

Primjena umjetne inteligencije u hidrografiji

Grbić, Katarina Gabriela

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, University Department of Forensic Sciences / Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:227:805689>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**

SVEUČILIŠTE
U
SPLITU



SVEUČILIŠNI
ODJEL ZA
FORENZIČNE
Znanosti

Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department for Forensic Sciences](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA FORENZIČNE ZNANOSTI
FORENZIKA I NACIONALNE SIGURNOSTI

DIPLOMSKI RAD

PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U HIDROGRAFIJI

Mentor: dr. sc. Marko Pilić

KATARINA GABRIELA GRBIĆ

Split, lipanj 2024. godine

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA FORENZIČNE ZNANOSTI
FORENZIKA I NACIONALNE SIGURNOSTI

DIPLOMSKI RAD

PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U HIDROGRAFIJI

Mentor: dr. sc. Marko Pilić

KATARINA GABRIELA GRBIĆ

711/2024

Split, lipanj 2024. Godine

Rad je izrađen u Splitu pod nadzorom mentora dr. sc. Marka Pilića u vremenskom razdoblju od 18. studenog 2023. godine do 31. svibnja 2024. godine.

Datum predaje diplomskog rada: 26. lipanj 2024.

Datum prihvatanja rada: 28. lipanj 2024.

Datum usmenog polaganja: 10. srpanj 2024.

Ispitno povjerenstvo:

1. Prof.dr.sc. Josip Kasum
2. Doc.dr.sc. Tonći Prodan
3. dr.sc. Marko Pilić

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1 Cilj i svrha rada	1
1.3 Metodologija i izvori podataka.....	2
2. Hidrografija.....	3
2.1 Povijest i razvoj hidrografije.....	4
2.2 Hidrografska djelatnost	9
2.3 Hidrografski premjer	16
2.4 Prednosti i izazovi	16
3. Diskusija	20
3.1 Umjetna inteligencija	20
3.2 Definiranje i povijesni razvoj umjetne inteligencije	21
3.3 Općenita primjena umjetne inteligencije	25
3.4 Prednosti i izazovi	35
4. Rezultati.....	42
4.1 Primjena umjetne inteligencije u hidrografiji	42
4.2 Trenutna primjena umjetne inteligencije u hidrografiji	42
4.3 Prednosti i izazovi primjene umjetne inteligencije u hidrografiji	43
4.4 Primjeri primjene UI u hidrografiji.....	45
4.5 Prijedlozi za buduća istraživanja i poboljšanja	49
5. Zaključak.....	51
6. Literatura.....	52
Popis oznaka i kratica	59
Popis slika	61
Sažetak	62
Abstract	63
Životopis	64
Izjava o akademskoj čestitosti.....	65

1. Uvod

Hidrografija, kao znanstvena disciplina koja proučava vodene sustave na Zemlji, zauzima ključnu ulogu u razumijevanju, modeliranju i očuvanju vodenih resursa. U isto vrijeme, umjetna inteligencija (UI) doživljava ubrzani razvoj, donoseći sa sobom inovacije i promjene u raznim područjima. Suvremeni izazovi u upravljanju vodenim resursima zahtijevaju napredne tehnologije, a integracija UI u hidrografiju predstavlja obećavajući smjer istraživanja.

Ovaj diplomski rad temelji se na istraživanju hidrografije općenito, obuhvaćajući definiciju i povijest hidrografije, hidrografske djelatnosti te prednosti i izazove koji proizlaze iz proučavanja vodenih sustava. Paralelno s tim, istražuju se osnovni pojmovi UI, uključujući njezinu definiciju, povijest, raznolike vrste i primjene te inherentne prednosti i izazove, koji su itekako prisutni.

Posebna pozornost posvećuje se spajanju ova dva područja, istražujući primjenu UI u hidrografiji. Uz to, u radu se analiziraju mogućnosti i ograničenja integracije UI u hidrografiju te procjenjuje utjecaj na okoliš, društvo i gospodarstvo.

Kroz ovo istraživanje, cilj je pružiti sveobuhvatan uvid u trenutno stanje i potencijal UI u hidrografiji, ističući ključne izazove i koristi koje proizlaze iz ove sinergije.

1.1 Cilj i svrha rada

Smatra se da je hidrografija grana geografije koja proučava vodne sustave Zemlje. Pored ostalih metoda ona se koristi UI. Tako primjerice UI omogućuje mjestimičnu provedbu hidrografskog premjera.

Glavnim cilj ovog rada smatra se istraživanje povezano s mogućnostima, načinom i svrhom primjene UI u povezanosti s hidrografskim premjerom. Stoga će se u radu opisati načini korištenja UI na odgovarajuće opremljenim hidrografskim brodovima i pozitivni učinci ovih novih tehnologija na djelatnosti hidrografskih organizacija.

U metodološkom pristupu planiranim istraživanjima može se navesti forenzički pristup.

1.3 Metodologija i izvori podataka

Pri izradi istraživanja korištene su tehnike prikupljanja podataka iz sekundarnih i inih izvora s fokusom na relevantnu literaturu koja obuhvaća znanstvene i stručne izvore i stručne članke o primjeni UI i hidrografije.

Također, korištene su znanstveno istraživačke metode analize, sinteze i dedukcije u kontekstu istraživane teme temeljem kojih su apostrofirani zaključci ovog istraživanja te je iznijet znanstveni doprinos.

2. Hidrografija

Svijet vode predstavlja jedan od najdinamičnijih i najznačajnijih aspekata našeg planeta. Hidrografija, grana geografije koja se bavi proučavanjem raspodjele, kretanja i karakteristika vode na Zemlji, ima ključnu ulogu u razumijevanju ovog vitalnog resursa. Od oceana do pitke vode koja teče kroz rijeke, jezera i podzemne izvore, hidrografija omogućava uvid u kompleksnu mrežu hidroloških procesa koji oblikuju svijet. 71 % površine Zemlje prekriveno je vodom. Toliko svjetskih oceana ostalo je neistraženo da je površina Marsa više mapirana sa visokom rezolucijom nego što je dno morskih površina na zemlji.¹ S obzirom na ovu statistiku, istraživanje dubina je važno kako bismo bolje razumjeli i potencijalno otkrili nove oblike života ili resurse koji bi mogli imati ključnu ulogu u budućim istraživanjima. Važno je istaknuti sigurnost navigacije, ali i važnu ulogu u ekonomskom razvoju, sigurnosti i obrani, znanstvenom istraživanju i zaštiti okoliša. Hidrografija može uključivati prirodne i umjetne značajke obale te karakteristike plime i oseke, ali njezina osnova je batimetrija, mjerenje dubine vodenog tijela i proučavanje podvodnog terena. Prvotna tehnika za kartiranje dubinskih mjerenja bila je jednostavno spustiti olovnu sondu pričvršćenu za mjerne uže s bočne strane broda. Korištenje olovnih linija², kako su ih nazivali, bilo je vrlo naporno i mnogi faktori su mogli utjecati na točnost mjerenja. Danas je najčešća tehnika korištenje sonara. Impulsi ultrazvuka emitiraju se kroz vodu i putuju dok ne dosegnu čvrsti objekt, a taj objekt reflektira impulse natrag prema svom izvoru. Mjerenjem vremena između odašiljanja i prijama ultrazvuka, hidrografi mogu mjeriti dubinu vode.

Formula koja se koristi za izračunavanje dubine vode koristeći sonar:³

- D predstavlja dubinu vode koju mjerimo.
- V je brzina zvuka u vodi.

¹ U.S. Geological Survey. Why we have better maps of Mars than of the seafloor—and what USGS is doing to change that. U.S. Geological Survey. Dostupno na: <https://www.usgs.gov/index.php/news/science-snippet/why-we-have-better-maps-mars-seafloor-and-what-usgs-doing-change> pristupljeno 22.2.2024.

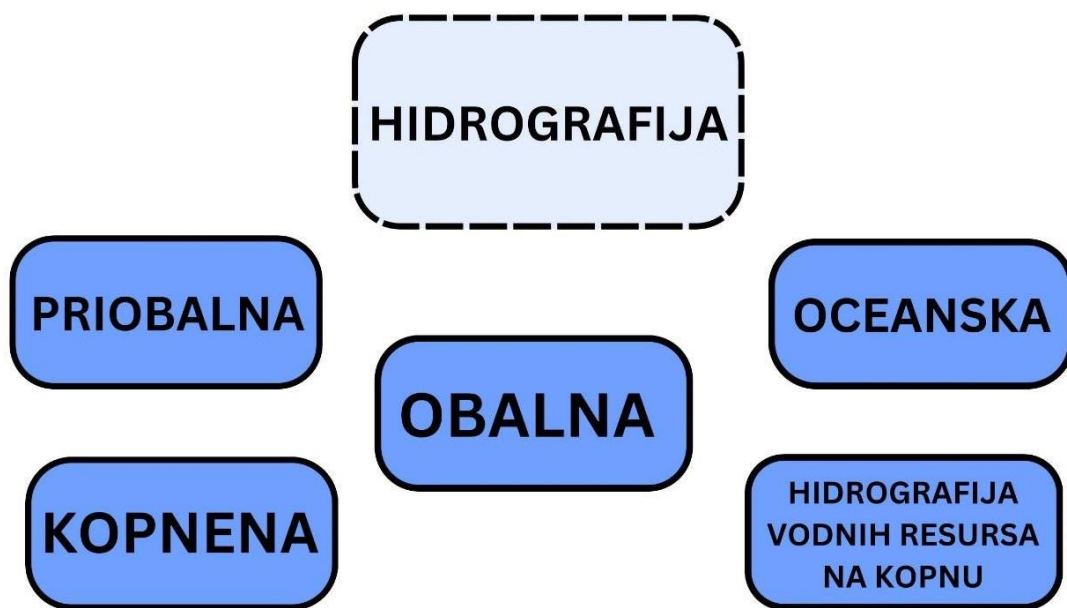
² Olovne linije, poznate i kao olovne sonde, tradicionalni su hidrografski instrumenti za mjerenje dubine vode. Sastoje se od duge konopca s olovnom težinom na jednom kraju. Ova težina, često obložena voskom, omogućuje liniji da brzo potone do dna vodenog tijela. Konopac je označen na redovitim intervalima, obično svakih metar, što omogućuje lako očitavanje dubine. Kada hidrograf ili mornar baci olovnu težinu u vodu, konopac se zategne kad težina dotakne dno. Oznake na konopcu omogućuju očitavanje dubine vode. Vosak na olovnoj težini također može prikupiti uzorke dna, što omogućuje procjenu sastava dna (pijesak, mulj, kamenje). Practical seamanship: Leadlines. Dostupno na: <https://www.yachtingmonthly.com/sailing-skills/practical-seamanship-leadlines-28316> pristupljeno 14.3.2024.

³ University of Oslo. (2011). Sonar presentation. Dostupno na: https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF-GEO4310/h11/undervisningsmateriale/sonar_presentation_2011_compressed.pdf. Pristupljeno 24.5.2024.

- t je vrijeme koje zvučni signal treba da putuje do dna i vrati se natrag do sonara:

$$D = \frac{v \cdot t}{2}$$

Moderni sustavi mogu emitirati desetke zvučnih valova u obliku lepeze koji brzo mogu kartirati dijelove terena sa sve većom razinom preciznosti. Svi ti podaci koriste se od strane znanstvenika, stručnjaka i ostalih dionika kako bi se stvorili točni prikazi svjetskih oceana, mora i plovnih vodova. Hidrografi istražuju neistražene dubine kako bi saznali više o Zemlji.



Slika 1 Podjela hidrografije
Izvor: autorica

2.1 Povijest i razvoj hidrografije

Prije nego što se detaljnije razmotri pojam hidrografije, važno je razumjeti neke temeljne pojmove. Geologija je znanost koja se bavi proučavanjem Zemlje, uključujući formiranje planeta i promjene koje se događaju na njoj. Geolozi istražuju tlo, stijene, planine, rijeke, oceane i druge dijelove Zemlje. Nadalje, Hidrologija je znanost koja istražuje procese

upravljanja, promjene i obnavljanja vodenih resursa na Zemlji, uključujući vode iznad, na i ispod površine zemlje te njihov utjecaj na okoliš i živa bića.

Hidrografija, grana hidrologije, je primijenjena znanost koja se bavi mjerenjima i opisom fizikalnih značajki voda i rubnoga kopna uz njih, te predviđanjem njihovih promjena u vremenu, ponajprije radi sigurnosti plovidbe, ali i kao potpora za druge aktivnosti poput ekonomskoga razvoja, obrane, znanstvenih istraživanja i zaštite okoliša.⁴

Povijest hidrografije seže duboko u prošlost ljudskih pomorskih aktivnosti. Od drevnih civilizacija koje su koristile vodene puteve za trgovinu do suvremenih tehnoloških inovacija, proučavanje vodenih tijela igralo je ključnu ulogu u razvoju ljudske civilizacije. U početku, hidrografija je bila ograničena na praktične potrebe pomoraca, ali tijekom vremena postala je sve složenija znanost koja se bavi proučavanjem fizičkih karakteristika vodenih površina kako bi se osigurala sigurna navigacija, potaknuo ekonomski razvoj, te zaštitio okoliš. Kao što je već spomenuto, istražujući vodu sa geografskog gledišta, hidrografija je usko povezana s fizičkom geografijom, pa se zato često naziva hidrogeografija. Hidrografija je definirana disciplina koja se bavi proučavanjem i mjerenjem fizičkih karakteristika vodenih tijela, kao što su rijeke, jezera, mora i oceani. Iako je povezana s drugim disciplinama, ona ima svoje specifične metode i ciljeve.⁵ Ova interdisciplinarna povezanost omogućuje dublje razumijevanje fizičkih karakteristika vodenih tijela, uključujući struje, plime i oseke, te ih stavlja u širi kontekst ekoloških, geoloških i atmosferskih procesa.

Hidrografija je svoje korijene imala u izradi karata koje su pojedinci, obično mornari, izrađivali kao crteže i zabilješke. Te su karte često bile u privatnom vlasništvu i korištene su za trgovinske prednosti. Međutim, kad bi bile dostupne vojnim snagama, služile su i za vojne namjene. Kasnije su mnoge organizacije, posebno mornarice, prepoznale važnost prikupljanja i dijeljenja takvih znanja, što je rezultiralo formiranjem hidrografskih organizacija. Ove organizacije su se bavile prikupljanjem, organiziranjem, izdavanjem i distribucijom hidrografskih podataka, uključujući karte i primjerice smjerove plovidbe.

Pojam pomorske karte datira s početka 13. stoljeća, kada je Marko Polo donio kompas iz Kine u Europu. U to vrijeme su se pojavile prve portulanske karte (*Carta Pisa-na*), koje su bile

⁴ Hrvatska tehnička enciklopedija. (2017). Hidrografija. Dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/hidrografija/> pristupljeno 22.3.2024.

⁵ Orešić, D., Čanjevac, I., & Perica, D. (2022). Kratak prikaz razvoja hidrogeografije u Hrvatskoj s posebnim osvrtom na razdoblje 1992.-2022. Zagreb: Hrvatsko geografsko društvo.

namijenjene isključivo plovidbi morem, za razliku od višenamjenskih karata. Razvoj pomorske kartografije može se podijeliti na tri glavne epohe:

- prvo, epohu portulanskih karata, u kojoj su karte izrađivane ručno;
- epohu hidrografskog premjera, koja obuhvaća pojavu prvih izmjerivih dubina na kartama i osnivanje institucija koje su se bavile kartiranjem i upravljanjem podmorjem;
- i konačno, najnoviju epohu elektroničkih pomorskih karata s gotovo globalnom pokrivenošću, što označava prelazak na digitalne tehnologije. Iako još uvijek nije čitav svijet obuhvaćen ovom pokrivenošću, napredak u tehnologiji omogućava sveobuhvatnije i preciznije kartografske podatke.⁶

Pomorske karte su dizajnirane kako bi njihova upotreba bila relativno jednostavna, posebno u teškim vremenskim uvjetima i opasnostima koje prijete brodu i posadi (kao što su nasukavanje, potapanje, požar i sl.). U tim kritičnim trenucima, pomorska karta postaje vitalni alat koji može spasiti živote i imovinu. S obzirom na svoju svrhu, pomorske karte imaju jednostavan prikaz u usporedbi s topografskim ili tematskim kartama.⁷ Na njima je manje objekata po jedinici površine, a za prikazivanje koriste se ograničene boje, uglavnom kako bi se naglasili orijentiri za navigaciju. Prikaz podmorja je također sveden na njegovu osnovnu funkciju kako bi se izbjeglo preopterećenje informacijama prilikom donošenja odluka. Glavna svrha objekata na pomorskim kartama je osigurati sigurnost plovidbe, a u suvremenom kontekstu i očuvanje okoliša.

Povijest globalne suradnje u području hidrografije započinje Hidrografskom konferencijom koja se održala u Washingtonu 1899. godine.⁸ Ova konferencija označila je početak pregovora o međunarodnoj suradnji na području hidrografije. Nakon dviju konferencija održanih u Petrogradu 1908. i 1912. godine, uslijedila je konferencija u Londonu 1919. godine na kojoj je donesena odluka o osnivanju stalnog tijela koje će nadzirati hidrografsku službu. Na toj konferenciji sudjelovale su predstavnici 24 države. Dvije godine kasnije, 1921. godine, osnovan je Međunarodni hidrografski ured (engl. *International Hydrographic Bureau - IHB*) sa sjedištem u Kneževini Monako. Značajnu ulogu u osnivanju i razvoju Međunarodnog

⁶ Faričić, J. (2023). Pomorske karte – susret znanosti, umjetnosti i prakse. *Kartografija i geoinformacije*, 22 (39), 97-99. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/306272> str. 88

⁷ Pleić, S. (1968). Naše pomorske karte. *Geodetski list*, XXII (45) (1–3), 6-9. dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/296350>

⁸ Hydro International. (2017). First Assembly of the International Hydrographic Organization (IHO). Dostupno na: <https://www.hydro-international.com/content/article/first-assembly-of-the-international-hydrographic-organization-iho> pristupljeno 22.3.2024.

hidrografskog ureda imao je Princ Albert I. od Monaka. Nakon usvajanja Međunarodne konvencije o Međunarodnoj hidrografskoj organizaciji (engl. *International Hydrographic Organization* - IHO) 1970. godine, IHB je promijenio naziv u IHO. IHB je nastavio s radom sve do 2017. godine, nakon čega je preimenovan u Tajništvo IHO-a.

Od 24 države prisutne na osnivačkoj konferenciji IHB-a, 19 je odmah postalo članicama organizacije. Trenutno, IHO broji 93 države članice, iako je nekoliko njih suspendirano zbog neispunjavanja svojih obaveza. IHO je međuvladina konzultativna i tehnička organizacija koja ima status promatrača pri Ujedinjenim Narodima. Ona koordinira aktivnosti nacionalnih hidrografskih ureda i promiče jedinstvenost u pomorskim kartama i dokumentima. Izdaje najbolje prakse u istraživanju, pruža smjernice za maksimiziranje upotrebe podataka hidrografskih istraživanja i razvija hidrografske sposobnosti u državama članicama.⁹ IHO se trudi osigurati globalnu dostupnost hidrografskih podataka te uspostaviti standardizaciju i uniformnost tih podataka među različitim hidrografskim organizacijama. Da bi to postigao, potrebno je uskladiti aktivnosti i operacije mnogih nacionalnih hidrografskih tijela. Nadalje, IHO se aktivno angažira u razvoju hidrografske znanosti kako na nacionalnoj tako i na vlastitoj razini. Kroz ovakve ciljeve, IHO provodi širok spektar aktivnosti, uključujući osiguranje podataka za izradu pomorskih karata, postizanje dosljednosti tih karata i navigacijskih publikacija, te razvoj metoda za provođenje hidrografskih mjerenja. Nadalje, IHO igra ključnu ulogu u razvoju međunarodnih hidrografskih standarda, čime osigurava postojanje međunarodnih i nacionalnih propisa koji reguliraju hidrografsku djelatnost. Jedna od najznačajnijih djelatnosti IHO-a predstavlja donošenje, razvoj i održavanje publikacija. Svaka publikacija IHO-a, ovisno o kategoriji, označena je odgovarajućim slovom iza kojeg slijedi broj te naziv publikacije. Pet je kategorija publikacija IHO-a i to su:¹⁰

- batimetrijske publikacije (B),
- publikacije o jačanju kapaciteta (C),
- razne publikacije (M),
- periodičke publikacije (P),
- standardi i specifikacije (S).

⁹ International Hydrographic Organization. (2021). About the IHO. Dostupno na: <https://iho.int/en/about-the-iho> pristupljeno 23.3.2024.

¹⁰ Publikacije Međunarodne hidrografske organizacije. (2020). Dostupno na: <https://iho.int/en/iho-publications>

Važno je istaknuti da nastavak aktivnosti i suradnje s IHO-om je ključan za daljnji napredak hidrografije i osiguranje sigurnije i održivije budućnosti za sve koji ovise o morskim putovima i resursima.

Važno je istaknuti Hrvatski hidrografski institut koji predstavlja ključnu instituciju koja se bavi sustavnim istraživanjem i kartiranjem vodenih putova u Republici Hrvatskoj. Osnovan s ciljem osiguranja sigurne plovidbe i očuvanja morskih resursa, ovaj institut ima dugu povijest pružanja relevantnih hidrografskih podataka i usluga. Prva utemeljena istraživanja na Jadranu započela su u ranom 19. stoljeću, a istraživanja koja je vodio francuski hidrograf Charles François Beautemps-Beaupré postavila su temelje za daljnja istraživanja Jadranskog mora. Inicijalno, hidrografsku djelatnost na Jadranu provodila je Francuska vlada.¹¹ Nakon toga, vlast nad Jadranom preuzima Austro-Ugarska Monarhija. Sve do 1860. godine, Jadransko more nije bilo obuhvaćeno organiziranom hidrografskom djelatnošću. U toj godini, Hidrografski zavod je osnovan u Trstu s kasnijim promjenama sjedišta i naziva tijekom vremena. Kada je Hidrografski zavod bio smješten na hrvatskoj obali Jadrana, u Puli, Tobias Freiherr von Österreichischer je vodio sustavna mjerenja Jadranskog mora, što je rezultiralo izradom nove karte Jadrana. Prve karte su se pojavile u obliku atlasa, koji je sadržavao općenite karte, kursne karte te panoramske prikaze važnih luka i njihovih pristupnih putova. Od kraja 1944. godine, središte hidrografske djelatnosti na Jadranu ponovno postaje Split, nakon 15 godina pauze. Prethodno, prvi put je Split bio središte hidrografske djelatnosti od 1922. godine, zajedno s Dubrovnikom i Tivatom. Organizacija je 1937. godine preimenovana u Hidrografski Institut Mornarice te je nastavila svoje djelovanje i nakon Drugog svjetskog rata. Od tada, Institut kontinuirano djeluje sa sjedištem u Splitu, posvećujući se istraživanju i razvoju hidrografske djelatnosti. Nakon osamostaljenja Republike Hrvatske, Institut mijenja ime u Republički Hidrografski Institut, a zatim u Državni Hidrografski Institut, sve do konačnog preimenovanja u Hrvatski Hidrografski Institut (HHI). HHI obavlja hidrografsku djelatnost koja je od interesa za Republiku Hrvatsku i regulirana je Zakonom o hidrografskoj djelatnosti i Pomorskim zakonikom. HHI svoju djelatnost provodi kroz hidrografski, oceanografski, kartografski, nautički, informatički i reprodukcijски odjel, te kroz odjele menadžmenta plovnih objekata, računovodstva i pravnih poslova. Institut ima ključnu ulogu u povećanju sigurnosti plovidbe kroz hidrografsku izmjeru mora, izdavanje službenih pomorskih navigacijskih karata i priručnika, te obavljanje

¹¹ HHI, Hrvatski hidrografski institut. (2020). Dostupno na: <http://www.hhi.hr/> pristupljeno 27.3.2024.

izdavačko-tiskarskih poslova.¹² Također, HHI predstavlja Hrvatsku u međunarodnim organizacijama poput IHO-a i IMO-a te obavlja znanstveno-istraživačke aktivnosti kako bi osnažio jadransku orijentaciju Hrvatske. Republika Hrvatska donosi nacionalne propise kroz rad HHI-a, u skladu s preporukama međunarodnih organizacija poput IHO-a, IMO-a i IALAE. HHI djeluje u okviru Ministarstva mora, prometa i infrastrukture te surađuje s Hrvatskom ratnom mornaricom, lučkim kapetanijama, Ustanovom za održavanje pomorskih plovni putova i ostalim nacionalnim hidrografskim organizacijama pomorskih zemalja.¹³

2.2 Hidrografska djelatnost

Hidrografija je tijesno povezana s počecima pomorskih putovanja i istraživanja mora. Već stoljećima, hidrografski istraživači prikupljaju ključne podatke potrebne za izradu pomorskih karata i publikacija. Ovi dokumenti postali su neophodni zbog potrebe sigurnog prolaska trgovačkih brodova po svjetskim morskim rutama.

Hidrografske karte su specijalizirane karte koje prikazuju hidrografiju ili vodene putove, uključujući rijeke, jezera, oceane, kanale, prirodne i umjetne obale, dubine voda, te različite hidrološke karakteristike terena.

Hidrografske, batimetrijske i pomorske karte su ključni alati na moru, svaka s posebnom svrhom i fokusom.

Hidrografske karte pružaju detaljne informacije o kopnenim obalama, rijekama, jezerima i drugim unutrašnjim vodama. Iako mogu sadržavati informacije o dubinama voda, to nije njihov primarni fokus.

S druge strane, batimetrijske karte su specijalizirane mape koje prikazuju topografiju morskog dna, slično kao što topografske karte prikazuju zemaljske reljefe. Ove karte uključuju podatke o dubinama mora, jezera ili rijeka, koji su prikazani pomoću izobata, linija koje povezuju točke iste dubine.¹⁴ Batimetrijske karte često sadrže digitalne modele terena pod vodom, što omogućuje detaljniju analizu i vizualizaciju morskog dna.

¹² Hrvatski hidrografski institut. (n.d.). O Institutu. Dostupno na: <https://www.hhi.hr/o-nama/o-institutu> pristupljeno 22.2.2024.

¹³ Leksikografski zavod Miroslav Krleža. (2018). Hrvatski hidrografski institut. Dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/hrvatski-hidrografski-institut/> pristupljeno 8.3.2024.

¹⁴ NOAA. (2021). What is bathymetry? Dostupno na: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/bathymetry.html> pristupljeno 8.3.2024.

Također su od vitalnog značaja za znanstvena istraživanja jer pomažu u proučavanju geoloških i bioloških aspekata morskih ekosustava. Inženjerski projekti, poput izgradnje podvodnih infrastruktura, također se oslanjaju na ove karte kako bi planirali i izvršavali svoje radove. Batimetrijske karte su također bitne za zaštitu okoliša jer omogućuju praćenje promjena u ekosustavima i planiranje zaštitnih mjera. U forenzičkoj hidrografiji, batimetrijske karte mogu se koristiti za rješavanje različitih pravnih i istražnih pitanja koja uključuju vodene površine. Mogu pomoći u lociranju potopljenih objekata, istraživanju podvodnih mjesta zločina i identificiranju promjena na morskom dnu koje mogu ukazivati na ilegalne aktivnosti ili prirodne katastrofe.¹⁵ Članak "*Searching for Lost Submarines: An Overview of Forensic Underwater Methodologies*" opisuje tehnike koje se koriste za pronalaženje i istraživanje potonulih podmornica. U njemu se naglašava korištenje naprednih tehnologija poput sonar kartiranja, ROV-ova i AUV-ova za precizno kartiranje i detaljno ispitivanje podvodnih lokacija. Proces uključuje stručnjake iz različitih područja, kao što su oceanografija, morska arheologija i forenzička znanost, koji zajednički tumače podatke i identificiraju potopljene objekte. Članak također raspravlja o značajnim slučajevima pretrage podmornica, ilustrirajući praktičnu primjenu ovih metodologija, dok se naglašava važnost multidisciplinarnе suradnje za prevladavanje izazova poput dubine oceana i podvodnih struja. Osim pronalaženja podmornica, ove metodologije koriste se za prikupljanje dokaza i rekonstrukciju događaja povezanih s pomorskim incidentima, što je ključno za pravne i povijesne istrage. Forenzička hidrografija igra ključnu ulogu u ovom procesu, omogućujući preciznu analizu i interpretaciju podataka kako bi se riješila složena pravna i istražna pitanja vezana uz potopljene objekte.¹⁶

GEBCO (engl. *General Bathymetric Chart of the Oceans*) ima izravnu vezu s batimetrijskim kartama jer je jedan od glavnih izvora za globalne batimetrijske podatke. Batimetrijske karte, koje prikazuju dubinu i topografiju morskog dna, temeljne su za različite primjene u navigaciji, znanstvenim istraživanjima i upravljanju morskim resursima. GEBCO igra ključnu ulogu u prikupljanju, obradi i distribuciji tih podataka.

UI transformira proces izrade batimetrijskih karata kroz analizu podataka prikupljenih iz sonara, radara i drugih senzora. Koristeći napredne algoritme strojnog učenja, AI prepoznaje

¹⁵ CIMSEC (2024.) Searching for lost submarines: an overview of forensic underwater methodologies. Dostupno na: <https://cimsec.org/searching-for-lost-submarines-an-overview-of-forensic-underwater-methodologies/> pristupljeno 31.5.2024.

¹⁶ *Ibid.*

obrasce i karakteristike morskog dna, identificira podvodne strukture kao što su grebeni, kanjoni ili podvodni reljefi. Osim toga, UI ubrzava proces izrade karata, automatizira detekciju opasnosti za plovidbu te kontinuirano ažurira i poboljšava kartografske podatke. Kroz ove inovacije, UI unaprjeđuje točnost, efikasnost i pouzdanost batimetrijskih karata, ključnih za sigurnu plovidbu i održavanje morskih resursa.¹⁷

Također, bitno je spomenuti pomorske karte koje kombiniraju informacije iz hidrografskih i batimetrijskih karata te dodaju nautičke informacije važne za sigurnu plovidbu, poput svjetionika, plutača i opasnosti za plovidbu. Njihov je cilj pružiti potpunu sliku za sigurnu i učinkovitu pomorsku navigaciju. Iako se njihovi fokusi razlikuju, hidrografske, batimetrijske i pomorske karte zajedno čine bitan izvor informacija.

Hidrografske izmjere (premjeri) su procesi prikupljanja podataka o vodenim tijelima i obalnim područjima radi stvaranja ili ažuriranja hidrografskih karata. Ove izmjere obično obavljaju specijalizirani timovi.

Temeljno mjerenje koje se obavlja je mjerenje dubina. Potrebno je odraditi temeljnu pripremu terenskih radova, te sam temeljni uvjet za uspješan premjer je točno odrediti poziciju samog broda. Pod time se podrazumijeva udaljenost na kojoj se mjerena pozicija podudara sa stvarnim vrijednostima.¹⁸ Danas se pozicije određuju sa DGPS-om (engl. *Differential Global Positioning System*) koji u skladu sa povelom omogućuje točnost s pogreškom manjom od 10 metara. Prema najnovijoj podjeli hidrografskih premjera iz 2022. godine koju je usvojio IHO u standardu S-44, hidrografski premjeri dijele se na četiri kategorije: Ekskluzivni red (engl. *Exclusive Order*), Red 1a, Red 1b i Red 2.:¹⁹

- Ekskluzivni red: Ova kategorija je najstroža i namijenjena je za kritična područja kao što su luke i kanali gdje je potrebna izuzetno visoka preciznost. Primjenjuje se u područjima s minimalnim slobodnim gazom i gdje karakteristike dna mogu biti opasne za plovila. Točnost mjerenja u ovoj kategoriji je +/- 10 cm.

¹⁷ Midorikawa, S., Nagayama, Y., Sakuma, S., & Uemura, K. (2020). High-resolution bathymetry by deep-learning-based image superresolution. PLOS ONE, 15(7), preuzeto s <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235487>

¹⁸ International Hydrographic Organization. (2022). IHO Standards for Hydrographic Surveys (S-44), 6.1.0. dostupno na: https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/S-44_Edition_6.1.0.pdf str. 1-2 pristupljeno 25.5.2024.

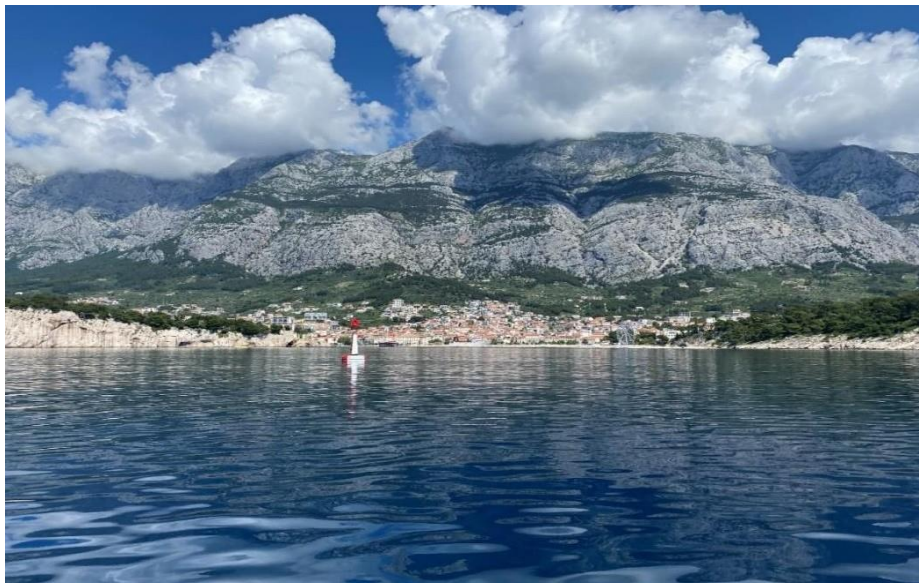
¹⁹ *Ibid.* Str. 1-2

- Red 1a: Ova kategorija pokriva područja važna za navigaciju, kao što su plovni putevi i pristaništa, gdje je točnost i dalje vrlo visoka, ali nešto manje stroga nego u Ekskluzivnom redu. Točnost mjerenja je +/- 20 cm.



Slika 2 Primjer reda 1a kategorije hidrografskog premjera – luka Makarska (dubina 4m)
Izvor: autorica

- Red 1b: Ova kategorija se primjenjuje u manje kritičnim navigacijskim područjima, kao što su manji plovni putevi i luke koje ne zahtijevaju tako visoku preciznost. Točnost mjerenja je +/- 50 cm.



Slika 3 Primjer reda 1b kategorije hidrografskog premjera – Ulaz u luku Makarska (dubina 37m)
Izvor: autorica

- Red 2: Najmanje stroga kategorija, koja se koristi za opća hidrografska istraživanja u područjima gdje preciznost nije kritična za sigurnost plovidbe. Točnost mjerenja u ovoj kategoriji je +/- 1 m.



Slika 4 Primjer reda 2 kategorije hidrografskog premjera –
obala Italije (Isola di Capri – dubina 220m)
Izvor: Autorica

Postupak hidrografskih premjera obično se sastoji od radova na terenu i radova u hidrografskoj organizaciji, pri čemu svaki dio ima svoje specifične zadatke i ciljeve. Radovi na terenu uključuju hidrografsko istraživanje, geodetska mjerenja i postavljanje navigacijskih oznaka. Hidrografsko istraživanje obuhvaća prikupljanje podataka o obalama, dubinama voda i podvodnim preprekama. Postavljanje oznaka poput plutača ili svjetionika ključno je za označavanje sigurnih plovnih puteva i opasnih područja. Radovi u hidrografskoj organizaciji uključuju analizu i obradu prikupljenih podataka te izradu hidrografskih karata. Hidrografski stručnjaci analiziraju podatke s terena i kartografi stvaraju karte poput hidrografskih premjera, pomorskih karata ili batimetrijskih karata. Kontinuirano ažuriranje karata je ključno za održavanje njihove točnosti i pouzdanosti.

Ovaj postupak kombinira terenski rad s analizom i kartografskim radom kako bi se osigurala točna hidrografija za sigurnu pomorsku navigaciju i druge svrhe. Suradnja između terenskih timova, hidrografskih organizacija i kartografskih stručnjaka ključna je za uspješno izvođenje hidrografskih premjera i održavanje kvalitete hidrografskih podataka.

Važno je spomenuti kao bitnu ulogu u hidrografiji i točnosti podataka igra vremenska učestalost hidrografskih premjera, odnosno koliko često se obavljaju mjerenja na terenu. Sama hidrografska organizacija odlučuje koliko često će obavljati premjere. Većinom na učestalost premjera utječu financijske mogućnosti jer je proces poprilično skup. Glavna posljedica i najveći problem nakon toga postaju zastarjeli podaci.

Važno je naglasiti proces reambulacije u hidrografskoj djelatnosti. To je postupak kada se provjeravaju stupanj podudarnosti podataka na pomorskim kartama i navigacijskim publikacijama sa stvarnim stanjem.²⁰ Ažurirane karte pružaju svježije podatke o dubinama voda, obalama i drugim hidrografskim karakteristikama, što osigurava pouzdanije informacije za sigurnu plovidbu.

Na temelju rezultata kontrolnih reambulacijskih mjerenja nije moguće izdati novo izdanje pomorske karte i navigacijske publikacije. Rezultati ovih mjerenja služe isključivo za prikupljanje informacija potrebnih za održavanje pomorskih karata i navigacijskih publikacija, kao i za druge svrhe hidrografskih službi. Te druge svrhe uključuju aktivnosti koje nisu izravno povezane s izdavanjem pomorskih karata i navigacijskih publikacija. Reambulacija ne može

²⁰ Kasum, J., Zec, D. i Bićanić, Z. (2002). Usuglašenost podataka na pomorskim kartama i navigacijskim publikacijama u usporedbi sa stvarnim stanjem. NAŠE MORE, 49 (5-6), 165-170. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/207366> str.168

zamijeniti hidrografsku izmjeru. Ona se prvenstveno odnosi na provjeru točnosti i usklađenosti podataka za održavanje pomorskih karata i navigacijskih publikacija, nakon obavljene hidrografske izmjere i drugih postupaka hidrografskih službi, kada su nastale promjene značajne i zahtijevaju provođenje reambulacije. Rezultat reambulacije nije uvijek korekcija ili potvrda točnosti podataka, već može ukazati na potrebu za novom hidrografskom izmjerom.

Ključne tehnologije koje se koriste u hidrografskim izmjerama predstavljaju temeljnu infrastrukturu za prikupljanje preciznih podataka o vodama i morskom dnu, omogućujući izradu hidrografskih karata i premjera. Nekoliko ključnih metoda i tehnologija koje se koriste u hidrografskim izmjerama:

Sonar: Sonarni uređaji koriste zvuk kako bi mapirali podvodni teren. Postoje dvije osnovne vrste sonara: *Sidescan* sonari koji snimaju površinu dna i *Multibeam* sonari koji omogućuju izradu detaljnih trodimenzionalnih modela morskog dna.

GPS (engl. *Global Positioning System*): GPS se koristi za precizno određivanje položaja na vodi. To omogućuje precizno geo referenciranje svih podataka koji se prikupljaju tokom izmjera.

Uređaji za mjerenja brzine i smjera struje, te dubine vode: Ovi uređaji mjere brzinu i smjer struje, te dubinu vode kako bi se dobila detaljnija slika hidrografskih obilježja.

Echo-sounder: Ovo je uređaj koji koristi ultrazvučne valove za mjerenje dubine vode. Oni emitiraju zvučne signale koji se odbijaju od dna i vraćaju natrag na senzor, što omogućuje određivanje dubine. On je jedno frekvencijski ultrazvučni dubinomjer koji ima frekvenciju sonde 235 KHz, a raspon mjerenja dubine 0,3 m – 75 m.²¹

Lidar (engl. *Light Detection and Ranging*): Lidar koristi laser za mjerenje udaljenosti do površine terena. Ovo se često koristi u kombinaciji s drugim metodama za dobivanje detaljnog obalnog reljefa.

Kartografski softver: Napredni softvereri za obradu podataka omogućuju hidrografima da analiziraju i interpretiraju podatke te ih pretvore u digitalne i tiskane hidrografske karte.

²¹ Oreč, D. (2007). Geodetsko-hidrografska mjerenja integriranim sustavom GPS-a i echo-soundera za potrebe izrade prostornih planova i projektiranja. Geodetski list, 61 (84) (2), 129-137. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/16784>

Satelitske snimke: Sateliti mogu pružiti visokokvalitetne slike obalnih područja i vodnih tijela, što može biti korisno za preliminarne studije i planiranje terenskih izmjera.

Ove tehnologije se često koriste u kombinaciji kako bi se dobile najpreciznije i najdetaljnije hidrografske informacije. Proces izmjera može biti složen i zahtijevati raznolik set vještina i opreme kako bi se osigurala točnost i potpunost podataka.

2.3 Hidrografski premjer

Hidrografske izmjere (premjeri) su proces prikupljanja podataka o vodenim tijelima i obalnim područjima radi stvaranja ili ažuriranja hidrografskih karata. Ove izmjere obično obavljaju specijalizirane hidrografsko-topografske ekipe.

Temeljno mjerenje koje se obavlja je mjerenje dubina. Potrebno je odraditi pripremu terenskih radova, te sam temeljni uvjet za uspješan premjer je točno odrediti poziciju samog broda. Pod time se podrazumijeva udaljenost na kojoj se mjerena pozicija podudara sa stvarnim vrijednostima.²² Danas se pozicije određuju sa DGPS-om (engl. *Differential Global Positioning System*) koji u skladu sa plovidom omogućuje točnost s pogreškom unutar 1 do 3 metra, a u optimalnim uvjetima i bolja od 1 metra.²³

2.4 Prednosti i izazovi

Hidrografija, kao multidisciplinarno područje, ima niz prednosti i koristi koje donosi društvu i ljudima. Ona predstavlja multidisciplinarno područje koje pruža ključne informacije o vodenim putovima, morskim dubinama, plimama, strujama i drugim karakteristikama morskog okoliša. Jedna od glavnih prednosti hidrografije je osiguranje sigurne plovidbe. Kao što smo već spomenuli IHO usmjerava svoje djelovanje povećanje sigurnosti pomorskog prometa i zaštite morskog okoliša. Precizni hidrografski podaci omogućuju brodovima svih veličina siguran prolaz kroz vode, minimizirajući rizik od nesreća i sudara s podvodnim preprekama. Osim toga, hidrografija pruža ključne informacije za zaštitu okoliša i očuvanje morskog ekosustava.

²² Kasum, J., Zec, D. i Bićanić, Z. (2002). *Supra* str.166

²³ Maritime DGPS System Positioning Accuracy as a Function of the HDOP in the Context of Hydrographic Survey Performance. (2023). Preuzeto s https://www.researchgate.net/publication/366509947_Maritime_DGPS_System_Positioning_Accuracy_as_a_Function_of_the_HDOP_in_the_Context_of_Hydrographic_Survey_Performance/fulltext/63a4589503aad5368e30cb40/Maritime-DGPS-System-Positioning-Accuracy-as-a-Function-of-the-HDOP-in-the-Context-of-Hydrographic-Survey-Performance.pdf

Detaljna kartiranja omogućuju bolje upravljanje prirodnim resursima, zaštitu biološke raznolikosti i smanjenje negativnih utjecaja ljudskih aktivnosti na morski okoliš.

Ekonomski razvoj obalnih područja također je jedan od doprinosa hidrografije. Kroz prikupljanje i analizu podataka o morskom dnu, strujama, plimama i drugim hidrološkim značajkama, hidrografija omogućuje učinkovito planiranje i upravljanje obalnim resursima, što direktno doprinosi ekonomskom razvoju. Integrirani pristup Upravljanja obalnim područjima (engl. *Coastal Zone Management - CZM*) integrira hidrografske podatke kako bi se postigla održiva upotreba i zaštita obalnih područja.²⁴ Precizni hidrografski podaci koriste se za planiranje i izgradnju pomorske infrastrukture poput luka, pristaništa, obalnih zaštitnih konstrukcija i drugih objekata, što doprinosi gospodarskom rastu i razvoju pomorskih aktivnosti poput ribarstva, turizma i trgovine. Kada se luka postavlja na određenu lokaciju potrebni su prirodni uvjeti koje je potrebno ispuniti, jedan od tih uvjeta je hidrografija područja.²⁵

Hidrografija također igra ključnu ulogu u vojnoj sigurnosti, pružajući vojnim pomorskim snagama neophodne informacije za sigurnu navigaciju i djelovanje u morskim područjima diljem svijeta. Osim toga, hidrografija pruža osnovne podatke potrebne za znanstvena istraživanja o oceanima, klimatskim promjenama, geološkim procesima i drugim područjima od interesa, što doprinosi napretku znanja i razumijevanju morskih sustava. Također, bitno je spomenuti Radnu skupinu NATO-a koja je zadužena kreiranje posebnih vojnih ENC slojeva (engl. *Additional Military Layers – AML*). Dodatni vojni slojevi su jedinstveni skup digitalnih geoprostornih podataka dizajniranih kako bi zadovoljili cjelokupne NATO-ove obrambene zahtjeve u pomorskom području koji nisu vezani za navigaciju. To uključuje hidrografski podatke koji nadmašuju one potrebne za prolaz i navigaciju u lukama, kao i oceanografske i meteorološke podatke.²⁶ Kada spominjemo vojnu sigurnost, bitno je spomenuti događanja za vrijeme drugog svjetskog rata. Unatoč izazovima koje su donijele ratne godine (1939. - 1945.), IHO je nastavila neprekidno obavljati svoj rad. U tim teškim vremenima, organizacija je prilagodila svoje djelovanje kako bi odgovorila na promjenjive uvjete okruženja. To se

²⁴ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2023). Coastal Zone Management. Dostupno na: <https://coast.noaa.gov/czm/> pristupljeno 20.5.2024.

²⁵ Maritime Foundation. (2023). Seabed mapping: a critical component of infrastructure. Maritime 2023. Dostupno na: <https://www.maritimefoundation.uk/publications/maritime-2023/seabed-mapping-a-critical-component-of-infrastructure/> pristupljeno 22.2.2024.

²⁶ NATO. (2016). NATO AML Handbook: Additional Military Layers. Dostupno na: <https://assets.admiralty.co.uk/public/202112/AML%20Handbook.pdf?VersionId=1GOQmuUg91eymXJ4IWPqa7HBxok4WHmg> pristupljeno 22.2.2024.

očitovalo u izdavanju publikacija poput listova postaja za spašavanje pomoraca, čime je IHO pružio vitalnu podršku i pomoć brojnim životima ugroženih pomoraca i vojnika tijekom rata.

U skladu s nacionalnim i međunarodnim propisima, Hidrografski instituti i organizacije diljem svijeta provode hidrografsku djelatnost kako bi osigurali sigurnu, održivu i učinkovitu upotrebu morskih resursa i prostora.

Iako hidrografija donosi brojne prednosti, postoje i neki nedostaci i izazovi s kojima se suočava.

Nedostatak podataka predstavlja jedan od glavnih problema. Iako se hidrografija bavi prikupljanjem podataka o morskim okolišima, postoje područja koja su nedostatan istražena ili nedostupna za hidrografsku analizu.²⁷ To može rezultirati nedostatkom preciznih informacija o nekim dijelovima morskih područja, što otežava planiranje i upravljanje pomorskim aktivnostima. Nedostatak preciznih podataka u hidrografiji predstavlja izazov koji direktno utječe na provođenje postupaka održavanja pomorskih karata i navigacijskih publikacija.²⁸ Hidrografske službe koriste razne vrste karata za svoje istraživanje i navigaciju (nautičke, batimetrijske, hidrografske i tematske), te publikacije za provjeru stupnja podudarnosti podataka s prirodnim stanjem, pri čemu je temelj za njihovu izradu standardizirana hidrografska izmjera prema međunarodnim preporukama.²⁹

Troškovi i resursi su također značajan izazov. Hidrografija zahtjeva znatne financijske i ljudske resurse za prikupljanje, analizu i interpretaciju podataka, kao i za održavanje infrastrukture potrebne za istraživanje i kartiranje morskih područja. Ovi troškovi mogu biti visoki, posebno za manje razvijene zemlje ili organizacije s ograničenim proračunima.

Tehnološki izazovi su također prisutni. Iako je napredak tehnologije poboljšao mogućnosti hidrografije, istovremeno postavlja nove izazove. Primjerice, potrebno je stalno ažuriranje opreme za prikupljanje podataka kako bi se osigurala pouzdanost i točnost informacija. Osim toga, složene analitičke metode za obradu velike količine hidrografskih podataka zahtijevaju stručnost i specijaliziranu opremu. U tom kontekstu, umjetna inteligencija postaje ključna. Korištenjem algoritama dubokog učenja i drugih tehnika AI-a, moguće je efikasnije obraditi

²⁷ Hydro International. (2024). "The emergence of AI in hydrography." Dostupno na: <https://www.hydro-international.com/content/article/the-emergence-of-ai-in-the-hydrography-sector> pristupljeno 23.3.2024.

²⁸ Bićanić, Z., Kasum, J. i Gržetić, Z. (2005). Prilog unapređenju postupaka za održavanje pomorskih karata i navigacijskih publikacija. Hrvatski geografski glasnik, 67. (2.), 123-139. preuzeto s <https://doi.org/10.21861/HGG.2005.67.02.07> str. 130

²⁹ *Ibid* str.130

hidrografske podatke, identificirati obrasce i trendove te pružiti preciznije i brže rezultate. Prateći globalne tehnološke trendove, Međunarodna hidrografska organizacija u proteklih dvadeset godina provodi transformaciju u "digitalno doba". Stoga intenzivno radi na donošenju i razvoju standarda koji će biti primijenjeni na svjetskoj razini, s ciljem standardizacije načina prikupljanja, obrade, razmjene i distribucije digitalnih podataka.

Promjene u morskim uvjetima su još jedan važan čimbenik. Morski okoliš je dinamičan i podložan promjenama, kao što su promjene razine mora, erozija obale, klimatske promjene i promjene u morskim strujama. Ove promjene mogu utjecati na pouzdanost hidrografskih podataka i zahtijevati redovito ažuriranje kartografskih materijala.

Međunarodna suradnja i koordinacija su također ključne. Hidrografija se bavi globalnim vodenim putovima i zahtijeva suradnju među različitim državama i organizacijama radi osiguranja konzistentnih i kompatibilnih hidrografskih podataka.

Iako su izazovi prisutni, kontinuirana suradnja, tehnološki napredak i ulaganja u hidrografiju mogu pomoći u prevladavanju tih prepreka i osigurati da hidrografija i dalje pruža koristi društvu i ljudima diljem svijeta.

3. Diskusija

U ovom poglavlju se vodi rasprava o UI, definiranje i povijesni razvoj, općenita primjena te prednosti i izazovi povezani s ovom tehnologijom. Umjetna inteligencija, kao grana računalnih znanosti, obuhvaća sustave i strojeve koji mogu obavljati zadatke koji obično zahtijevaju ljudsku inteligenciju. To uključuje zadatke poput učenja, razumijevanja jezika, prepoznavanja uzoraka, donošenja odluka i rješavanja problema.

3.1 Umjetna inteligencija

UI predstavlja spoj između računalnih znanosti, matematike i kognitivnih znanosti. Ona može biti opisana kao sposobnost uređaja da obavlja zadatke koji su obično povezani s ljudskom inteligencijom, uključujući zaključivanje, učenje i samo napredovanje.³⁰ Ova grana tehnologije teži stvaranju sustava koji su sposobni razumjeti, učiti i prilagođavati se okolini na način sličan ljudskom razmišljanju. Sposobnost uređaja da oponaša ljudsko ponašanje predstavlja jednu od glavnih definicija UI. UI omogućuje tehničkim sustavima opažanje okoline, interpretaciju vizualnih podataka te rješavanje problema kako bi ostvarili zadane ciljeve. Računalni sustav prima podatke, bilo već pripremljene ili prikupljene putem vlastitih senzora, poput kamera, radara, lidara i sl. Nakon obrade tih podataka, sustav generira odgovore. Sustavi UI posjeduju sposobnost prilagodbe svojeg ponašanja kroz analizu prethodnih situacija te samostalan rad, čime postižu određeni stupanj autonomije. Nekoliko desetljeća su prošla od pojave određenih tehnologija UI, no značajan napredak u računalnoj snazi, dostupnost ogromnih količina podataka te razvoj novih algoritama posljednjih godina rezultirali su značajnim inovacijama u području UI.

U uvodnom poglavlju, istražiti ćemo ključne definicije, povijesni kontekst i raznolike aspekte UI, dok ćemo naglasiti i njezinu važnost u suvremenom društvu.

³⁰ Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Preuzeto sa https://people.engr.tamu.edu/guni/csce421/files/AI_Russell_Norvig.pdf

3.2 Definiranje i povijesni razvoj umjetne inteligencije

Kada govorimo o definiciji i povijesti UI, ključno je istaknuti evoluciju ove discipline. UI, koja se odnosi na sposobnost računalnih sustava da izvode zadatke koji obično zahtijevaju ljudsku inteligenciju, prošla je dug put od svojih početaka. Proučavanje njenog razvoja omogućava dublje razumijevanje kako su se tehnologije i ideje oblikovale tijekom vremena, postavljajući temelje za suvremene inovacije.

UI je dobila naziv prema engleskom akronimu AI koji dolazi od riječi *Artificial Intelligence*. Ona povezuje informatiku i robotiku, znanost i inženjerstvo. Činjenica da svaka relativno nova računalna tehnologija koja se pojavila kroz povijest, sada se čini kao drevna, to nam pokazuje kako se zapravo brzo tehnologija i svijet razvijaju. UI je najširu primjenu našla kod ekspertnih sustava gdje u usko ograničenu stručnom području računalni sustav djelomično ili potpuno zamjenjuje čovjeka. UI Sa svojim podsustavima kao što su strojno učenje (engl. *Machine Learning* - ML) i duboko učenje (engl. *Deep learning* - DL) omogućuje računalima da "uče" iz podataka, rješavaju probleme, prepoznaju uzorke i donose odluke. UI je sveukupnost znanstvenog i tehnološkog dostignuća čovječanstva s ciljem da se sustav čovjek djelomično ili u potpunosti zamijeni sa sustavom UI.³¹ Ona se također može konkretnije definirati kao područje računalne znanosti koje se bavi stvaranjem sustava i algoritama koji imitiraju inteligentno ponašanje i sposobnosti ljudi, poput učenja, zaključivanja, rješavanja problema, prepoznavanja uzoraka i prilagodbe okolini. Cilj UI je razviti računalne sustave koji mogu izvršavati zadatke koji zahtijevaju ljudsku inteligenciju ili nadmašiti ljudske performanse u nekim područjima, poput prepoznavanja slika, obrade prirodnog jezika, autonomne vožnje ili medicinske dijagnoze. UI koristi različite tehnike, uključujući strojno učenje, duboko učenje, neuronske mreže, evolucijske algoritme, logičko zaključivanje i obradu prirodnog jezika. UI jednostavno znači proučavanje građe strojeva s ljudskim osjećajem (opažanjem), analizom ili razumijevanjem i odgovorom.

Također, važno je istaknuti što su neki od važnih ljudi kroz povijest rekli o UI.

³¹ Pilić, M. (2022). Sigurnost sustava umjetne inteligencije u međunarodnom pomorskom prometu. (Disertacija). Sveučilište u Zadru. Str. 102

Počeci UI datiraju još od 1950-ih godina kada su istraživači poput Alana Turinga i Johna McCarthyja definirali UI te postavljali temelje za njen razvoj.³²

Alan Turing, britanski matematičar koji je definirao UI kao sposobnost stroja da prođe Turingov test, odnosno da ljudski ispitivač ne može razlikovati odgovora li čovjeku ili stroju nakon postavljenih pitanja, također je razradio Hilbertov problem o postojanju univerzalnog algoritma, koji bi omogućio rješavanje bilo kojeg matematičkog problema. Njegov koncept Turingovog stroja, koji na beskonačnoj traci izvodi jednostavne radnje čitanjem kodiranih binarnih zapisa, postao je preteča današnjih računala, postavljajući temelje UI.³³ Turingov test je konceptualni test koji je djelovao kao način za procjenu "inteligencije" računala. Ideja testa je da se računalo smatra "inteligentnim" ako može oponašati ljudske odgovore dovoljno dobro da prosječni ispitivač ne može razlikovati je li odgovor dao računalo ili stvarna osoba. U klasičnom obliku testa, ispitivač postavlja pitanja računalu i stvarnoj osobi (koja je izvan pogleda) putem komunikacije teksta. Cilj računala je uvjeriti ispitivača da je ljudsko. Turing je postavio ovaj test kao način mjerenja sposobnosti računala da razmišlja na način sličan ljudskom razmišljanju. Ovaj test je imao dubok utjecaj na razvoj UI i postao je klasičan način razmišljanja o pitanju "inteligencije" računala. Međutim, postoje i kritike Turingovog testa, uključujući pitanja o tome može li oponašanje ljudskih odgovora doista pokazati "inteligenciju" u širem smislu, te ima li test ograničenja u procjeni stvarne inteligencije računala. Međutim, ovaj Turingov test ne razrješava pitanje svijesti kod stroja, te se postavlja ključno pitanje o tome što definira ljudsku svijest i razmišljanje, čime se otvara prostor za razvoj drugačijih testova koji bi utvrdili prisutnost svijesti kod stroja.³⁴

John McCarthy, američki računalni znanstvenik i matematičar govori kako "Znanost je i inženjerstvo izrade inteligentnih strojeva, posebice inteligentnih računalnih programa". McCarthy, poznat kao jedan od pionira UI, razvio je programski jezik nazvan LISP (engl. *List Processing*) 1958. godine. LISP je bio jedan od prvih jezika posebno dizajniranih za rad s UI i obradu listova podataka. McCarthy je također pridonio razvoju teorije simboličke logike i strojnog učenja, što je postavilo temelje za mnoge kasnije inovacije u području UI.

³² Frodx. (2023). Evolucija umjetne inteligencije: od Turinga do velikih jezičnih modela. Dostupno na: <https://frodx.com/hr/blog/evolucija-umjetne-inteligencije-od-turinga-do-velikih-jezicnih-modela> pristupljeno 17.2.2024.

³³ Putica, M. (2018). Umjetna inteligencija: dvojbe suvremenoga razvoja. *Hum*, 13 (20), 198-213. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/219733>. str. 202

³⁴ Unite.AI. (2020). Što je Turingov test i zašto je bitan? Dostupno na: <https://www.unite.ai/hr/%C5%A1to-je-Turingov-test-i-za%C5%A1to-je-bitan/> pristupljeno 24.2.2024.

Marvin Minsky bio je američki kognitivni znanstvenik i jedan od osnivača UI. Njegov ključni doprinos je razvoj teorije "*frameova*" i rani rad na neuronskim mrežama, poput perceptrona, što je bio temelj za duboko učenje i strojno učenje. Organizirao je Dartmouth konferenciju 1956., smatrajući se početkom istraživanja UI. Minsky je promovirao ideju da će računala moći imitirati ljudsku inteligenciju i izvršavati složene zadatke. Njegov utjecaj na polje UI ostaje izuzetno važan. Minsky je rekao "Umjetna inteligencija je izgradnja računalnih strojeva koji obavljaju zadatke koji zahtijevaju inteligenciju kada ih obavljaju ljudi."

Demis Hassabis je 2010. godine rekao: "Umjetna inteligencija je znanost stvaranja strojeva sposobnih za rješavanje problema na načine koji bi, kada bi ih rješavali ljudi, zahtijevali inteligenciju." Hassabis je jedan od osnivača tvrtke *DeepMind Technologies*, koja se bavi istraživanjem i razvojem UI i strojnog učenja. DeepMind je stekao svjetsku pozornost nakon što je razvio *AlphaGo*, program za igranje igre *Go* koji je 2016. godine pobijedio svjetskog prvaka u igri *Go*, Lee Sedola. Hassabisov doprinos u razvoju AlphaGo programa ističe se kao jedan od ključnih trenutaka u povijesti UI.

Izraz "Umjetna inteligencija" prvi put je upotrijebljen na ljetnom kongresu o UI održanom na *Dartmouth College*-u 1956. godine. Na ovom kongresu, kojeg su organizirali John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon i Nathaniel Rochester, sudjelovali su vodeći stručnjaci iz područja računalne znanosti, matematike i psihologije kako bi raspravljali o ideji stvaranja strojeva koji mogu razmišljati kao ljudi.³⁵ Ovaj događaj smatra se početkom formalnog istraživanja u području UI i označio je početak intenzivnog istraživanja i razvoja u tom području.

Bušene kartice, standardnog formata 80 kolona i 12 rupa po koloni, bile su ključan način bilježenja i pohrane informacija prije digitalizacije. Koristile su se za praćenje podataka o plaći, identifikaciju studenata i tabulaciju glasova prije nego što su zamijenjene modernijim tehnologijama. Njihova upotreba se smanjila s razvojem tehnologije koja je zahtijevala veću učinkovitost u unosu i pohrani podataka.³⁶

Računala se razvijaju velikom brzinom i postala su vitalan dio našeg svakodnevnog života, te je samim time lako zaboraviti kako je zapravo mlada ta vrsta tehnologije. Povijesno gledajući,

³⁵ *Ibid.* Str. 103.

³⁶ Computer Museum of America. 2023. What Are Punch Cards in Early Computers? Dostupno na: <https://www.computermuseumofamerica.org/2022/09/16/what-are-punch-cards-in-early-computers/> pristupljeno 27.2.2024.

prvi digitalni kompjutori se počinju proizvoditi prije 80 godina. Neki računalni znanstvenici rade od samih početaka vremena kako bi stvorili strojeve jednako inteligentne kao ljudi.

Nakon bušenih kartica u računarstvu došlo je do značajnog napretka i razvoja novih tehnologija za pohranu i obradu podataka. Računala su postala manja, brža i energetski učinkovitija zahvaljujući tranzistorima koji su zamijenili velike elektronske cijevi. Povećanje kapaciteta memorije omogućilo je pohranu većih količina podataka, što je doprinijelo razvoju kompleksnijih aplikacija i obrade podataka. Uz to, razvoj operativnih sustava poput *UNIX*-a i *MS-DOS*-a olakšao je upotrebu računala i programiranje putem grafičkog sučelja i lakšeg upravljanja datotekama i aplikacijama.³⁷ Pojava novih programskih jezika poput *C*, *C++*, *Python* i *Java* omogućila je lakše i efikasnije programiranje.³⁸ Nadalje, razvoj interneta i mrežnih tehnologija omogućio je globalnu povezanost i razmjenu podataka širom svijeta, što je postalo ključno za moderno društvo u smislu pristupa informacijama, komunikacije i trgovine. Svi ovi razvoji su promijenili način na koji računala obrađuju podatke i komuniciraju te su omogućili širok spektar novih mogućnosti i aplikacija koje danas koristimo u svakodnevnom životu. Naravno, ne smijemo zaboraviti ni utjecaj računalnog inženjerstva te suvremene lingvistike tijekom 20. stoljeća.

Razvoj UI tijekom povijesti obilježen je nizom ključnih inovacija i dostignuća. Evo pregleda nekih od najznačajnijih:³⁹

1. *McCulloch-Pitts* model umjetnih neurona (1943.): Prvi korak u razvoju UI, predložen od strane Warrena McCullocha i Waltera Pittsa, postavio je temelje za koncept umjetnih neurona koji rade na principu "on" ili "off".⁴⁰
2. Već spomenuti Turingov stroj (1936.): Otkriće matematičara Alana Turinga postavilo je prve temelje za razvoj UI, istražujući koncepte strojeva koji mogu izvršavati računalne zadatke.
3. *Dartmouth* konferencija (1956.): Ova konferencija označila je početak UI kao namjenskog istraživačkog područja, uključujući pojam UI.

³⁷ Klanac, I. (2021). Operacijski sustavi na računalima [Master's thesis, University North]. Str. 10.

³⁸ *Ibid.* str. 13.

³⁹ Pilić, M. *op.cit.*

⁴⁰ Banov, R., Valent, A. i Anušić, J. (2022). Neuronske mreže za početnike. *Poučak*, 23 (90), 24-34. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/293712> str. 25

4. ELIZA (1966.): Razvijena kao projekt na MIT-u, ELIZA je bila simulacija psihoterapije koja je omogućila razgovor na prirodnom jeziku između čovjeka i računala.
5. GPS (engl. *General Problem Solver*) (1959.): Razvijen od strane Newella, Shawa i Simona, GPS je bio jedan od najpopularnijih pristupa razvoju UI tog doba, omogućujući rješavanje problema sličnih ljudskom razmišljanju.
6. LSTM (engl. *Long Short-Term Memory*) (1997.): Razvijen od strane Hochreitera i Schmidhubera, LSTM je postao neophodan u obrađivanju elemenata poput videa i govora te se popularno koristi za skladbu glazbe.
7. GAN (engl. *Generative Adversarial Network*) (2014.): Autor Ian Goodfellow predstavio je GAN kao značajan razvoj u modernoj UI, omogućujući generiranje realističnih slika, videa i dubokih fejkova.
8. BERT (engl. *Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) (2018.): Google-ov projekt BERT predstavlja napredak u prethodnom treniranju modela dubokih dvosmjernih prikaza neoznačenog teksta, omogućujući prilagodbu za širok raspon zadataka s minimalnim dodatnim izlaznim slojem.

Ovi inovativni koraci u razvoju UI označili su ključne prekretnice u tom području i postavili temelje za daljnji napredak u tehnologiji.

3.3 Općenita primjena umjetne inteligencije

U ovom poglavlju ćemo istražiti tri glavne vrste UI koje su zaslužile posebnu pažnju. Ove kategorije pružaju temeljnu strukturu za razumijevanje šireg spektra mogućnosti i primjena UI, obuhvaćajući širok raspon funkcionalnosti i pristupa razvoju sustava UI. Kroz detaljan pregled svake od ovih vrsta, otkrit ćemo kako svaka doprinosi raznolikosti i složenosti UI te kako se koriste u različitim područjima i industrijskim sektorima.

Sedam vrsta UI može se uglavnom razumjeti promatranjem dviju opsežnih kategorija. To su sposobnosti UI i funkcionalnosti UI. Kada govorimo o njenim sposobnostima, spominjemo tri glavne vrste.

Prva je uska UI, poznata kao slaba ili specifična UI. predstavlja ključni segment u razvoju tehnologije UI. Bez obzira na njezino ime slaba UI je jedina vrsta UI koja danas postoji, odnosno ona je jedina koju danas imamo na raspolaganju, svi ostali oblici su samo teoretski opisani, međutim postoji mogućnost da će se razviti u budućnosti. Ova grana fokusira se na razvoj sustava i algoritama sposobnih rješavati specifične zadatke ili probleme unutar ograničenih područja. Uska UI može biti "istrenirana" da izvede složenije zadatke koje će sasvim sigurno izvesti bolje nego većina ljudi, međutim, uska UI ne može izvršavati zadatke koji su izvan njezine točno definirane funkcije. I dalje su potrebni ljudski naponi kako bismo ju obučili. Primjeri takvih zadataka uključuju prepoznavanje uzoraka u slikama, prepoznavanje govora, prevođenje jezika, preporuke proizvoda na temelju kupovnih navika, upravljanje inventarom i optimizacija logistike u poduzećima, filtriranje i sortiranje e-pošte prema sadržaju, i automatizacija rutinskih zadataka u administraciji ili financijama. Ovi sustavi obično rade na temelju programiranih algoritama ili u nekim slučajevima koriste tehnike strojnog učenja kako bi analizirali podatke i izvodili određene akcije ili preporuke. Slaba UI jest ona kojoj se mogu pripisati tek neka inteligentna svojstva, npr. mogućnost prepoznavanja govora.⁴¹ Fokusirana na rješavanje specifičnih problema putem primjene matematičkih i informatičkih metoda, ona može obavljati samo jednu zadaću u isto vrijeme.

Svi filmovi iz područja znanstvene fantastike koje smo ikada gledali, tržište klađenja i sl. su nastali zahvaljujući općoj UI, poznatoj kao jakoj UI. Trenutno opća, odnosno jaka UI je ništa više nego teoretski koncept, međutim, ona može koristiti prethodna učenja i sposobnosti kako bi izvela nove zadatke u drugačijem kontekstu bez potrebe ljudi da obučavaju osnovne modele. Ako UI želi naučiti kako obavljati novi zadatak, sama će naći način kako. Jaka UI bi bila sposobna za učenje, prilagodbu i rješavanje širokog spektra problema na način koji je sličan ili nadmašuje ljudske kognitivne sposobnosti. Razvoj jake UI predstavlja izazov za istraživače diljem svijeta i područje koje ima potencijal za duboke promjene u svim aspektima ljudskog društva, uključujući ekonomiju, zdravstvo, obrazovanje i druge sektore. Međutim, iako postoji veliki interes za razvojem jake UI, trenutno smo još uvijek daleko od stvaranja sustava koji bi mogli pokazati takvu razinu opće inteligencije.⁴²

⁴¹ Prister, V. (2019). Umjetna inteligencija. *Media, culture and public relations*, 10 (1), 67-72. preuzeto sa <https://doi.org/10.32914/mcpr.10.1.7> str. 69

⁴² Goertzel, B., & Pennachin, C. (2007). Artificial General Intelligence: Concept, State of the Art, and Future Prospects. *Journal of Artificial General Intelligence*, 1(1), 52-65. preuzeto sa <https://sciendocom/article/10.2478/jagi-2014-0001>

Treća vrsta o kojoj ćemo govoriti je Super UI, ona označava hipotetsku razinu UI koja bi nadmašila najviše ljudske kognitivne sposobnosti u svim područjima. Ova ideja intrigira znanstvenike, filozofe i stručnjake za tehnologiju već desetljećima, jer postavlja pitanja o etici, sigurnosti i budućnosti čovječanstva. Ako ikada ostvarimo super umjetnu inteligenciju, ona bi razmišljala, zaključivala, učila, donosila prosudbe i posjedovala kognitivne sposobnosti koje nadmašuju one ljudskih bića. Aplikacija koja posjeduje super umjetnu inteligenciju evoluirala bi izvan sposobnosti zadovoljavanja potreba i iskustava te bi bila sposobna osjećati emocije, imati potrebe te posjedovati vlastite uvjerenja i želje.

Kada govorimo o tipovima UI koji se temelje na funkcionalnosti možemo razmišljati o uskoj UI kao o imanju dvije temeljne funkcije. Jedna od tih funkcija je reaktivna strojna UI, kojoj su sustavi dizajnirani za obavljanje vrlo specifičnog, specijaliziranog zadatka. Reaktivna UI proizlazi iz statističke matematike i može analizirati ogromne količine podataka kako bi proizvela naizgled inteligentan output. Već neko vrijeme imamo reaktivnu UI. Još 1990-ih, *IBM*-ov super kompjuter za igranje šaha, *Deep Blue*, pobijedio je velemajstora Garryja Kasparova u šahu analizirajući poteze i situacije na ploči te predviđajući vjerojatan ishod svakog poteza. To je specijalizirani zadatak s puno dostupnih podataka za stvaranje uvida, što je obilježje reaktivne UI.

Možemo razmišljati o drugim funkcionalnostima uske UI kao UI s ograničenom memorijom. Ova forma UI može se prisjetiti prošlih događaja i ishoda te nadzirati određene objekte ili situacije tijekom vremena. Može koristiti prošlost i sadašnjost. Ona može koristiti podatke iz prošlosti i trenutne podatke kako bi odlučila o koraku koji će najvjerojatnije pomoći u postizanju željenog ishoda. I kako se trenira na više podataka tijekom vremena, UI s ograničenom memorijom može poboljšati performanse. Prvo što nam pada na pamet je *chatbot* s ograničenom memorijom koji se oslanja na sposobnosti s ograničenom memorijom koji predviđa sljedeću riječ, frazu, vizualni element unutar konteksta koji generira.

Teorija uma, ovakva UI bi razumjela misli i emocije drugih entiteta, posebno nas, te bi mogla zaključivati ljudske motive i razmišljanja te prilagođavati svoje interakcije s pojedincima na temelju njihovih jedinstvenih emocionalnih potreba i namjera. U stvari, emocionalna UI je teorija uma UI koja se trenutno razvija. Istraživači se nadaju da će imati sposobnost analize glasova, slika i drugih vrsta podataka kako bi razumjela i odgovorila na ljudske osjećaje. Razvoj teorije uma UI predstavlja izazov jer zahtijeva složenu analizu različitih aspekata ljudskog ponašanja i razumijevanje konteksta u kojem se odvijaju interakcije. Međutim,

ostvarivanje teorije uma UI može imati značajne primjene u područjima kao što su personalizirana komunikacija, podrška u zdravstvu i edukaciji, te razvoj suosjećajnih sustava.

Pod pojavom super UI, važno je spomenuti UI koja je svjesna samoga sebe. Kao takva bi imala sposobnost razumijevanja vlastitih unutarnjih stanja i karakteristika, što bi dovelo do razvoja vlastitih emocija, potreba i uvjerenja.

Od nabrojanih vrsta umjetne inteligencije, poput slabe umjetne inteligencije, jake umjetne inteligencije i super umjetne inteligencije, samo nekoliko je stvarno prisutno danas. Međutim, intenzivna istraživanja i tehnološki napredak nastavljaju nas približavati razvoju naprednijih oblika UI. Unatoč tome, još uvijek imamo mnogo toga za naučiti i istražiti kako bismo bolje razumjeli granice i potencijal UI u budućnosti.

U današnjem brzo mijenjajućem svijetu, primjena UI preoblikuje različite industrije i sektore nevjerojatnom brzinom. tehnologije UI postaju sve sofisticiranije, njihov će utjecaj na budućnost brojnih radnih mjesta i industrija biti neizbježan. Od automatizacije ponavljajućih zadataka do poboljšanja procesa donošenja odluka, UI obećava revoluciju u načinu poslovanja tvrtki i načinu na koji pojedinci integriraju s tehnologijom. Dok dublje ulazimo u eru UI, važno je anticipirati i prilagoditi se transformacijskim promjenama koje donosi, kako na radnom mjestu, tako i u društvu u cjelini.

Mogućnosti primjene UI u zdravstvenom sektoru su sveobuhvatne i neprekidno se proširuju, donoseći veliko obećanje za napredak medicinskih inovacija u budućnosti. Od unaprjeđenja medicinskih dijagnoza do potpore u razvoju novih lijekova i prilagođenih terapija, UI je značajno transformirala način na koji se pruža zdravstvena skrb pacijentima diljem svijeta. Jedna od ključnih primjena UI u zdravstvu je predviđajuća analitika, koja koristi algoritme strojnog učenja za prepoznavanje uzoraka u podacima pacijenata i omogućava rano prepoznavanje rizičnih skupina.⁴³ Nadalje, UI olakšava razvoj inovativnih alata poput *chatbot*-ova⁴⁴ i virtualnih asistenata, pružajući personaliziranu podršku pacijentima u stvarnom vremenu. Također su važni softveri za analizu medicinskih slika koji mogu preciznije identificirati kancerogene stanice od ljudskih liječnika, te alati za obradu prirodnog jezika koji

⁴³ Unite.AI. (2023). Primjena prediktivne analitike u zdravstvu. Dostupno na: <https://www.unite.ai/hr/applications-of-predictive-analytics-in-healthcare/> pristupljeno 26.4.2024.

⁴⁴ Definicija chatbota je računalni program ili aplikacija koji koristi UI i obradu prirodnog jezika (NLP) kako bi simulirao razgovor s ljudima preko digitalnih platformi poput web stranica, mobilnih aplikacija ili društvenih mreža. Chatbotovi su sposobni odgovarati na pitanja, pružati informacije, izvršavati zadatke i komunicirati s korisnicima na način koji oponaša ljudsku interakciju. Ovi programi su često korišteni za podršku korisnicima, automatizaciju određenih procesa ili pružanje zabave i raznih usluga. Tech target. *What is a chatbot?* Dostupno na: <https://www.techtarget.com/searchcustomerexperience/definition/chatbot> pristupljeno 27.4.2024.

efikasno izvlače informacije iz medicinske dokumentacije. Svakim danom se otkrivaju nove mogućnosti primjene UI u zdravstvu, otvarajući put novoj eri medicinskih inovacija i obećavajući značajne promjene u području medicine.⁴⁵

IBM Watson Health, *Google DeepMind Health*, *Zebra Medical Vision* i *Babylon Health* su samo neki od primjera organizacija koje koriste UI za poboljšanje različitih aspekata zdravstvene skrbi. *IBM Watson Health* pruža platformu koja pomaže pružateljima zdravstvenih usluga u analizi i upravljanju podacima o pacijentima. *Google DeepMind Health* koristi UI za analizu medicinskih slika i pomoć u dijagnosticiranju očnih bolesti.⁴⁶ *Zebra Medical Vision*, s druge strane, je startup koji koristi UI za analizu medicinskih slika i pomaže u otkrivanju raka dojke i drugih bolesti. *Babylon Health* pruža platformu koja koristi UI za pružanje virtualnih konzultacija i personaliziranih zdravstvenih savjeta pacijentima. Ove organizacije zajedno predstavljaju samo nekoliko primjera kako se UI sve više integrira u zdravstveni sektor kako bi unaprijedio kvalitetu i pristup zdravstvenoj skrbi.

Alati UI pomažu dizajnerima poboljšati računalnu složenost u zdravstvu. Na primjer, *Merantix* je njemačka tvrtka koja primjenjuje duboko učenje na medicinske probleme. Ima aplikaciju u medicinskoj slikovnoj dijagnostici koja detektira limfne čvorove u ljudskom tijelu na slikama računalne tomografije (engl. *Computed Tomography* - CT).⁴⁷ Prema njenim programerima, ključ je označavanje čvorova i identifikacija malih lezija ili izraslina koje bi mogle biti problematične. To mogu raditi ljudi, ali radiolozi naplaćuju 100 dolara po satu i možda mogu pažljivo pročitati samo četiri slike u satu. Ako bi bilo 10.000 slika, trošak ovog postupka bio bi 250.000 dolara, što je neprihvatljivo skupo ako ga obavljaju ljudi.⁴⁸

Ono što duboko učenje može učiniti u ovoj situaciji je trenirati računala na skupovima podataka kako bi naučila što je normalno izgledajući, a što nepravilno izgledajući limfni čvor. Nakon što to učini kroz vježbe slika i usavrši točnost označavanja, specijalisti za radiološku slikovnu dijagnostiku mogu primijeniti to znanje na stvarne pacijente i odrediti stupanj rizika od kancerogenih limfnih čvorova. Budući da je vjerojatno samo nekoliko pozitivnih testova, stvar

⁴⁵ Jablanov, Z. (2023). Odabrani pravni aspekti umjetne inteligencije u medicini. Paragraf, 7 (1), 27-57. Preuzeto sa <https://hrcak.srce.hr/306198>

⁴⁶ Google DeepMind. (2023). Developing reliable AI tools for healthcare. Dostupno na: <https://deepmind.google/discover/blog/codoc-developing-reliable-ai-tools-for-healthcare/> pristupljeno 28.4.2024.

⁴⁷ Rothe, R. (2017). Applying Deep Learning to Real-World Problems. *Medium.* Dostupno na: <https://medium.com/@rasmusrothe/applying-deep-learning-to-real-world-problems-d3dee8f66d8f> pristupljeno 28.4.2024.

⁴⁸ Merantix. (2018). The long tail of medical data: Power law distributions and computer aided diagnosis. Medium. Dostupno na: <https://medium.com/merantix/the-long-tail-of-medical-data-fa31f6e9f9c> pristupljeno 1.4.2024.

je identificiranja nezdravih naspram zdravih čvorova. UI također je primijenjena i na zatajenje srca, bolest koja pogađa 10 posto starijih osoba i koja godišnje u Sjedinjenim Državama košta 35 milijardi dolara.

UI se primjenjuje u području kaznenog pravosuđa. Grad Chicago razvio je *AI-driven* "Strateški popis subjekata" koji analizira ljude koji su uhićeni zbog njihovog rizika od postajanja budućih počinitelja. Rangira 400.000 ljudi na skali od 0 do 500 koristeći stavke poput dobi, kriminalne aktivnosti, žrtava, evidencija uhićenja zbog droga i pripadnosti bandama. Analizom podataka, analitičari su otkrili da je mladost snažan prediktor nasilja, da biti žrtva pucnjave povezano s postajanjem budućeg počinitelja, da pripadnost bandama ima malu predviđajuću vrijednost, i da uhićenja zbog droga nisu značajno povezana s budućom kriminalnom aktivnošću.⁴⁹ Sudske stručnjake tvrde da programi UI smanjuju ljudsku pristranost u provedbi zakona i vode pravednijem sustavu izricanja kazni. Jedna simulacija politike strojnog učenja zaključila je da takvi programi mogu smanjiti kriminal za do 24,8 posto bez promjene stopa zatvaranja ili smanjiti populacije zatvora za do 42 posto bez povećanja stopa kriminala.⁵⁰ Unatoč tim zabrinutostima, druge zemlje nastavljaju s brzim razvojem u ovom području. Primjerice, u Kini tvrtke već imaju "značajne resurse i pristup glasovima, licima i drugim biometrijskim podacima u ogromnim količinama, što bi im pomoglo u razvoju svojih tehnologija." Nove tehnologije omogućuju povezivanje slika i glasova s drugim vrstama informacija, te korištenje UI na tim kombiniranim skupovima podataka kako bi se poboljšali provedba zakona i nacionalna sigurnost. Kroz svoj program "Oštre oči", kineska policijska služba usklađuje videozapise, aktivnosti na društvenim mrežama, online kupovine, putne zapise i osobne identitete u "policijski oblak". Ova integrirana baza podataka omogućuje vlastima praćenje kriminalaca, potencijalnih prekršitelja zakona i terorista. Drugim riječima, Kina je postala vodeća AI-pokretana država nadzora u svijetu.

U današnjem svijetu, UI igra ključnu ulogu u razvoju autonomnih vozila, što predstavlja revoluciju u prometu i mobilnosti. Sustavi unutar autonomnih vozila omogućuju im da percipiraju okolinu, donose brze odluke i upravljaju vozilom bez potrebe za ljudskim nadzorom. Koristeći senzore poput kamera, radara i lidara, UI analizira okolinu vozila,

⁴⁹ Asher, J., & Arthur, R. (2017). Inside the Algorithm That Tries to Predict Gun Violence in Chicago. *New York Times Upshot.* Dostupno na: <https://www.nytimes.com/2017/06/13/upshot/what-an-algorithm-reveals-about-life-on-chicagos-high-risk-list.html> pristupljeno 5.4.2024.

⁵⁰ Watney, C. (2017). It's Time for our Justice System to Embrace Artificial Intelligence. *TechTank (blog).* Brookings Institution. Dostupno na: <https://www.brookings.edu/articles/its-time-for-our-justice-system-to-embrace-artificial-intelligence/> pristupljeno 5.4.2024.

prikuplja podatke o cestama, prometu, pješacima i drugim vozilima te tumači te podatke radi sigurne navigacije. Na temelju ovih informacija, ona donosi odluke o ubrzanju, kočenju, skretanju i mijenjanju traka, uzimajući u obzir prometne uvjete, sigurnost i udobnost putnika. Također, UI planira optimalnu rutu i putanju kretanja vozila, prilagođavajući ih u stvarnom vremenu kako bi se izbjegli prometni zastoji ili neočekivani događaji na cesti. Dodatno, ona omogućuje autonomnim vozilima da uče iz svojih iskustava i poboljšavaju svoje performanse tijekom vremena, prilagođavajući strategije vožnje na temelju učenja iz prethodnih vožnji i povratnih informacija. Sve ove funkcije čine autonomna vozila izuzetno naprednim tehnološkim dostignućima koja imaju potencijal značajno utjecati na budućnost prometa i mobilnosti, nudeći sigurniju, učinkovitiju i udobniju alternativu tradicionalnim vozilima.

Područje prometa predstavlja područje na kojem UI i strojno učenje proizvode velike inovacije. Istraživanje koje su proveli Cameron Kerry i Jack Karsten iz *Brookings* Instituta otkrilo je da je između kolovoza 2014. i lipnja 2017. investirano više od 80 milijardi dolara u tehnologiju autonomnih vozila. Ti investicijski poduhvati obuhvaćaju primjene kako za autonomnu vožnju, tako i za ključne tehnologije važne za taj sektor. Autonomna vozila - automobili, kamioni, autobusi i sustavi isporuke dronovima koriste napredne tehnološke mogućnosti. Te značajke uključuju automatsko vođenje vozila i kočenje, sustave za mijenjanje traka, upotrebu kamera i senzora za izbjegavanje sudara, upotrebu UI za analizu informacija u stvarnom vremenu, te upotrebu računalstva visokih performansi i sustava dubokog učenja za prilagodbu novim okolnostima putem detaljnih karata.

Sustavi za detekciju svjetla i daljine (engl. *Laser Imaging Detection and Ranging* - LIDAR) i UI ključni su za navigaciju i izbjegavanje sudara. Sustavi LIDAR kombiniraju svjetlosne i radarske instrumente. Montirani su na vrhu vozila koja koriste slikanje u okruženju od 360 stupnjeva s radara i svjetlosnim snopovima za mjerenje brzine i udaljenosti okolnih objekata. Ovi instrumenti, zajedno s sensorima postavljenim na prednju, bočnu i stražnju stranu vozila, pružaju informacije koje održavaju brzo kretanje automobila i kamiona u vlastitoj traci, pomažu im izbjegavati druge vozila, primjenjuju kočnice i upravljanje po potrebi, i to čine trenutno kako bi izbjegli nesreće. Napredni softver omogućuje automobilima da uče iz iskustava drugih vozila na cesti i prilagođavaju svoje upravljačke sustave promjenama vremenskih uvjeta, vožnje ili stanja ceste. To znači da je softver ključ - ne sam fizički automobil ili kamion. Budući da ove kamere i senzori sastavljaju ogromnu količinu informacija i trebaju je obraditi trenutačno kako bi izbjegli automobil u susjednom traku, autonomna vozila zahtijevaju računalstvo visokih performansi, napredne algoritme i sustave dubokog učenja za

prilagodbu novim scenarijima. To znači da je softver ključan, a ne sam fizički automobil ili kamion. Napredni softver omogućuje automobilima da uče iz iskustava drugih vozila na cesti i prilagođavaju svoje upravljačke sustave promjenama vremenskih uvjeta, vožnje ili stanja ceste. Tvrtke vide prednosti u pogledu usluge korisnicima i produktivnosti rada. Sve vodeće kompanije za dijeljenje vožnje istražuju autonomna vozila. Val *car-sharinga* i usluga taksija - poput *Ubera* i *Lyfta* u Sjedinjenim Državama, *Mytaxi* tvrtke *Daimler* i *Hailo* u Velikoj Britaniji, te *Didi Chuxing* u Kini - pokazuju mogućnosti ove opcije prijevoza. Uber je nedavno potpisao sporazum o kupnji 24.000 autonomnih automobila od Volva za svoju uslugu dijeljenja vožnje. Međutim, tvrtka za dijeljenje vožnje doživjela je udarac u ožujku 2018. kada je jedno od njezinih autonomnih vozila u Arizoni udarilo i usmrtilo pješaka. *Uber* i nekoliko proizvođača automobila odmah su obustavili testiranje i pokrenuli istrage o tome što je pošlo po zlu i kako je mogla doći do smrtnog slučaja.⁵¹ Industrija i potrošači žele uvjerljive odgovore da je tehnologija sigurna i sposobna ispuniti svoja obećanja. Ako nema uvjerljivih odgovora, ova nesreća može usporiti napredak UI u sektoru prometa.

UI postaje sve češće korištena u financijskom sektoru kako bi se optimiziralo poslovanje, smanjili troškovi i unaprijedilo iskustvo korisnika. Na primjer, chatbotovi i virtualni asistenti pokretani UI-om pružaju personaliziranu podršku korisnicima i odgovaraju na upite u stvarnom vremenu. Također, algoritmi za predviđajuće modeliranje koriste se za prognoziranje tržišnih trendova i prepoznavanje potencijalnih rizika.⁵² Otkrivanje prijevara je još jedna važna primjena UI-ja u financijskom sektoru, gdje algoritmi strojnog učenja pomažu u identifikaciji i sprječavanju prijevara. Dodatno, alati pokretani UI-om analiziraju podatke o klijentima i pružaju personalizirane savjete i preporuke za ulaganja. S mogućnošću automatizacije ponavljajućih zadataka, pojednostavljenja procesa i poboljšanja donošenja odluka, UI će imati ključnu ulogu u transformaciji financijskog i bankarskog sektora.⁵³ Investicije u financijsku UI u Sjedinjenim Američkim Državama su se utrostručile između 2013. i 2014. godine, dosegnuvši ukupno 12,2 milijarde dolara. Odluke o kreditima sada donose softverski alati koji mogu uzeti u obzir različite detaljno analizirane podatke o zajmoprimcu, umjesto samo kreditnog rejtinga i provjere pozadine. Također postoje tzv. robo-savjetnici koji stvaraju

⁵¹ Knight, W. (2018.). What Uber's fatal accident could mean for the autonomous-car industry. MIT Technology Review. Dostupno na: <https://www.technologyreview.com/2018/03/19/241022/what-ubers-fatal-accident-could-mean-for-the-autonomous-car-industry/> pristupljeno 22.4.2024.

⁵² Matić, V. (2023). Umjetna inteligencija u sektoru financija i poslovanja (Doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Fakultet inženjerstva). Str. 11

⁵³ eMarketer. (2022). Artificial Intelligence in Financial Services: Applications and Benefits of AI in Finance. Dostupno na: <https://www.emarketer.com/insights/ai-in-finance/> pristupljeno 22.3.2024.

personalizirane investicijske portfelje, izbjegavajući potrebu za brokerskim kućama i financijskim savjetnicima. Ovi napredci dizajnirani su kako bi uklonili emocionalni aspekt investiranja i donijeli odluke na temelju analitičkih razmatranja, i to u samo nekoliko minuta.

Primjer toga je vidljiv na burzama, gdje je visokofrekventno trgovanje strojevima zamijenilo velik dio ljudskih odluka. Ljudi dostavljaju naloge za kupovinu i prodaju, a računala ih odmah podudaraju bez ljudske intervencije. Strojevi mogu primijetiti trgovinske neefikasnosti ili razlike na tržištu na vrlo maloj razini i izvršiti transakcije koje donose profit prema uputama investitora. Pokretani naprednim računalstvom na nekim mjestima, ovi alati imaju mnogo veće kapacitete za pohranu informacija zbog naglaska ne samo na nuli ili jedinici, već na "kvantnim bitovima" koji mogu pohraniti višestruke vrijednosti na svakom mjestu. To dramatično povećava kapacitet pohrane i smanjuje vrijeme obrade.

Otkrivanje prijevara predstavlja još jedan način na koji je UI korisna u financijskim sustavima. Ponekad je teško otkriti prijevarne aktivnosti u velikim organizacijama, ali UI može identificirati nepravilnosti, odstupanja ili devijantne slučajeve koji zahtijevaju dodatnu istragu. To pomaže menadžerima da rano prepoznaju probleme u ciklusu, prije nego što dosegnu opasne razine.

UI igra značajnu ulogu u nacionalnoj sigurnosti. Američka vojska putem svog Projekta *Maven* koristi UI kako bi "pročistila masivne količine podataka i videozapisa snimljenih nadzorom, te upozorila ljudske analitičare na obrasce ili kada postoji abnormalna ili sumnjiva aktivnost." Prema zamjeniku tajnika obrane Patricku Shanahanu, cilj razvoja tehnologija u ovom području je "ispuniti potrebe naših ratnika i povećati brzinu i agilnost u razvoju i nabavci tehnologije." UI ubrzat će tradicionalni proces ratovanja toliko brzo da je osmišljen novi izraz: hiper-ratovanje⁵⁴.

Analiza velikih podataka povezana s UI duboko će utjecati na analizu obavještajnih podataka, budući da se masivne količine podataka pročešljavaju u stvarnom vremenu, omogućujući zapovjednicima i njihovom osoblju razinu analize obavještajnih podataka i produktivnosti do tada neviđenu. Kontrola i zapovijedanje bit će slično pogođeni jer će ljudski zapovjednici delegirati određene rutinske, a u posebnim okolnostima, ključne odluke platformama UI,

⁵⁴ Hiper ratovanje je pojam koji su skovali John R. Allen i Amir Husain, a odnosi se na algoritamsko ili UI upravljano ratovanje s malo ili nimalo ljudskog odlučivanja. To je novi koncept u područjima sukoba koji uključuje sveobuhvatnu upotrebu naprednih tehnologija, UI i cyber svijeta u ratovanju. (Husain, 2021.) HyperWar: The Evolution of Conflict in the Digital Age Dostupno na: <https://researchcentre.trtworld.com/discussion-papers/hyperwar-the-evolution-of-conflict-in-the-digital-age/> pristupljeno 1.3.2024.

dramatično smanjujući vrijeme povezano s odlukom i njezinom naknadnom provedbom. U konačnici, ratovanje je proces u kojem se natječu u brzini, gdje će strana koja može odlučiti najbrže i najbrže se kretati prema izvršenju obično prevladati. Doista, umjetno-inteligentni obavještajni sustavi, povezani s UI-asistiranim sustavima zapovijedanja i kontrole, mogu pomicati podršku odlučivanju i donošenje odluka na brzinu znatno superiorniju od brzine tradicionalnih načina vođenja rata. Tako brz će biti ovaj proces, posebno ako je povezan s automatskim odlukama za pokretanje umjetno-inteligentnih autonomnih oružanih sustava sposobnih za smrtonosne ishode, da je osmišljen novi izraz posebno kako bi obuhvatio brzinu ratovanja poput hiper-ratovanja.

Dok se etička i pravna rasprava vodi oko toga hoće li Amerika ikada voditi rat s autonomnim smrtonosnim sustavima na temelju UI, Kinezi i Rusi nisu toliko zarobljeni u toj raspravi, pa bismo trebali očekivati potrebu za obranom protiv tih sustava koji djeluju brzinom hiper-rata. Izazov u Zapadnom svijetu gdje pozicionirati "Ijude u petlji" u scenariju hiper-rata u konačnici će odrediti kapacitet Zapada da bude konkurentan u ovom novom obliku sukoba.

Baš kao što će UI duboko utjecati na brzinu ratovanja, širenje prijetnji kibernetičkih napada nultog dana ili nulte sekunde, kao i polimorfni zlonamjerni softver, izazvat će čak i najsofisticiraniju kibernetičku zaštitu temeljenu na potpisima. To prisiljava značajno poboljšanje postojećih kibernetičkih obrana. Sve više, ranjivi sustavi prelaze na pristup slojevitoj kibernetičkoj sigurnosti s platformama za kognitivnu UI u oblaku. Ovaj pristup pomiče zajednicu prema "razmišljajućoj" obrambenoj sposobnosti koja može braniti mreže putem stalne obuke o poznatim prijetnjama. Ova sposobnost uključuje analizu na razini DNK do sada nepoznatih kodova, s mogućnošću prepoznavanja i zaustavljanja dolaznog zlonamjernog koda prepoznavanjem komponente niza datoteke. Na taj način neki ključni sustavi u SAD-u zaustavili su razorne viruse "*WannaCry*" i "*Petya*".

Priprema za hiper-ratovanje i obrana kritičnih kibernetičkih mreža moraju postati visok prioritet jer Kina, Rusija, Sjeverna Koreja i druge zemlje ulažu značajne resurse u UI. Godine 2017., kinesko Državno vijeće izdalo je plan za zemlju da do 2030. godine "izgradi domaću industriju vrijednu gotovo 150 milijardi dolara"⁵⁵. Kao primjer mogućnosti, kineska tražilica *Baidu* pionir je aplikacije za prepoznavanje lica koja pronalazi nestale osobe. Osim toga, gradovi poput Shenzhena pružaju do milijun dolara podrške laboratorijima za UI. Ta zemlja se

⁵⁵ Knight, W. (2017.). China Plans to Use Artificial Intelligence to Gain Global Economic Dominance by 2030. MIT Technology Review. Dostupno na: <https://www.technologyreview.com/2017/07/21/150379/china-plans-to-use-artificial-intelligence-to-gain-global-economic-dominance-by-2030/> pristupljeno 17.4.2024.

nada da će UI osigurati sigurnost, borbu protiv terorizma i poboljšati programe prepoznavanja govora. Dvostruka upotreba mnogih UI algoritama znači da se istraživanje UI usmjereno na jedan sektor društva može brzo prilagoditi za upotrebu i u sigurnosnom sektoru.

UI igra ključnu ulogu u robotici, omogućujući robotima da percipiraju okolinu, donose odluke i izvršavaju zadatke s autonomijom i preciznošću. Koristeći različite tehnike strojnog učenja, dubokog učenja i algoritama planiranja, UI omogućuje robotima da uče iz iskustva, prilagođavaju se promjenjivim situacijama i poboljšavaju svoje performanse tijekom vremena. Primjena UI u robotici obuhvaća širok spektar područja, uključujući industrijsku proizvodnju, logistiku, medicinsku kirurgiju, domaćinstvo, istraživanje i mnoga druga područja. Na primjer, u industriji, roboti s UI mogu precizno izvršavati složene zadatke poput montaže, zavarivanja i pakiranja, čime se povećava učinkovitost i produktivnost proizvodnih linija. U medicini, robotski kirurški sustavi koriste UI za izvođenje preciznih kirurških zahvata s minimalnom invazijom, smanjujući rizik od grešaka i poboljšavajući ishode operacija. UI također omogućuje robotima da surađuju s ljudima na siguran i učinkovit način, što je ključno u područjima kao što su osobna pomoć, obrazovanje i zabava. Uz napredak u tehnologiji UI, očekuje se da će uloga UI u robotici i dalje rasti, otvarajući put novim inovacijama i primjenama u različitim industrijama i područjima života.

3.4 Prednosti i izazovi

UI je tehnološki fenomen koji sve više dobiva na značaju u suvremenom društvu. Njezina sposobnost obrade podataka i donošenja inteligentnih odluka omogućuje nam da istražimo nove granice u različitim područjima, od zdravstva do financija, od proizvodnje do umjetnosti. Uz to, UI otvara vrata inovacijama koje mogu promijeniti način na koji živimo i radimo, olakšavajući nam svakodnevne zadatke i poboljšavajući naše iskustvo. Unatoč nizu prednosti koje UI donosi, ne možemo zanemariti ni potencijalne nedostatke i izazove koji dolaze s njom. Etička pitanja, sigurnost podataka, nedostatak transparentnosti i socioekonomske posljedice samo su neki od aspekata koje moramo uzeti u obzir dok nastavljamo integrirati UI u naše živote. Stoga je važno promišljeno pristupiti upotrebi UI-a, prepoznajući i povećavajući njegove prednosti dok istovremeno adresiramo i ublažavamo njegove nedostatke. Ovo poglavlje istražuje kako UI može oblikovati našu budućnost, ističući prednosti koje donosi, ali isto tako razmatrajući izazove koje treba savladati. Kroz analizu ovih aspekata, možemo bolje

razumjeti kako UI utječe na naše društvo, te kako možemo iskoristiti njegov potencijal na najbolji mogući način.

Kada govorimo o prednostima UI, ne možemo izbjeći činjenicu da ova tehnologija omogućava strojevima da uče, razmišljaju i donose zaključke na način koji je do nedavno bio rezerviran isključivo za ljudski um. Ovoj sposobnosti duguje se moćna kombinacija algoritama, računalne snage i ogromnih količina podataka, što omogućava stvaranje sustava koji su sposobni analizirati informacije brže i preciznije nego ikad prije. No, prednosti UI se ne zaustavljaju samo na brzini i preciznosti. Ona također donosi dublje uvide, omogućavajući organizacijama i pojedincima da bolje razumiju svoje podatke, identificiraju uzorke i predvide buduće trendove. Ovaj nivo inteligencije omogućuje donošenje informiranih odluka koje mogu poboljšati poslovanje, povećati efikasnost i povećati konkurentnost na tržištu.

UI igra ključnu ulogu u optimizaciji procesa u različitim organizacijama, pružajući brojne koristi koje dovode do povećanja efikasnosti i smanjenja mogućnosti ljudske pogreške. U poduzećima, za postizanje najboljih ciljeva, UI se mora implementirati u svakodnevno poslovanje s cjelokupnom strategijom poslovanja.⁵⁶ UI omogućava organizacijama da brzo i precizno analiziraju ogromne količine podataka kako bi identificirale uzorke, trendove i korisne uvide.

U industrijskom sektoru, UI optimizira proizvodne procese na više načina. Četiri industrijske revolucije su obilježile i stvorile industriju kakvu danas poznajemo. U četvrtoj industrijskoj revoluciji spominjemo pametne tvornice, autonomnu proizvodnju, IoT (engl. *Internet of Things*) i strojno učenje.⁵⁷ Vrijedno je istaknuti UI, kibernetičko-fizičke sustave i kognitivno računanje kao ključne tehnološke komponente koje mogu poslužiti kao poticaj za *startup*-ove u području pametnih tvornica.⁵⁸ UI i strojno učenje u kontekstu Industrije 4.0 predstavljaju ključne komponente koje otvaraju vrata revoluciji u proizvodnom sektoru, nudeći raznolike mogućnosti za tvrtke diljem industrijskog spektra. U pametnim tvornicama, proizvodni procesi su međusobno povezani putem sučelja, strojeva i modula koji aktivno komuniciraju, omogućavajući prikupljanje obilne količine informacija ključnih za unaprjeđenje proizvodnog

⁵⁶ Regefalk V. (2020) A Framework for AI Implementation in Product Offering, Master Thesis, Lund University, Lund str. 12

⁵⁷ Žažar, K., Čengić, D. i Degač, Đ. (2022). The Fourth Industrial Revolution in the Croatian Context: Science Fiction or a New Developmental Paradigm?. Društvena istraživanja, 31 (4), 639-659. preuzeto sa <https://doi.org/10.5559/di.31.4.04>

⁵⁸ Leļjak, M. (2021). Prepoznavanje ljudskih aktivnosti u proizvodnim sustavima upotrebom umjetne inteligencije [Master's thesis, University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje]. Str. 4

ciklusa. UI u proizvodnji usredotočena je na industrijsku automatizaciju s ciljem postizanja maksimalne efikasnosti. Ova tehnologija olakšava komunikaciju između ljudi i procesa putem integriranih senzora, uređaja te kontrolnih mehanizama, omogućujući kontinuiranu razmjenu podataka radi optimizacije proizvodnih operacija.

UI stoji pred medicinskim zajednicama kao obećavajući saveznik u unaprjeđenju dijagnostike, liječenja i upravljanja zdravstvenim podacima. U svijetu gdje tehnološki napredak sve više postaje integrirani dio medicinskog pristupa, postavlja se ključno pitanje: Kako UI može transformirati medicinsku praksu i poboljšati ishode pacijenata? Odgovor na ovo pitanje nije samo akademski interes, već nosi i praktične implikacije za svakodnevnu medicinsku praksu. Izazovi poput brzine dijagnostike, personaliziranog liječenja i optimizacije zdravstvenih sustava postaju sve važniji u svjetlu rastućih zahtjeva moderne medicine. Upravo ovdje UI pronalazi svoje mjesto kao alat koji može donijeti revoluciju u načinu na koji se bolesti identificiraju, tretiraju i prevencija se provodi. Razlikujemo četiri glavna područja usluga UI u medicini: dijagnostiku, automatizaciju liječničkog rada uključujući robotizaciju, izbor tretmana liječenja i biofarmaceutiku.⁵⁹

Stoga, dok istražujemo prednosti UI, moramo prepoznati da ona nije samo alat koji olakšava naš svakodnevni život, već i pokretačka sila koja oblikuje našu budućnost.

Kao što je već naglašeno, UI transformira naš svijet, no nije bez nedostataka. Iza impresivnih postignuća kriju se i izazovi koje ona nosi. Od etičkih dilema do praktičnih poteškoća, UI iako donosi inovacije, istovremeno stvara nove probleme. Osvještavajući te izazove, cilj je promicati uravnotežen pristup implementaciji UI za održiviju i pravedniju digitalnu budućnost.

Veliki podaci (engl. *Big data* – BD) i njihovo okruženje omogućuju prepoznavanje obrazaca i primjenu znanja na nove podatke, te omogućuju veću automatizaciju i optimizaciju kroz analizu i učenje o okruženju. "Duboko učenje" je transformiralo područje UI, postizajući nevjerojatan napredak u učinkovitosti obavljanja određenih zadataka zahvaljujući velikim skupovima podataka i rekordnoj računalnoj snazi. Korištenje UI nosi značajne izazove u zaštiti podataka. UI često zahtijeva pristup osjetljivim ili privatnim podacima te nedostatak adekvatne zaštite može dovesti do neovlaštenog pristupa, zloupotrebe ili curenja informacija. Povećani rizik od sigurnosnih prijetnji poput hakiranja ili krađe identiteta također je prisutan. UI sustavi ovise o podacima trećih strana, što može rezultirati nedostatkom kontrole nad podacima.

⁵⁹ Wohlthat, A. (2020). Artificial intelligence in healthcare: possibilities and challenges. Wolters Kluwer Law & Business. str. 20

Priistranost algoritama te nedostatak transparentnosti u donošenju odluka predstavljaju dodatne izazove. Stoga je važno razviti i primijeniti adekvatne mehanizme zaštite podataka, uključujući sigurnosne standarde, propise o privatnosti, transparentnost i promicanje raznolikosti u skupovima podataka korištenim u UI sustavima.

Opća uredba o zaštiti podataka (engl. *General Data Protection Regulation* - GDPR) Europske unije predstavlja ključni zakonodavni okvir koji regulira prikupljanje, obradu i korištenje osobnih podataka. Kada je riječ o UI, GDPR postavlja niz zahtjeva i ograničenja kako bi se osigurala zaštita prava pojedinaca čije se osobne podatke koriste u kontekstu UI sustava.

Jedan od ključnih zahtjeva GDPR je transparentnost u korištenju osobnih podataka u UI sustavima. Organizacije moraju jasno objasniti kako se prikupljaju, koriste i obrađuju osobni podaci te osigurati da algoritmi UI-a pravedno obrađuju podatke, sprječavajući diskriminaciju ili nepravednu obradu na temelju osobnih karakteristika. Pristanak korisnika je također bitan aspekt GDPR-a u kontekstu UI sustava. Korisnici moraju biti informirani i dati svoj pristanak za korištenje njihovih osobnih podataka, posebno u situacijama kada se podaci koriste za oblikovanje profila ili personalizaciju usluga. GDPR također osigurava pojedincima pravo na pristup, ispravak i brisanje svojih osobnih podataka koji se obrađuju putem UI sustava. Organizacije su dužne osigurati sigurnost podataka kako bi spriječile neovlašteni pristup ili gubitak podataka, te su odgovorne za usklađivanje sa zakonom i zaštitu osobnih podataka koje obrađuju.

Projekt MARVEL (engl. *Multimodal Extreme Scale Data Analytics for Smart Cities Environments*) uključuje razvoj tehnologije za detekciju kriminala u urbanim područjima putem prikupljanja i obrade video, audio i društvenih medija podataka. Unatoč korištenju tehnika dezidentifikacije osobnih podataka, nadzorno tijelo smatralo je da to nije dovoljno kako bi se spriječila mogućnost "reidentifikacije" pojedinaca. Projekt je koordiniran od strane Grčke zaklade za istraživanje i tehnologiju *Hellas* i dobio je gotovo €6 milijuna EU financiranja kao dio istraživačke teme "industrijskog vodstva". Iako su snimke mikrofona na javnim ulicama korištene u projektu, Gradsko vijeće Trenta nije pružilo adekvatnu transparentnost u postupcima niti je izvršilo procjenu utjecaja na zaštitu podataka, što je protivno GDPR-u.⁶⁰

⁶⁰ Statewatch. (2024). Italy: Trento council fined for illegal AI video and audio surveillance projects. Dostupno na: <https://www.statewatch.org/news/2024/february/italy-trento-council-fined-for-illegal-ai-video-and-audio-surveillance-projects/> pristupljeno 7.4.2024.

Nedavno je talijansko tijelo za zaštitu podataka, *Garante per la protezione dei dati personali*, nametnulo kaznu od 50.000 eura općini Trento zbog korištenja sustava UI za nadzor u suprotnosti s GDPR-om. Istraženi su projekti "*Marvel*", "*Protector*" i "*Precrisis*" koji su koristili sustave UI razvijene od strane *Fondazione Bruno Kessler* (FBK) za prikupljanje podataka putem video kamera i mikrofona u javnim prostorima radi sprječavanja potencijalno opasnih situacija u Trentu. Garante je odlučio da su projekti bili eksperimentalni, ali je i dalje bio problem obrada osobnih podataka koji se odnose na osude i prekršaje. Osim toga, utvrdili su da tehnike anonimizacije podataka nisu bile adekvatne, a informacije o obradi podataka nisu bile pravilno pružene ispitanicima. Također su bili zabrinuti što općina Trento nije pravilno provela procjenu utjecaja na zaštitu podataka te što nisu konzultirali Garante prije obrade podataka, što je bilo potrebno s obzirom na veliki opseg javnog nadzora uključen u projekte. Kao rezultat toga, općina Trento dobila je novčanu kaznu, a naređeno joj je i brisanje podataka koji su nezakonito obrađeni. Ovaj slučaj još jednom podsjeća na potrebu za upravljanjem usklađenosti s GDPR-om prilikom usvajanja sustava UI.⁶¹

Već spomenuto talijansko tijelo za zaštitu podataka, optužilo je UI ChatGPT tvrtke OpenAI za kršenje zakona o zaštiti podataka. Optužbe su usmjerene na kršenje propisa sadržanih u Općoj uredbi o zaštiti podataka Europske unije. Iako detalji optužbi još nisu objavljeni, Garante je obavijestio OpenAI o navodnim povredama te im dao rok od 30 dana za podnošenje protuoptužbi. Također, talijanski regulator je naglasio da će uzeti u obzir rad EDPB-a (engl. *European Data Protection Board*) pri donošenju konačne odluke. Prema izvještaju TechCrunch-a, potvrđena kršenja mogu privući kazne do 20 milijuna eura ili do 4% globalnog godišnjeg prometa. OpenAI je izjavio da poduzima dodatne mjere kako bi zaštitio podatke i privatnost korisnika te tvrdi da su njihove prakse u skladu s GDPR-om i drugim zakonima o privatnosti. U ožujku 2023., Italija je zabranila korištenje ChatGPT-a zbog zabrinutosti za privatnost, ali je četiri tjedna kasnije chatbot ponovno bio dopušten nakon što je OpenAI navodno riješio pitanja koja je postavilo tijelo za zaštitu podataka. U rujnu 2023., Ured za zaštitu osobnih podataka u Poljskoj također je pokrenuo istragu o OpenAI-u zbog zabrinutosti za privatnost, a izvještaj *TechCrunch*-a navodi da ta odvojena istraga u sklopu GDPR-a još uvijek traje.⁶²

⁶¹ Cordery Compliance. (2024). Client Alert: Italian Council breaches GDPR by use of AI. Dostupno na: <https://www.corderycompliance.com/it-gdpr-ai-0224-03/> pristupljeno 12.4.2024.

⁶² TimeLineDaily. (2024). ChatGPT Breaches Data Protection Rules, Says Italian Regulator. Dostupno na: <https://timelinedaily.com/technology/chatgpt-breaches-data-protection-rules-says-italian-regulator> pristupljeno 3.3.2024.

GDPR postavlja visoke standarde za zaštitu osobnih podataka u kontekstu UI, promičući transparentnost, sigurnost i poštovanje privatnosti pojedinaca. Organizacije koje koriste UI sustave moraju biti pažljive u provođenju ovih zahtjeva kako bi osigurale usklađenost s propisima i izbjegle potencijalne sankcije.

Priistranost algoritama predstavlja značajan problem koji se javlja u kontekstu korištenja UI. Ovaj fenomen nastaje kada algoritmi donose odluke ili izvode zadatke na način koji nepravedno favorizira određene skupine ili rezultate nad drugima. Priistranost algoritama može proizaći iz različitih izvora, uključujući pristrane podatke, pristrane postupke učenja ili dizajn algoritma. Pristrani algoritmi mogu proizaći iz neadekvatnih ili nereprezentativnih podataka o obuci i oslanjanja na pogrešne informacije koje odražavaju povijesne nejednakosti. Ako se ne riješe, takve predrasude mogu dovesti do odluka koje imaju različit utjecaj na određene skupine, čak i kada razvojni programeri nemaju namjeru diskriminacije.

Jedan od čestih izvora priistranosti algoritama je priistranost u skupu podataka korištenom za obuku. Ako su podaci neadekvatni, nepotpuni ili nereprezentativni za stvarni svijet, algoritmi mogu naučiti ili reproducirati predrasude koje su prisutne u tim podacima. Na primjer, ako je skup podataka pretežno sastavljen od jedne demografske skupine, algoritam može donositi pristrane odluke koje favoriziraju tu skupinu na štetu drugih.⁶³

Posljedice priistranosti algoritama mogu biti ozbiljne i široke, uključujući reprodukciju postojećih nejednakosti, diskriminaciju, kršenje prava pojedinaca i društvenu polarizaciju. Kako bi se suzbila priistranost algoritama, potrebno je poduzeti niz mjera, uključujući pažljivu selekciju i pripremu podataka, razvoj pravednih i transparentnih algoritama te sustavno praćenje i procjenu utjecaja algoritama na društvo. Također važno je promicati raznolikost i sveobuhvatnost u razvoju i implementaciji algoritama kako bi se osiguralo da algoritmi odražavaju različite perspektive i vrijednosti zajednice.

Bitno je izdvojiti projekt COMPAS (engl. *Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions*) koji predstavlja softverski alat koji se koristi za predviđanje recidivizma zatvorenika, odnosno vjerojatnost ponovnog počinjenja kaznenih djela. Razvijen je kako bi pomogao pravosudnim sustavima u donošenju odluka o kaznenim sankcijama i uvjetima za

⁶³IUS INFO. (2020). Trebamo li regulirati algoritme? Dostupno na: <https://www.iusinfo.hr/aktualno/u-sredistu/trebamo-li-regulirati-algoritme-41499> pristupljeno 2.2.2024.

osuđene zatvorenike.⁶⁴ Međutim, postoji zabrinutost i rasprava oko pristranosti ovog algoritma. Neki istraživači i aktivisti tvrde da COMPAS favorizira određene demografske skupine, poput bijelaca, dok prema drugima donosi nepoštene procjene za manjinske skupine, poput Afroamerikanaca. Jedan od primjera iz članka ilustrira slučaj gdje su dvije osobe s gotovo identičnim kaznenim dosjeima, ali različitih rasa, dobile različite ocjene rizika od recidivizma od strane softvera COMPAS. Dok je bijela osoba dobila nižu ocjenu rizika, Afroamerikanac je dobio višu ocjenu, što ukazuje na pristranost softvera prema određenim rasnim skupinama.⁶⁵

U kontekstu pravosudnog sustava Sjedinjenih Američkih Država, sve veće korištenje softverskih alata za predviđanje budućih zločina postalo je predmetom rasprave i zabrinutosti zbog moguće pristranosti. Članak "*Machine Bias*", detaljno istražuje praksu korištenja softvera poput COMPAS-a i ukazuje na njihovu pristranost prema Afroamerikancima. Pristranost algoritama u pravosudnom sustavu, predstavlja ozbiljan izazov u donošenju pravednih odluka. Takva pristranost može rezultirati nejednakim tretmanom pojedinaca na osnovu njihove rase ili etničke pripadnosti, što dovodi do potencijalno nepravednih presuda. Kako bismo osigurali pravičniju primjenu prava, ključno je provesti temeljitu analizu algoritama korištenih u pravosudnim sustavima te ih prilagoditi kako bi se minimizirala ili uklonila pristranost. Ovo je vitalni korak prema ostvarenju pravičnijeg pravosudnog sustava koji se temelji na jednakom tretmanu svih pojedinaca, neovisno o njihovoj rasnoj ili etničkoj pripadnosti. Ovo je samo jedan primjer kako tehnologija može reflektirati i pojačati postojeće društvene probleme, istovremeno otvarajući potrebu za etičkim i pravno reguliranim pristupima njezinoj primjeni.

⁶⁴ Li, Y. (2017). Algorithmic discrimination in the US justice system: A quantitative assessment of racial and gender bias encoded in the data analytics model of the Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions (COMPAS). Str. 5

⁶⁵ Angwin, J., Larson, J., Mattu, S., & Kirchner, L. (2016, May 23). Machine Bias: There's software used across the country to predict future criminals. And it's biased against blacks. ProPublica. Dostupno na: <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>, pristupljeno 26.2.2024.

4. Rezultati

U idućem poglavlju opisuje se trenutna primjena umjetne inteligencije u hidrografiji, te se predstavljaju rezultati istraživanja provedenih u ovom području. Umjetna inteligencija značajno doprinosi napretku hidrografskih studija, omogućujući preciznije i efikasnije metode prikupljanja i analize podataka.

4.1 Primjena umjetne inteligencije u hidrografiji

UI postala je ključni alat u različitim područjima znanosti i industrije, donoseći revolucionarne promjene u načinu kako se obrađuju, analiziraju i interpretiraju podaci. Jedno od područja gdje UI pokazuje izniman potencijal jest hidrografija. Kombinacija UI tehnika s tradicionalnim hidrografskim metodama omogućava brže, preciznije i učinkovitije razumijevanje vodenih sustava, što je od vitalnog značaja za različite sektore kao što su pomorska navigacija, očuvanje okoliša, energetika i geo znanosti.

U ovom poglavlju istražiti ćemo spektar primjena UI u hidrografiji. Od analize podataka prikupljenih iz različitih izvora, preko automatiziranog prikupljanja podataka pomoću autonomnih vozila, do predviđajućeg modeliranja i upravljanja rizicima. Također ćemo se osvrnuti na to kako UI djeluje pozitivno na kvalitetu hidrografskih karata, omogućuju brže donošenje odluka te doprinose održivom korištenju vodenih resursa.

Kroz ovo poglavlje, otkrit ćemo kako integracija UI u hidrografiju transformira način na koji percipiramo, analiziramo i koristimo vodene sustave širom svijeta, otvarajući vrata za nove inovacije i otkrića u ovoj znanstvenoj disciplini.

4.2 Trenutna primjena umjetne inteligencije u hidrografiji

UI ima sve značajniju ulogu u različitim aspektima hidrografije, omogućavajući napredne tehnike analize podataka i automatizaciju hidrografskih procesa.

Jedna od ključnih primjena UI u hidrografiji je obrada podataka morskih dubina. Algoritmi dubokog učenja mogu automatski identificirati podvodne strukture, poput grebena ili potopljenih objekata, te generirati detaljne karte morskog dna iz podataka dobivenih iz sonara i drugih uređaja za mjerenje dubine.

Također, UI se koristi za predviđanje promjena razine mora i njihov utjecaj na obalna područja. Analiza velikih skupova podataka omogućava predviđanje poplava i dugoročno upravljanje obalnim resursima.

UI ima važnu ulogu i u otkrivanju i praćenju morskih struja. Algoritmi strojnog učenja analiziraju podatke dobivene iz senzora i satelita kako bi identificirali obrasce morskih struja, što je ključno za navigaciju, istraživanje ekosustava i planiranje pomorskih operacija.

Dalje, UI se koristi za otkrivanje i praćenje podvodnih objekata poput olupina brodova ili podvodnih cjevovoda. Analiza podvodnih slika i videa pomaže u identifikaciji tih objekata, što je važno za istraživanje i upravljanje podvodnim resursima.⁶⁶

Automatizacija hidrografskih procesa je također ključna primjena UI. Automatizacija prikupljanja podataka, analize podataka i generiranja izvještaja povećava učinkovitost hidrografskih operacija i smanjuje troškove.

Nadalje, UI pruža podršku u donošenju odluka analizom kompleksnih hidrografskih podataka i pružanjem preporuka za lokacije postavljanja podvodnih instalacija, planiranje rutâ plovidbe ili identifikacija rizika od obalnih erozija.

4.3 Prednosti i izazovi primjene umjetne inteligencije u hidrografiji

Upotreba UI u hidrografiji donosi niz prednosti koje unapređuju istraživanje i upravljanje morskim okolišem.

Prvo, UI omogućava automatizaciju hidrografskih procesa, uključujući prikupljanje podataka, analizu podataka i generiranje izvještaja. Automatizacija povećava učinkovitost hidrografskih operacija i smanjuje troškove, oslobađajući vrijeme i resurse za druge zadatke. Količina utrošenog vremena koja se troši na hidrografske izmjere se smanjuje primjenom UI, više vremena će se provoditi na samoj interpretaciji podataka koji će se transformirati u informacije koje će se moći aktivno koristiti u praksi. Rezultat toga će biti promjene u hidrografskoj zajednici, biti će potrebno obučavati hidrografe kako bi se što bolje koristili novim sustavima, i samim time će se stvoriti nove karijerne prilike.

⁶⁶ Underwater Object Detection: Delving into the Depths with Advanced Vision Dostupno na: <https://nested.ai/2024/02/04/underwater-object-detection-delving-into-the-depths-with-advanced-vision/> pristupljeno 28.4.2024.

Drugo, UI olakšava predviđanje promjena razine mora i njihov utjecaj na obalna područja. Analiza velikih skupova podataka omogućava predviđanje poplava i dugoročno upravljanje obalnim resursima, što pomaže u planiranju mjera obrane od poplava i očuvanju obalnih ekosustava.

Treće, UI omogućava otkrivanje i praćenje morskih struja, ključnih elemenata za navigaciju, istraživanje ekosustava i planiranje pomorskih operacija. Algoritmi strojnog učenja analiziraju podatke dobivene iz senzora i satelita kako bi identificirali obrasce morskih struja, pružajući vrijedne informacije o kretanju morskih masa.

Četvrto, UI olakšava otkrivanje i praćenje podvodnih objekata poput olupina brodova ili podvodnih cjevovoda. Analiza podvodnih slika i videa pomaže u identifikaciji tih objekata, što je važno za istraživanje i očuvanje podvodnih resursa.

Peto, UI omogućava bržu i precizniju obradu podataka morskih dubina. Korištenjem algoritama dubokog učenja, mogu se automatski identificirati podvodne strukture, poput grebena ili potopljenih objekata, te generirati detaljne karte morskog dna iz podataka dobivenih iz sonara i drugih uređaja za mjerenje dubine.

Naposljetku, UI pruža podršku u donošenju odluka analizom kompleksnih hidrografskih podataka i pružanjem preporuka za lokacije postavljanja podvodnih instalacija, planiranje rutâ plovidbe ili identifikacija rizika od obalnih erozija. Ove prednosti ukazuju na transformaciju hidrografije uz pomoć UI, omogućavajući preciznije analize, učinkovitiju automatizaciju i bolje odluke u istraživanju mora i oceana. Primjena UI u hidrografiji donosi sa sobom niz izazova koji zahtijevaju pažljivo razmatranje kako bi se osigurala uspješna implementacija. Kvaliteta podataka je ključna. Nedostatak kvalitetnih podataka i potreba za čišćenjem, obradom i integracijom podataka iz različitih izvora predstavljaju izazov za učinkovitu primjenu UI. Složenost okoliša dodatno otežava stvaranje algoritama UI koji su otporni na promjene i prilagodljivi dinamičnom morskom okolišu. Interpretacija podataka može biti složena. UI može analizirati velike količine podataka, ali je potrebno razumijevanje konteksta hidrografskih podataka i mogućih grešaka ili nepreciznosti u analizi. Sigurnost i privatnost podataka su također ključni izazovi. Osiguravanje da osjetljivi hidrografski podaci budu zaštićeni od neovlaštenog pristupa i zloupotrebe zahtijeva posebne mjere sigurnosti. Potreba za stručnjacima je izražena. Razvoj i primjena UI u hidrografiji zahtijevaju stručnjake s znanjem iz područja hidrografije, ali i razumijevanjem tehnika strojnog učenja i analize podataka. Etički i regulatorni izazovi su neizbježni. Primjena UI postavlja pitanja o etičkim i regulatornim

standardima, osobito u kontekstu autonomnih sustava. Važno je osigurati da primjena UI bude u skladu s relevantnim zakonima, propisima i etičkim smjernicama.

Ovi izazovi naglašavaju složenost primjene UI u hidrografiji i potrebu za sveobuhvatnim pristupom koji će uzeti u obzir tehničke, sigurnosne, etičke i regulatorne aspekte.

Nedostatak pravne regulative predstavlja značajan izazov u kontekstu autonomnih brodova koji se koriste za izmjeru u hidrografiji. Ova pravna praznina stvara nejasnoće u vezi s odgovornošću u slučaju sudara ili nezgoda. Kada autonomni brodovi sudjeluju u hidrografskim operacijama, postavlja se pitanje tko je odgovoran za eventualne incidente ili sudare. Tradicionalno, odgovornost bi ležala na operaterima ili posadi broda. Međutim, kada su u pitanju autonomni brodovi, situacija postaje složenija jer nema ljudske posade koja bi preuzela odgovornost za akcije broda. Odgovor na pitanje tko je kriv u slučaju sudara autonomnih brodova može ovisiti o više faktora, uključujući nacionalne zakone i propise, ugovorne aranžmane između operatora brodova i vlasnika, kao i međunarodne konvencije o pomorskoj sigurnosti.⁶⁷ Međunarodna zajednica sve više prepoznaje potrebu za razvojem pravne regulative koja će adekvatno adresirati pitanja odgovornosti i sigurnosti u vezi s autonomnim brodovima. To uključuje razvoj međunarodnih standarda i smjernica koji će definirati odgovornost u slučaju nezgoda, kao i uspostavu mehanizama za nadzor i regulaciju autonomnih pomorskih sustava.

Sveobuhvatna pravna regulativa ključna je za osiguranje sigurnosti plovidbe i zaštite interesa svih dionika u kontekstu autonomnih brodova koji se koriste za hidrografiju. Bez jasno definiranih pravila i procedura, postoji rizik od pravne nesigurnosti i nedostatka odgovornosti, što može otežati širenje i usvajanje ove inovativne tehnologije u hidrografiji.

4.4 Primjeri primjene UI u hidrografiji

Razvoj tehnologije autonomnih vozila i UI donosi revoluciju u području hidrografskih istraživanja. Brojne tvrtke diljem svijeta angažirane su u razvoju i primjeni autonomnih plovila za prikupljanje podataka iz mora, omogućavajući preciznije, učinkovitije i ekonomičnije istraživanje morskih dubina. U ovom poglavlju, istražiti ćemo primjere nekih od vodećih tvrtki

⁶⁷ Norton Rose Fulbright. (n.d.). The Collision Regulations and Autonomous Shipping. Dostupno na: <https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/5fedab67/the-collision-regulations-and-autonomous-shipping> pristupljeno 22.4.2024.

koje se bave autonomnim vozilima u hidrografiji, istražujući njihove tehnologije, usluge i doprinos razvoju ovog dinamičnog područja istraživanja mora i oceana.

- **XOCEAN** - tehnološka tvrtka koja se ističe u području autonomnih plovila i usluga prikupljanja podataka iz mora. Njihova glavna usluga uključuje upotrebu autonomnih plovila opremljenih sensorima za prikupljanje različitih vrsta podataka, poput hidrografskih, oceanografskih i geofizičkih podataka. Ti podaci se koriste za različite svrhe, uključujući istraživanje morskog dna, nadzor okoliša i podršku pomorskim operacijama. Ono što izdvaja XOCEAN je sposobnost autonomnog djelovanja njihovih plovila, što znači da se ona mogu kretati i prikupljati podatke bez potrebe za ljudskom posadom na brodu. Ova autonomija omogućava učinkovitije i ekonomičnije prikupljanje podataka, smanjujući rizik za ljudske radnike i omogućavajući prikupljanje podataka u teško dostupnim ili opasnim područjima. Pilot koji upravlja autonomnim plovilom ima dvadeset četverosatni pristup običnoj kameri, kameri od 360 stupnjeva, te termalnoj kameri, također ima pristup meteorološkoj stanici na plovilu. XOCEAN je lider u industriji autonomnih plovila i usluga prikupljanja podataka iz mora te je poznat po svojoj sposobnosti da pruži inovativna rješenja za različite industrije koje ovise o preciznim podacima o morskom okolišu. Sjedište tvrtke XOCEAN nalazi se u Irskoj, a njihove usluge koriste se diljem svijeta u različitim sektorima kao što su hidrografija, istraživanje mora, naftna i plinska industrija, obnovljivi izvori energije i mnogi drugi.⁶⁸ Zanimljivo je da čak i hrvatski pomorci odnosno kapetani rade za firme kao što su XOCEAN kao USV (engl. *Unmanned Surface Vehicle*) piloti.
- **Seafloor Systems** - tvrtka koja se specijalizirala za proizvodnju i distribuciju naprednih hidrografskih i geofizičkih sustava, uključujući AUV (engl. *Autonomous Underwater Vehicle*), sidra, sonare, GNSS (engl. *Global Navigation Satellite System*) sustave i softverske platforme za analizu podataka. Njihovi proizvodi su namijenjeni različitim sektorima, uključujući hidrografiju, oceane, geofiziku, istraživanje podmorja, inženjering morskog dna, geotehniku i mnoge druge. Seafloor Systems je poznat po svojoj predanosti inovacijama i razvoju visoko sofisticiranih tehnologija za prikupljanje podataka iz podmorja. Njihova autonomna podvodna vozila omogućavaju precizno i učinkovito kartiranje morskog dna, identificiranje podvodnih struktura i prikupljanje

⁶⁸ XOCEAN. Dostupno na: <https://xocean.com/> pristupljeno 15.5.2024.

podataka o geofizičkim karakteristikama podmorja. Osim proizvodnje autonomnih podvodnih vozila, Seafloor Systems također pruža usluge vezane uz hidrografiju i istraživanje mora, uključujući podršku pomorskim istraživačkim projektima, obuku osoblja i konzultacije o primjeni njihovih tehnologija. Sjedište tvrtke Seafloor Systems nalazi se u Kaliforniji, Sjedinjene Američke Države, a njihovi proizvodi i usluge koriste se diljem svijeta u različitim sektorima koji ovise o preciznim podacima o morskom okolišu. Seafloor Systems ima reputaciju pouzdane i inovativne tvrtke koja pruža vrhunske tehnološke i konzultantske usluge u području hidrografije i istraživanja mora.⁶⁹

- **Ocean Infinity** - tehnološka tvrtka koja se ističe u području podvodnog istraživanja i otkrivanja. Njihove usluge uključuju korištenje naprednih tehnologija, poput AUV, ROV (engl. *Remote Operated Vehicle*) i visokopreciznih senzora, za prikupljanje podataka iz dubina oceana. Tvrtka je poznata po svojoj sposobnosti pronalaska potopljenih brodova, zrakoplova i drugih objekata iz podmorja, kao i za istraživanje morskog dna u potrazi za resursima kao što su nafta i plin. Ocean Infinity također nudi usluge kartiranja morskog dna, geofizičkog istraživanja i podršku različitim industrijskim sektorima, uključujući energetiku, telekomunikacije i pomorske operacije. Ono što izdvaja Ocean Infinity je njihova sposobnost korištenja inovativnih tehnologija i pristupa za istraživanje dubina oceana na globalnoj razini. Njihov tim stručnjaka kombinira tehnološko znanje s dubokim razumijevanjem podvodnog okoliša kako bi pružili visokokvalitetne usluge svojim klijentima diljem svijeta.⁷⁰
- **Teledyne Marine** - divizija *Teledyne Technologies Incorporated*, globalne tvrtke koja se bavi naprednim tehnologijama u području morskog inženjerstva, podvodnog istraživanja i nadzora, geofizike, oceanografije i drugih srodnih područja. Teledyne Marine integrira niz tehnoloških rješenja i proizvoda kako bi pružila sveobuhvatne usluge i podršku u različitim sektorima koji ovise o morskim podacima. Njihov portfelj proizvoda uključuje širok spektar instrumenata i uređaja, uključujući sonare, hidrofone, akustične i optičke senzore, autonomna plovila, softverske platforme za analizu podataka te sustave za telekomunikaciju pod vodom. Teledyne Marine također pruža usluge poput inženjeringa, instalacije, obuke i tehničke podrške svojim klijentima diljem svijeta. Tvrtka je poznata po svojoj sposobnosti pružanja visokokvalitetnih

⁶⁹ Seafloor Systems. Dostupno na: <https://www.seafloorsystems.com/> pristupljeno 15.5.2024.

⁷⁰ Ocean Infinity. Dostupno na: <https://oceaninfinity.com/> pristupljeno 15.5.2024.

tehnoloških rješenja i podrške u različitim područjima morskog inženjerstva i istraživanja, uključujući naftnu i plinsku industriju, pomorske operacije, zaštitu okoliša, geofiziku, podvodnu arheologiju i mnoge druge. Teledyne Marine igra ključnu ulogu u napredovanju tehnoloških inovacija i doprinosi razvoju održivih i učinkovitih pristupa istraživanju i upravljanju morskim resursima diljem svijeta.⁷¹

- **Kongsberg Maritime** - vodeća svjetska tvrtka koja pruža napredna rješenja i tehnologije za pomorsku industriju. Njihov portfelj proizvoda i usluga obuhvaća širok spektar sustava i opreme, uključujući sonare, hidrografske uređaje, autonomne podvodne i površinske vozila, navigacijske sustave, komunikacijske sustave, te softverske platforme za analizu podataka. Tvrtka se ističe po svojoj sposobnosti pružanja sveobuhvatnih rješenja koja pokrivaju različite aspekte pomorske industrije, uključujući istraživanje mora, hidrografiju, geofiziku, naftnu i plinsku industriju, pomorsku sigurnost, telekomunikacije i mnoge druge. Kongsberg Maritime također nudi širok spektar usluga, uključujući inženjering, instalaciju, obuku i tehničku podršku. Njihova tehnološka rješenja su prepoznata po visokoj pouzdanosti, preciznosti i učinkovitosti te se koriste diljem svijeta u brojnim sektorima pomorske industrije. Kroz kontinuirano ulaganje u istraživanje i razvoj, Kongsberg Maritime nastavlja inovirati i unaprjeđivati svoje proizvode i usluge kako bi zadovoljila potrebe svojih klijenata i pridonijela napretku pomorske industrije širom svijeta.⁷²
- **Fugro** - globalna tvrtka specijalizirana za pružanje geotehničkih, geofizičkih, hidrografskih, geo informatičkih i drugih usluga u području istraživanja tla, morskog dna i podmorja. Svojim klijentima, koji obuhvaćaju različite sektore kao što su nafta i plin, obnovljivi izvori energije, pomorski inženjering, infrastruktura, te telekomunikacije, Fugro nudi napredne tehničke i konzultantske usluge kako bi im pomogao u razumijevanju podzemnih i podvodnih uvjeta. Fugro se ističe po svojoj sposobnosti korištenja najsuvremenije tehnologije, uključujući autonomna vozila, ROV-ove, sonare, geofizičke senzore i softverske platforme za analizu podataka, kako bi pružio visokokvalitetne informacije o geološkim i hidrografskim uvjetima. Osim toga, Fugro nudi usluge kao što su geotehnička istraživanja, istraživanje mora, kartiranje morskog dna, geotehničko inženjerstvo, te inženjering podmorja. Sjedište tvrtke Fugro nalazi se u Nizozemskoj, ali tvrtka ima globalno prisustvo s operacijama

⁷¹ Teledyne Marine. Dostupno na: <https://www.teledynemarine.com/en-us> pristupljeno 15.5.2024.

⁷² Kongsberg Maritime. Dostupno na: <https://www.kongsberg.com/maritime/> pristupljeno 16.5.2024.

diljem svijeta. Kroz svoj rad, Fugro doprinosi razvoju održivih i sigurnih rješenja za različite industrije koje ovise o pouzdanim informacijama o podzemnim i podvodnim uvjetima.⁷³

4.5 Prijedlozi za buduća istraživanja i poboljšanja

Uvođenje autonomnih brodova za hidrografske izmjere predstavlja revolucionaran korak u poboljšanju učinkovitosti, preciznosti i sigurnosti pri prikupljanju hidrografskih podataka. Korištenje umjetne inteligencije u ovom kontekstu otvara širok spektar mogućnosti za buduća istraživanja i inovacije koje bi transformirale način na koji razumijemo i upravljamo vodenim resursima.

Primjena umjetne inteligencije omogućava optimizaciju kartografskih podataka, analizu meteoroloških podataka za predviđanje vremenskih uvjeta na moru te detekciju podvodnih opasnosti kao što su potopljeni objekti ili podvodne stijene. Ova tehnologija omogućava bolje razumijevanje okoline i preciznije planiranje pomorskih aktivnosti.

Uvođenje autonomnih brodova za hidrografske izmjere predstavlja značajan korak prema poboljšanju učinkovitosti, preciznosti i sigurnosti pri prikupljanju hidrografskih podataka. Primjena autonomnih plovila u području pomorskog prava će imati snažan utjecaj na postojeće zakonske propise vezane za standarde u izgradnji, dizajnu i opremi brodova, kao i na razna druga pitanja koja zahtijevaju pažnju kako bi se pravna regulativa unaprijedila.

Izazovi vezani uz primjenu autonomnih brodova su mnogobrojni. Tehnologija je većinom dostupna, ali postoji niz segmenata koji koče njen puni razvoj i integraciju. Prvenstveno, suradnja s obalom i drugim plovilima zahtijeva pažljivo usklađivanje i prilagodbu kako bi se osigurala sigurna navigacija i izbjegle za sigurnost plovidbe opasne situacije. Javno mišljenje, pravna pitanja i pitanje odgovornosti su ključni faktori koji trenutno ograničavaju svakodnevnu i široku primjenu ove tehnologije.

Autonomna navigacija brodova, iako donosi značajne prednosti u sigurnosti, učinkovitosti, ekonomiji i održivosti, suočava se s nizom izazova. Pravilna regulacija i međunarodna koordinacija su ključni kako bi se postigli zajednički standardi i osigurala interoperabilnost autonomnih brodova. Potrebno je uskladiti tehnološki napredak s napretkom u zakonodavstvu kako bi se osigurala sigurna i učinkovita integracija autonomnih plovila u hidrografsku praksu.

⁷³ Fugro. Dostupno na: <https://www.fugro.com/> pristupljeno 16.5.2024.

Sofisticirani senzori, umjetna inteligencija i softverski algoritmi omogućuju autonomnim brodovima praćenje okoline, identifikaciju opasnosti i donošenje brzih odluka, što smanjuje mogućnost sudara i olakšava navigaciju u teškim uvjetima. Uz sigurnosne aspekte, autonomna navigacija donosi i povećanu učinkovitost. Autonomni brodovi mogu optimizirati rutu, brzinu i potrošnju goriva kako bi postigli najbolje rezultate, čime se osigurava bolja pokrivenost i točnost hidrografskih izmjera.

Ekološka održivost je još jedan važan aspekt autonomne navigacije brodova. Optimizacija ruta i brzina autonomnih brodova smanjuje potrošnju goriva i emisije štetnih tvari, pridonoseći smanjenju onečišćenja mora i zraka te promicanju održivog razvoja pomorskog sektora. Autonomna navigacija brodova predstavlja tehnološki napredak koji nosi sa sobom izazove, ali i obećanje bolje, sigurnije i učinkovitije hidrografije u budućnosti.

U budućnosti se predlaže raditi na uvođenju pravne regulative autonomnih brodova. Autonomni brodovi predstavljaju revolucionarnu tehnologiju koja ima potencijal transformirati pomorsku industriju, ali istovremeno postavljaju izazove u području sigurnosti, odgovornosti i regulacije. Kako bi se osigurala sigurna integracija autonomnih brodova u pomorski promet, ključno je uspostaviti jasne pravne smjernice koje će definirati odgovornosti, prava i obveze u slučaju nezgoda, operativnih grešaka ili sukoba s tradicionalnim plovilima. Ovaj pravni okvir ne samo da će pružiti sigurnost i povjerenje industriji i javnosti, već će također potaknuti daljnji razvoj inovacija i implementaciju autonomne tehnologije u pomorskom sektoru.

5. Zaključak

U zaključku ovog diplomskog rada ističemo važnost primjene umjetne inteligencije u hidrografiji kao ključnog alata za unaprjeđenje hidrografskih izmjera i razumijevanja vodnih resursa. Kroz ovaj rad, istražili smo različite aspekte korištenja umjetne inteligencije u hidrografiji, fokusirajući se na primjenu u procesima hidrografskih izmjera.

Definirajući umjetnu inteligenciju kao sposobnost računala ili strojeva da obavljaju zadatke koji obično zahtijevaju ljudsku inteligenciju, prepoznali smo njezinu ključnu ulogu u obradi, analizi i interpretaciji hidrografskih podataka. Uz to, analizirali smo hidrografiju kao znanstvenu disciplinu koja proučava fizičke karakteristike vodenih tijela, uključujući njihovu dubinu, oblik i strujanje, te proces hidrografskih izmjera kao skup tehnika i metoda za prikupljanje, analizu i interpretaciju podataka o vodenim resursima.

Kroz primjenu umjetne inteligencije u hidrografskim izmjerama, otvaramo vrata za napredne analize podataka, predikcije hidroloških fenomena, optimizaciju procesa mjerenja i poboljšanja preciznosti hidrografskih karti. Sposobnost umjetne inteligencije da identificira uzorke, detektira promjene i predviđa buduće događaje omogućuje efikasnije i pouzdanije upravljanje vodenim resursima, kao i bolje razumijevanje njihovih ekosustava.

Kroz ovaj rad, ističe se potreba za daljnjim istraživanjima i razvojem tehnologija umjetne inteligencije u hidrografiji kako bismo iskoristili njezin puni potencijal u očuvanju vodenih resursa i zaštiti okoliša. Uz to, istaknuli smo važnost suradnje između hidrografskih organizacija, stručnjaka iz područja umjetne inteligencije i regulatornih tijela kako bismo osigurali pravilno reguliranu primjenu ove tehnologije u hidrografiji. Kroz daljnja istraživanja, implementaciju novih tehnologija i suradnju s stručnjacima iz različitih područja, možemo ostvariti napredak u hidrografskim izmjerama i doprinijeti održivom upravljanju vodenim resursima u budućnosti.

6. Literatura

1. Angwin, J., Larson, J., Mattu, S., & Kirchner, L. (2016, May 23). Machine Bias: There's software used across the country to predict future criminals. And it's biased against blacks. ProPublica. Dostupno na: <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing> pristupljeno 26.2.2024.
2. Asher, J., & Arthur, R. (2017). Inside the Algorithm That Tries to Predict Gun Violence in Chicago. New York Times Upshot. Dostupno na: <https://www.nytimes.com/2017/06/13/upshot/what-an-algorithm-reveals-about-life-on-chicagos-high-risk-list.html> pristupljeno 5.4.2024.
3. Banov, R., Valent, A. i Anušić, J. (2022). Neuronske mreže za početnike. Poučak, 23 (90), 24-34. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/293712> str. 25
4. Bićanić, Z., Kasum, J. i Gržetić, Z. (2005). Prilog unapređenju postupaka za održavanje pomorskih karata inavigacijskih publikacija. Hrvatski geografski glasnik, 67. (2.), 123-139. preuzeto s <https://doi.org/10.21861/HGG.2005.67.02.07> str. 130
5. CIMSEC (2024.) Searching for lost submarines: an overview of forensic underwater methodologies. Dostupno na: <https://cimsec.org/searching-for-lost-submarines-an-overview-of-forensic-underwater-methodologies/> pristupljeno 31.5.2024.
6. Computer Museum of America. 2023. What Are Punch Cards in Early Computers? Dostupno na: <https://www.computermuseumofamerica.org/2022/09/16/what-are-punch-cards-in-early-computers/> pristupljeno 27.2.2024.
7. Cordery Compliance. (2024). Client Alert: Italian Council breaches GDPR by use of AI. Dostupno na: <https://www.corderycompliance.com/it-gdpr-ai-0224-03/> pristupljeno 12.4.2024.
8. eMarketer. (2022). Artificial Intelligence in Financial Services: Applications and Benefits of AI in Finance. Dostupno na: <https://www.emarketer.com/insights/ai-in-finance/> pristupljeno 22.3.2024.
9. Faričić, J. (2023). Pomorske karte – susret znanosti, umjetnosti i prakse. Kartografija i geoinformacije, 22 (39), 97-99. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/306272> str. 88

10. Frodx. (2023). Evolucija umjetne inteligencije: od Turinga do velikih jezičnih modela. Dostupno na: <https://frodx.com/hr/blog/evolucija-umjetne-inteligencije-od-turinga-do-velikih-jezicnih-modela> pristupljeno 17.2.2024.
11. Fugro. Dostupno na: <https://www.fugro.com/> pristupljeno 16.5.2024.
12. Goertzel, B., & Pennachin, C. (2007). Artificial General Intelligence: Concept, State of the Art, and Future Prospects. *Journal of Artificial General Intelligence*, 1(1), 52-65. Preuzeto sa <https://sciendo.com/article/10.2478/jagi-2014-0001>
13. Google DeepMind. (2023). Developing reliable AI tools for healthcare. Dostupno na: <https://deepmind.google/discover/blog/codoc-developing-reliable-ai-tools-for-healthcare/> pristupljeno 28.4.2024.
14. Hrvatska tehnička enciklopedija. (2017). Hidrografija. Dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/hidrografija/> pristupljeno 22.3.2024.
15. Hrvatski hidrografski institut. (n.d.). O Institutu. Dostupno na: <https://www.hhi.hr/o-nama/o-institutu> pristupljeno 22.2.2024.
16. HHI, Hrvatski hidrografski institut. (2020). Dostupno na: <http://www.hhi.hr/> pristupljeno 27.3.2024.
17. Hydro International. (2017). First Assembly of the International Hydrographic Organization (IHO). Dostupno na: <https://www.hydro-international.com/content/article/first-assembly-of-the-international-hydrographic-organization-iho> pristupljeno 22.3.2024.
18. Hydro International. (2024). "The emergence of AI in hydrography." Dostupno na: <https://www.hydro-international.com/content/article/the-emergence-of-ai-in-the-hydrography-sector> pristupljeno 23.3.2024
19. HyperWar: The Evolution of Conflict in the Digital Age Dostupno na: <https://researchcentre.trtworld.com/discussion-papers/hyperwar-the-evolution-of-conflict-in-the-digital-age/> pristupljeno 1.3.2024.
20. IUS INFO. (2020). Trebamo li regulirati algoritme? Dostupno na: <https://www.iusinfo.hr/aktualno/u-sredistu/trebamo-li-regulirati-algoritme-41499> pristupljeno 2.2.2024.

21. International Hydrographic Organization. (2021). About the IHO. Dostupno na: <https://iho.int/en/about-the-iho> pristupljeno 23.3.2024.
22. International Hydrographic Organization. (2022). IHO Standards for Hydrographic Surveys (S-44), 6.1.0. dostupno na: https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/S-44_Edition_6.1.0.pdf str. 1-2 pristupljeno 25.5.2024.
23. Jablanov, Z. (2023). Odabrani pravni aspekti umjetne inteligencije u medicini. Paragraf, 7 (1), 27-57. Preuzeto sa <https://hrcak.srce.hr/306198>
24. Kasum, J., Zec, D. i Bićanić, Z. (2002). Usuglašenost podataka na pomorskim kartama i navigacijskim publikacijama u usporedbi sa stvarnim stanjem. NAŠE MORE, 49 (5-6), 165-170. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/207366> str.168
25. Klanac, I. (2021). Operacijski sustavi na računalima [Master's thesis, University North]. Str. 10.
26. Knight, W. (2017.). China Plans to Use Artificial Intelligence to Gain Global Economic Dominance by 2030. MIT Technology Review. Dostupno na: <https://www.technologyreview.com/2017/07/21/150379/china-plans-to-use-artificial-intelligence-to-gain-global-economic-dominance-by-2030/> pristupljeno 17.4.2024.
27. Kongsberg Maritime. Dostupno na: <https://www.kongsberg.com/maritime/> pristupljeno 16.5.2024.
28. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. (2018). Hrvatski hidrografski institut. Dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/hrvatski-hidrografski-institut/> pristupljeno 8.3.2024.
29. Leljak, M. (2021). Prepoznavanje ljudskih aktivnosti u proizvodnim sustavima upotrebom umjetne inteligencije [Master's thesis, University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje]. Str. 4
30. Li, Y. (2017). Algorithmic discrimination in the US justice system: A quantitative assessment of racial and gender bias encoded in the data analytics model of the Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions (COMPAS). Str. 5

31. Maritime DGPS System Positioning Accuracy as a Function of the HDOP in the Context of Hydrographic Survey Performance. (2023). Preuzeto s https://www.researchgate.net/publication/366509947_Maritime_DGPS_System_Positioning_Accuracy_as_a_Function_of_the_HDOP_in_the_Context_of_Hydrographic_Survey_Performance/fulltext/63a4589503aad5368e30cb40/Maritime-DGPS-System-Positioning-Accuracy-as-a-Function-of-the-HDOP-in-the-Context-of-Hydrographic-Survey-Performance.pdf
32. Maritime Foundation. (2023). Seabed mapping: a critical component of infrastructure. Maritime 2023. Dostupno na: <https://www.maritimefoundation.uk/publications/maritime-2023/seabed-mapping-a-critical-component-of-infrastructure/> pristupljeno 22.2.2024.
33. Matić, V. (2023). Umjetna inteligencija u sektoru financija i poslovanja (Doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Fakultet inženjerstva). Str. 11
34. Midorikawa, S., Nagayama, Y., Sakuma, S., & Uemura, K. (2020). High-resolution bathymetry by deep-learning-based image superresolution. PLOS ONE, 15(7), e0235487. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235487>
35. Merantix. (2018). The long tail of medical data: Power law distributions and computer aided diagnosis. Medium. Dostupno na: <https://medium.com/merantix/the-long-tail-of-medical-data-fa31f6e9f9c> pristupljeno 1.4.2024.
36. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2023). Coastal Zone Management. Dostupno na: <https://coast.noaa.gov/czm/> pristupljeno 20.5.2024.
37. NATO. (2016). NATO AML Handbook: Additional Military Layers. Dostupno na: <https://assets.admiralty.co.uk/public/202112/AML%20Handbook.pdf?VersionId=1G0QmuUg91eymXJ4IWPqa7HBxok4WHmg> pristupljeno 22.2.2024.
38. NOAA. (2021). What is bathymetry? Dostupno na: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/bathymetry.html> pristupljeno 8.3.2024.
39. Ocean Infinity. Dostupno na: <https://oceaninfinity.com/> pristupljeno 15.5.2024.
40. Oreč, D. (2007). Geodetsko-hidrografska mjerenja integriranim sustavom GPS-a i echo-sundera za potrebe izrade prostornih planova i projektiranja. Geodetski list, 61 (84) (2), 129-137. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/16784>

41. Orešić, D., Čanjevac, I., & Perica, D. (2022). Kratak prikaz razvoja hidrogeografije u Hrvatskoj s posebnim osvrtom na razdoblje 1992.-2022. Zagreb: Hrvatsko geografsko društvo.
42. Pleić, S. (1968). Naše pomorske karte. *Geodetski list*, XXII (45) (1–3), 6-9. dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/296350>
43. Pilić, M. (2022). Sigurnost sustava umjetne inteligencije u međunarodnom pomorskom prometu. (Disertacija). Sveučilište u Zadru. Str. 102
44. Practical seamanship: Leadlines. Dostupno na: <https://www.yachtingmonthly.com/sailing-skills/practical-seamanship-leadlines-28316> pristupljeno 14.3.2024.
45. Prister, V. (2019). Umjetna inteligencija. *Media, culture and public relations*, 10 (1), 67-72. preuzeto sa <https://doi.org/10.32914/mcpr.10.1.7> str. 69
46. Publikacije Međunarodne hidrografske organizacije. (2020). Dostupno na: <https://iho.int/en/iho-publications>
47. Putica, M. (2018). Umjetna inteligencija: Dvojbe suvremenog razvoja. Filozofski fakultet Sveučilišta u Mostaru. Str. 202
48. Regefalk V. (2020) A Framework for AI Implementation in Product Offering, Master Thesis ,Lund University, Lund str. 12
49. Rothe, R. (2017). Applying Deep Learning to Real-World Problems. Medium. Dostupno na: <https://medium.com/@rasmusrothe/applying-deep-learning-to-real-world-problems-d3dee8f66d8f> pristupljeno 28.4.2024.
50. Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Preuzeto sa https://people.engr.tamu.edu/guni/csce421/files/AI_Russell_Norvig.pdf
51. Seafloor Systems. Dostupno na: <https://www.seafloorsystems.com/> pristupljeno 15.5.2024.
52. Statewatch. (2024). Italy: Trento council fined for illegal AI video and audio surveillance projects. Dostupno na: <https://www.statewatch.org/news/2024/february/italy-trento-council-fined-for-illegal-ai-video-and-audio-surveillance-projects/> pristupljeno 7.4.2024.

53. Tech target What is a chatbot? Dostupno na:
<https://www.techtarget.com/searchcustomerexperience/definition/chatbot> pristupljeno 27.4.2024.
54. Teledyne Marine. Dostupno na: <https://www.teledynemarine.com/en-us> pristupljeno 15.5.2024.
55. TimeLineDaily. (2024). ChatGPT Breaches Data Protection Rules, Says Italian Regulator. Dostupno na: <https://timelinedaily.com/technology/chatgpt-breaches-data-protection-rules-says-italian-regulator> pristupljeno 3.3.2024.
56. Unite.AI. (2020). Što je Turingov test i zašto je bitan? Dostupno na:
<https://www.unite.ai/hr/%C5%A1to-je-Turingov-test-i-za%C5%A1to-je-bitan/> pristupljeno 24.2.2024.
57. Unite.AI. (2023). Primjena prediktivne analitike u zdravstvu. Dostupno na:
<https://www.unite.ai/hr/applications-of-predictive-analytics-in-healthcare/> pristupljeno 26.4.2024.
58. University of Oslo. (2011). Sonar presentation. Dostupno na:
https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF-GEO4310/h11/undervisningsmateriale/sonar_presentation_2011_compressed.pdf.
Pristupljeno 24.5.2024.
59. Underwater Object Detection: Delving into the Depths with Advanced Vision
Dostupno na: <https://nested.ai/2024/02/04/underwater-object-detection-delving-into-the-depths-with-advanced-vision/> pristupljeno 28.4.2024.
60. U.S. Geological Survey. Why we have better maps of Mars than of the seafloor—and what USGS is doing to change that. Dostupno na:
<https://www.usgs.gov/index.php/news/science-snippet/why-we-have-better-maps-mars-seafloor-and-what-usgs-doing-change> pristupljeno 22.2.2024.
61. Watney, C. (2017). It's Time for our Justice System to Embrace Artificial Intelligence. TechTank (blog). Brookings Institution. Dostupno na:
<https://www.brookings.edu/articles/its-time-for-our-justice-system-to-embrace-artificial-intelligence/> pristupljeno 5.4.2024.

62. Wohlthat, A. (2020). Artificial intelligence in healthcare: possibilities and challenges. Wolters Kluwer Law & Business. str. 20
63. XOCEAN. Dostupno na: <https://xocean.com/> pristupljeno 15.5.2024.
64. Žažar, K., Čengić, D. i Degač, Đ. (2022). The Fourth Industrial Revolution in the Croatian Context: Science Fiction or a New Developmental Paradigm?. Društvena istraživanja, 31 (4), 639-659. preuzeto sa <https://doi.org/10.5559/di.31.4.04>

Popis oznaka i kratica

KRATICA	STRANI JEZIK	HRVATSKI JEZIK
AML	Additional military layers	Posebni vojni ENC slojevi
AUV	Autonomous Underwater Vehicle	Autonomna podvodna vozila
BERT	Bidirectional Encoder Representations from Transformers	dvosmjerne reprezentacije enkodera iz transformera
BD	Big Data	Veliki podaci
COMPAS	Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions	Profiliranje upravljanja kažnjenicima za alternativne sankcije
CT	Computed Tomography	Kompjuterizirana tomografija
CZM	Coastal Zone Management	Upravljanje obalnim područjima
DGPS	Differential Global Positioning system	Diferencijalni globalni sustav pozicioniranja
DL	Deep Learning	Duboko učenje
DNK	Deoxyribonucleic Acid	deoksiribonukleinska kiselina
EDPB	European Data Protection Board	Europsko vijeće za zaštitu podataka
FBK	Fondazione Bruno Kessler	Zaklada Bruno Kessler
GAN	Generative Adversarial Network	Generativna suparnička mreža
GDPR	General Data Protection Regulation	Opća uredba o zaštiti podataka
GEBCO	General Bathymetric Chart of the Oceans	Opća batimetrijska karta oceana
GPS	Global Positioning system	Globalni sustav pozicioniranja
GPS	General Problem Solver	Opći rješavatelj problema
GNSS	Global Navigation Satellite System	Globalni sustav satelitske navigacije
HHI	Croatian Hydrographic Institute	Hrvatski Hidrografski Institut
IBM	International Business Machines	strojevi za međunarodno poslovanje
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities	Međunarodno udruženje pomorskih tijela za navigaciju i svjetionike
IHB	International Hydrographic Bureau	Međunarodni hidrografski ured

IHO	International Hydrographic Organization	Međunarodna hidrografska organizacija
IOT	Internet of Things	Internet stvari
IMO	International Maritime Organization	Međunarodna pomorska organizacija
KHz	Kiloherz	Kiloherc
LIDAR	Laser Imaging Detection and Ranging	Detekcija i procjena svjetlosti
LSTM	Long Short-Term Memory	duga kratkoročna memorija
MARVEL	Multimodal Extreme Scale Data Analytics for Smart Cities Environments	Višemodalna analitika ekstremnih razmjera podataka za okruženja pametnih gradova
ML	Machine Learning	Strojno učenje
NATO	North Atlantic Treaty Organization	Sjevernoatlantski savez
NLP	Natural Language Processing	Obrada prirodnog jezika
ROV	Remote Operated Vehicle	Daljinski upravljano podvodno vozilo
USV	Unmanned Surface Vehicle	Autonomno plovilo na površini

Popis slika

Slika 1 Podjela hidrografije Izvor: autorica	4
Slika 2 Primjer reda 1a kategorije hidrografskog premjera – luka Makarska (dubina 4m) Izvor: autorica	12
Slika 3 Primjer reda 1b kategorije hidrografskog premjera – Ulaz u luku Makarska (dubina 37m) Izvor: autorica	12
Slika 4 Primjer reda 2 kategorije hidrografskog premjera – obala Italije (Isola di Capri – dubina 220m) Izvor: Autorica	13

Sažetak

PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U HIDROGRAFIJI

U ovom diplomskom radu smo obradili tematiku vezanu uz Primjenu umjetne inteligencije u hidrografiji. U uvodu se postavlja cilj rada, a to je analizirati trenutno stanje primjene UI u hidrografiji te identificirati moguće prednosti i izazove. Pregled postojeće literature pruža uvid u povijest i razvoj hidrografije, definiciju UI, njezin povijesni razvoj te općenitu primjenu. Metodologija uključuje analizu dostupnih izvora podataka i literature. U dijelu o hidrografiji, obrađuje se povijest i razvoj te priroda hidrografske djelatnosti, uključujući hidrografski premjer. Ističu se prednosti hidrografije uz istovremeno adresiranje izazova. Dio o UI definira termin, pruža povijesni pregled te ističe prednosti i izazove. Općenita primjena UI osvjetljava različite načine korištenja ove tehnologije. U središnjem dijelu rada istražuje se primjena UI u hidrografiji. Razmatraju se trenutna stanja primjene, ističući prednosti i izazove te pružajući konkretne primjere. Na temelju analize, nude se prijedlozi za buduća istraživanja i poboljšanja u ovom području. Zaključak sažima glavne nalaze i doprinose rada, ističe preporuke za daljnja istraživanja i razvoj te pruža kritički osvrt na rad. Ovaj rad pruža cjelovit pregled primjene UI u hidrografiji, ističući važnost ove tehnologije u daljnjem napretku ovog područja.

Ključne riječi: Umjetna inteligencija, hidrografija, batimetrija, reambulacija, kartiranje

Abstract

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HYDROGRAPHY

In this master's thesis, we addressed the topic related to the Application of Artificial Intelligence in Hydrography. The introduction sets the goal of the paper, which is to analyze the current state of AI application in hydrography and identify potential advantages and challenges. The review of existing literature provides insight into the history and development of hydrography, the definition of AI, its historical development, and its general application. The methodology includes the analysis of available data sources and literature. In the section on hydrography, we discuss the history and development, as well as the nature of hydrographic activities, including hydrographic surveying. The advantages of hydrography are highlighted, while addressing the challenges. The section on AI defines the term, provides a historical overview, and highlights the advantages and challenges. The general application of AI sheds light on various ways this technology is used. The central part of the paper explores the application of AI in hydrography. We examine the current state of application, highlighting the advantages and challenges, and providing specific examples. Based on the analysis, suggestions are made for future research and improvements in this area. The conclusion summarizes the main findings and contributions of the paper, highlights recommendations for further research and development, and provides a critical review of the work. This paper provides a comprehensive overview of the application of AI in hydrography, emphasizing the importance of this technology in further advancing this field.

Key words: Artificial Intelligence, Hydrography, Bathymetry, Reambulation, Mapping

Životopis

Osobni podaci:

- Ime: Katarina Gabriela Grbić
- Rođena: 11.06.1998., Makarska
- Kontakt: katarina.gabriela.grbic@gmail.com

Obrazovanje:

- 2005. – 2013. OŠ Don Mihovila Pavlinovića Podgora
- 2013. – 2017. SŠ fra Andrije Kačića Miošića Makarska, Jezična gimnazija
- 2017. – 2019. Sveučilište Libertas, Zagreb, Međunarodni odnosi
- 2019. – 2023. Veleučilište Velika Gorica, Krizni menadžment
- 2021. – 2024. Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti, Forenzika i nacionalne sigurnosti

Stručna praksa:

- **RACVIAC (*Centre for Security Cooperation*):**
 - Odjel za sektor sigurnosti i upravljanja (*Security Sector Governance Pillar*)

Konferencije:

- “Chemical Weapons Convention”
- “12th ISABS conference on Forensic and Anthropological Genetics and MAYO Clinic lectures in Individualized Medicine”
- “13th ISABS Conference on Applied Genetics and Mayo Clinic Lectures in Translational Medicine“
- EU-škola - priprema i provedba eu projekata

Nagrade:

- Rektorova zahvalnica za osobit doprinos u izvannastavnim aktivnostima i promociji Libertas Međunarodnog Sveučilišta

Jezici:

- Engleski: Aktivno
- Češki: Aktivno

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Sveučilišni odjel za forenzične znanosti

Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, Katarina Gabriela Grbić, izjavljujem da je moj diplomski rad pod naslovom „Primjena umjetne inteligencije u hidrografiji“ rezultat mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Nijedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan bez citiranja i ne krši ičija autorska prava. Izjavljujem da nijedan dio ovoga rada nije iskorišten u ijednom drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi. Sadržaj mogega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Split, 26.06.2024.

Potpis studenta/studentice: _____

