a kroz neprekidan niz događaja, promjena i razvoja uz brojne probleme nastavljala je oblikovati svoju budućnost. U njezine bitne faze tehnološkog i društvenog razvoja ubrajaju se i četiri industrijske revolucije od kojih ona posljednja i trenutna inačica u današnjem modernom dobu kombinira digitalne, fizičke i biološke tehnologije. Tehnološki napredak doveo je do najvećeg napretka koji je ikad postojao omogućujući brzu razmjenu informacija te dolazak do istih, dok je globalizacija spojila različite kulture i tržišta, a neka su znanstvena otkrića razjasnila razumijevanje svijeta.

Napredak u područjima kao što su umjetna inteligencija, genetsko inženjerstvo, Internet stvari i autonomna vozila mijenja način na koji živimo i radimo, otvarajući put prema pametnim gradovima, personaliziranom zdravstvu i tehnološkim inovacijama koje mogu donijeti pozitivne promjene i nove izazove na globalnoj razini. Unatoč brojnim inovacijama, umjetna inteligencija isto tako postavlja etičke i društvene izazove, uključujući pitanja o privatnosti, sigurnosti i utjecaju na radna mjesta, no ako zanemarimo te probleme, ta mlada tehnologija i njezina dinamika imaju velik potencijal, od pisanja članaka do stvaranja klasične umjetnosti svjetske klase, pa čak i vođenja punopravnog razgovora s čovjekom, ali ostaje za vidjeti što nas čeka u bližoj budućnosti.

Jednu od mogućnosti te tehnologije, a što je generiranje realističnih slika, htjela sam ispitati u istraživanju pod nazivom Relevantnost generiranog sadržaja umjetnom inteligencijom, a za čiju sam izradu koristila računalne jezike HTML, CSS, JavaScript i PHP. Integracija tih tehnologija donijela mi je funkcionalnost, interaktivnost i dinamiku u procesu prikupljanja informacija putem web obrasca, a modeli DALL-E 2 tvrtke OpenAI i SDXL 1.0 udruženja Stability AI korišteni su za generiranje šesnaest slika koje su ispitanici u istraživanju ocjenjivali prema tri parametara.

Bez obzira što se kompanija Stability AI smatra pionikom u području razvijanja alata koji koriste umjetnu inteligenciju, njihov model izdan u srpnju ove godine - SDXL 1.0 pokazao se vrlo dobrim i prema ukupnim prosječnim ocjenama danima od strane ispitanika, nadmašio je poznati sustav DALL-E 2 koji je jedino pokazao bolje rezultate kod parametra prikaza realistične scene.

Unatoč danim ocjenama za generirane slike prema jednakim opisima, oba sustava već sada predstavljaju značajan napredak u polju stvaranja raznovrsnog sadržaja umjetnom inteligencijom s mogućnošću kreiranja realističnih i detaljnih slika prema tekstualnim zahtjevima korisnika, a mogu se očekivati i još bolja rješenja s napretkom okvira dubokog učenja i računalnih resursa.

## 9. Literatura

- [1] Prva gimnazija Zagreb: Industrijska revolucija, 2013.
- [2] <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=27361>, dostupno 15.08.2023.
- [3] <https://hr.economy-pedia.com/11040468-second-industrial-revolution>, dostupno 15.08.2023.
- [4] <https://hr.economy-pedia.com/11039465-third-industrial-revolution>, dostupno 15.08.2023.
- [5] V. Prister: Umjetna inteligencija, Media, culture and public relations, 2019., str. 67-72.
- [6] C. Li, Z. Zhang, H. Wu, W. Sun, X. Min, X. Liu, G. Zhai i W. Lin: AGIQA-3K: An Open Database for AI-Generated Image Quality Assessment. arXiv preprint arXiv:2306.04717, 2023.
- [7] <https://www.skole.hr/kako-je-nastala-prva-industrijska-revolucija/>, dostupno 17.08.2023.
- [8] <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrialrevolution-what-it-meansand-how-to-respond/>, dostupno 17.08.2023.
- [9] <https://hr.economy-pedia.com/11032082-fourth-industrial-revolution>, dostupno 17.08.2023.
- [10] <https://www.bug.hr/transport/autonomna-cestovna-vozila-robote-vozi-polako-20775>, dostupno 20.08.2023.
- [11] B. Lozo: 3D tisak, skripte s predavanja, Grafički fakultet Zagreb, 2011.
- [12] P. Boucher: Artificial intelligence: How does it work, why does it matter, and what can we do about it?, Brussels, European Union, 2020., dostupno 20.08.2023.
- [13] <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=63150>, dostupno 20.08.2023.
- [14] <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20200827STO85804/sto-jeumjetna-inteligencija-i-kako-se-upotrebljava>, dostupno 22.08.2023.
- [15] <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence>, dostupno 22.08.2023.
- [16] <https://www.vtiger.com/blog/ai-generated-content-pros-and-cons/>, dostupno 22.08.2023.
- [17] <https://www.augustman.com/in/gear/tech/openai-what-to-know-about-the-companybehind-chatgpt/>, dostupno 23.08.2023.
- [18] <https://www.altexsoft.com/blog/datascience/comparing-machine-learning-as-a-service-amazon-microsoft-azure-google-cloud-ai-ibm-watson/>, dostupno 23.08.2023.
- [19] <https://openai.com/research/gpt-4>, dostupno 24.08.2023.
- [20] <https://vitalflux.com/how-does-dall-e-2-work-concepts-examples/>, dostupno 24.08.2023.
- [21] <https://stability.ai/blog/sdxl-09-stable-diffusion>, dostupno 25.08.2023.

- [22] D. Podell, Z. English, K. Lacey, A. Blattmann, T. Dockhorn, J. Müller, J. Penna i R. Rombach: SDXL: Improving Latent Diffusion Models for High-Resolution Image Synthesis. arXiv preprint arXiv:2307.01952, 2023.
- [23] <https://stability.ai/blog/stable-diffusion-sdxl-1-announcement>, dostupno 26.08.2023.
- [24] <https://ambcrypto.com/blog/what-is-stability-ai-everything-you-need-to-know/>, dostupno 26.08.2023.
- [25] <https://timesofindia.indiatimes.com/gadgets-news/openai-the-company-behind-chatgptwhat-all-it-does-how-it-started-and-more/articleshow/97297027.cms>, dostupno 27.08.2023.
- [26] Element.hr: Početak Interneta i nastanak weba, Zagreb, 2020.
- [27] J. Duckett: HTML and CSS: Design and Build Websites, Indianapolis, Indiana, 2011.
- [28] M. Gabriel: Beginner's Guide to HTML
- [29] T. Powell: HTML & CSS: the complete reference. McGraw-Hill, Inc., 2010.
- [30] S. Fajković: Uvod u JavaScript, 2015.
- [31] S. Brekalo: Uvod u PHP programiranje, Međimursko veleučilište u Čakovcu, 2018.
- [32] <https://code.visualstudio.com/docs>, dostupno 01.09.2023.
- [33] <https://www.javatpoint.com/xampp>, dostupno 01.09.2023.
- [34] <https://anydesk.com/en/features>, dostupno 01.09.2023.
- [35] [https://wincsp.net/eng/docs/getting\\_started](https://wincsp.net/eng/docs/getting_started), dostupno 01.09.2023.
- [36] ITU-R BT.500-14; BT.500: Methodologies for the Subjective Assessment of the Quality of Television Images. International Telecommunications Union: Geneva, Switzerland, 2019.
- [37] <https://www.mathworks.com/help/stats/anova1.html>, dostupno 05.09.2023.

## Popis slika

Slika 3.2: Infografika o upotrebi umjetne inteligencije [izvor: <a href="https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20200827STO85804/sto-jeumjetna-inteligencija-i-kako-se-upotrebljava">https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20200827STO85804/sto-jeumjetna-inteligencija-i-kako-se-upotrebljava</a> , dostupno 22.08.2023].....	20
Slika 4.1: Generirane slike putem DALL-E 2 modela [izvor: <a href="https://www.augustman.com/in/gear/tech/openai-what-to-know-about-the-companybehind-chatgpt/">https://www.augustman.com/in/gear/tech/openai-what-to-know-about-the-companybehind-chatgpt/</a> , dostupno 23.08.2023.] .....	28
Slika 4.2: Prikaz rada DALLE-2 modela: gornji dio je trening CLIP modela, a donji test faza generiranja teksta u sliku [izvor: <a href="https://vitalflux.com/how-does-dall-e-2-work-concepts-examples/">https://vitalflux.com/how-does-dall-e-2-work-concepts-examples/</a> , dostupno 24.08.2023.] .....	29
Slika 4.3: Bolji prostorni raspored i kontrola stila kod modela SDXL 1.0 [izvor: <a href="https://stability.ai/blog/stable-diffusion-sdxl-1-announcement">https://stability.ai/blog/stable-diffusion-sdxl-1-announcement</a> , dostupno 05.09.2023.] .....	31
Slika 4.4: Dvostruki korak rada modela SDXL 1.0 [izvor: <a href="https://stability.ai/blog/stable-diffusion-sdxl-1-announcement">https://stability.ai/blog/stable-diffusion-sdxl-1-announcement</a> , dostupno 05.09.2023.] .....	31
Slika 6.1: Odabrani spoj fontova u online knjižnici Adobe Fonts [izvor: autor] .....	41
Slika 6.2: Glavni naslov na početnoj stranici istraživanja [izvor: autor].....	45
Slika 6.3: Osnovne informacije ključne za razumljivo rješavanje [izvor: autor] .....	46
Slika 6.4: Forma za upis podataka sudionika bitnih za istraživanje [izvor: autor].....	46
Slika 6.5: Testna slika istraživanja koja služi za uvježbavanje [izvor: autor] .....	47
Slika 6.6: Generirana slika zajedno s opisom i kriterijima ocjenjivanja [izvor: autor] .....	47
Slika 6.7: Završna stranica istraživanja [izvor: autor] .....	48
Slika 6.8: Prikaz otvorenog projekta u programu Visual Studio Code [izvor: autor] .....	48
Slika 6.9: Pokretanje konfiguracije za udaljeni poslužitelj u programu WinSCP [izvor: autor]...52	
Slika 7.1: Broj ispitanika po skupinama godina [izvor: autor].....	53
Slika 7.2: Doba dana [izvor: autor] .....	54
Slika 7.3: Vrsta osvjetljenja [izvor: autor].....	54
Slika 7.4: Prosjek ocjena [izvor: autor] .....	58
Slika 7.5: Ukupan prosjek [izvor: autor] .....	58
Slika 7.6: Općeniti izgled dijagrama [izvor: <a href="https://www.mathworks.com/help/stats/anova1.html">https://www.mathworks.com/help/stats/anova1.html</a> , dostupno 05.09.2023.] .....	58
Slika 7.7: Rezultati za realističnost [izvor: autor] .....	58
Slika 7.8: Rezultati za podudaranje s opisom [izvor: autor].....	59
Slika 7.9: Rezultati za opći dojam [izvor: autor].....	59
Slika 7.10: Prosjek ocjena po uređajima [izvor: autor] .....	59

Slika 7.11: Ukupan prosjek po uređajima [izvor: autor] .....	59
Slika 7.12: Prosjek ocjena po dobu dana [izvor: autor].....	60
Slika 7.13: Ukupan prosjek po dobu dana [izvor: autor].....	60
Slika 7.14: Prosjek ocjena po spolu [izvor: autor] .....	60
Slika 7.15: Ukupan prosjek po spolu [izvor: autor] .....	60



## Popis tablica

Tablica 2.1: Glavne značajke svake od četiri industrijske revolucije [izvor: <a href="https://hr.economy-pedia.com/11032082-fourth-industrial-revolution">https://hr.economy-pedia.com/11032082-fourth-industrial-revolution</a> , dostupno 17.08.2023.] .....	8
Tablica 4.1: Primjer korištenja slike kao ulaza kod verzije ChatGPT-4 [izvor: <a href="https://openai.com/research/gpt-4">https://openai.com/research/gpt-4</a> , dostupno 24.08.2023.].....	27
Tablica 6.1: Primjer generiranih slika prema jednakom opisu u modelima SDXL 1.0 i DALL-E 2 [izvor: autor] .....	42
Tablica 6.2: Popis korištenih programa kod izrade istraživanja [izvor: autor].....	50
Tablica 7.1: Prikaz ocjena za 16 generiranih sadržaja [izvor: autor] .....	57
Tablica 7.2: Najgore ocjenjena slika sa srednjom ocjenom 3.16 [izvor: autor] .....	61
Tablica 7.3: Najbolje ocjenjena slika sa srednjom ocjenom 4.69 [izvor: autor] .....	62
Tablica 7.4: Rangirane slike prema prosjeku ocjena [izvor: autor] .....	62



## IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski 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, Simona Svetec (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Subjektivno ispitivanje kvalitete slika putem interneta stvorenih s DALL-E 2 i SDXL 1.0 modelima za pretvorbu teksta u slike (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(*upisati ime i prezime*)

Simona Svetec

(*vlastoručni potpis*)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 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 znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.