

Primjena umjetne inteligencije u muzejima

Lovrić, Lara

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:131:221402>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**



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

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FILOZOFSKI FAKULTET

ODSJEK ZA INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE ZNANOSTI

Ak. god. 2020./2021.

Lara Lovrić

Primjena umjetne inteligencije u muzejima

Završni rad

Mentor: doc. dr.sc. Željka Miklošević

Zagreb, 2021.

Izjava o akademskoj čestitosti

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

SADRŽAJ

UVOD.....	1
POVIJESNI RAZVOJ UMJETNE INTELIGENCIJE.....	2
UMJETNA INTELIGENCIJA U MUZEJIMA	7
PREDVIĐANJE POSJEĆENOSTI.....	8
RAČUNALNI VID	13
INTERAKTIVNO MUZEJSKO VODSTVO	18
VIRTUALNA ORGANIZACIJA POSTAVA	23
ZAKLJUČAK.....	26
LITERATURA	27
POPIS ILUSTRACIJA	30
Popis slika.....	30
Popis tablica.....	30
Sažetak.....	31
Summary.....	32

UVOD

Umjetna inteligencija, odnosno sposobnost računala za obavljanje određenih radnji je suvremena pojava koja ubrzano mijenja gotovo sve aspekte društva. Omogućuje olakšano obavljanje i najmanjih dnevnih zadataka, kao što su otključavanje pametnog telefona licem, dovršavanje rečenica pri pisanju te ciljano oglašavanje pomoću kojeg korisnik dobiva informacije o proizvodima bliskim njegovim interesima. Informacije o korisničkim interesima prikupljaju se pomoću umjetne inteligencije koja prati korisničke profile i njihovu aktivnost. Postavši sveprisutnim dijelom današnjice, umjetna inteligencija dobiva značaj i u muzejskom okruženju, koji se često smatra konzervativnim i nespremnim na brze promjene. Međutim, upravo su brzo širenje i pristupačnost umjetne inteligencije naveli muzeje na razmatranje funkcionalnosti brojnih suvremenih alata temeljenih na umjetnoj inteligenciji koje bi olakšale rad. Jedna od njih je predviđanje posjećenosti posjetitelja na osnovu osobnih interesa te prostornih i lokacijskih čimbenika. Još popularnija funkcionalnost je upotreba računalnog vida, odnosno tehnologije koja daje mogućnost računalu da prepozna što „vidi“, te da prepoznatim objektima ili subjektima dodijeli određene značajke. Upotreba računalnog vida u svrhu autentifikacije djela jedan je od važnih funkcionalnosti koja se može koristiti kao pomoć pri određivanju pripadnosti djela jednom autoru ili sudjelovanju više autora u izradi pojedinog djela. Uz računalni vid, određeni muzeji izrazili su interes prema interaktivnim robotskim vodičima koji muzejskom osoblju mogu olakšati planiranje i provođenje vodstva, ali i pružiti novi oblik komunikacije s korisnicima. Drugi oblik poboljšanja komunikacije i interakcije unutar muzeja je upotreba *chat botova*, računalnih programa koji pokušavaju simulirati ljudski razgovor. Najveće olakšanje u radu muzejskog osoblja pruža posebno osmišljen softverski sustav za organizaciju muzejskih predmeta unutar virtualnog muzejskog prostora prema kriterijima koje odredi sam korisnik, odnosno muzejski djelatnik. Prisutnost umjetne inteligencije u radu muzeja zahtjeva stručnu edukaciju osoblja, kao i dodatne financijske troškove za implementaciju nove tehnologije te općenito pristajanje ljudi na promjene. Navedeni alati samo su neki od brojnih mogućnosti koje umjetna inteligencija nudi u području kulturne baštine, a prikaz djelatnosti muzeja pomoću umjetne inteligencije glavni je cilj ovoga rada.

POVIJESNI RAZVOJ UMJETNE INTELIGENCIJE

Prema općenitoj definiciji, umjetna inteligencija se određuje kao dio računalnih znanosti koji se bavi sposobnosti računala da obavljaju zadaće za koje je potreban neki oblik inteligencije, odnosno da se mogu snalaziti u novim prilikama, učiti nove koncepte, donositi zaključke, razumjeti prirodan jezik te još mnoštvo sposobnosti koje se primarno pripisuju ljudima. Iako danas umjetnu inteligenciju najčešće vežemo uz računala, razmišljanje o postojanju nečega što bi samostalnim djelovanjem moglo pomoći ljudima počinje u dalekoj povijesti. Rani zapisi o konceptu onoga što danas možemo povezati s umjetnom inteligencijom sežu čak do 9. st. pr. Kr. kada Homer govori o Hefestu, bogu vatre i kovača. Zbog vlastitih tjelesnih nedostataka, Hefest je morao primiti pomoć sluga koje je stvorio od zlata i srebra, a za njih je tvrdio da posjeduju inteligenciju, snagu i govor po uzoru na besmrtnu bogove kojima služe. Slično tome, umjetna inteligencija današnjeg doba teži funkcionalnosti što sličnijoj ljudskoj.¹

Novija povijest bilježi porast interesa za slične ideje. Ramon Llull, katalonski teolog i pisac, u srednjem vijeku stvara metodu koju pokušava prezentirati kao logički stroj, a opisuje je u djelu „*Ars magna generalis ultima*“ nastalom 1305. godine. U djelu navodi različite religijske attribute sa svrhom pridobivanja muslimana na kršćansku vjeru putem logike i razuma. Njegov izum sastojao se od papirnatih koncentričnih kružnica koje je moguće rotirati. Upotrijebio je 28 slova arapske abecede kako bi obilježio 28 filozofskih misli. Kombinacijom ovih vrijednosti na kružnicama je stvorio nove puteve uvida i mišljenja, a uporabom slova, geometrijskih likova i točno određenih pravila, Llull je pokušao iznijeti sve moguće načine ljudskog razmišljanja vezane uz željeni pojam. Pokazao je kako papirnati uređaj može na krajnje elementaran, ali izvediv način bilježiti i čak oponašati ljudsku misao te napraviti mali, ali značajan korak prema stroju koji misli, odnosno pruža odgovore na osnovu unesenog upita.²

Nastavno na Lullovu metodu, Gottfried Leibnitz želio je mehanizirati razmišljanje. Bio je njemački filozof, matematičar i logičar, a u svojim zapisima jasno izražava potrebu za unapređenjem ljudske produktivnosti na način da se liše nepotrebnih zadataka.

¹ McCorduck, P., Minsky, M., Selfridge, O. i Herbert, A., 1977. 'History of artificial intelligence'.

Preračunavanje uspoređuje s radom robova i smatra ga nedostojnim za izvrsne matematičare pošto bi se tim poslom uz pomoć stroja mogao baviti svatko. Ovakvo razmišljanje ga navodi na stvaranje abecede pomoću koje bi mogao formulirati svo ljudsko znanje. Njegov univerzalni jezik trebao se sastojati od jednostavnih stavaka koje bi zajednički činile abecedu ljudskih misli koja bi služila kao pomoć za automatsko rasuđivanje. Najveći problem njegove metode bio je određivanje stavaka abecede koje bi mogle biti u logičkim odnosima. Unatoč tome, njegova ideja o stvaranju abecede s jednostavnim simbolima koji se mogu spajati u komplicirane izraze pridonijela je ideji o mehanizaciji razmišljanja.³

Sistematično bilježenje ljudskog razmišljanja doživljava preokret u 19. stoljeću kada engleski matematičar George Boole stvara osnove moderne simboličke logike koja je temelj za projektiranje digitalnih računalnih sklopova. Osmislio je način izvođenja zaključaka koji su logično sadržani u premisama, a njegova su otkrića doživjela znatno širu primjenu od one koju je tada mogao očekivati. Telefoni i računala koriste binarne znamenke i logičke elemente koji se temelje na Booleovoj logici, a doprinos je donijela i njegova teorija o vjerojatnosti koja omogućuje analizu posljedičnih događaja u bilo kojem sustavu u odnosu na dane vrijednosti. Boole je prevladao značajnu prepreku engleskih matematičara, a to je izgradnja algebre i mogućnost objektivnije analize sumnjivih i neprovjerenih teorija, koje su u 19. stoljeću bile uobičajena pojava. Zalagao se za odvajanje logike od filozofije te njezino približavanje matematici, što je jedan od razloga velikog uspjeha i veće pouzdanosti njegovih teorija i metoda u odnosu na suvremenike.⁴

Dvadeseto stoljeće obilježeno je bržim razvojem formalne logike, analizama znanja, proučavanjem mogućnosti automatizma te stvaranjem programskog jezika temeljenog na cijelim brojevima. Za takav jezik zaslužan je Kurt Gödel, njemački logičar i matematičar koji 1931. godine objavljuje djelo u kojemu dokazuje da ne postoji jedinstvena logička teorija koja bi mogla sadržavati sve logičke istine i zakonitosti, odnosno da su sve aritmetičke teorije nužno nepotpune.⁵ Njegovo otkriće smatralo se iznimno važnim jer je služilo kao dokaz suprotan svemu što su tadašnji matematičari pokušali prikazati – izvedivost cijelog

² Fidora, A. i Barbera, S., 2011. *Ramon Llull, from the Ars Magna to Artificial Intelligence*.

³ Look, B. i Belaval, Y., 2021. 'Gottfried Wilhelm Leibniz'.

⁴ Burris, S., 2010. 'George Boole'.

⁵ Raatikainen, P., 2013. Gödel's Incompleteness Theorems.

matematičkog opusa iz jednog aksiomatskog sustava. Gödel je tako postavio temelje za teoretski razvoj računalnih znanosti.

U području računalne znanosti, za što je interes bilježio je značajan rast, znanstvenici su djelovali na proširivanju logičkih i matematičkih teorija, a istovremeno su na futuristički način razmatrali i potencijalne mogućnosti tehnologije u bližoj i daljoj budućnosti. Svemu navedenom pridonijela je teorija igara, predstavljena 1944. godine u tekstu „Theory of Games and Economic Behavior“. Njezini su autori matematičari John von Neumann i Oskar Morgenstern, a njome omogućuju strateško organiziranje odnosa između dva ili više igrača u okolnostima određenim točnim pravilima.⁶ Obuhvaćaju područje rizika, konflikata i neizvjesnosti, kao i mogućih ishoda interakcije. Važna je za proces donošenja odluka u okolini koja je često promjenjiva te ovisi o odlukama drugih igrača, njihovih ciljeva, interesa i namjera. Američki fizičar E.T. Jaynes citira Johna von Neumanna koji kao repliku na izjavu da računala ne mogu zaista misliti govori: „Inzistirate da postoji nešto što stroj ne može napraviti. Ako mi precizno kažete što ne može napraviti, uvijek mogu izraditi stroj koji može upravo to.“⁷

Neumannovo razmišljanje smatralo se donekle neutemeljenim, no pokazalo je napredno razmišljanje koje je predvidjelo doseg mogućnosti suvremene tehnologije. Jedan od najpoznatijih znanstvenika s izravnim utjecajem na razvoj umjetne inteligencije je britanski matematičar Alan Turing, rođen 1912. godine u Londonu. Za vrijeme studija napisao je djelo „On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem“, u kojemu njemački pojam *entscheidungsproblem* označava problem odlučivanja, a Turing, zajedno s fakultetskim kolegom Alonzom Churchom, dokazuje da ne postoji metoda rješavanja matematičkog zadatka ispitujući koje su teze zadatka dokazive unutar određenog formalnog sustava. Dakle, niti jedan formalni aritmetički sustav nema dosljednu metodu odlučivanja, a isto vrijedi i za logičke sustave koji su najčešće jednostavniji. Godine 1936. Alan Turing predstavlja Turingov stroj, odnosno matematički model apstraktnog stroja koji prema tabličnim pravilima obrađuje skupinu simbola na traci. Shema s upravljačkim mehanizmom, trakom i čitačem te mogućnosti pohrane upravljačkog mehanizma predstavlja temelj za

⁶ Osborne, M., 2004. An introduction to game theory.

⁷ Jaynes, E., 2003. *Probability theory: the logic of science*.

stvaranje budućih digitalnih računala.⁸ Turingova teza govori da, ako postoji učinkovita metoda za dobivanje vrijednosti matematičke funkcije, funkciju je moguće izračunati Turingovim strojem. Potrebno je naglasiti da se u područje umjetne inteligencije i računalnih znanosti pojavio popularni mit koji govori da Turingov stroj može simulirati ponašanje bilo kojeg drugog stroja, odnosno riješiti bilo koju ulazno-izlaznu funkciju koja sadrži set pravila. Navedena tvrdnja je točna samo ako unutar funkcije postoje ograničena pravila koja se odnose na probleme koji efektivnim metodama mogu biti riješeni, dok stroj koji može riješiti bilo koji matematički problem uvelike nadilazi Turingove vlastite riječi i mišljenja.⁹ Godine 1945. Alan Turing poslan je u London kako bi osmislio i stvorio prvo električno računalo, a njegov se plan smatrao prvim cjelovitim rješenjem za višenamjensko digitalno računalo s pohranjenim programima pod nazivom ACE (Automatic Computing Engine). Nažalost, njegovo rješenje se iz perspektive inženjera smatralo previše zahtjevnim te je prevladao prijedlog za manji stroj, unatoč činjenici da bi Turingov bio brži, na čemu je izrazito inzistirao, te sadržavao više memorije.¹⁰

Jedno od najvažnijih djela Alana Turinga svakako je Turingov test nastao 1950. godine u svrhu određivanja uvjeta koji moraju biti zadovoljeni kako bi se moglo smatrati da računalo ima sposobnost razmišljanja. Test je osmislio kao Igru oponašanja u kojoj ispitivač biva odvojen od subjekata koji odgovaraju na različita pitanja, a njegov je cilj na osnovu odgovora prepoznati radi li se o računalu ili ljudskom subjektu unutar određenog vremenskog okvira. Kada računalo u što je više testova moguće ne bude prepoznato kao takvo, moći će se smatrati da ima sposobnost uspješnog razmišljanja.¹¹ Unatoč velikom uspjehu i popularnosti, kritike Turingovog testa odnose se na prepoznavanje inteligencije samo u subjektima koji mogu održavati razgovor i odgovarati na pitanja, zatim da je test suviše jednostavan, te na kraju problem svijesti ispitivača o činjenici da je jedan od subjekata računalo, što umjetnu inteligenciju stavlja u teži položaj.¹²

Nakon Alana Turinga, umjetna inteligencija se nastavlja ubrzano razvijati, a jedan od najbržih napredaka doživljava 1990-ih kada je došlo do značajnih poboljšanja u inteligentnom

⁸ Gregersen, E., 2020. 'Turing machine'.

⁹ Copeland, B., 1997. *The Church-Turing Thesis*.

¹⁰ Copeland (ur.), B., 2012. *Alan Turing's Electronic Brain*, str.1-5.

¹¹ Turing, A., 1950. 'Computing Machinery and Intelligence'.

¹² Oppy, G. i Dowe, D., 2021. 'The Turing Test'.

podučavanju i strojnom učenju, pretraživanju podataka, razumijevanju i prijevodu jezika, video igrama i planiranju. Jedan od zanimljivijih i poznatijih događaja datira iz 1997. godine kada je IBM-ovo računalo The Deep Blue pobijedilo svjetskog prvaka u šahu Garryja Kasparova.¹³ Početkom 21. stoljeća umjetna inteligencija počinje vršiti utjecaj na svakodnevni život prosječnih ljudi van znanstveno-istraživačke sfere. Javljaju se interaktivne pametne igračke, roboti za pomoć pri kućanskim poslovima, a ubrzo i brojne aplikacije za pametne telefone, autonomna vozila, napredni strojevi za analizu podataka iz svemira te video igre na razini visoke realnosti. Uz sva postignuća i rašireno korištenje u svakodnevnom životu ljudi, razumljivo i očekivano je da je umjetna inteligencija zadobila određeni prostor i u sferi očuvanja zaštite, i komunikacije informacija o kulturnoj baštini, što će biti obrađeno u slijedećem poglavlju.

¹³ Campbell, M., Hoane Jr., A. i Hsu, F., 2021. 'Deep blue'. *Artificial intelligence*, 134, str. 57.

UMJETNA INTELIGENCIJA U MUZEJIMA

Ogromne količine podataka uobičajena su pojava u muzejima, kao i u ostalim informacijskim institucijama poput knjižnica i arhiva. Posebnost muzeja je posjedovanje velike količine podataka koji često nisu sistematizirana na ujednačen način, a što bi svakako trebalo biti provedeno. Uslijed toga dolazi do problema neiskorištenosti vrijednih podataka koji bi javnosti i stručnjacima trebali biti dostupni u svrhu boljih analiza zbirki, lakše međusobne suradnje institucija te kvalitetnijeg obrazovanja. Proces strukturiranja podataka je dugotrajan, a zahtijeva i dovoljno financijskih sredstava, vrijeme i edukaciju muzejskih zaposlenika.

Pružanje otpora novim tehnologijama može proizaći iz straha od promjene, ali i gubitka radnog mjesta s čime se umjetna inteligencija, a i tehnologija uopće, u medijima nerijetko veže. U radu će umjetna inteligencija biti prikazana kao pomoćni alat muzejskim zaposlenicima, sredstvo za postizanje boljih rezultata rada, veću posjećenost te kvalitetniju komunikaciju, istraživanje i organizaciju. Njezino postojanje u muzejskom prostoru ne treba predstavljati težnju smanjenja ljudskih kapaciteta ili smanjenog kontakta s posjetiteljima, već oslobađanje dijela radnog vremena koji bi inače bio posvećen monotonim i zamornim radnjama te usmjerenje vremena na kreativan i sadržajan rad. Tehnološki napredak postaje sve važniji za iskustva posjetitelja, a važnost spremnosti djelatnika na nove tehnološke pristupe pokazuje i brza prilagodba brojnih muzeja na uvjete pandemije, većinom pomoću virtualnih izložbi koje također moraju biti kvalitetno osmišljene i prezentirane. Sada je, više nego ikada, vidljiva nužnost otvaranja muzeja novim pristupima te pravilna edukacija zaposlenih u kulturnom sektoru kako bi što bolje koristili i implementirali brojne dostupne tehnologije.

PREDVIĐANJE POSJEĆENOSTI

Analiza podataka o broju posjetitelja u određenom vremenskom periodu predstavlja važan čimbenik pri planiranju i poboljšavanju rada muzeja. Osim broja prodanih ulaznica, analiza posjećenosti treba sadržavati dodatne varijable poput vremenskih uvjeta, aktivnosti na društvenim mrežama i oglašavanja koji uvelike utječu na broj posjetitelja. Uključivanjem dodatnih varijabli u analizu posjećenosti, muzeji stječu mogućnost boljeg planiranja rada, predviđanja protočnosti posjetitelja u određeno vrijeme te bolju raspodjelu kadrovskih resursa. Predviđanje ljudskog djelovanja moguće je na osnovu analize svakodnevnih aktivnosti, odnosno učestalih događaja koje vežemo uz određenu osobu. Spontano kretanje je znatno teže predvidjeti s obzirom da se odnosi na događaje koji ne mogu biti predviđeni metodom promatranja i zapažanja. X. Zhang, J. Zhao i G. Cao u svojem radu¹⁴ analiziraju spontano kretanje na temelju zajedničkih interesa, odnosno ispitivanja posjećenosti na budućem događaju, na određenom mjestu i u određeno vrijeme. Za shvaćanje problema nepredvidivog kretanja, autori daju primjer tečaja Engleskog jezika u kojemu će sudjelovati osobe kojima treba pomoć pri učenju jezika, a nalazit će se u specifično vrijeme na dogovorenom mjestu. Ako pojedinca zanimaju događaji vezani uz neku temu, postoji velika vjerojatnost da će i u budućnosti nastaviti prisustvovati sličnim događajima.

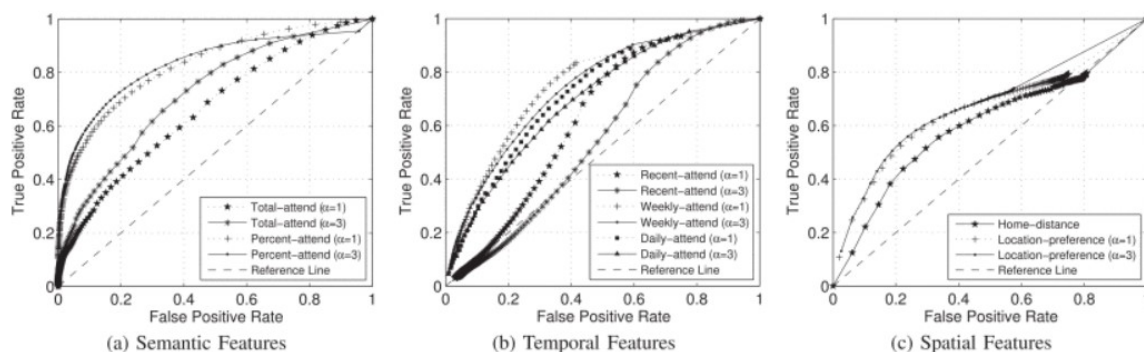
¹⁴ Zhang, X., Zhao, J. i Cao, G., 2015. Who Will Attend? – 'Predicting Event Attendance in Event-Based Social Network'. U: *2015 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management*. str.74-83.

Za predviđanje posjećenosti koriste se tri čimbenika – semantički, vremenski i prostorni. Semantički čimbenik pokazuje sklonost osobe sudjelovanju u tematski sličnim događajima, dok vremenski čimbenik određuje osobnu vremensku preferencu za sudjelovanje. Prostorni čimbenik pokazuje koje lokacije osoba češće posjećuje pri odabiru događaja. U svrhu utvrđivanja pouzdanosti navedene metode predviđanja posjećenosti, čimbenici su analizirani dva puta – zajedno u korelaciji te odvojeno jedni od drugih. Poteškoće u predviđanju nastaju zbog manjka baza podataka vezanih uz događaje, kao i problem prepoznavanja relevantnosti između događaja. Društvene mreže sadrže ogromne količine podataka čijom je analizom moguće doći do značajnih zaključaka pa autori istraživanja koriste alate kao što su *Meetup*, *Plancast* i *Eventbrite* pomoću kojih građani, ili bilo koja lokacijski bliska skupina ljudi, mogu stvarati i organizirati događaje te ih bilježiti online. Unatoč niskoj zastupljenosti istih ili sličnih društvenih mreža u Hrvatskoj, široko popularna mreža Instagram pruža mogućnost pronalaženja sadržaja vezanih uz određenu lokaciju, kao i tematsku pretragu pomoću ključnih riječi, odnosno hashtagova.

Podaci o posjećenost raznih događanja s *Meetup*-a obuhvaćaju sve zabilježene posjetitelje i sve događaje koji su se održali unutar dvije godine, odnosno 2011. i 2012. godine. Rezultati pokazuju da samo 20% ljudi posjećuje razne događaje, a tek 1% se može smatrati aktivnim posjetiteljima koji u prosjeku posjećuju jedan događaj mjesečno. Ispitivanje točnosti predviđanja pojedinih značajki ispitala se pomoću stupa odluke, odnosno odlučivanja na jednoj razini. Rezultat predviđanja računa se za svaki par posjetitelja i događaja na temelju jednog odabranog čimbenika. Za semantički i vremenski čimbenik, veći rezultat znači i veću vjerojatnost za posjet. Kod prostornog čimbenika, manji rezultat znači veću vjerojatnost za posjećenost. Važno je odrediti pozitivan prag, odnosno granicu za koju će rezultati pokazati smatra li se da će osoba posjetiti događaj ili neće. Prag je promjenjiv za različite čimbenike što dovodi do lažnih pozitivnih i negativnih rezultata, stoga ih je potrebno primijeniti u stvaranju krivulje ROC kojom se formira točniji rezultat za svaki čimbenik. Semantički čimbenik pokazuje rezultate za ukupnu posjećenost i postotak posjećenosti, vremenski čimbenik pokazuje nedavnu, tjednu i dnevnu posjećenost, dok prostorni čimbenik daje rezultate posjećenosti u odnosu na udaljenost od doma i lokacijske preferencije.

Analizom semantičkih čimbenika utvrđeno je veće odstupanje ukupne posjećenosti i postotka posjećivanja u odnosu na referentnu liniju, što dokazuje njihovu učinkovitost pri predviđanju posjećenosti. Postotak posjećenosti pokazuje više rezultate od ukupne

posjećenosti, što dokazuje da postotak posjećenosti sličnih događaja u proteklom razdoblju točnije predviđa vjerojatnost budućeg posjeta.



Slika 1. ROC krivulje na osnovu rezultata za semantičke, vremenske i prostorne čimbenike (Zhang, Zhao i Cao, 2015.)

Krivulja ROC za vremenske čimbenike obuhvaća podatke o nedavnoj, tjednoj i dnevnoj posjećenosti, a rezultati za tjednu posjećenost pokazuju najbolji rezultat što dokazuje na najvišu točnost predviđanja na tjednoj razini.

Analizom vremenskih čimbenika poput udaljenosti od doma i preferiranih lokacija, udaljenost od doma pokazuje manju vrijednost, što govori da je velik udio posjetitelja spreman prijeći veću udaljenost da bi posjetio odabrani događaj, u odnosu na odabir događaja u blizini.

Od svih analiziranih čimbenika, rezultati pokazuju da u odnosu na ostale, postotak posjećenosti pokazuje najveću točnost predviđanja posjećenosti, što dokazuje da semantički čimbenici imaju najveću ulogu u odabiru mjesta ili događaja koje će osoba posjetiti. Utvrđeno je da je analiza vremenskih čimbenika unutar proteklih 90 dana dovoljna za predviđanje posjećenosti. Također, Tablica 1 pokazuje veću uspješnost predviđanja kod obuhvaćanja svih čimbenika u odnosu na pojedinačne, i to kod sve tri metode analize – logističke regresije te algoritama J48 i Naive Bayes.

Tablica 1. Usporedba rezultata predviđanja posjećenosti svih i pojedinačnih čimbenika (Zhang, Zhao i Cao, 2015.)

Čimbenici	Logistička regresija		J48		Naive Bayes	
	AUC	Točnost	AUC	Točnost	AUC	Točnost
Slučajna osnova	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Ukupna posjećenost	0.718	0.639	0.702	0.656	0.633	0.602
Postotak posjećenosti	0.852	0.76	0.818	0.763	0.834	0.736
Nedavna posjećenost	0.389	0.503	0.658	0.628	0.618	0.504
Tjedna posjećenost	0.752	0.68	0.746	0.703	0.752	0.658
Dnevna posjećenost	0.715	0.656	0.7	0.66	0.716	0.654
Udaljenost od doma	0.395	0.503	0.699	0.637	0.397	0.503
Lokacijske preferencije	0.671	0.561	0.685	0.658	0.67	0.56
Svi čimbenici	0.872	0.786	0.875	0.805	0.847	0.767

Unatoč postojanju različitih tehnika predviđanja na osnovu stvaranja preporuka prema prošlom ponašanju i interesima, u ovome se istraživanju pokazuje utjecaj vremenskih i prostornih čimbenika.

Drugo istraživanje znanstvenika iz Kanade primjenjuje CRISP-DM metodologiju (Cross Industry Standard Process for Data Mining) i pakete strojnog učenja za stvaranje strukture dolazaka posjetitelja u muzeju. Primijenjeno je više različitih modela, a najefikasniji pokazuje točnost predviđanja do 93%. Poput istraživanja Zhanga i suradnika,¹⁵ rezultati pokazuju da su vremenski čimbenici poput doba dana, školskih praznika i dana u tjednu važniji od vremenskih uvjeta jer se mogu povezati s određenim interesima posjetitelja u odnosu na vremenske uvjete na koje nije moguće utjecati. Vremenski uvjeti mogu imati veći značaj za kulturna dobra na otvorenom ili u ekstremnijim uvjetima.¹⁶

Uprave muzeja trebale bi obratiti pozornost na protok posjetitelja čiji uzorak može uvelike utjecati na uspješnost rada institucije. Analiza podataka s društvenih mreža vezanih uz događaje koji se organiziraju, ali i događaje konkurenata, može pomoći u odlučivanju o

¹⁵ Zhang, X., Zhao, J. i Cao, G., 2015. Who Will Attend?

¹⁶ Yap, N., Gong, M., Naha, R. i Mahanti, A., 2020. Machine Learning-based Modelling for Museum Visitations Prediction.

trajanju izložbe, planiranju resursa, optimizaciji financiranja te stvaranju marketinških kampanja. Također, moguće je dublje istražiti sezonalnost te kako iskoristiti njezine prednosti i nedostatke, ali i dobiti uvid u slična mjesta kojima posjetitelji gravitiraju te pronaći mjesta za vlastita poboljšanja u radu.

RAČUNALNI VID

Računalni vid pruža mogućnost računalu da „razumije što vidi“, odnosno da može prepoznati objekte i subjekte unutar slikovnog prikaza te ih daljnje analizirati. Primjenjiv je u gotovo svim područjima ljudskog djelovanja, a često se koristi za zaštitu, uočavanje pogrešaka u proizvodnji, medicinske uređaje za dijagnostiku, autonomne automobile te pametne uređaje s opcijom otključavanja pomoću lica.¹⁷ S obzirom na rasprostranjenost, njegova prisutnost u muzejskom okruženju je očekivana, a jedan od načina upotrebe je autentifikacija umjetničkih djela.

Većina dosadašnjih tehnika temeljena je na procjeniteljima koji moraju biti detaljno upoznati sa stvaralaštvom određenog umjetnika, ili na skupine kolekcionara koji posjeduju ostala djela umjetnika te je moguće napraviti usporedbu. Također, moguća je analiza slikarskog medija, upotreba rendgenskih zraka za otkrivanje starijeg sloja boje ispod slike, kao i analiza krakelira pomoću strojnog učenja.

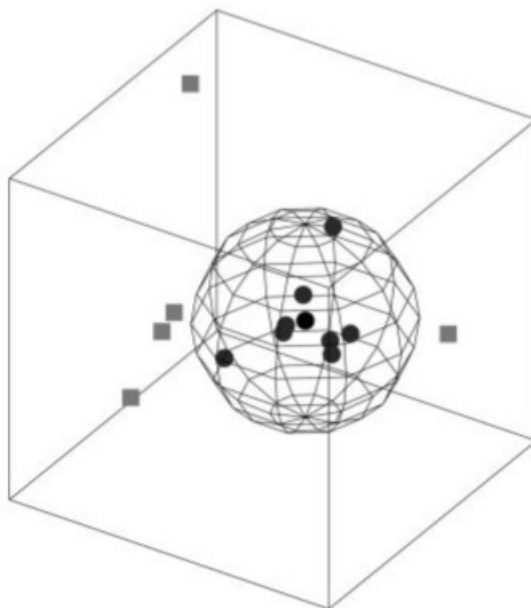
U tekstu „*A digital technique for art authentication*“¹⁸ donosi se statistički model koji podatke sakuplja nakon dekompozicije slike. Dekompozicija se temelji na promjeni piksela iz elementa koji zauzima prostor u element koji također ima svoju orijentaciju i razmjer. Analiza podrazumijeva uočavanje bilo kakve dosljednosti ili nedosljednosti unutar djela, a nešto zahtjevniji je rad na djelima u čijem je stvaranju sudjelovalo više umjetnika. Primijenjenom tehnikom moguće je prepoznati pokrete olovke ili kista karakteristične za pojedinog umjetnika, čak i kada se radi o kopiji s viskom sličnosti. Takva dubinska analiza usporediva je s matematičkom analizom potpisa i nudi visoku razinu pouzdanosti rezultata.

Navedeno istraživanje bavilo se problemom autentifikacije trinaest djela koje se pripisuju flamanskom renesansnom slikaru Pieteru Brueghelu starijem te portretom Perugina gdje je problem nastao u određivanju ostalih autora. Metropolitan Museum of Art u New Yorku je u svrhe istraživanja ustupio trinaest umjetničkih djela od kojih je osam pripadalo Breughelu, a ostalih pet su priznate imitacije. Djela su skenirana s 2400 točaka po inču, a nakon toga svaka slika biva podijeljena na 64 područja koja se međusobno ne preklapaju. Svako područje

¹⁷ Hrga, M. 2018. 'Računalni vid'.

¹⁸ Lyu, S., Rockmore, D. i Farid, H., 2005. 'A digital technique for art authentication'.

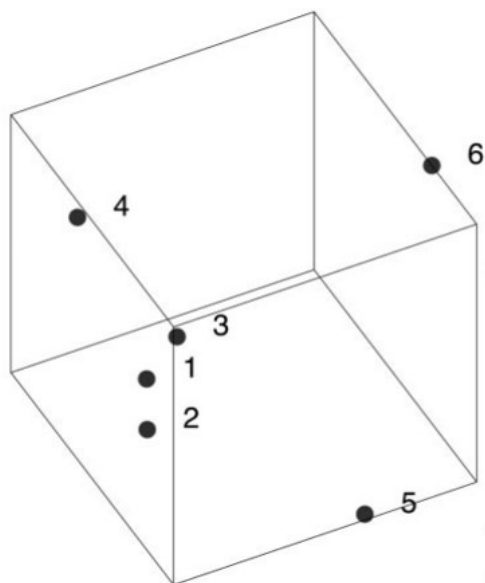
raslojeno je u pet razina te je dodijeljen vektor sa 72 usmjerenja. Dakle, svaki crtež je odgovarao skupu točaka unutar 72-dimenzionalnog prostora. Autentifikacija je provedena na osnovu udaljenosti između točaka, smatrajući da će djela jednog umjetnika biti bliska, a ostala udaljena. Na slici 2 nalaze se rezultati autentifikacije, gdje krugovi predstavljaju Brueghelova djela, a kvadrati imitacije. Vidljivo je da pet kvadrata, odnosno imitacija, zauzima položaj udaljen od sfere koja sadrži krugove, odnosno autentična djela.



Slika 2. Rezultati analize osam Breughelovih djela (krug) i pet imitacija (kvadrat)
(Lyu, Rockmore and Farid, 2005)

U slučaju poznatog talijanskog slikara Perugina, cilj istraživanja bio je odrediti postotak njegovog udjela u stvaranju djela *Madonna s djetetom*, za koju se pretpostavlja da je naslikana uz pomoć Peruginovih suradnika. Slika je fotografirana fotoaparatom velikog formata, a područje lica svakog od šest likova je ručno određeno. Svako je lice podijeljeno na područja od 256 piksela i skalirano do punog intenziteta.

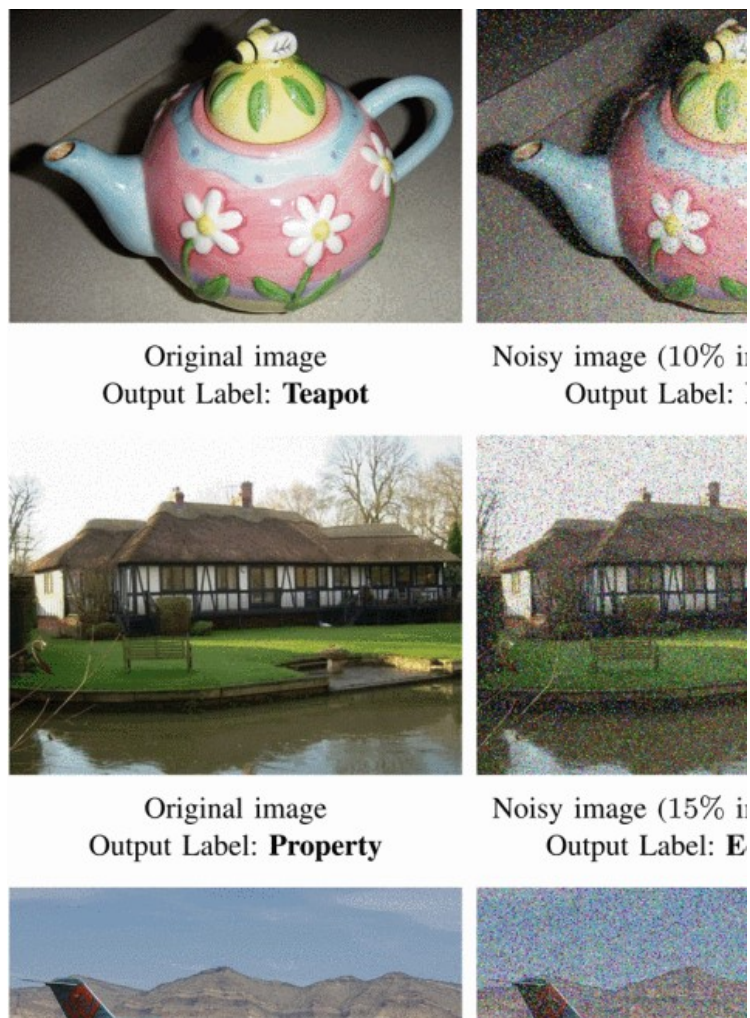
Podaci su, kao i kod prethodnih djela, prikupljeni radi izračunavanja međusobne udaljenosti. Točke odgovaraju licima svih šest likova na slici 3, a važno je uočiti da se na lijevoj strani prikaza grupiraju tri točke, dok ostale stoje odvojeno. Ovaj prikaz, u skladu s mišljenjima povjesničara umjetnosti, prikazuje prisutnost barem četiri umjetnika u stvaranju djela *Madonna s djetetom*.



Slika 3. Analiza Peruginovog djela „*Madonna s Djetetom*“; točke 1-3 (prva tri lijeva lica) grupirane su, dok su točke 4-6 (tri desna lica) smještene odvojeno (Lyu, Rockmore i Farid, 2005)

Osim autentifikacije umjetničkih djela, umjetna inteligencija u obliku računalnog vida može pomoći pri klasifikaciji muzejske građe, što je uobičajeno dugotrajan i zahtjevan posao muzejskih zaposlenika. Mogućnosti ove tehnologije pokazuju visoku efikasnost koja nerijetko nadilazi ljudske sposobnosti, stoga ne čudi njezina sve veća prisutnost i trud koji tvrtke poput Amazona, Microsofta i Googlea ulažu u razvoj aplikacija za ovu svrhu. Godine 2015. Google je predstavio alat pod nazivom *Google Cloud Vision API* koji omogućuje dodavanje oznaka slikama te njihovo klasificiranje u različite kategorije. Također, nudi mogućnost prepoznavanja teksta unutar slike, kao i lica te mogućih neprimjerenih sadržaja. Unatoč velikoj korisnosti alata, potrebno je naglasiti da analizirana slika mora biti čista i po mogućnosti visoke rezolucije, budući da šum od samo 15% može narušiti točnost dodavanja

oznaka, što je vidljivo na slici 5.¹⁹ Stoga, *Google Cloud Vision API* može pomoći u svakodnevnom radu muzejskog osoblja i ubrzati proces klasifikacije, no oštećenim i nefigurativnim djelima je potrebno posvetiti ljudsku pažnju zbog mogućih grešaka.



Slika 4. Dodavanjem šuma smanjuje se mogućnost prepoznavanja objekata kod alata *Google Cloud Vision API* (Hosseini, Xiao i Poovendran, 2017.)

Ovakav projekt proveo je i Norveški nacionalni muzej kojemu je cilj bio stvoriti novo sučelje za lakše korisničko pretraživanje te osposobiti klasifikacijski algoritam koji bi funkcionirao na Iconclassovom sustavu. Kroz različite baze podataka prikupili su velik broj informacija o umjetničkim zbirkama bliskih njihovoj te mapiranjem općenitih tipova

¹⁹ Hosseini, H., Xiao, B. i Poovendran, R., 2017. 'Google's Cloud Vision API is Not Robust to Noise'.

kategorija Iconclassa uz vlastiti popis ključnih riječi uspjeli osposobiti algoritam koji je nadopunio njihove metapodatke prema zadanom kriteriju te tako nadopunio katalog.²⁰

Unatoč velikom broju digitaliziranih muzejskih predmeta, objašnjen je problem nedostatka pripadajućih podataka i precizne klasifikacije koja korisnicima može pružiti lakše pretraživanje digitalnih zbirki u kojima se nalaze. Poznato je da muzeji izlažu vrlo mali postotak svojih predmeta, dok većina biva pohranjena u spremištu i time gotovo nedostupna korisnicima. Dopunjavanjem podataka o zbirci pomoću računalnog vida moguće je digitalizirane predmete učiniti lakše pretraživima te dostupnijima korisnicima, ali i olakšati dugotrajan proces klasifikacije koji obavlja muzejsko osoblje. Neke od mogućnosti računalnog vida su prepoznavanje boja, uzoraka, lica, pokreta kista, predmeta i automatsko dodjeljivanje klasifikacijskih oznaka.

Uz velik broj novih mogućnosti rada, ovakvu tehnologiju potrebno je sagledati kao pojavu koja će postati neophodan dio svakodnevice muzejskog osoblja, no u svojim počecima zahtjeva dodatnu provjeru i testiranje u različitim uvjetima. Računalni vid može lako prepoznati objekte poput voća, povrća i krajolika na digitalnom zapisu, dok su subjektivne oznake sklone greškama. Računalni vid zaostaje za čovjekom u prepoznavanju emocija, konteksta te značenja koje velik broj ljudi može u različitim omjerima samostalno shvatiti. Upravo iz tog razloga ga muzejsko osoblje može prihvatiti kao pomoć u radu i eksperimentirati s njegovim funkcionalnostima, sve dok ne dosegne dovoljno pouzdanu razinu točnosti kako bi se u potpunosti oslonili na novu tehnologiju i oslobodili vrijeme koje inače provode na dugotrajno strukturiranje podataka.²¹

²⁰ Hanssen-Bauer, F., Bognerud, M., Hensten, D. i Pedersen, B., 2017. 'Project: "Principal Components"'.
²¹ Villaespesa, E. i Murphy, O., 2021. 'This is not an apple! Benefits and challenges of applying computer vision to museum collections'.

INTERAKTIVNO MUZEJSKO VODSTVO

Funkcija komunikacije u muzejima zadnjih desetljeća opravdano dobiva sve veći značaj u odnosu na, primjerice, funkciju sabiranja. Ciljevi muzeja diljem svijeta premještaju fokus s potrebe za posjedovanjem što više muzejskih predmeta, na potrebu da postojeće predmete što bolje prezentiraju i omoguće pristup svojim posjetiteljima. Unatoč brojnim metodama poboljšanja komunikacije, brojni muzeji ne pronalaze način kako muzejska vodstva učiniti zanimljivijim i interaktivnijim, postići sjećanje korisnika na specifičnost izložbe te ih zainteresirati za daljnje istraživanje ili ponovni posjet.

Smithsonian National Museum of Natural History jedna je od prvih institucija koja je odabrala novi pristup komunikaciji kroz robotsko muzejsko vodstvo, odnosno robotskog vodiča pod nazivom Minerva.²² Robot je u muzej postavljen u periodu od dva tjedna tijekom ljeta 1998. godine, a cilj je bio voditi posjetitelje kroz muzej i pokazati im umjetnička djela. Robot Minerva za rad je koristio softver za robotsku navigaciju i interakciju između robota i ljudi, a morala je pokazati sposobnost snalaženja u javnim prostorima u kojima se ljudi ponekad kreću nepredvidljivo, prilagoditi se muzejskoj okolini, koristiti geste slične ljudima kako bi se posjetiteljima koji nisu dolazili u susret s ljudima činila intuitivnije te omogućiti praćenje i kontroliranje svoga rada virtualno.

Minerva je posjedovala dvadeset softverskih modula koji komuniciraju asinkrono, a na najnižoj razini nalaze se moduli povezani s raznim sensorima i efektorima, kao što su kamere, laseri, sonari, zaslون osjetljiv na dodir i slično. Navigacijski moduli omogućavali su izbjegavanje prepreka, pronalaženje puta kretanja, mapiranje i određivanje lokacije, dok su interaktivni moduli odredili emocionalno stanje robota, pokrete glave i govor. Moduli na visokim razinama bili su zaduženi za raspoređivanje ciljeva i opću kontrolu.

Teksture stropa i karta zaokupljenosti prostora objektima i posjetiteljima služe za navigaciju Minerve, a lokalizacija je važna kako bi znala kuda se treba kretati da bi stigla do određenog muzejskog predmeta. Procjene pozicije su nužne kako Minerva ne bi napustila svoj zadani prostor rada u određenom trenutku, a vrši ih pomoću tehnike koja provjerava

²² Thrun, S., Bennewitz, M., Burgard, W. i Cremers, A., 1999. 'MINERVA: a second-generation museum tour-guide robot'.

raspodjelu vjerojatnosti u svim mogućim položajima. U izračun se uključuju i podaci očitani sa senzora, no bilježenje senzora često može biti ometano, primjerice ljudskim nogama ili namjernim ljudskim ometanjem kamere usmjerene stropu kako bi se robot zbunio. Pošto muzeji nisu statična, već vrlo dinamična mjesta kada se promatra protok posjetitelja, u svrhu točnosti kretanja važno je da robot može sortirati očitavanja senzora u skupine koji se odnose na statične i one koji se odnose na ljudske prepreke. Minervin sustav za izbjegavanje sudara kontrolira trenutni smjer i brzinu kretanja, a pri odabiru kretanja u obzir uzima u obzir želju za kretanje prema ciljnom mjestu te želju za izbjegavanjem prepreka. Kod planiranja puta kretanja dolazi do problema u otvorenim područjima muzeja gdje nema dovoljno referentnih točaka da bi lokalizacija ostala točna. Kako bi se spriječilo gubljenje robota unutar prostora, potrebno je u obzir uzeti i faktor nesigurnosti, što je kod Minerve osigurano funkcioniranjem sličnom brodovima koji plovo bliže obali kako bi lakše održavali točnu lokaciju. Put kretanja određen je dužinom puta te sadržajem informacija, odnosno količini informacija koju robot može primiti na određenoj lokaciji. Iako bi robot mogao odabrati najkraći put, zbog nedovoljne količine podataka na putu može doći do gubljenja. Iz tog razloga, Minerva do svoga cilja izbjegava središte muzeja koje je najudaljenije od referentnih točaka i sadrži najmanje informacija, već odabire put uz više obilježenih prepreka na osnovu kojih može bolje odrediti putanju.

Osim kontrola zaduženih za određivanje lokacije i puta kretanja, Minerva održava i više funkcije kao što je zakazivanje vodstva te praćenje njihovog izvršenja. Za vodstvo je predviđeno šest minuta pošto je procijenjeno da je prosječan posjetitelj spreman pratiti robota u tom vremenskom periodu. Unatoč tome, zakazivanje i održavanje vodstva u velikoj mjeri ovisi o broju i ponašanju ljudi, stoga je potrebno biti spreman na improvizaciju pri zakazivanju. Također, Minerva mora biti spremna za naglu promjenu radnje uzrokovanu iznimkama, kao što su vrlo niska baterija kada mora prekinuti vodstvo ili kada lokalizacijske rutine padnu ispod kritične razine i potrebna je ponovna lokalizacija.

Minervina primarna funkcija je interakcija s posjetiteljima, a pri njezinoj izradi moralo se obratiti pozornost na činjenicu da se ljudi uglavnom nisu susretali s robotima niti imali namjeru susresti robota u muzeju, da se robot neće obraćati samo pojedincu već i grupama ljudi te da većina ljudi provede malo vremena u muzeju. Kako bi djelovala prirodnije, njezini interakcijski moduli pokušavaju stvoriti interakciju kakva bi se obično događa između ljudi. Može izražavati jednostavne emocije poput sreće i ljutnje. Kada bi joj se netko našao na putu,

ljubazno bi zamolila za prolaz, a kada bi bila ljuta, pokazala bi smršten izgled lica te govorila ljutitim tonom. U interakciji se koristila različitim strategijama kao što je gledanje najbližeg posjetitelja u grupi, tužne, ljute i sretne izraze lica te odabir prijateljskih fraza kao što su „voliš li robote?“ ili „slobodno priđi“.

The Smithsonian Museum of Natural History želio je ovaj novi oblik komunikacije muzejske građe ponuditi i posjetiteljima koji nisu mogli biti fizički prisutni, stoga je Minerva bila umrežena, a udaljeni korisnici mogli su je kontrolirati ili gledati muzej i posjetitelje kroz njezine oči. Minervu su tijekom radnog vremena većinom kontrolirali posjetitelji koji bi pritiskom ekrana na dodir odabrali željeno vodstvo, dok je svako treće bilo odabrano glasanjem mrežnih posjetitelja.

Unatoč kratkom razdoblju prisutnosti u muzeju, Minervino prisustvo pokazalo je pozitivan utjecaj na funkciju komunikacije. Posjetitelji su bili začuđeni i zainteresirani, a kada ih se pitalo kojoj od pet ponuđenih životinja Minervina inteligencija najviše nalikuje, odgovori su bili: čovjek (36,9%), majmun (25,4%), pas (29,5%), riba (5,7%) te ameba (2,5%). Nažalost, upitnik su ispunile samo 63 osobe, stoga nije u potpunosti moguće utvrditi relevantnost rezultata.

Važno je napomenuti da je Minerva robotski vodič druge generacije, dok je prvi robotski vodič, Rhino, radio u Deutches Museum-u u Bonnu sredinom 1997. godine. U usporedbi s Rhinom, Minervin je prostor za rad bio nešto veći, što znači i zahtjevnije operacije proračunavanja lokacije i puta kretanja. Kako bi poteškoće bile prevladane, u Minervu je morao biti ugrađen napredniji navigacijski sustav koji je, za razliku od Rhinovog, omogućavao učenje novih mapa i određivanje puta kretanja. Osim navigacijskih razlika, izražene su i razlike u interakciji s posjetiteljima gdje se Rhino pokazao znatno pasivnijim. Nije sadržavao lice ili izražavao emocionalna stanja, što je posljedično privlačilo manje pažnje posjetitelja. U mjerenju prosječne vrzine kretanja postigli su sličan rezultat od tridesetak centimetara u sekundi. Također, u odnosu na Rhina, posjetitelji su Minervom bili više začuđeni te pokazali veći interes, što je dokaz brzog napredovanja tehnologije iz godine u godinu te mogućnost brzog razvijanja i prilagođavanja u muzejskom okruženju.

Osim robotskih vodiča, interaktivno vodstvo moguće je postići putem chat botova, odnosno računalnih programa kojima je cilj simulirati ljudski razgovor putem poruka. Danas dostupna audio vodstva nude mnoštvo informacija o muzejskim predmetima, no ne podržavaju opciju

odgovaranja na pitanja posjetitelja, što je velika prednost *chatbotova* u odnosu na klasično audio vodstvo. Dokazano je da posjetitelji često imaju slična pitanja za pojedine predmete, a cilj chat botova je pravilno strukturirati informacije kako bi posjetitelji dobili što preciznije i značajnije informacije o temama koje ih zanimaju. Kako bi interakcija putem *chatbotova* funkcionirala, potrebno je adaptirati trenutni postupak stvaranja sadržaja za audio vodiče kako bi bio prilagođeniji *chatbotovima*, usavršiti tekstualnu obradu uz obradu slikovnih materijala te uvesti inteligentne strateške dijaloge kako bi informacije bile personalizirane.

Preduvjet za upotrebu je posjedovanje aplikacije na pametnom telefonu koji zadovoljava određene tehničke standarde, primjerice sadrži kameru, mikrofonski ili bluetooth. Kao model unosa odabran je dodirni unos na virtualnoj tipkovnici te alternativno unos govora pomoću sustava za automatsko prepoznavanje govora, dok računalni vid omogućuje kameri prepoznavanje muzejskih predmeta. Kada su u pitanju povratne informacije, *chatbot* uglavnom odgovara vizualno putem poruka, fotografija ili video zapisa, a slušni materijal sastoji se od snimljenih materijala. Budući da se u muzejima nalazi istovremeno više ljudi koji često promatraju različite muzejske predmete, unos i povratne informacije putem slušnih kanala potrebno je ograničiti kako ne bi dolazilo do ometanja funkcioniranja *chatbota* ili do međusobnog ometanja posjetitelja.²³

Većina primjera primjene *chatbotova* u muzejima odnosi se na stvaranju digitalnih vodiča koji odgovaraju na pitanja korisnika, daju savjete kako iskoristiti vrijeme u muzeju te općenite informacije o predmetima na koje posjetitelj nailazi. Neobičniji, ali i učinkovitiji način upotrebe *chatbotova* je pomoću igrifikacije što posjetitelja potiče na interakciju pomoću zadavanja određenih zadataka koje posjetitelj unutar muzeja treba izvršiti. Time se znatno povećava razina interakcije i zanimanja za izložene predmete, a ujedno postiže i efekt začudne oduševljenosti te posjetitelju uz znanje pruža i specifično iskustvo posjeta. *Chatbot* ovog oblika moguće je koristiti putem Facebook Messengera, a funkcionira kao igra „lova na blago“ kroz koju posjetitelj u muzeju treba pronaći određene tragove, što zahtijeva pažljivo promatranje i posvećenost muzejskoj okolini. Unatoč pozitivnom iskustvu posjetitelja, muzeji moraju biti svjesni odabira ciljane skupine za ostvarenje ovakvog tipa interakcije. Razumljivo, posjetitelji starije životne dobi često neće biti spremni na istraživanje pomoću *chatbotova*, dok

²³ Schaffer, S., Gustke, O., Oldemeier, J. i Reithinger, N., 2018. *Towards chatbots in the museum*.

će adolescenti i mlađi odrasli posjetitelji te oni koji muzej posjećuju s obiteljima vjerojatno imati otvoreniji stav. Također, potrebno je odabrati ispravnu platformu koja od posjetitelja neće zahtijevati dug proces instalacije i učenja o korištenju, a u najboljem slučaju se radi o već visoko zastupljenoj i poznatoj platformi.²⁴

Upotreba robotskog vodiča i *chatbotova* može uvelike poboljšati kvalitetu rada muzeja. Njihova prednost je visoka efikasnost i pouzdanost rada, točnost u odnosu na dobivene upute te neprestana dostupnost. Također, značajkama poput planiranja i održavanja vodstva te interaktivnog odgovaranja na brojna pitanja posjetitelja, muzeji koji prihvate novi pristup mogu upotrijebiti u marketinške svrhe te olakšati organizaciju rada muzejskih zaposlenika. Nove tehnološke mogućnosti posjetiteljima predstavljaju novo područje za istraživanje muzejskih predmeta i autentičnost u novom i suvremenom načinu komunikacije. Unatoč tome, uvođenje navedenih tehnologija može biti financijski iscrpno, no dugoročno isplativo i pozitivno za opći rad muzeja. Također, takav tip vodstva ne predstavlja nužno smanjenu interakciju djelatnika i posjetitelja, već otvara novi prostor za razgovor o dojmovima i stavovima prema novoj tehnologiji u muzeju te prolazak muzejom čini pamtljivijim i posebnijim. Pomna analiza i široka implementacija predstavljenih tehnologija može pomoći u bržem postizanju ciljeva muzeja te povećati zadovoljstvo zaposlenika i posjetitelja.

²⁴ Gianni, T. i Bowen, J., 2019. *Museums and Digital Culture*.

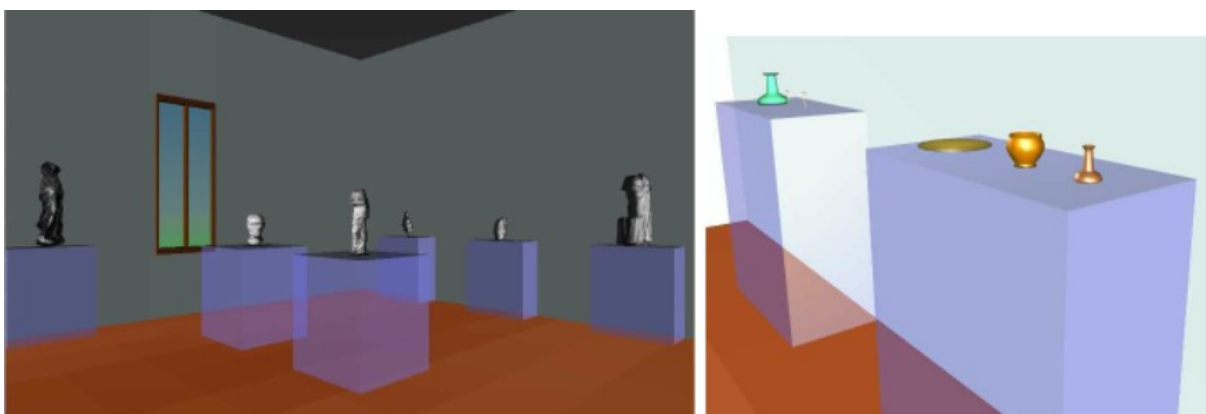
VIRTUALNA ORGANIZACIJA POSTAVA

Raspored predmeta unutar muzejskog prostora je zadatak koji uključuje brojne aspekte na koje je potrebno istovremeno obratiti pozornost, na primjer raspoloživ prostor, osvjetljenje, klimatski uvjeti, oblik i dimenzije muzejskog predmeta te odnos njegovog sadržajnog i estetskog konteksta u odnosu na susjedni predmet. U svrhu olakšavanja organizacije muzejskih izložbi, predstavljen je softverski sustav ponovnog naziva Minerva koji posjeduje sposobnost automatskog rasporeda muzejskih predmeta u zadanom virtualnom prostoru.²⁵ Organizacija se sastoji od pripreme, odnosno rasporeda djela u smislene skupine, a zatim alokaciju – smještanje djela unutar zadanog geometrijskog prostora na način da se pokuša očuvati njihov raspored.

Testiranje Minervine učinkovitosti odvijalo se uz pomoć kolekcije Arheološkog muzeja u Milanu, a započelo je odabirom djela koje će Minerva morati organizirati, kao i odabir mjesta na kojemu će se djela izložiti. Prije samog procesa organiziranja, muzejskom djelatniku je ponuđen kriterij postupka pripreme, odnosno određivanje skupina unutar djela i njihov redoslijed prikazivanja. Neki od opcionalnih kriterija za redoslijed su vrijeme nastanka djela, mjesto nastanka, vrsta predmeta, funkcija, materijal i stilske značajke. Pri određivanju redoslijeda za arheološku zbirku, kronološki redoslijed smatrao se najprikladnijim. Umjetnička djela svrstana su u određene skupine, a muzejski djelatnik može ih naknadno mijenjati, odnosno razdvajati, ili mijenjati njihov redoslijed. Mogućnosti prilagođavanja procesa alokacije su također velike; moguće je odabrati minimalnu i maksimalnu zaokupljenost prostorija muzejskim predmetima, kao i odrediti smjer postavljanja predmeta u prostoriji koji može biti u smjeru kazaljke na satu ili obrnuto. Nakon odabira kriterija za proces pripreme i alokacije, rezultat organizacije moguće je vidjeti unutar VRML (Virtual Reality Modeling Language) okoline. Virtualni prikaz muzejskih predmeta je trodimenzionalan, a pruža mogućnost pristupa dodatnim informacijama o predmetu putem klika na sami predmet.

²⁵ Amigoni, F. i Schiaffonati, V., 2005. 'Using artificial intelligence for supporting museum organization'.

Impresivne mogućnosti organizacije omogućava pomno osmišljen sustav koji se sastoji od mnoštva entiteta nazvanih „agenti“ koji koriste tehnologiju umjetne inteligencije kako bi izvršili zadatak organizacije predmeta unutar muzeja. Agenti su kodirani u JAVA-i, a moguće ih je opisati kao inteligentne i autonomne programe koji mogu izvršavati različite zadatke, dok je rezultat njihovog zajedničkog rada organizacija muzeja. HTML preglednik upotrijebljen je za rad agenta zaduženog za korisničko sučelje čiji je primarni zadatak prevesti geometrijski opis organizacije iz Minervinog primarnog formata u format čitljiv i razumljiv korisniku, odnosno muzejskom zaposleniku. Korisničko sučelje preuzima podatke iz baze podataka kolekcije kako bi stvorilo trodimenzionalne modele predmeta i smjestilo ih unutar trodimenzionalnog virtualnog prostora. Nakon što je proces završio, korisnik se unutar prostora može i virtualno kretati te istražiti rezultate ili primijeniti drugačije kriterije za poboljšanja i izmjene. Osim agenata korisničkog sučelja, iznimno su važni agenti koji upravljaju Minervom, odnosno pripremni i alokacijski agent.



Slika 5. Virtualni raspored muzejskih predmeta stvoren pomoću softvera Minerva (Amigoni i Schiaffonati, 2005.)

Pripremni agent pomoću programskog jezika JESS primjenjuje kriterije za klasifikaciju predmeta koje raspoređuje u grupe, a pritom koristi znanje o mogućim kriterijima koji se odnose na način organizacije predmeta u muzeju. Dakle, pripremni agent prvo klasificira djela u skupine, a zatim određuje međusobni raspored skupina. Stručnost u klasificiranju i organiziranju preuzeta je od stručnjaka iz arheoloških muzejskih organizacija. Nakon što je korisnik postavio organizacijske kriterije, a softver po uzoru na njih stvorio nacrt organizacije, pripremni agent pohranjuje skupine djela u taksonomsko stablo, a njegov raspored predmeta

zajedno s korisnikovim odabranim prostorom zadovoljavaju nužne uvjete za početak rada alokacijskog agenta.

Cilj alokacijskog agenta je pronaći najbolje moguće prostorno rješenje za smještaj skupine predmeta koje je grupirao pripremni agent i pohranio u taksonomsko stablo, bez da naruši redoslijed skupina predmeta koji je također određen. Alokacijski agent također koristi JESS programski sustav, a njegovi kriteriji odabira uključuju željenu minimalnu ili maksimalnu okupiranost prostora, minimalnu i maksimalnu udaljenost perimetra prostorije te kriterij koji regulira položaj u odnosu na druge zadane elemente, kao što su vrata, prozori i slično. Alokacijski agent programiran je tako da sve skupine pokuša smjestiti u jednu prostoriju, no ako dođe do nemogućnosti izvršavanja takve raspodjele, postavlja upit korisniku treba li jednu grupu rasporediti u više prostorija ili više grupa u jednu prostoriju.

Minerva je softver koji predstavlja spoj starih i novih tehnologija umjetne inteligencije, odnosno klasičnu tehnologiju uz prisutnost sustava multi agenata koji su sve više zastupljeni. Softveri poput Minerve služe za poboljšanje kulturnih sadržaja, a u arheološkom ili bilo kojem drugom muzejskom okruženju nudi nova tehnološka rješenja za kvalitetnije umjetničke izložbe i rad muzeja. Unatoč mogućnosti obavljanja posla koji je inače predviđen muzejskim zaposlenicima, svrha Minerve nije zamjena istih, već pomoć u svakodnevnom radu. Organizacija muzejskog prostora koju nudi Minerva je spoj mogućnosti sustava baziranog na umjetnoj inteligenciji te odabiru čovjeka – muzejskog zaposlenika, koji selekcijom kriterija softver upućuje u željenom smjeru i tako postiže željeni rezultat.²⁶

²⁶ Ibid

ZAKLJUČAK

Umjetna inteligencija prikazana je kroz konkretne primjere upotrebe u muzejskim institucijama čime se dokazuje njezina primjenjivost. Njome se pruža mogućnost olakšanja rada muzejskog osoblja pomoću predviđanja broja posjetitelja u određeno vrijeme, na određenom mjestu, te u skladu sa semantičkim čimbenicima. Pokazuje efikasnost u procesu klasifikacije pomoću računalnog vida te određivanja autentičnosti djela. Interaktivni robotski vodiči pokazali su se uspješnima već krajem prošlog stoljeća, a njihova upotreba, kao i upotreba chat botova koji simuliraju ljudski razgovor ili posjetiteljima pružaju iskustvo „igre“, može poboljšati funkciju komunikacije te interakciju unutar muzeja, dok softverski sustav za organizaciju muzejskih predmeta unutar muzeja omogućuje znatno olakšanje pri planiranju nove izložbe. Unatoč problemu gubljenja radnih mjesta, važno je naglasiti da predstavljeni oblici umjetne inteligencije ne služe zamjenjivanju postojećih radnih mjesta, već pomoći pri izvršavanju radnih zadataka na efikasniji i točniji način, uz odabir kriterija rada prema vlastitom izboru. Umjetna inteligencija u muzejima doseći će znatno veću razinu upotrebe kada postane financijski pristupačnija te kada se muzejskom osoblju omogući pravilna edukacija. Digitalni se alati sve više koriste za upravljanje zbirkama, ali i strategijama i metodama za povećanje angažmana posjetitelja. Novi načini razmišljanja i viđenja neodvojivi su od digitalne evolucije u muzeju, a oni proširuju ulogu i odgovornost muzejskih zaposlenika. Upravo zato, čini se od iznimne važnosti studentima muzeološkog usmjerenja pružiti obrazovanje koje je multidisciplinarno, odnosno ono koje pruža znanje o učenju, komunikaciji, ljudskom ponašanju, identitetu, ali posebice načinu upotrebe novih tehnologija za primjenu stečenih znanja unutar svog budućeg radnog mjesta. Potrebno je razgovarati i razmotriti mogućnosti digitalne umjetnosti i dizajna, računarstva, komunikacije sadržaja posjetiteljima, istraživanja, muzejske inovacije, kreativnim izlozbama te boljoj analizi korisnika i njihovih potreba.

Također, važno je poboljšati pristup iznošenja rezultata kod muzeja koji su već primijenili umjetnu inteligenciju u svome radu. Osim opisa tehnološke funkcionalnosti i načina rada, potrebno je provesti opširnija istraživanja o zadovoljstvu posjetitelja i muzejskog osoblja, što trenutno nije obuhvaćeno u dovoljnoj mjeri, a može se poboljšati istraživanjem korisnika inteligentnih sustava, bilo da je riječ o muzejskim djelatnicima ili korisnicima.

LITERATURA

1. Amigoni, F. i Schiaffonati, V., 2005. 'Using artificial intelligence for supporting museum organization'. U: *Proceedings of the IJCAI2003 (Eighteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence) Workshop on Creative Systems: Approaches to Creativity in AI and Cognitive Science*, Acapulco, str. 65-74

Burris, S., 2010. 'George Boole'. U: Zalta N. (ur.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2019 Edition)*. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2019/entries/boole/>>. Datum pristupa: 12. lipnja 2021.
2. Campbell, M., Hoane Jr., A. i Hsu, F., 2021. 'Deep blue'. *Artificial intelligence*, 134(1-2), str. 57–83. Copeland, B. (ur.), 2012. *Alan Turing's Electronic Brain: The Struggle to Build the ACE, the World's Fastest Computer*. Oxford: Oxford University Press.
3. Copeland, B., 1997. 'The Church-Turing Thesis'. U: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2017 Edition)*. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <<https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/church-turing/>>. Datum pristupa: 14. lipnja 2021.
4. Fidora, A. i Barbera, S., 2011. *Ramon Llull, from the Ars Magna to Artificial Intelligence*. Barcelona: Artificial Intelligence Research Institute.
5. Gianni, T. i Bowen, J., 2019. *Museums and Digital Culture: New perspectives and research*. Cham: Springer.
6. Gregersen, E., 2020. 'Turing machine.' U: *Encyclopedia Britannica*. <<https://www.britannica.com/technology/Turing-machine>> Datum pristupa: 14. lipnja 2021.
7. Hanssen-Bauer, F., Bognerud, M., Hensten, D. i Pedersen, B., 2017. *Project: «Principal Components»*. [online] Nasjonalmuseet. <<https://www.nasjonalmuseet.no/en/about-the-national-museum/collection-management---behind-the-scenes/digital-collection-management/project-principal-components/>> Datum pristupa: 20. lipnja 2021.

8. Hosseini, H., Xiao, B. i Poovendran, R., 2017. 'Google's Cloud Vision API is Not Robust to Noise'. U: *2017 16th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)*, Seattle: Network Security Lab.
9. Hrga, M. 2018. 'Računalni vid', *Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku*, 1-2, str. 207-216. <<https://hrcak.srce.hr/198597>> Datum pristupa: 21. lipnja 2021.
10. Jaynes, E., 2003. *Probability theory: the logic of science*. Cambridge: Cambridge University Press.
11. Look, B. i Belaval, Y., 2021. 'Gottfried Wilhelm Leibniz'. U: *Encyclopedia Britannica*. <<https://www.britannica.com/biography/Gottfried-Wilhelm-Leibniz>> Datum pristupa: 22. lipnja 2021.
12. Lyu, S., Rockmore, D. i Farid, H., 2005. 'A digital technique for art authentication.' U: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Hanover, SAD: Department of Computer Science and Mathematics, Dartmouth College.
13. McCorduck, P., Minsky, M., Selfridge, O. i Herbert, A., 1977. 'History of artificial intelligence'. U: *IJCAI'77: Proceedings of the 5th international joint conference on Artificial intelligence*. Cambridge, SAD: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
14. Oppy, G. i Dowe, D., 2021. 'The Turing Test.' U: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2020 Edition)*. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <<https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/turing-test/>>. Datum pristupa: 23. lipnja 2021.
15. Osborne, M., 2004. *An introduction to game theory*. New York: Oxford university press.
16. Raatikainen, P., 2013. Gödel's Incompleteness Theorems. U: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2021 Edition)*. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2021/entries/goedel-incompleteness/>>. Datum pristupa: 23. lipnja 2021.
17. Schaffer, S., Oliver Gustke, Julia Oldemeier i Norbert Reithinger. 'Towards chatbots in the museum.' U: *Proceedings of the 2nd Workshop on Mobile*

Access to Cultural Heritage co-located with 20th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, mobileCH@Mobile HCI 2018, Sylvain Castagnos, Tsvi Kuflik, Ioanna Lykourentzou, Manolis Wallace (eds), Barcelona <<http://ceur-ws.org/Vol-2176/paper5.pdf>> Datum pristupa: 24. lipnja 2021.

18. Thrun, S., Bennewitz, M., Burgard, W. i Cremers, A., 1999. 'MINERVA: a second-generation museum tour-guide robot'. U: *Proceedings 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. Detroit, SAD: IEEE, str.1999-2005.
19. Turing, A., 1950. 'Computing Machinery and Intelligence'. *Mind*. 59(236), str. 433-460. <<https://www.jstor.org/stable/2251299>> Datum pristupa: 24. lipnja 2021.
20. Villaespesa, E. i Murphy, O., 2021. 'This is not an apple! Benefits and challenges of applying computer vision to museum collections'. *Museum Management and Curatorship*. 36(4) str.1-20. <<https://doi.org/10.1080/09647775.2021.1873827>> Datum pristupa: 5. kolovoza 2021.
21. Yap, N., Gong, M., Naha, R. i Mahanti, A., 2020. 'Machine Learning-based Modelling for Museum Visitations Prediction.' U: *2020 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)*. Montreal, Kanada: IEEE, str.1-7. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9297182?signout=success>> Datum pristupa: 6. kolovoza 2021.
22. Zhang, X., Zhao, J. i Cao, G., 2015. 'Who Will Attend? - Predicting Event Attendance in Event-Based Social Network.' U: *2015 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management*. Pittsburgh, SAD: IEEE. str.74-83. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7264306>> Datum pristupa: 7. kolovoza 2021.

POPIS ILUSTRACIJA

Popis slika

Slika 1. ROC krivulje na osnovu rezultata za semantičke, vremenske i prostorne čimbenike	10
Slika 2. rezultati analize osam Breughelovih djela (krug) i pet imitacija (kvadrat)	14
Slika 3. Analiza Peruginovog djela; točke 1-3 grupirane su, dok su točke 4-6 smještene odvojeno	15
Slika 4. dodavanjem šuma smanjuje se mogućnost prepoznavanja objekata kod alata Google Cloud Vision API	16
Slika 5. Virtualni raspored muzejskih predmeta stvoren pomoću softvera Minerva	24

Popis tablica

Tablica 1. Usporedba rezultata predviđanja posjećenosti svih i pojedinačnih čimbenika	11
---	----

Sažetak

Upotreba umjetne inteligencije u muzejima

Umjetna inteligencija je sposobnost računala da uče na osnovu iskustava, prilagođavaju se novim izazovima i rješavaju zadatke koji su donedavno bili namijenjeni ljudima. Koristeći se prirodnim jezikom, računala mogu obraditi velike količine podataka i na osnovu njihove analize izvršiti složene zadatke. Bogat izvor podataka su muzeji koji svojim radom stavljaju naglasak na pravilno dokumentiranje i komuniciranje informacija o muzejskoj građi. Podaci koje posjeduju su iznimno vrijedni, ali često i nedovoljno iskorišteni, što se može promijeniti upotrebom umjetne inteligencije. Njezina je korist i upotreba unutar muzeja predstavljena kroz aspekt istraživanja i poboljšanja posjećenosti u muzeju, prepoznavanja ponavljajućih uzoraka na predmetima unutar zbirke, provjere autentičnosti djela, interakcije s posjetiteljima te automatske prostorne organizacije predmeta u digitalnom izložbenom prostoru. Unatoč navedenim mogućnostima unaprjeđenja djelovanja, važno je naglasiti problem gubitka radnih mjesta muzejskih zaposlenika, kao i moguć problem nedostatka međuljudskih iskustava tijekom rada te smanjenog kontakta s posjetiteljima.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, muzeji, tehnologija, organizacija, razvoj, interakcija

Summary

Use of Artificial Intelligence in Museums

Artificial intelligence allows computers to learn based on experience, adapt to new challenges, and solve tasks that were designed for humans until recently. Using natural language, computers can process huge amounts of data and solve complex tasks based on their analysis. Museums possess large amounts of information and their work concentrates mainly on correct documentation and classification of museum material. The information they possess is extremely valuable but often left unused, which can be changed by using artificial intelligence. This work will present the benefits and use of artificial intelligence, specifically related to museum functions of research and communication, for example improving attendance, pattern recognition, artwork authentication, interaction, and automatic space organization. Despite mentioned work advancement opportunities, it is important to emphasize the problem of job losses of museum employees, as well as the possible lack of interpersonal experience during work and visit and reduced contact with visitors.

Key words: artificial intelligence, museums, technology, organization, development, interaction