

Trendovi umjetne inteligencije u pomorstvu

Milolaža, Karlo

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:518144>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-02**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

KARLO MILOLAŽA

TRENDOVI UMJETNE INTELIGENCIJE U POMORSTVU

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

TRENDOVI UMJETNE INTELIGENCIJE U POMORSTVU
ARTIFICIAL INTELLIGENCE TRENDS IN THE MARITIME

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Umjetna inteligencija
Mentor: doc. dr. sc Dario Ogrizović
Komentor: dr. sc. Nikola Anđelić
Student: Karlo Milolaža
Studijski smjer: Logistika i menadžment u
pomorstvu i prometu
JMBAG: 0112075430

Rijeka, 2023.

Student: Karlo Milolaža

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112075430

IZJAVA STUDENTA – AUTORA O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG
DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada **TRENDOVI UMJETNE INTELIGENCIJE U POMORSTVU** dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student



Karlo Milolaža

Student: Karlo Milolaža

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112075430

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom

TRENDOVI UMJETNE INTELIGENCIJE U POMORSTVU

izradio samostalno pod mentorstvom

doc. dr. sc. Dario Ogrizović

te komentorstvom višim asistentom dr. sc. Nikola Anđelić

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezo s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



Karlo Milolaža

SAŽETAK

Diplomski rad je kompilacija teorijskih saznanja o umjetnoj inteligenciji (engl. *Artificial Intelligence*, UI) i praktičnih spoznaja primjene i trendova UI u pomorstvu. Prisutne promjene u pomorstvu pod utjecajem digitalnih informacija, računalnog kodiranja i UI aktualiziraju temu diplomskog rada te ističu važnost praćenja trendova UI u pomorstvu. UI se promatra kao transformacijska tehnologija koja ima široku primjenu u pomorstvu, od potpore radu plovila putem sustava koji se koristi za podršku autonomne plovidbe ili optimizacije plovidbe i tereta, održavanja plovidbe, radu u lukama i dr. U radu su pojašnjeni osnovni pojmovi vezani uz UI te se daje uvid u primjenu UI u pomorstvu te tehnologiju korištenu u pomorstvu temeljenu na UI.

Ključne riječi: autonomni brodovi, optimizacija tereta, prediktivna analitika, umjetna inteligencija.

SUMMARY

The thesis is a compilation of theoretical knowledge about artificial intelligence and practical knowledge of the application and trends of artificial intelligence in maritime affairs. Current changes in shipping under the influence of digital information, computer coding, and artificial intelligence update the topic of the diploma thesis and highlight the importance of monitoring artificial intelligence trends in shipping. Artificial intelligence (AI) is seen as a transformational technology that has wide applications in maritime, from supporting the operation of vessels through systems used to support autonomous navigation or optimization of navigation and cargo, navigation maintenance, work in ports, etc. The paper explains the basic terms related to artificial intelligence and provides insight into the application of artificial intelligence in shipping and the technology used in shipping based on artificial intelligence.

Keywords: autonomous ships, cargo optimization, predictive analytics, and artificial intelligence.

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA.....	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	1
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	1
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA.....	2
2. OPĆENITO O UMJETNOJ INTELIGENCIJI.....	4
2.1. POJAM I ZNAČAJKE UMJETNE INTELIGENCIJE.....	4
2.2. POVIJESNI PREGLED RAZVOJA UMJETNE INTELIGENCIJE.....	6
2.3. FUNKCIJE UMJETNE INTELIGENCIJE	9
3. PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U	
 POMORSTVU	12
3.1. PREDIKTIVNA ANALITIKA	13
3.2. AUTONOMNI BRODOVI	17
3.3. OPTIMIZACIJA TERETA	23
3.4. UPRAVLJANJE RIZIKOM.....	31
3.5. UPRAVLJANJE OPSKRBNIM LANCEM	34
4. TEHNOLOGIJE KORIŠTENJE U POMORSTVU	
 TEMELJENE NA UMJETNOJ INTELIGENCIJI.....	39
4.1. KOGNITIVNE TEHNOLOGIJE	39
4.2. TEHNOLOGIJE DUBOKOG UČENJA.....	41
4.3. PREDSTAVLJANJE ZNANJA I RASUĐIVANJE	42
4.4. OBRADA PRIRODNOG JEZIKA	44
5. ZAKLJUČAK.....	49
 LITERATURA	50
 POPIS SHEMA I SLIKA	55

1. UVOD

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA

Prisutne promjene u pomorstvu pod utjecajem digitalnih informacija, računalnog kodiranja i umjetne inteligencije (engl. *Artificial Intelligence*, UI) aktualiziraju temu diplomskog rada te ističu važnost praćenja trendova UI u pomorstvu. UI se promatra kao transformacijska tehnologija koja ima široku primjenu u pomorstvu, od potpore radu plovila putem sustava koji se koristi za podršku autonomne plovidbe ili optimizacije plovidbe i tereta, održavanja plovidbe, radu u lukama i dr.

Problem istraživanja je primjena UI u pomorstvu u svrhu poboljšanja radnih procesa i učinaka u pomorstvu.

Predmet istraživanja je sljedeći: UI olakšati razmjenu informacija u pomorstvu, poboljšava sigurnost plovidbe i čini radna mjesta u pomorstvu sigurnijima i dr. što ističe potrebu istraživanja trendova UI u pomorstvu.

Objekt istraživanja je UI.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Definirani problem, predmet i objekti istraživanja navode na sljedeću **radnu hipotezu**: pomorska industrija je pod stalnim promjenama uvjetovanim razvojem tehnologije. Primjena UI potiče nove trendove u pomorstvu i transformaciju u svim segmentima pomorstva.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha istraživanja je istražiti trendove UI u pomorstvu te ukazati na UI kao poticatelja promjena u pomorstvu.

Ciljevi istraživanja su: istražiti UI s teorijskog aspekta, istaknuti mjesto i ulogu UI u suvremenom pomorstvu te ukazati na trendove UI u pomorstvu.

Tako postavljeni svrha i ciljevi istraživanja navode na potrebu davanja odgovora na sljedeća pitanja u okviru ovog diplomskog rada:

- Što je UI?
- Kakva je prihvaćenost UI u pomorskoj industriji?
- Koji su trendovi UI u pomorstvu?
- Što su autonomni brodovi?
- Koja se tehnologija u pomorstvu zasniva na UI?
- Kakav će utjecaj UI imati na budući razvoj pomorstva?

1.4. ZNANSTVENE METODE

Podaci potrebni za obradu teme diplomskog rada prikupljeni su iz sekundarnih izvora kao što je dostupna literarna građa, *web* stranice i dr. Pri obradi i izlaganju rezultata istraživanja korištene su sljedeće znanstvene metode: metoda deskripcije, metoda kompilacije, metoda klasifikacije, metoda analize i sinteze, metoda indukcije i dedukcije te metoda dokazivanja i opovrgavanja.

1.5. STRUKTURA RADA

Diplomski rad se sastoji od pet poglavlja.

Prvo poglavlje je **Uvod**. U njemu su navedeni problem, predmet i objekt istraživanja, svrha i ciljevi istraživanja, radna hipoteza i istraživačka pitanja, znanstvene metode te struktura rada.

Naslov drugog poglavlja je **Općenito o umjetnoj inteligenciji**. Ovim poglavljem su istaknute temeljne značajke UI za bolje razumijevanje značaja UI u pomorstvu. Pri tome je dan uvid u pojam i značajke UI, kratak pregled povijesnog razvoja UI i istaknute su funkcije UI.

Primjena umjetne inteligencije u pomorstvu naslov je trećeg poglavlja. Identificirana su različita područja primjene, kao što su prediktivna analitika, autonomni brodovi, optimizacija tereta, upravljanje rizikom i upravljanje opskrbnim lancem, koji su predstavljeni u ovom poglavljju.

Četvrto poglavlje ima naslov **Tehnologije korištene u pomorstvu temeljene na umjetnoj inteligencije**. U njemu su predstavljene tehnologije koje se koriste u pomorstvu, ako se zasnivaju

na UI, kao što su kognitivne tehnologije, tehnologije dubokog učenja, prikaz znanja i obrada materinjeg jezika.

Zaključak je peto poglavlje. U njemu je data sinteza rezultata dobivenih istraživanjem, a kojima se dokazuje postavljena hipoteza.

2. OPĆENITO O UMJETNOJ INTELIGENCIJI

U svrhu boljeg razumijevanja primjene UI u pomorstvu, u ovom dijelu diplomskog rada, ukazuje se na temeljne pojmove UI, njen povijesni razvoj i funkcije.

2.1. POJAM I ZNAČAJKE UMJETNE INTELIGENCIJE

U literaturi je prisutan veći broj definicija UI kojima se naglašavaju različiti aspekti UI. Jedne naglašavaju sposobnost učenja UI.¹ Druge, pak ističu sposobnost emulacije UI te njeno dizajniranje s namjerom oponašanja ljudskih sposobnosti i vještina.² Ipak, ne postoji jedinstvena, dogovorena definicija UI.

UI je znanstvena disciplina i inženjerstvo stvaranja inteligentnih strojeva, posebice inteligentnih računalnih programa.³ Kao znanstveno područje, UI “istražuje načine kako postići da se računalo inteligentno ponaša”⁴. To je sposobnost računala ili robotski upravljano računalo da izvršava zadatke koje obično obavljaju ljudi, jer zahtijeva ljudsku inteligenciju i pronicljivost.⁵ UI je simulacija procesa ljudske inteligencije uz pomoć računalnog sustava. Uključuje učenje (stjecanje informacija i pravila korištenja informacija), zaključivanje (korištenje pravila za donošenje približnih ili konačnih zaključaka) i samoispravljanje.⁶ UI se temelji na sposobnosti strojeva da osjete, razumiju, djeluju i prilagode se na temelju naučenog iskustva.⁷

Europska komisija UI promatra kao “sustave koji pokazuju inteligentno ponašanje analizom njihove okoline i poduzimanjem mjera, uz određeni stupanj autonomije, kako bi se

¹ Castelvechhi, D.: *Can we open the black box of AI?*, Nature, 538, 2016., p. 22.

² Brynjolfsson, E., Mitchell, T.: *What Can Machine Learning Do? Workforce Implications*, Science, 358, 6370, 2017., p. 1530.

³ McCarthy, J.: *What is artificial intelligence?*, <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai.html> (10.04.2023.)

⁴ Šuman, S.: *Pregled metoda obrade prirodnih jezika i strojnog prevođenja*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, 9, 1, 2021., p. 372., online: <https://hrcak.srce.hr/file/377721> (14.04.2023.)

⁵ Copeland, B. J.: *Natuknica Artificial Inteligency*, Britannica, <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> (14.04.2023.)

⁶ Ibidem.

⁷ Krzanich, B.: *The intelligence revolution – Intel’s AI commitments to deliver a better world*, Web-LinkEditorial, 14.11.2018., <https://7wdata.be/machine-learning/brian-krzanich-intels-ai-commitments-to-deliver-a-better-world/> (11.04.2023.)

postigli određeni ciljevi”⁸. Pri tome se naglašava kako se “sustavi koji se baziraju na UI mogu temeljiti isključivo na softveru, djelujući u virtualnom svijetu (npr. glasovni asistenti, softver za analizu slika, tražilice, sustavi za prepoznavanje govora i lica) ili se UI može ugraditi u hardverske uređaje (npr. napredne robote, autonomne automobile, bespilotne letjelice ili aplikacije Internet stvari)”⁹. Navedena definicija daje jednostavan opis sustava UI, kroz tri glavne značajke: percepciju, rasuđivanje odnosno donošenje odluka i djelovanje. Tehnike koje koristi UI općenito se mogu svrstati u dvije skupine, sposobnost rasuđivanja i učenje.

Tehnike rasuđivanja i donošenja odluka uključuju prezentaciju i rasuđivanje znanja, planiranje, zakazivanje aktivnosti, pretraživanje i optimizaciju. Ove tehnike omogućuju transformaciju podataka koji dolaze iz različitih izvora u znanje. Nakon modeliranja znanja (predstavljanje znanja, sljedeći korak je rasuđivanje, što uključuje donošenje zaključaka kroz simbolička pravila, planiranje i zakazivanje aktivnosti, pretraživanje velikog skupa rješenja i optimizaciju među svim mogućim rješenjima problema. Posljednji korak je donošenje odluka. Rasuđivanje i donošenje odluka u sustavu UI obično je vrlo složeno i zahtijeva kombinaciju nekoliko navedenih tehnika.

Definicije, dakle, ukazuju na UI kao proces. UI predstavlja najviši stupanj razvoja računala koji upućuje na ljudsku inteligenciju u rješavanju sve složenijih problema donošenja odluka.¹⁰ Ukratko, UI je sve ono što će se u računarstvu u budućnosti događati. UI nije jedinstvena, nije pojava ni skup tehnologija, nije uređaj, niti program, niti algoritam, već je više ideja, koncept koji predstavlja pokretnu metu evoluirajućih pojava.¹¹

U literaturi se nailazi na klasifikaciju UI u dvije opće skupine:¹²

- slaba UI,
- jaka UI.

⁸ *A Definition of AI: Main Capabilities and Disciplines*, European Commission, High-Level Expert Group on Artificial Intelligence Brussels, 2019., p. 1., <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/definition-artificial-intelligence-main-capabilities-and-scientific-disciplines> (10.04.2023.)

⁹ Ibidem.

¹⁰ Berente, N. et al.: *Managing Artificial Intelligence*, MINS Quarterly, 45, 3, 2021., p. 1435., doi:10.25300/MISQ/2021/16274

¹¹ Ibidem, p. 1435.

¹² Palmejar, E., Chubb, N.: *The Learning Curve*, Thetius, 2022., p. 13., https://www.lr.org/en/mps/digital-transformation-with-ai/?creative=648719501971&keyword=maritime%20ai&matchtype=e&network=g&device=c&utm_source=google&utm_campaign=lead-asset&utm_medium=cpc&utm_content=artificial-intelligence-in-maritime&utm_term=maritime%20ai (9.04.2023.)

Klasifikacija daje uvid u ono što je UI i što može postati na temelju dostupnog *hardvera* i resursa.

Slaba UI naziva se i uska UI. Obučena je i usmjerena na obavljanje određenih zadataka. Najčešći je oblik UI. Jaka UI s druge strane, dijeli se na: opću UI koja uključuje stroj koji ima inteligenciju sličnu ljudima i sposoban je rješavati probleme, učiti od njih i planirati unaprijed, te super UI, koja klasificira stroj čija je inteligencija daleko veća od inteligencije ljudskog bića. Jaka UI je teorijska inteligencija bez poznatih primjena.

2.2. POVIJESNI PREGLED RAZVOJA UMJETNE INTELIGENCIJE

Počeci ozbiljnog razmišljanja o UI vežu se uz ljetnu radionicu u Dartmouthu 1956. godine na kojoj su John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester i Claude Shannon definirali projekt stvaranja UI u smislu “stvaranja stroja koji se ponaša na načine koji bi se nazvali inteligentnima kada bi se čovjek tako ponašao”¹³. Sudionici radionice bili su suglasni da je UI ostvariva.

U razdoblju od 1957. do 1974. godine prisutan je procvat UI. Računala mogu pohraniti sve veći broj podataka i postaju sve brža i cjenovno dostupnija širem krugu korisnika. Poboljšanja se vidljiva i u algoritmu strojnog učenja, a postoji i veća znanja o primjeni algoritama za rješavanje određenih problema. Program STUDENT razvijen je za obradu prirodnog jezika (engl. *Natural language processing*, NLP). Mogao je prepoznati različite jezike, ali je imao ograničenu upotrebu.¹⁴ Godine 1957. Herbert A. i Simon J. stvorili su računalni program pod nazivom *General Problem Solver* (GPS) koji je kao univerzalni stroj bio namijenjen za rješavanje problema na temelju analize sredstva i cilja (engl. *Means-End Analysis*). To je bio prvi računalni program koji je odvojio svoje znanje o problemu (pravila predstavljena kao ulazni podaci) od svoje strategije za rješavanje problema (generički mehanizam za rješavanje problema).¹⁵ Sljedeći računalni program koji je izazvao pažnju bio je ELIZA, čija je namjena bila obrada prirodnog jezika. Razvio ga je Joseph Weizenbaum u

¹³ McCarthy, J. L. et. al.: *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, 1955., <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>, prema: Berente, N.: op. cit., p. 1434.

¹⁴ Pilić, M.: *Sigurnost sustava umjetne inteligencije u međunarodnom pomorskom prometu*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zadru, 2022., p. 103.

¹⁵ Rockwell, A.: *Can Machines Think?*, 28.08.2017., <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/> (9.04.2023.)

razdoblju od 1964. do 1966. godine.¹⁶ Takav razvoj događanja utjecao je da se vlade širom svijeta zainteresiraju za istraživanja u području UI te ih financiraju. Fokus je posebno bio na tehnologiji obrade prirodnog jezika i obradi podataka visoke propusnosti. No, u daljnjem razvoju, UI nailazi na veliki broj problema. Najveći ograničavajući čimbenik razvoju UI bila je nedostatna snaga računala. Računala, naime, jednostavno nisu mogla pohraniti dovoljno veliku količinu informacija niti su ih mogla brzo obraditi. Primjerice, za uspješnu komunikaciju bilo je nužno znati veliku količinu riječi i razumjeti ih u različitim kombinacijama.

Tijekom 1980-ih godina proširenje algoritamskih alata i povećanje snage računala vode ka novim istraživanjima u području UI. John Hopfield i David Rumelhart popularizirali su tehnologiju dubokog učenja koja je omogućila računalima učenje na temelju iskustva. Edward Feigenbaum je uveo ekspertne sustave koji su oponašali proces donošenja odluka stručnih ljudi. Program bi pitao stručnjake u određenom području kako reagirati u određenoj situaciji, a nakon što je računalo dobilo rješenje za svaku situaciju to bi se znanje dalo onima kojima je potrebno. Japanska vlada je poseban fokus stavila na financiranje ekspertnih sustava i druge projekte povezane s UI kao dio Projekta računala pete generacije (engl. *Fifth Generation Computer Project, FGCP*). U razdoblju od 1982.-1990. godine uloženo je 400 mil. USD s ciljem revolucioniranja računalnih procesa, implementaciju logističkog programiranja i poboljšanja UI. No, većina ciljeva nije ostvarena. Unatoč tome, financiranje se nastavilo.

Tijekom 1990-ih i 2000-ih godina postignuti su mnogi značajni ciljevi UI. U 1997. godini svjetskog šahovskog velemajestora Gary Kasparov porazio je računalni program za igranje šaha *Deep Blue* tvrtke IBM. To je bio poticaj daljnjeg razvoja UI. Iste godine implementiran je softver za prepoznavanje govora na *Windowsu* kojeg je razvio *Dragon Systems*. To je bio još jedan iskorak ka napretku, ali u smjeru razvoja usmenog prevođenja.

Nakon 2000. godine, UI sve više poprima oblik kakav je danas poznat. Brzi napredak u povećanju snage računala i dostupnost podataka omogućila su daljnji razvoj UI. Godine 2015. program koji je razvio Google *AlphaGo* pobijedio je svjetskog prvaka u društvenoj igri *Go*, koja je znatno složenija od šaha, i za koju se vjerovalo da računalo ne može u njoj pobijediti.¹⁷ Visoke performanse *AlphaGo* postignute su korištenjem specifične vrste umjetne neuronske mreže (engl. *artificial neural networks*) nazvane duboko učenja. Danas su umjetne neuronske

¹⁶ Ibidem.

¹⁷ Haenlein, M., Kaplan, A.: *A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence*, California management review, 61.4, 2019, p. 5, doi: 10.1177/0008125619864925

mreže i duboko učenje temelj većine aplikacija koje funkcioniraju pod nazivom UI. Oni su temelj algoritama za prepoznavanje slika koje koristi društvena mreža *Facebook*, algoritama za prepoznavanje govora koji pokreću pametne zvučnike i autonomne automobile i dr.

Iz ovog kratkog pregleda povijesti razvoja UI sasvim je razvidno da će ona postati sastavni dio svakodnevnice, poput Interneta ili društvenih medija. To će zasigurno donijeti promjene u načinu na koji poduzeća donose odluke i komuniciraju sa svojim zaposlenicima, poslovnim partnerima i dr.

2.3. FUNKCIJE UMJETNE INTELIGENCIJE

Funkcije UI su višeznačne. Osnovna im je funkcija uzimanje elemenata onoga što se smatra isključivo ljudskim osobinama i njihovo prenošenje u stroj na zadovoljavajući način.¹⁸ Te ljudske osobine uključuju vizualnu percepciju, prepoznavanje glasa, donošenje odluka i prevođenje. Osim toga, komunikacija, sposobnost učenja novih stvari, sposobnost apstrahiranja ili povezivanja s novim znanjem na temelju već utvrđenog znanja i niz drugih pitanja ključni su za razvoj UI.

Fokus UI je na rješavanju unaprijed definiranog problema. S razvojem tehnologije ubrzano raste količina podataka koje generira bezbroj sustava, senzora i uređaja.¹⁹ Opseg te količine podataka nadilazi mogućnosti procesuiranja ljudskog mozga. Zbog toga se koriste različiti sustavi UI koji “omogućavaju pohranjivanje podataka i izvlačenje svih vrsta odnosa unutar tih podataka kako bi se kreirali odgovarajući obrasci, veze i poveznice”²⁰. To je omogućeno tehnologijom velikih podataka (engl. *Big Data*). Veliki podaci se odnose na obradu velikih količina podataka, ali i na napredne trendove u tehnologiji koji imaju za cilj iskoristiti mogućnosti koje takvi podaci nude. Veliki podaci svoju primjenu u pomorskoj industriji nalaze kod praćenja plovila u stvarnom vremenu i analize performanse broda i navigacijskih podataka prikupljenih iz ugrađenih senzora i sustava za prikupljanje podataka.²¹

Uz UI veže se i strojno učenje. Ono je fokusirano na upotrebu podataka i algoritama za oponašanje načina na koji ljudi uče, postupno poboljšavajući točnost računala. Strojno učenje uči računala kako učiti iz iskustva. Algoritmi strojnog učenja koriste računalne metode za 'učenje' informacija izravno iz podataka bez oslanjanja na unaprijed određenu jednadžbu kao model. Algoritmi adaptivno poboljšavaju svoje performanse kako se povećava broj uzoraka dostupnih za učenje.²² Specijalni oblik strojnog učenja je duboko učenje.

Strojno učenje koristi dvije osnovne metode učenja, a to su: učenje s učiteljem (engl. *Supervised learning*) koje uključuje učenje na poznatim ulaznim i izlaznim podacima kako bi se

¹⁸ *The role and function of artificial intelligence*, Computas, <https://computas.com/en/article/the-role-and-function-of-artificial-intelligence/> (11.04.2023.)

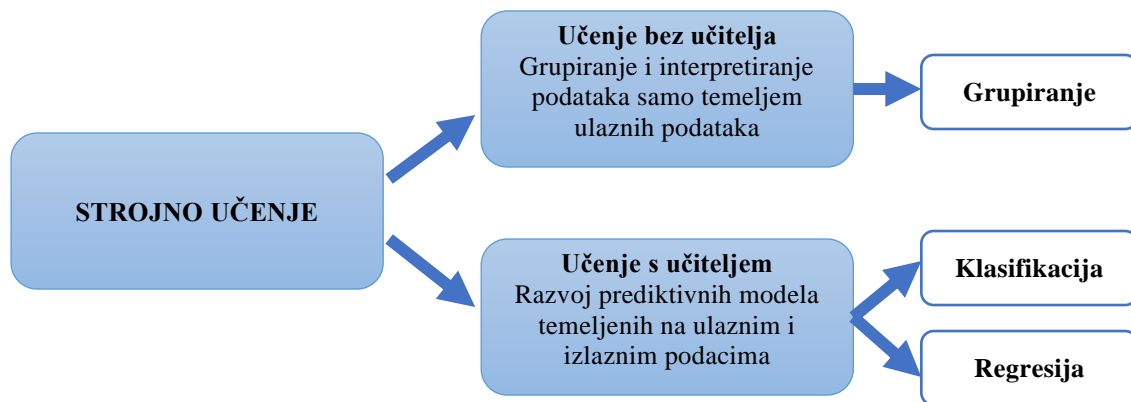
¹⁹ Mirović, M., Miličević, M., Obradović, I.: *Big Data in the Maritime Industry*, Naše more, 65, 1, 2018., p. 56., <https://hrcak.srce.hr/pretraga?q=Big+Data+in+the+Maritime+Industry> (11.04.2023.)

²⁰ Pilić, M.: op. cit., p. 108.

²¹ Ibidem, p. 61.

²² *What Is Machine Learning?*, <https://www.mathworks.com/discovery/machine-learning.html> (15.04.2023.)

predvidjeli budući rezultati i učenje bez učitelja (engl. *Unsupervised learning*) koje pronalazi skrivene obrasce ili intrinzične strukture u ulaznim podacima²³ (Shema 1).



Shema 1. Tehnologija strojnog učenja

Izvor: *What Is Machine Learning?*, <https://www.mathworks.com/discovery/machine-learning.html> (15.04.2023.)

Algoritam učenja s učiteljem uzima poznati skup ulaznih podataka i poznate odgovore na podatke (izlaz) i izgrađuje model koji će generirati razumna predviđanja za odgovor na nove podatke. Učenje s učiteljem koristi tehnike klasifikacije i regresije za razvoj modela strojnog učenja. Tehnike klasifikacije predviđaju diskretne odgovore, primjerice, je li e-pošta autentična ili spam. Klasifikacijski modeli klasificiraju ulazne podatke u kategorije. Tipične primjene uključuju prepoznavanje govora, rukopisa i dr. Tehnike regresije predviđaju stalne reakcije, primjerice, fizičke veličine koje je teško izmjeriti kao što su stanje napunjenosti baterije, opterećenje električne energije u mreži i dr.

Primjena strojnog učenja u pomorstvu je značajna. Stena Lines, primjerice, jedan od najvećih svjetskih trajektnih operatera, koristi strojno učenje za smanjenje količine plastike na brodu, smanjenje nesreća putnika i posade, uštedu goriva, elektrane na baterije i dr. Luka Rotterdam koristi sustav temeljen na strojnom učenju za određivanje vremena dolaska plovila. Primjenom inteligentnih algoritama te procjenom podataka, strojno učenje pomaže korisnicima u upravljanju eventualnim problemima koji mogu nastati u pomorskom prometu. Metode se mogu upotrijebiti kod planiranja ruta, optimizacije tereta, održavanja i dr.²⁴

²³ Ibidem.

²⁴ Ibidem.

Duboko učenje je vrsta strojnog učenja koje pokreće ulaze kroz biološki inspiriranu arhitekturu neuronske mreže.²⁵ Neuronske mreže sadrže brojne skrivene slojeve kroz koje se podaci obrađuju, omogućujući stroju da ide 'duboko' u svoje učenje, uspostavljanje veza i ponderiranje unosa za najbolje rezultate. Umjetne neuronske mreže predstavljaju statističke modele koji su nadahnute biološkim neuronskim mrežama koje grade strukturu ljudskog mozga.²⁶ Podskup su strojnog učenja i u središtu algoritma dubokog učenja. Umjetne neuronske mreže se sastoje od slojeva čvorova koji sadrže ulazni sloj, jedan ili više skrivenih slojeva i izlazni sloj. Svaki čvor, ili umjetni neuron, povezuje se s drugim i ima pridruženu težinu i aktivacijsku funkciju. Ako je izlaz bilo kojeg pojedinačnog čvora iznad navedene vrijednosti aktivacijske funkcije, taj se čvor aktivira, šaljući podatke sljedećem sloju mreže. Inače se podaci ne prosljeđuju na sljedeći sloj mreže.

Neuronske mreže se oslanjaju na podatke za obuku kako bi naučile i poboljšale svoju točnost tijekom vremena. Međutim, nakon što je kod tih algoritama učenja postignuta precizna točnost, postaju moćan alat UI, omogućujući klasifikaciju i grupiranje podataka velikom brzinom. Upotrebom neuronskih mreža zadaci prepoznavanja govora ili slike moguće je za nekoliko minuta u odnosu na sate u usporedbi s ručnom identifikacijom koju obavljaju ljudi. Jedna od najpoznatijih neuronskih mreža je Googleov algoritam pretraživanja.²⁷

Vidljivo je, dakle, da UI ima značajnu funkciju uzimanja ljudskih osobina i njihovo preuzimanje u stroj uz pomoć odgovarajućih tehnologija.

²⁵ Ibidem.

²⁶ Pilić, M.: op. cit., p. 116.

²⁷ *What is a neural network?*, <https://www.ibm.com/topics/neural-networks> (9.04.2023.)

3. PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U POMORSTVU

Tehnologija oduvijek ima važnu ulogu u razvoju pomorske industrije. Od 1990-ih godina prisutan je uzlazni trend upotrebe informacijskih sustava na brodovima. Dinamika usvajanja posebno raste u posljednjem desetljeću. Tome je svakako pridonijela velikih podataka i digitalizacija koji su, ujedno odredili tvrtkama u pomorstvu konkurentsku prednost. Porast značaja UI u pomorskoj industriji može se pripisati povećanom usvajanju digitalnih rješenja i procesa temeljenih na podacima. U svojoj srži, digitalna transformacija bilo koje organizacije leži u kombinaciji ljudi, procesa i tehnologije. UI samo je jedan načina koji tvrtke ostvaruju koristi od digitalnije budućnosti. Korištenjem UI mnoge tvrtke mogu učinkovito optimizirati svoje procese.

UI je u pomorskoj industriji u samoj početnoj fazi, a njena je primjena usko povezana s razvijenošću računalne infrastrukture i mogućnostima međusobnog povezivanja računala. U tom kontekstu i UI se može promatrati kao tehnologija koja će odrediti budućnost pomorske industrije. Integracija UI u autonomne sustave pomorskog prometa, sigurnosne i navigacijske podrške te rješenja za optimizaciju plovila mogu potencijalno biti od koristi svim dionicima u pomorstvu ukoliko se učinkovito implementiraju. U svrhu razumijevanja važnosti UI u pomorstvu potrebno je istaknuti kako tradicionalna analitika može obraditi tek 10 % podataka o plovilu, dok se primjenom UI može obraditi 100 % podataka o plovilu i to u realnom vremenu kako bi se dobili vrlo precizni uvidi u performanse plovila vezano uz potrošnju goriva, brzinu, onečišćenje trupa, potrošnju energije i dr.²⁸

Kako bi se dao što bolji pregled primjene UI u pomorstvu, u ovom dijelu diplomskog rada daje se uvid u prediktivnu analitiku, autonomne brodove, optimizaciju tereta, upravljanje rizikom te upravljanje opskrbnim lancima.

²⁸ Palmejar, E., Chubb, N.: op. cit., p. 7.

3.1. PREDIKTIVNA ANALITIKA

Veliki podaci i UI čine važnu komponentu u donošenju odluka temeljenih na podacima u većini industrija (Liang i Liu 2018.). Pomorska industrija nije izuzetak iako se, kao jedna najstarijih i tradicionalnih industrija još uvijek u znatnoj mjeri oslanja na intuiciju, zbog prisutnih problema koji se mogu javiti na mreži. No, promjene koje idu ka implementaciji UI pokazuju značajne iskorake. Razlog tome može se tražiti i u prisutnom napretku u UI koja ima mogućnost obavljati različite zadatke koji su bili nezamislivi samo desetljeće ranije. Primjerice, sofisticirani sustavi UI uvode autonomne brodove, koji mogu djelovati neovisno bez ljudske interakcije, a stopa pogreške niža je od stope pogreške brodova kojima upravlja čovjek. UI postupno mijenja tradicionalni operativni proces pomorske industrije. Slijedom toga rastu i ulaganja u UI. Procjenjuje se da je u 2022. godini utrošen 931 milijun USD na rješenja UI, a do 2027. godine taj bi iznos trebao narasti na 2,7 milijardi USD, što je rast na godišnjoj razini od 23%. U pomorski sektor u *startupove* i mala i srednja poduzeća koja razvijaju rješenja UI za pomorski sektor uložen 331 mil. USD, a dodatnih 43 milijuna USD bespovratnih sredstava dodijeljeno je za razvoj tehnologije za pomorski sektor na globalnoj razini.²⁹ Ulaganja u digitalnu tehnologiju i UI rezultiraju razvijanjem inovativne tehnologije usmjerene na podatke i nove poslovni modeli. Ta preobrazba preoblikuje pomorsku industriju, pružajući nove mogućnosti za poboljšanje produktivnosti, učinkovitosti i održivosti.

Složenost i subjektivnost velikog broja čimbenika koji utječu na poslovne aktivnosti u pomorstvu, kao što su duga plovidba, nepredvidivi vremenski uvjeti, ograničene mogućnosti istovara tereta i dr., zahtijevaju naprednu analitiku kako bi se spriječila kašnjenja u isporuci robe i financijski gubitci. Od iznimne važnosti postaje učinkovitost postupanja s velikim i nestrukturiranim skupovima podataka što vodi ka korištenju analitike velikih podataka potaknute UI.³⁰ Algoritmi koji se temelje na UI imaju sposobnost analizirati veliku količinu podataka kako bi predvidjeli buduće događanje, što je za pomorsku industriju od iznimne važnosti. UI pomaže u predviđanju, primjerice, potrebnog održavanja opreme ili plovila što može biti korisno u smanjenju zastoja i troškova. Na Slici 1 prikazani su neki od primjera korištenja prediktivne analitike u otpremi tereta u kontejnerskom prometu.

²⁹ Ibidem, p. 24.

³⁰ Owczarek, D.: *Based Predictive Analytics the Next Key Change Driver in the Shipping Industry?*, Nexocode, 2.06.2022., <https://nexocode.com/blog/posts/maritime-trends-ai-based-predictive-analytics-in-shipping-industry/> (18.04.2023.)



Slika 1. Primjeri prediktivne analitike u otpremi tereta

Izvor: Palmejar, E.: *How Can Natural Language Processing (NLP) Improve Safety at Sea?*, *Thetius*, online: <https://thetius.com/how-can-natural-language-processing-nlp-improve-safety-at-sea/> (14.04.2023.)

Imajući na umu činjenicu da pomorski promet nema mogućnost veće fleksibilnosti, predviđanje predstavlja važnu komponentu uspješnog poslovanja. Za prijevoznike kontejnera pristup preciznim *prognozama ponude i potražnje* je od iznimne važnosti, jer o njima ovisi učinkovitost prijevoza i financijska uspješnost poduzeća. To je posebice značajno u vrijeme kada su globalni lanci opskrbe pod utjecajem promjenjivih geopolitičkih prilika na globalnoj razini. Prediktivna analitika pri tome ima važnu ulogu u prognoziranju budućih trendova ponude i potražnje. Koristeći socio-ekonomske podatke (bruto domaći proizvod (BDP), broj stanovnika, prosječni dohodak, stopu zaposlenosti itd.) kao ulazne podatke i uparujući ih s trendovima i sezonalnostima u podacima vremenskih serija, kao i geopolitičkim čimbenicima, prediktivna analitika može brodarskim tvrtkama dati procjenu realne potražnje za kontejnerima. Brodari se, pri tome mogu osloniti na realne procjene, a ne na podatke iz prošlih poslovnih aktivnosti. Takva predviđanja omogućuju prijevoznicima smanjenje broja praznih kontejnera i pripremaju ih za eventualnu povećanu potražnju uz dodatna ulaganja ili dodatne rute. Koristi imaju i luke, jer su izložene manjem riziku od zagušenja prometa s obzirom da brodarske tvrtke učinkovito upravljaju teretom.

Prediktivna analiza lokacije i vremena isporuke korisna je za sve sudionike u lancu otpreme, tvrtke koje se bave isporukom, veleprodaju, e-trgovine i krajnjeg kupca. Nakon identificiranja relevantnih ulaznih podataka (koji mogu uključivati bruto težinu, rutu, odredišnu luku i dr.), model oblikovan za predviđanje vremena ili lokacija može dati točan podatak

potreban brodarima u planiranju ruta, a lukama pomaže u učinkovitom upravljanju procesom istovara. U primjeni je veći broj modela strojnog učenja koji mogu poslužiti u tu svrhu.

Model dinamičkog određivanja cijena za prijevoz kontejnera sve je češće u primjeni u pomorskom prometu. Naime, na konačni trošak otpreme djeluje veliki broj dinamički promjenjivih čimbenika. Tome svakako treba dodati i snažnu konkurentnost na tržištu brodskog prijevoza. Kako bi u takvim uvjetima brodari opstali na tržištu, mogu preventivno naplaćivati previsoke cijene prijevoza ili mogu imati preniske cijene s obzirom na promjenjive troškove. Oba modela mogu dovesti u pitanje poslovanje poduzeća. Stoga se model dinamičkog određena cijena smatra povoljnim za poslovnu uspješnost broдача te omogućava brodarima promjenu cijene prijevoza u odnosu na troškove. Model dinamičkog određivanja cijena funkcionira na način da se procjenjuje utjecaj promjene varijabli na cijenu i moguću potražnju pri maksimiziranju profita. Dinamičko određenje cijena omogućuje brodarskim tvrtkama prilagodbu dinamici potražnje i ponude. Takvi modeli procjenjuju trošak usluge dostave u stvarnom vremenu, ažurirajući cijene barem nekoliko puta dnevno. Primjerice, kada cijena nafte iznenada dostigne vrhunac, što je bilo vidljivo više puta tijekom posljednjih godina, model prilagođava procjenu, sprječavajući da kupci naruče uslugu po irelevantnoj cijeni. Algoritmi strojnog učenja obučavaju se sa strukturiranim i nestrukturiranim podacima (uključujući vremenski orijentirane podatke i podatke specifične za lokaciju) kako bi pronašli korelacije između cijena i različitih varijabli (kao što su ruta, udaljenost, cijena goriva, potražnja, sezona itd.). Na taj način uče predvidjeti relevantne cijene usluga koje omogućuju održavanje financijske stabilnosti i rasta poduzeća.

Prediktivna analitika se koristi i u *poboljšanju lučkih operacija i brzine rukovanja teretom*. Njen je razvoj potaknut prisutnim problemima povećanja broja pristiglih kontejnera u morskim lukama posljednjih godina. Problemi su posebno bili izraženi u sjevernoameričkim i azijskim lukama tijekom pandemije Covid-19, kao rezultat nedostatka opreme i radne snage u lukama. Nedostatak se može izbjeći automatizacijom lučkih operacija. Mega luke, poput Tuas u Singapuru ili Qingdao u Kini potpuno su automatizirane, što smanjuje rizike od ljudskih pogrešaka koji bi mogli dovesti do zagušenja prometa u lukama. U drugim lukama, poput Rotterdama i Livorna, UI se koristi za optimizaciju upravljanja lukom. Pomoću tehnologije digitalnog blizanca (engl. *Digital Twin*), (koja se može koristiti na plovilima, u lukama i drugim objektima) prate se sve operacije u stvarnom vremenu, ali se može koristiti i za predviđanje

budućih događanja vezano uz fizičku imovinu i infrastrukturu. Digitalni blizanac je precizna kopija luke. Za simulaciju se koriste napredni *softveri* koji virtualno modeliraju digitalni entitet.

Digitalni blizanci se mogu koristiti kao dio cjelokupne strategije pametne luke (engl. *Smart Port*). *Smart Port* tehnologije uključuju velike podatke (engl. *Big Data*), UI, Internet stvari (engl. *Internet of Things*, IoT), tehnologiju lanca blokova (engl. *Blockchain*) i 5G mrežu.³¹ Kombinacijom virtualnog i fizičkog okruženja luke, tehnologija digitalnog blizanca omogućava detaljnu analizu podataka i korištenje sustava nadzora kojim se omogućava rješavanje problema i prije nego što se pojave. Korištenjem podataka u stvarnom vremenu, simulacije i strojnog učenja, digitalni blizanci omogućuju lukama povećanje učinkovitosti, stvaranje novih mogućnosti i kreiranje detaljne simulacije. Digitalni blizanci, u biti, moderniziraju cijeli proces koji prikuplja, analizira i tumači podatke te osigurava učinkovito donošenje odluka. Oni preuzimaju pomorske podatke koji mogu biti teški za razumjeti i pretvaraju ih u razumljive podatke, povećavajući poslovnu učinkovitost i smanjujući rizik.³²

Za luku, digitalni blizanac je virtualna replikacija cjelokupne fizičke mreže opskrbnog lanca. Dizajn i izrada digitalnog blizanca omogućuje lučkoj upravi simulaciju procesa rada te vizualizaciju različitih elemenata infrastrukture u stvarnom vremenu. Osim poboljšanja učinkovitosti lučkog poslovanja, digitalni blizanci pridonose zaštiti pomorskog ekosustava. Oni mogu pomoći pomorskom sektoru u stjecanju dugoročne svijesti o razumijevanju složenog ekosustava. Digitalni blizanci mogu pomoći lukama procijeniti trenutnu poziciju u smislu transformacije u pametne luke i donošenja odluke o odgovarajućoj poslovnoj strategiji u skladu sa specifičnim zahtjevima lučkog poslovanja određene luke.

Prediktivna analitika omogućava i *predviđanje raspoloživosti kontejnera u luci*. Na taj način UI podržava lakšu integraciju pomorskih i kopnenih logističkih tvrtki. Prijevoznici koji preuzimaju kontejnere nakon iskrcaja s brodova koriste prediktivne modele kako bi procijenili kada će točno kontejner biti spreman za preuzimanje u luci. Time je olakšana optimizacija upravljanja voznim parkom, pomažući tvrtkama za kopnenu dostavu da smanje troškove i raspodijele svoju radnu snagu i opremu na učinkovitiji način.

Vidljivo je, dakle, da prediktivna analitika ima važnu ulogu u pomorskoj industriji. Pri tome je potrebno istaknuti kako pomorski sektor često zahtijeva modele koji koriste složene

³¹ *What is a Digital Twin?*, 22.07.2021., <https://sinay.ai/en/what-is-a-digital-twin/> (19.04.2023.)

³² *Ibidem*.

nestrukturirane skupove podataka. S obzirom da se podaci obično prikupljaju putem različitih kanala, uključujući senzore koji prikupljaju informacije u stvarnom vremenu, pomorske meteorološke stanice, lučke sustave ili navigacijske sustave, potrebna je znatna prilagodba dubokog učenja i integracija različitih sustava pomorskog prometa.

3.2. AUTONOMNI BRODOVI

Prije samo nekoliko godine smatralo se kako su autonomni brodovi (engl. *Autonomous Ship*) samo futuristička fantazija. No, već danas oni su postali stvarnost zahvaljujući razvoju digitalne tehnologije i UI. Autonomni brodovi se opisuju kao samoplovna plovila bez posade.³³ Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization*, IMO) pomorski autonomni površinski brod (engl. *Maritime Autonomous Surface Ship*, MASS) definira kao brod koji, na određenom stupnju, može raditi neovisno o ljudskoj interakciji. Pri tome uspostavljeni stupnji autonomije od 1 do 4.³⁴

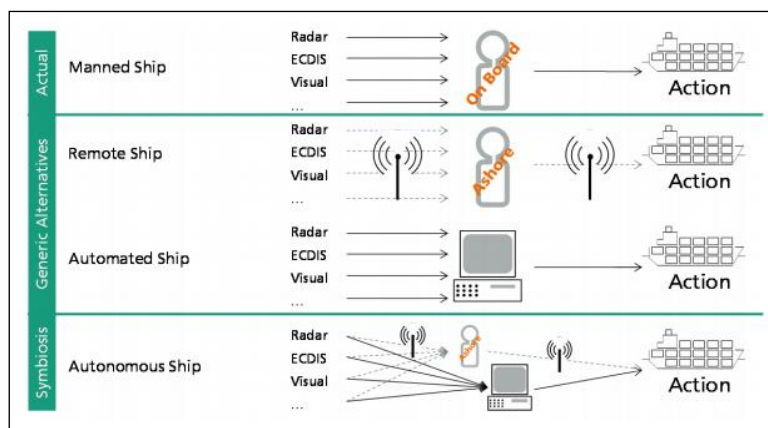
- Stupanj 1. *Brod s automatiziranim procesima i podrškom odlučivanju*: Pomorci su na brodu kako bi upravljali i upravljali brodskim sustavima i funkcijama. Neke operacije mogu biti automatizirane i ponekad bez nadzora, ali s pomorcima na brodu koji su spremni preuzeti kontrolu,
- Stupanj 2. *Brod na daljinsko upravljanje s pomorcima na brodu*: Brodom se upravlja i njime se upravlja s druge lokacije. Pomorci su dostupni na brodu kako bi preuzeli kontrolu i upravljali brodskim sustavima i funkcijama, i
- Stupanj 3. *Brod na daljinsko upravljanje bez pomoraca*: Brodom se upravlja i njime se upravlja s druge lokacije. Na brodu nema pomoraca.
- Stupanj 4. *Potpuno autonomni brod*: Operativni sustav broda može sam donositi odluke i određivati radnje.

Ideja o autonomnom brodu razvijena je kao kombinacija daljinskog, automatskog i autonomnog upravljanja (Shema 2.). Automatizacija je tehnologija kojom se proces ili postupak izvode uz minimalnu ljudsku pomoć.³⁵

³³ The Editorial Team: *Automation vs autonomy in shipping: Key differences*, 2.04.2020., <https://safety4sea.com/cm-automation-vs-autonomy-in-shipping-key-differences/> (5.04.2022.)

³⁴ *Proposal to the New Standard of the Degrees of Autonomy for MASS Operations*, IMO, 2021., http://www.imo-contest.org/images/award/2021/06_2021_MASSive.pdf (7.04.2023.)

³⁵ Ibidem.

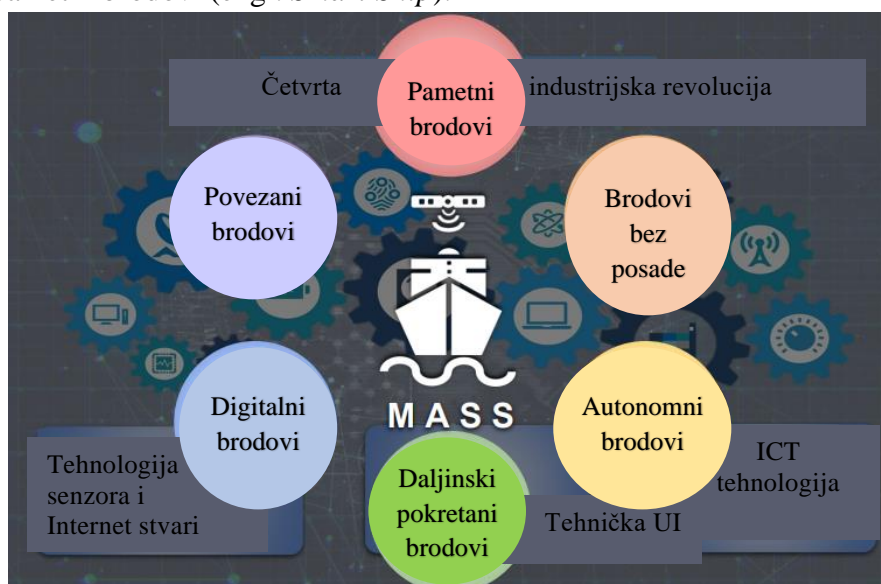


Shema 2. Od broda upravljanog ljudima do autonomnog broda

Izvor: Rødseth, Ø. J., Burmeister, H.-C.: *Developments towards the unmanned ship*, <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2012/08/R%C3%B8dseth-Burmeister-2012-Developments-toward-the-unmanned-ship.pdf> (17.04.2023.)

Ovisno o primjeni tehnologije razvijeni su (Shema 3):

- brodovi bez posade (engl. *Unmanned Ship*),
- autonomni brodovi (engl. *Autonomous Ship*),
- daljinski upravljani brodovi (engl. *Remote Ship*),
- digitalni brodovi (engl. *Digital Ship*),
- povezani brodovi (engl. *Connected Ship*), i
- pametni brodovi (engl. *Smart Ship*).



Shema 3. Tehnologije brodova

Izvor: Rødseth, Ø. J., Burmeister, H.-C.: *Developments towards the unmanned ship*, <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2012/08/R%C3%B8dseth-Burmeister-2012-Developments-toward-the-unmanned-ship.pdf> (17.04.2023.)

Brodovi bez posade su brodovi koji su opremljeni za rad bez fizičke posade na brodu.³⁶ Pojedina rješenja zahtijevaju malu posadu na brodu za nadzor funkcioniranja autonomnih sustava, a druga rješenja uopće ne zahtijevaju posadu. Mogu biti kombinacija daljinskog, automatskog i autonomnog upravljanja, kako je prethodno prikazano na Shemi 2. Autonomni brodovi se smatraju pametnim brodovima, ali svi pametni brodovi nisu autonomni. Pametne brodove se može promatrati kao daljnji razvoj već postojećih podsustava broda.³⁷ Pametni brodovi iskorištavaju digitalizaciju broda za optimizaciju operativnih procesa na brodu i na kopnu. Digitalizacija brodskih sustava, poput nadzora alarma, upravljanja energijom, dinamičkog pozicioniranja te integriranih navigacijskih sustava i elektroničkih motora utječu na sve veću količinu i učestalost podataka. Procjena tih podataka i njihova transformacija u zadatke ključan je čimbenik transformacije klasičnih u pametne brode. Pri tome važnu ulogu imaju tehnologije UI, koje omogućuju obradu velikog broja podataka.

Pametni brod posjeduje alate za analizu podataka, mehanizme za povezivanje s obalnim kontrolnim sobama i alate za upravljanje održavanjem, navigacijom i komunikacijskim operacijama. Za razliku od tradicionalnog broda kojim upravlja čovjek, pametnim brodovima upravlja softver. Pri gradnji trgovačkih brodova sve se više usvaja UI i srodne tehnologije koje omogućuju isporuku pametnih brodova.³⁸ Pametni brod ima međusobno povezane sustave koji se mogu programirati kako bi inteligentno raditi i komunicirati važne događaje za plovidbu broda.³⁹ Pametni brod mora podržavati autonomiju u svim kontrolnim sustavima, navigaciji i navođenju. Cilj ove autonomije je osigurati:⁴⁰

- 1) implementaciju inovativnih tehnologija u primjeni autonomne i daljinski upravljane funkcije plovila, i
- 2) preporučene radne procese implementacijom tehnoloških rješenja koja mogu promijeniti postojeće zakonske propise i pravila klasifikacije.

³⁶ Ahvenjärvi, S.: *The human element and autonomous ship*, TransNav, 10, 3, 2016., p. 517-522, <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-e99e196c-33d0-4827-bc59-8ad931a746dc> (6.07.2023.)

³⁷ Dijk, T. et al.: *Smart Ships and the changing maritime ecosystem*, 2018., https://www.researchgate.net/publication/327704347_Smart_ships_and_the_changing_maritime_ecosystem (6.07.2023.)

³⁸ Yang, Y., Tieshan, L.: **Smart Ships**, Taylor & Francis Group, New York, 2023., p. 53.

³⁹ *What is a smart ship?*, Hatteland Technology, <https://www.hattelandtechnology.com/blog/what-is-a-smart-ship> (14.04.2023.)

⁴⁰ Yang, Y., Tieshan, L.: op. cit., p. 58.

Budući da je sigurnost glavni parametar dizajna, cilj pametnih brodova je pružiti sigurnost jednaku ili bolju od uočene u konvencionalnim brodovi. Autonomija brodova može eliminirati otprilike između 75 i 96 % pomorskih nesreća koje su uzrokovane ljudskim pogreškama. Velike brodograđevne tvrtke istražuju razne tehnologije kao što je UI, a koji bi mogli učiniti brodove autonomnima.

Autonomni brodovi bi trebali povećati razinu sigurnosti i učinkovitost pomorske plovidbe. U tu svrhu, autonomni brodovi trebaju imati razvijenu autonomnu svijest o situaciji u kojoj se ili u kojoj će se brod nalaziti te sposobnost praćenja samog senzorskog sustava. Svjesnost o stanju podrazumijeva implementaciju sljedećih sustava temeljenih na UI:⁴¹

- *praćenje u stvarnom vremenu* – sustavi temeljeni na UI mogu pratiti podatke iz različitih izvora kao što su vremenske prilike, uvjeti na moru i promet plovila kako bi pružili analizu podataka u stvarnom vremenu, podršku odlučivanju i automatizirana upozorenja kao pomoć brodarima u sigurnoj i učinkovitoj navigaciji,
- *prediktivno modeliranje* – prediktivno modeliranje temeljeno na UI može se koristiti za analizu podataka i predviđanje potencijalnih opasnosti ili rizika, kao što su oluje, sudari ili kvarovi opreme,
- *potpora odlučivanju* – sustavi potpore odlučivanju temeljeni na UI mogu brodarima dati preporuke na temelju podataka i predviđanja u stvarnom vremenu, pomažući im u donošenju informiranih odluka u kritičnim situacijama, i
- *automatska upozorenja* – sustavi temeljeni na UI mogu automatski upozoriti brodare i relevantna tijela u slučaju nužde.

U Kini je prvi projekt broda bez posade započeo China State Shipbuilding Corporation Limited 2014. godine, a u prosincu 2018. godine pustila je u rad najveći centar za testiranje bespilotnog broda na svijetu. Prvi kineski autonomni teretni brod, Jin Dou Yun 0 Hao (Slika 2) u prosincu 2019. godine završio je svoje prvo probno putovanje duž obale Guangdonga i Shenzhena u južnoj Kini.⁴²

⁴¹ Sardisa, T.: *A brief introduction to AI and its applications in the maritime industry*, Safety4Sea, <https://safety4sea.com/cm-a-brief-introduction-to-ai-and-its-applications-in-the-maritime-industry/> (19.04.2023.)

⁴² Chen, Q. et al.: *From concept to practicality: Unmanned vessel research in China*, Heliyon, 9, 2023., e15182, p. 4., <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15182>



Slika 2. Prvi kineski brod bez posade Jin Dou Yun 0 Hao

Izvor: Chen, Q. et al.: *From concept to practicality: Unmanned vessel research in China*, Heliyon, 9, 2023., e15182, p. 3., <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15182> (06.07.2023.)

U studenom 2020. godine završena je gradnja prvog električnog, autonomnog kontejnerskog broda na svijetu (Slika 3.) za komercijalnu upotrebu pod nazivom Yara Birkeland.⁴³



Slika 3. Prvi električni, autonomni kontejnerski brod na svijetu, Yara Birkeland

Izvor: Yara Birkeland Begins Further Testing for Autonomous, 29.04.2022., <https://maritime-executive.com/article/yara-birkeland-christened-and-begins-testing-for-autonomous-operations> (20.04.2023.)

⁴³ Yara Birkeland Begins Further Testing for Autonomous, 29.04.2022., <https://maritime-executive.com/article/yara-birkeland-christened-and-begins-testing-for-autonomous-operations> (20.04.2023.)

Kontejnerski brod, Yara Birkeland, putuje na ruti od približno sedam nautičkih milja prevozeći gnojivo iz tvornice Yara do luke Brevik u Norveškoj za domaću i međunarodnu otpremu. To je brod s nula emisija te zamjenjuje više od 40.000 putovanja dizelskih kamiona godišnje. Predviđeno da će brod tijekom prve godine rada, raditi s punom posadom za vrijeme testiranja sustava i opreme. Plan je da brod postupno preuzima sve veću autonomnost kako bi mogao biti potpuno autonoman i za plovidbu i za utovar i istovar 120 kontejnera gnojiva. Brod je dužine 80 m i 3.200 dwt, a napaja se s 20 baterija kapaciteta 6,8 MWh. Pogon osiguravaju dvije Azipull kapsule od 900 kW zajedno s dva bočna potisnika od 700 kW koji omogućuju radnu brzinu od 6 do 7 čvorova.⁴⁴ Brod plovi unutar uvijek istih dvanaest nautičkim milja od obale. Potrebno je istaknuti da brod plovi u kontroliranim uvjetima i na vrlo kratkoj udaljenosti. Vez je u potpunosti kontroliran. U primjeni je automatizirani privez plovila pomoću dizalica i posebno dizajniranih žičanih užeta i bitvi, te za utovar i iskrcaj s automatskim portalnim dizalicama. Ponavljajuća monotonija operacija čini privez pogodnim za automatizaciju. Potrebno je, također, istaknuti da cijena izgradnje ovog broda iznosi gotovo cijenu konvencionalnog ultra velikog kontejnerskog broda s mnogo većom nosivošću. Yari Birkeland trebalo je oko 3 godine za izgradnju (2018.-2020.), dok bi izgradnja konvencionalnog broda slične veličine trajala oko osam mjeseci. Osim toga, Yara Birkeland morala je dvije godine ploviti pod operacijama s posadom, nakon čega se očekivalo da će postupno prelaziti na bespilotne operacije.⁴⁵

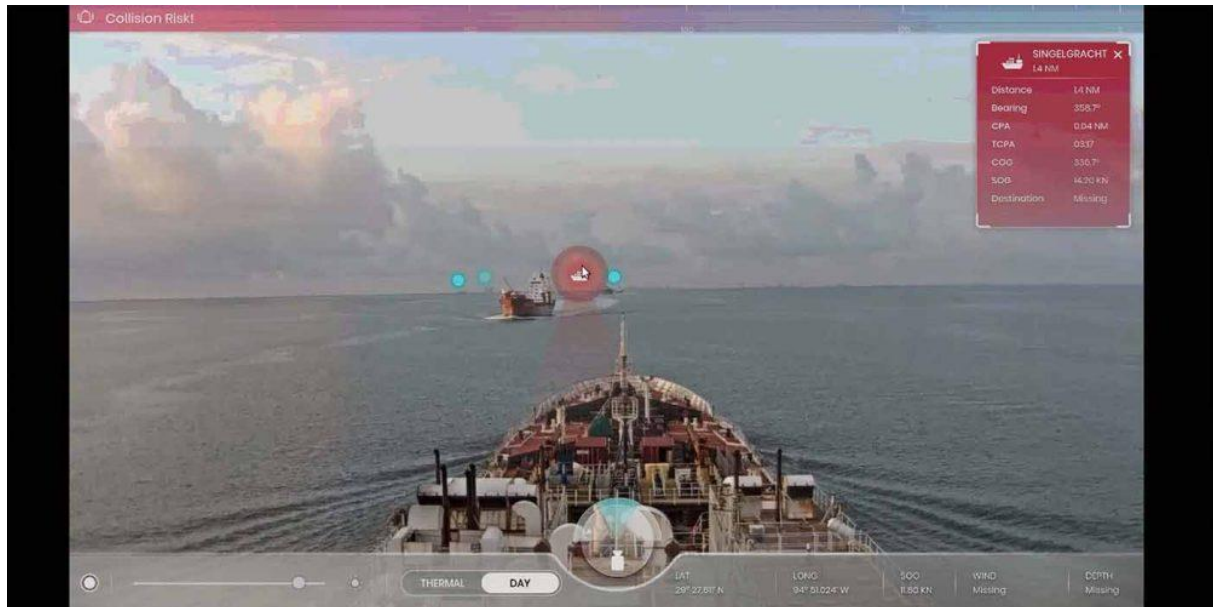
Izraelska tvrtka Orca AI testirala je u 2022. godini softver za UI na brodu Suzaka, nosivosti 749 GT za japanskog brodovlasnika NYK Grupa. Brod je samostalno plovio na 40-satnoj plovidbi na nešto manje od 500 nautičkih milja u iznimno prometnim vodama Tokijskog zaljeva pod kontrolom Orcinog AI sustava, ali s ljudskom posadom na brodu.⁴⁶ Time je brodu omogućena sigurna i autonomna plovidba. Orca AI je postavio na brodu sigurnosni navigacijski sustav (Slika 4.) koji radi kao “ljudska straža”, pružajući detekciju u stvarnom vremenu, praćenje, klasifikaciju i procjenu dometa na osamnaest kamera na brodu, u kombinaciji za prikaz od 360°, dan i noć.

⁴⁴ Ibidem.

⁴⁵ Chen, Q. et al.: op. cit., p. 3.

⁴⁶ Doll, S.: *Autonomous cargo ship completes 500 mile voyage, avoiding hundreds of collisions*, 13.05.2022., <https://electrek.co/2022/05/13/autonomous-cargo-ship-completes-500-mile-voyage-avoiding-hundreds-of-collisions/> (19.04.2023.)

Algoritmi Orca AI pokreću UI i dubinsko učenje, a obučeni su na podacima koji su prikupljeni sa Suzake tijekom više od godinu dana prije putovanja. To je pomoglo softveru da identificira ciljeve u složenom okruženju japanske obale. Podaci u stvarnom vremenu s kamera autonomnog teretnog broda nadzirani su u operativnom centru flote u Tokiju (prikazano gore) stotinama milja daleko.



Slika 4. Orca AI softver za procjenu rizika od sudara na moru

Izvor: Doll, S.: *Autonomous cargo ship completes 500 mile voyage, avoiding hundreds of collisions*, 13.05.2022., <https://electrek.co/2022/05/13/autonomous-cargo-ship-completes-500-mile-voyage-avoiding-hundreds-of-collisions/> (19.04.2023.)

Vidljivo je, dakle, da UI pomiče granice u razvoju brodova, što se svakako promijeniti pomorsku industriju u budućnosti.

3.3. OPTIMIZACIJA TERETA

UI može pomoći brodarskim tvrtkama da optimiziraju utovar i istovar tereta na brod kao i lukama u prekrcanju tereta. U tu svrhu se UI koristi analizom podataka o težini i volumenu tereta, stabilnosti plovila i lučkoj infrastrukturi.⁴⁷ To može pomoći u smanjenju rizika od oštećenja tereta, poboljšati učinkovitost utovara i istovara i smanjiti rizik od gubitka tereta.

⁴⁷ Sardisa, T.: op. cit.

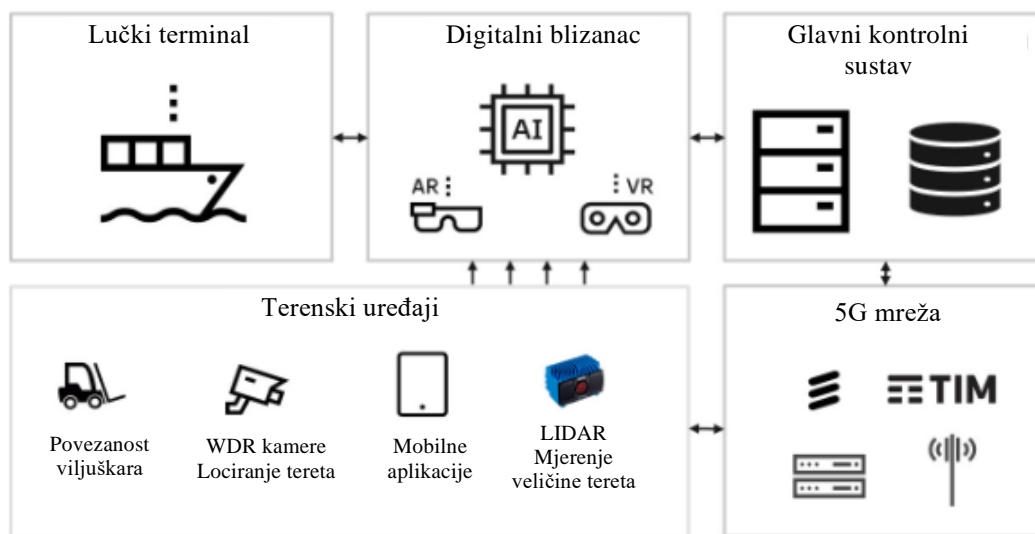
Osnovnim zadatkom lučkih usluga i usluga brodara unutar logističkih mreža smatra se: “povećanje i ubrzanje protoka tereta u luci, kvalitetnije i brže snabdijevanje brodova u luci, smanjivanje zadržavanja broda u luci, racionalizacija lučkih radnji (prostorna, vremenska i komunikacijska), racionalizacija suradnje s kopnenim sustavom transporta, kvalitetna suradnja s lučkim zaleđem, kvalitetna komunikacija među sudionicima lučkog sustava, minimizacija praznih hodova, zastoja i sl.”⁴⁸ Kako bi izvršile postavljene im zadatke, poboljšale poslovanje i odgovorile izazovima globalnih trgovinskih tokova, mnoge luke u svijetu, posebice azijske, usmjerene su ka potpunoj automatizaciji luka ili barem djelomičnoj automatizaciji, u području terminala gdje se odvijaju procesi utovara i istovara. Sasvim je vjerojatno da će se taj trend nastaviti i u budućnosti, jer znatno ubrzava upravljanje teretom, posebice kontejnerima te smanjuje vjerojatnost zastoja prometa u lukama uslijed, primjerice, prometnih nesreća ili nedostatka zaposlenih. Mnogi od tih automatiziranih terminala spremni su za prihvata autonomnih brodova. Iako je njihov razvoj na samom početku, postoji velika zainteresiranost brodara za takvim rješenjima u budućnosti.

Tehnologija digitalnih blizanaca pokretana UI umnogome pomaže optimizaciji utovara i istovara tereta u lukama. Luke obično imaju više terminala na kojima se upravlja s više vrsta tereta, kao što su kontejneri, rasuti teret, generalni teret i dr. Za razliku od tereta koji se prevodi standardnim kontejnerima, generalni teret se obično sastoji od različitih, nepravilnih i nestandardiziranih oblika (sanduka, automobila, cijevi, kutija, bačvi i dr.), što smanjuje učinkovitost utovara i istovara tereta, a često i od pogrešaka u procjeni rukovanja teretom na pristaništu i u fazama utovara/istovara na brodove za generalni teret. Digitalni blizanci, kako je već istaknuto moderniziraju cijeli proces koji prikuplja, analizira i tumači podatke te osigurava učinkovito donošenje odluka. Time ujedno pomažu u optimizaciji tereta u luci, posebice onih tereta za koje je potrebno povećati učinkovitost i smanjiti eventualne pogreške u rukovanju.

Kao primjer optimizacije tereta korištenjem digitalnih blizanaca, 5G tehnologije i UI navodi se projekt luke Livorno. Shema glavni komponenata prikazana je na Shemi 4. U luci je putem 5G mreže omogućeno snimanje ogromne količine podataka s pametnih senzora, 3D Lidar tehnologije i kamera širokog dinamičkog raspona (engl. *Wide Dynamic Range*, WDR). Sustav kontrole rada temeljen na UI razvio je implementirao Ericsson. Temeljem podataka dostupnih u stvarnom vremenu, sustav kontrole rada određuje slijed logističkih zadataka i aktivnosti,

⁴⁸ Šošić, I.: *Optimizacija prekrcajnog učinka i smanjenje troškova u segmentu rukovanja teretom*, Pomorski zbornik, 46, 1, 2010., p. 110, <https://hrcak.srce.hr/file/101652> (21.04.2023.)

povezujući protok informacija u stvarnom vremenu koje snimaju pametni senzori, kamere i vozila koja u području luke rade. Zadaci uključuju kretanje, praćenje i pozicioniranje viličara i tereta, kao i popis robe, naloge ukrcaja i istovara brodova. Može, također, obuhvatiti identificiranje specifičnih aktivnosti, poput korištenja dizalica i premještanja većih tereta, označene “visokim rizikom”. Detaljan prikaz svega što se događa u luci omogućuje UI koja pruža povratne informacije o procesima i dijeli ažuriranja u stvarnom vremenu s lučkim nadzornicima.



Shema 4. Glavne komponente tehnologije primijenjene u luci Livorno

Izvor: Puleri, M. et al.: *A look at digital twins in port operations*, 8.12.2020., <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/12/digital-twins-port-operations> (9.04.2023.)

Sustav kontrole rada povezan je s kontrolnom platformom Lučke kapetanije koja na zahtjev može identificirati sva raspoloživa vozila u području luke kojima se obavljaju određeni zadaci. Osim toga, visokoprecizan sustav pozicioniranja koji se temelji na tehnikama multi-stereo vida osigurava točnu procjenu pozicioniranja tereta, čak i u slučaju kada su tereti daleko i pod nepreglednim kutom u odnosu na kamere.⁴⁹ Podatke koji se prikupljaju putem 5G mreže digitalni bliznac koristi za razvoj virtualne replike lučkog prostora u stvarnom vremenu.

Usmjeravajući pažnju na generalni teret, prvi modelirani element je lučko područje na koje se skladišti generalni teret. Na Slici 5 dan je uvid u prikaz područja digitalnog blizanca, a u umetku, u lijevom gornjem uglu, satelitski prikaz područja lučkog terminala.

⁴⁹ Puleri, M. et al.: *A look at digital twins in port operations*, 8.12.2020., <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/12/digital-twins-port-operations> (9.04.2023.)



Slika 5. Lučko područje digitalnog blizanca luke Livorno

Izvor: Puleri, M. et al.: *A look at digital twins in port operations*, 8.12.2020., <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/12/digital-twins-port-operations> (9.04.2023.)

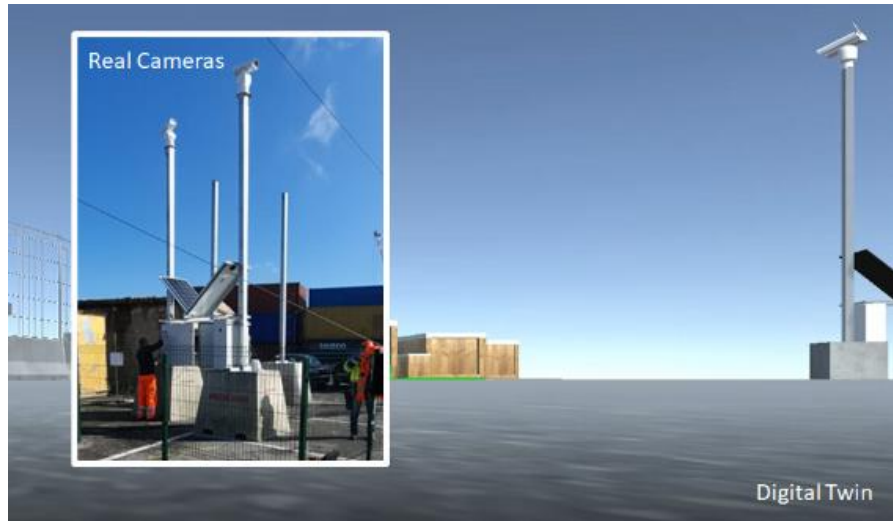
Drugi važan element u prikazu digitalnog blizanca je modeliranje tereta kao što su drvene kutije. Na Slici 6. prikazane su kutije u scenariju digitalnog blizanca, i u umetku u kutu s lijeve strane, pohranjene kutije na terminalu u stvarnom vremenu.



Slika 6. Skladištenje drvenih kutija digitalnog blizanca luke Livorno

Izvor: Puleri, M. et al.: *A look at digital twins in port operations*, 8.12.2020., <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/12/digital-twins-port-operations> (9.04.2023.)

Područje na kojem se roba skladišti nadzire se skupom kamera. Kamere su također modelirane u digitalnom virtualnom scenariju blizanca (Slika 7.). Uloga kamera posebno je važna u zadacima pozicioniranja i praćenja.



Slika 7. Kamere modelirane u virtualnom scenariju digitalnog blizanca

Izvor: Puleri, M. et al.: *A look at digital twins in port operations*, 8.12.2020.,
<https://www.ericsson.com/en/blog/2020/12/digital-twins-port-operations> (9.04.2023.)

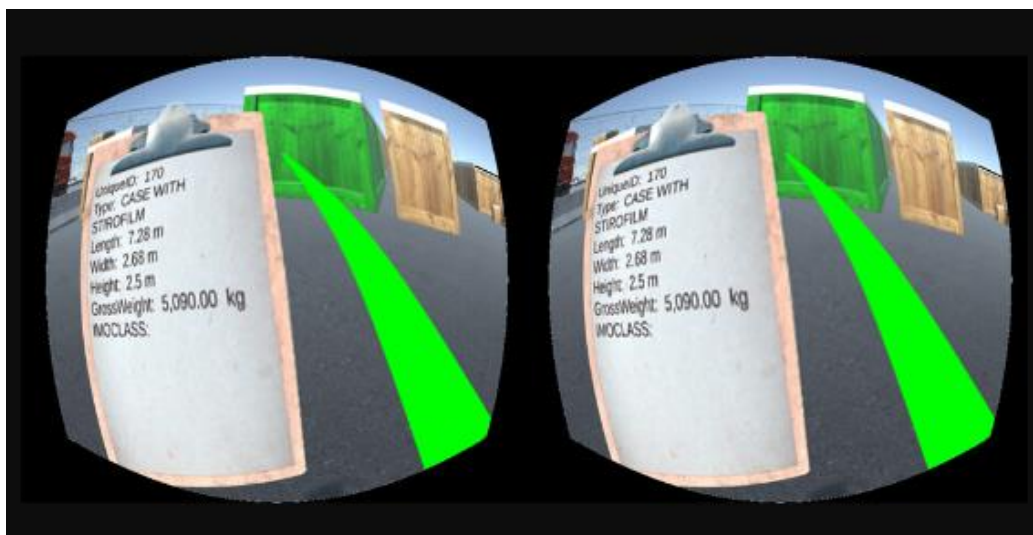
Točan položaj tereta ključan je za optimizaciju skladišnog prostora i brzo dohvaćanje odgovarajućeg objekta u pravo vrijeme kako bi se postigao učinkovit utovar broda. Kamere *streamaju* (istovremeno primaju i reproduciraju) videozapise, putem 5G veze, u softversku aplikaciju zaduženu za identifikaciju objekata i njihov položaj. To funkcionira na sljedeći način:⁵⁰

- kutija (teret) se bira iz kamiona, upravljački sustav u bazi podataka identificira i registrira kutiju,
- raspoloživi viličar, zatim, prenosi teret u skladišni prostor. Odmah nakon što je najbliža kamera otkrila viličar koji je stigao u skladišni prostor, započinje praćenje viličara i tereta,
- kamera prati teret do odredišta, gdje je privremeno pohranjen,
- pomoću proširene stvarnosti (engl. *Augmented reality*, AR), vozač viličara se usmjerava ka mjestu skladištenja tereta informiranjem upravljačkog sustava,

⁵⁰ Ibidem.

- nakon što je teret stavljen na odgovarajuće mjesto, kamere se koriste za unakrsnu provjeru konačnog položaja tereta. Nova pozicija se zatim registrira u bazi podataka,
- kamere prate i svako sljedeće premještanje. Svako pomicanje istog tereta (kutije) kamere prepoznaju na način da je na teretu obavljena neka radnja te prate njegovo kretanje. Potom se registrira novo radno mjestom, i
- tijekom faze utovara broda, viličari se šalju u skladišni prostor kako bi odabrali teret koja se utovaruje. Kada viličar uđe u skladišni prostor, upravljački sustav vozaču pruža informacije proširene stvarnosti o položaju tereta koji treba odabrati. Operacija se automatski nadzire i kontrolira pomoću informacija koje pružaju kamere.

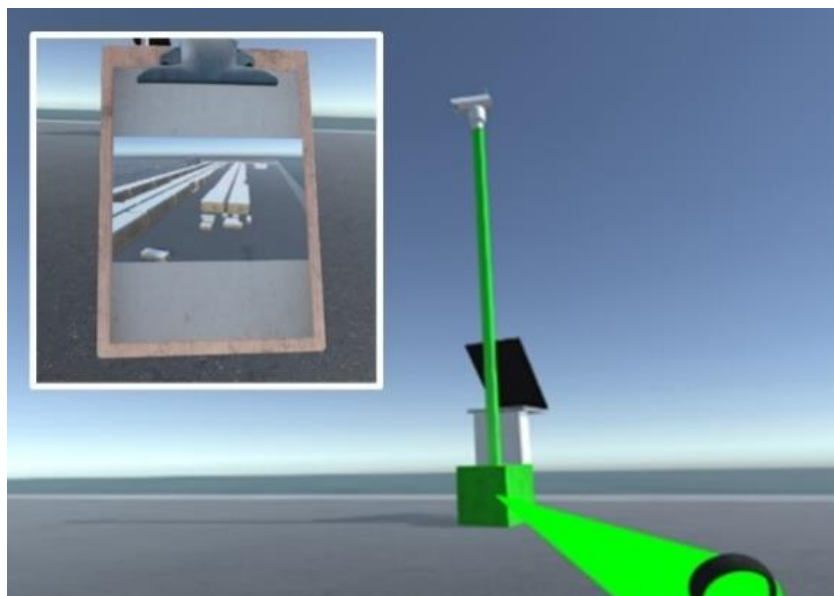
U projektu su korištene kamere širokog dinamičkog raspona (engl. *Wide Dynamic Range*, WDR) koje daju jasnu sliku u situacijama velikih razlika koje se, primjerice, pojavljuju uslijed promjena intenziteta svjetla ovisno o dobu dana ili promjene vremenskih uvjeta. Time je omogućen rad bez obzira na uvjete u području virtualnog blizanca. Reprodukciju lučkog područja i tereta za opći teret u digitalnom blizancu omogućuju operaterima terminala pametne aplikacije virtualne stvarnosti (engl. *Virtual reality*, VR) i proširene stvarnosti. Aplikacija virtualne stvarnosti koristi se pomoću *Meta Quest* VR naočala (engl. *Meta Quest VR Headsets*) te pruža operaterima virtualnu navigaciju u modelu digitalnog blizanca (Slika 8.).



Slika 8. Upotreba Meta Quest VR naočala za posjet virtualnom skladištu u digitalnom blizancu

Izvor: Puleri, M. et al.: *A look at digital twins in port operations*, 8.12.2020., <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/12/digital-twins-port-operations> (9.04.2023.)

Desni upravljač Oculus – Meta Quest koristi se za usmjeravanje zelenog virtualnog laserskog pokazivača na željeni teret, primjerice kutiju u skladišnom prostoru. Informacije povezane s tom kutijom (ID, sadržaj, dimenzije, težina itd.) odmah se identificiraju u bazi podataka. Podaci se pojavljuju u virtualnom međuspremniku kojim se može manipulirati u okruženju virtualne stvarnosti putem lijevog upravljača. Na taj način operatori terminala iz svog ureda imaju uvid u skladišni prostor, čime se povećava sigurnost. Usmjeravanjem “virtualnog lasera” na stup kamere u virtualnom okruženju, operator terminala može u međuspremniku vidjeti što kamera trenutno snima s vrha stupa. Pomoću ove tehnike moguće je imati pregled prostora za pohranu izravno unutar aplikacije virtualne stvarnosti (Slika 9.).



Slika 9. Virtualni pregled iz 'ptičje perspektive' cijelog digitalnog lučkog područja

Izvor: Puleri, M. et al.: *A look at digital twins in port operations*, 8.12.2020.,
<https://www.ericsson.com/en/blog/2020/12/digital-twins-port-operations> (9.04.2023.)

Osim softvera koji daje virtualni prikaz lučkog područja, implementiran je i specifičan algoritam koji omogućuje postizanje automatiziranog i optimalnog sortiranja tereta na tom području te provjeru kvalitete pregledom skladišnog prostora i dvorišta virtualno s udaljenog mjesta. Algoritam je u potpunosti integriran s aplikacijom virtualne stvarnosti tako da je rezultat optimalnog sortiranja vidljiv u digitalnom blizancu prije izvođenja na terenu.

Lučki pilot uključuje posebnu aplikaciju proširene stvarnosti za vozače viličara. Pri vožnji tih vozila opremljeni su robusnim “prozirnim” pametnim slušalicama – naočalama, izrađenim za industrijske potrebe. Putem slušalica vozači viličara mogu vidjeti grafičke znakove i upute za teret koji bi sljedeći trebali premjestiti. Te se upute pojavljuju položene na vrh operatere

vizije stvarnog svijeta. Taj prošireni video sadržaj omogućen je korištenjem streaminga video zapisa WDR kamerama koje prate sve objekte u prostoru za pohranu. Heterogeni protok podataka miješa se sa softverom koji radi na oblaku (*engl. Cloud*) u prostorijama. Ovaj softver obrađuje slike, prepoznaje objekte, određuje upute za upravljačke programe (tj. smjer) i daje upute u stvarnom vremenu postavljene na vrh zaslona unutar naočala proširene stvarnosti. Aplikacija je podržana 5G mrežom. Razmjena videozapisa zahtijeva stroge performanse niske latencije kako bi se povezao protok podataka iz različitih izvora. Ta povezanost mora biti dovoljno brza kako bi isporučila rezultirajuće indikacije proširene stvarnosti u besprijekornoj sinkronizaciji sa stvarnim svijetom. Koristi od implementacije digitalnih blizanaca u lučkom poslovanju ogledaju se u:⁵¹

- smanjenju faza registracije s 3 minute na 2 minute,
- smanjenju prosječnog vremena izvršenja pomicanja objekta od točke A do točke B viličarem s 8 minuta na 7 minuta,
- smanjenje zauzetosti prostora u fazi skladištenja za 10 %, primjerice s 5.000 m² na 4.500 m², i
- smanjenje vremena istovara/utovara broda za generalni teret s prosječno 18 sati na 16 sati, što znači da se relevantno vrijeme mirovanja na vezu smanjuje s 36 sati na 34 sata.

Navedene koristi uštede vremena imaju implikacije na uštede troškova brodovlasnika. Osim toga, optimizacijom lučkog poslovanja može se tijekom godine opsluživati više brodova, čime bi se povećao kapacitet luke bez potrebe povećanja postojećih terminala.

Vidljivo je, dakle, da implementacija UI rezultira značajnim koristima koje dovode do ušteda u svim segmentima poslovanja i broda i luke.

⁵¹ Ibidem.

3.4. UPRAVLJANJE RIZIKOM

Plovilo je je u plovidbi, s posadom i putnicima, stalno je izloženo određenoj razini neizvjesnosti i rizika. Plovila se, u biti kreću unutar područja neizvjesnosti te su praćena određenom razinom opasnosti unutar nepoželjnih situacija.⁵² Te opasnosti, u biti čine, plovidbu rizičnom.

Rizik se shvaća kao preispitivanje nekoga ili nečega što se smatra nepoznatom ili očekivanom opasnošću, štetom ili gubitkom.⁵³ U literaturi nema opće prihvaćene definicije rizika. Najčešće primjenjivana definicija rizika je IMO-ova definicija prema kojoj je rizik kombinacija učestalosti i ozbiljnosti posljedice.⁵⁴ Rizik je vjerojatnost da će se dogoditi neželjeni događaj, nakon čega slijedi niz rezultirajućih posljedica koje se događaju u stvarnom vremenu.⁵⁵ Posljedice uključuju prijetnje ljudskom životu i zdravlju te štetu imovini i okolišu. To ukazuje na potrebu učinkovitog upravljanja rizikom kako bi se sveo na najmanju moguću mjeru. U skladu s tim IMO je razvio smjernice za Formalnu procjenu sigurnosti (engl. *Guidelines for Formal Safety Assessment*, FSA) kao metodu upravljanja rizikom. FSA metodologija je racionalan i sustavan postupak za procjenu rizika povezanih s pomorskom sigurnošću i zaštitom morskog okoliša te za procjenu troškova i mogućih koristi za smanjenje tih rizika.⁵⁶

Istraživanja pokazuju da se kod svakog štetnog događaja prije nastupa samog incidenta mogu uočiti znakovi upozorenja. Ti su znakovi sadržani u različitim izvješćima, e-pošti, bazama podataka, ručnom pisanim obrascima i podacima na računalu. U pomorstvu je povezivanje signala upozorenja kako bi se na vrijeme utvrdili novi rizici za potrebe eventualnog djelovanja bilo vrlo izazovno, a često i nemoguće. Pojava naprednih tehnologija kao što su UI i obrada prirodnog jezika pomaže donositeljima odluka da donose bolje odluke u gotovo

⁵² Bukša, J., Zec, D.: *Model procjene pomorskih rizika u ograničenom plovnom području*, Pomorstvo, 19, 1, 2005., p. 173., <https://hrcak.srce.hr/3954> (11.04.2023.)

⁵³ Dasgupta, S.: *Risk Assessment for Ships: A General Overview*, 14.07.2019., <https://www.marineinsight.com/marine-safety/risk-assessment-for-ships-a-general-overview/> (11.04.2023.)

⁵⁴ *Revised Guidelines for formal safety assesment (FSA) for use in the IMO rule-making process*, IMO, MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2, 2018., <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/HumanElement/Documents/1023-MEPC392.pdf> (17.04.2023.)

⁵⁵ Medić, D., Lušić, Z., Bošnjak, R.: *Comparative Analysis for the Maritime Venture Risk and the Costo f Averting a Fatality in the Republic of Croatia*, Naše more, 66, 2, 2019., p. 62., <https://hrcak.srce.hr/file/320244> (22.04.2023.)

⁵⁶ *Revised Guidelines for formal safety assesment (FSA) for use in the IMO rule-making process*, op. cit., t. 2.

stvarnom vremenu. U stanju su otkriti anomalije i odgovoriti na njih, predvidjeti nove trendove i poduzeti mjere zaustavljanja štetnog događaja. Osim toga, boljim planiranjem i simulacijom nepovoljnih događanja, organizacije postaju otpornije na eventualne takve događaje u budućnosti.⁵⁷ U pomorstvu je važan proaktivni pristup koji koristi sve dostupne podatke i olakšava razumijevanje učinkovitom fuzijom algoritama i stručnog znanja. Prepoznavanje negativnih i pozitivnih rizika ili prilika, a zatim djelovanje na njih na vremenski osjetljiv i agilna način ključni je čimbenik u sprječavanju ili barem smanjenju rizika. Oni omogućuju transformaciju tradicionalnih organizacija u organizacije koje brzo uče i potiču potrebne kulturne promjene.

Sposobnost UI da analizira velike količine informacija značajno poboljšava identifikaciju podataka relevantnih za upravljanje rizikom u pomorstvu, procjenu rizika i donošenje relevantnih odluka. Sustavi za upravljanje rizicima temeljeni na UI mogu analizirati podatke iz različitih izvora kako bi identificirali i umanjili rizike u pomorskoj industriji, kao što su, primjerice, vremenske prilike, promet i piratstvo.⁵⁸

UI integrirana sa sustavima upravljanja rizikom može se koristiti za:⁵⁹

- analizu i upravljanje prijetnjama – uz pomoć strojnog učenja mogu se analizirati velike količine podataka iz različitih izvora. Te informacije generiraju modele predviđanja u stvarnom vremenu koji menadžmentu rizika i zaposlenima zaduženim za sigurnost omogućuju brzo rješavanje rizika. Modeli se temelj za razvoj sustava ranog upozorenja koji osiguravaju nesmetan rad i zaštitu dionika u pomorskoj industriji,
- smanjenje rizika – UI pruža mogućost procjene nestrukturiranih podataka o mogućim rizicima. Algoritmi UI mogu identificirati obrasce ponašanja povezane s prošlim događajima i prenijeti ih kao prediktore rizika, i
- klasifikacija podataka – alati UI mogu obraditi i klasificirati sve dostupne informacije prema prethodno definiranim obrascima i kategorijama te pratiti pristup tim skupovima podataka.

⁵⁷ Inozu, B., Doucette, C.: *Using AI Technologies for Dynamic Risk Management*, Proceedings, 78, 2, 2021., p. 50., https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/DCO%20Documents/Proceedings%20Magazine/Archive/2021/Vol78_No2_Fall21.pdf?ver=wio_EEFRKhMYrCdLkM3yew%3d%3d (19.04.2023.)

⁵⁸ Sardisa, T.: op. cit.

⁵⁹ *Using Artificial Intelligence in Risk Management*, 9.09.2021., <https://reciprocity.com/blog/using-artificial-intelligence-in-risk-management/> (20.04.2023.)

Kod implementacije tehnologije UI potrebno je posebnu pozornost posvetiti izazovima koje donosi UI, kao što su zaštita prikupljenih i korištenih podataka, troškovi implementacije i sl. Kako bi se smanjili rizici koji proizlaze iz implementacije UI te iskoristile prednosti koje alati UI nude navode se faze implementacije sustava upravljanja rizikom.⁶⁰

- *razvoj ideje* – prvi korak u implementaciji sustava upravljanja rizikom koji podržava UI je identifikacija regulatornih i reputacijskih rizika organizacije. Pri tome je potrebno procijeniti rizik na temelju trenutnih okvira i organizacijskih vrijednosti poduzeća. Koristi se kako bi se odredili podaci koje je potrebno prikupiti te način na koji se žele podaci obraditi,
- *izvor podataka* – temeljem prethodnih procjena rizika mogu se definirati skupovi podataka prikladni za procesuiranje modelom UI. Odabir skupova podataka utječe na kvalitetu rezultata, pa se izvoru podataka treba posvetiti značajna pažnja,
- *razvoj modela* – nakon izbora korisnih podataka izgrađuje se model. Pri tome je potrebno razmotriti razinu transparentnosti koja se želi u operacijama UI, zakonska ograničenja koja se odnose na primjenu UI u određenim poslovnim procesima kao i unaprjeđenje ciljeva organizacije implementacijom UI, i
- *praćenje* – kao i kod drugih alata za upravljanje rizikom i kod korištenja UI nužno je stalno ocjenjivati i prilagođavati alate upravljanja rizikom. Pri tome je potrebno uzeti u obzir promjenjive potrebe organizacije kao i moguće nedostatke primijenjene tehnologije.

Događanja koja je uzrokovala zdravstvena kriza te blokada Sueskog kanala u 2021. godini nakon što se kontejnerski brod Ever Given zaglavio te prouzročio zastoj od 9,6 mlrd. USD vrijedne robe blokirajući promet u oba smjera⁶¹, sve veća se pažnja pridaje automatiziranom upravljanju krizom. Nestabilnost globalne ekonomije i geopolitike zahtijevaju povećanje ulaganja u sustave za otkrivanje rizika. Uz sve veću vjerojatnost ekstremnih vremenskih uvjeta izazvanih klimatskim promjenama i blokade čvornih točaka, postoji velika vjerojatnost da će brodari u budućnosti ulagati znatna financijska sredstva u optimizaciju modela planiranja ruta koji koriste naprednu prediktivnu sposobnu detektirati suptilnije veze i trendove.

⁶⁰ Ibidem.

⁶¹ *Blokada Sueskog kanala zakrčila je morski promet: Evo tko će profitirati*, poslovna.hr, 26.03.2021., <https://www.poslovni.hr/trzista/blokada-sueskog-kanala-zakrcila-je-morski-promet-evo-tko-ce-profitirati-4279788> (20.04.2023.)

3.5. UPRAVLJANJE OPSKRBNIM LANCEM

Svi dionici u pomorskoj industriji dio su nekog opskrbnog lanca. Opskrbni lanac se definira kao “ skup od tri ili više entiteta (organizacija ili individualaca) direktno uključenih u uzvodne i nizvodne tokove proizvoda, usluga, financija i informacija od izvora po potrošača”⁶². Opskrbni lanac u pomorstvu odnosi se na kretanje tereta, kao bilo koju povezanu podršku, koja uključuje dva odredišta i korištenje pomorskog i kopnenog prijevoza.⁶³ To je cijela mreža međusobno povezanih sustava koji uključuju špeditere, brodske linije, operatere lučkih terminala i kopnene lučke sustave.

UI se može koristiti za optimizaciju cijelog postupka otpreme, od upravljanja narudžbama, do logistike i upravljanja zalihama.⁶⁴ Lanci opskrbe postaju digitalizirani u kontekstu načina na koji se podaci stvaraju, pohranjuju i analiziraju. Implementacija senzora, kamera, IoT uređaja i integracija pomaže u digitalizaciji fizičkog kretanja robe te značajno povećava količinu podataka u opskrbnom lancu. Osim toga, dok su se u skoroj prošlosti podaci pohranjivali u lokalnim skladištima i kojima je bilo teško pristupiti, digitalizacija je omogućila pregled podataka u sustavima temeljenim na tehnologiji oblaka.

Korištenje novih tehnoloških arhitektura temeljenih na oblaku omogućuju različitu upotrebu UI u upravljanju opskrbnim lancima, omogućujući tvrtkama da iskoriste prednosti integrirane logističke ponude i upravljaju protokom svog tereta kroz različite vrste prijevoza, morem, kopnom i zrakom. Implementacija UI preoblikuje procese u opskrbnom lancu. To uključuje:⁶⁵

- otkrivanje prijevara – može se koristiti za otkrivanje i sprječavanje lažnih aktivnosti u opskrbnom lancu, poput krađa, krivotvorenja i neovlaštenog pristupa osjetljivim podacima,

⁶² Mentzer, J.T. et al.: *Defining supply chain management*, Journal of Business Logistics, 22, 2, p. 4., http://biblioteca.fundacionicbc.edu.ar/images/e/e4/Conexion_y_logistica_2.pdf (19.04.2023.)

⁶³ *What is the Maritime Supply Chain*, 3.03.2022., <https://sinay.ai/en/what-is-the-maritime-supply-chain/> (16.04.2023.)

⁶⁴ Sardisa, T.: op. cit.

⁶⁵ *Integrated logistics, Key ways artificial intelligence (AI) will power integrated logistics*, Maersk, 02.05.2023., <https://www.maersk.com/insights/integrated-logistics/cloud-and-artificial-intelligence-logistics> (18.04.2023.)

- predviđanje potražnje – ovi alati mogu pomoći u točnijem predviđanju obrazaca potražnje analizom povijesnih podataka o prodaji, tržišnih trendova, razdoblja prodaje i mogućih poremećaja. To može pridonijeti boljem planiranju zaliha i smanjenju zaliha,
- prediktivno održavanje – praćenjem opreme i imovine u stvarnom vremenu, mogu se identificirati potencijalni problemi prije nego što se pojave. To može pomoći u smanjenju zastoja i troškova održavanja te poboljšati ukupnu učinkovitost opreme. Konkretno primjene relevantne za sve one koji nastoje optimizirati radno vrijeme, kao što su vlasnici skladišta, operateri terminala, upravitelji voznih parkova itd.
- praćenje i prilagodba opskrbnog lanca u stvarnom vremenu – UI može pružiti uvid u cijeli opskrbni lanac u stvarnom vremenu, od sirovina do gotovih proizvoda. To može pomoći u prepoznavanju potencijalnih uskih grla i kašnjenja, omogućujući tvrtkama proaktivno poduzimanje korektivnih radnji. Tehnologija digitalnih blizanaca može pomoći i u poboljšanju performansi i u definiranju strategija. Digitalne dvostruke simulacije mogu se koristiti za vizualizaciju izvedbe operacija opskrbnog lanca, upravljanje potencijalnim prekidima i testiranje otpornosti opskrbnog lanca na stres modeliranjem scenarija kao što su mijenjanje tokova distribucije. Ova stečena vidljivost u opskrbnim lancima ima za cilj poboljšati upravljanje rizicima, donošenje odluka i korisničko iskustvo,
- automatizacija skladišta i transporta – uz korištenje UI i strojnog učenja mogu se automatizirati i optimizirati skladišne i transportne operacije. To uključuje softverske sustave koji se koriste za predviđanje, upravljanje zalihama i planiranje rute, kao i automatizirana sredstva poput robota, dronova, viličara i kamiona. To može pomoći tvrtkama da smanje troškove i poboljšaju učinkovitost, a pomažu i u poboljšanju razine korisničkih usluga,
- personalizacija – UI se može koristiti za generiranje personaliziranih preporuka za kupce na temelju povijesti njihove kupnje, osnova poslovanja (npr. industrija, veličina i lanac vrijednosti) povijesti pretraživanja i drugih podataka. To može poboljšati korisničko iskustvo i povećati prodaju, predviđanjem sljedećih najboljih radnji i/ili ideja za optimizaciju, i

- autonomni procesi – s implementacijom UI i sustava UI temeljene na agentima (alati UI sa sposobnošću autonomnog obavljanja uzastopnih zadataka UI koji mogu pružiti višestruke izlaze sa samo jednim ulazom) cijeli radni procesi s unosom podataka iz više izvora i tijekovi rada koji zahtijevaju ulaze, ti se procesa potencijalno mogu odvijati autonomno.

Upotreba UI u logistici i upravljanju opskrbnim lancem bilježi trend rasta u 2022. godini. Tvrte kao što su IBM i Maersk implementirale su platforme koje pokreću UI za optimizaciju ruta, planiranje i praćenje tereta, smanjujući rizik od gubitka tereta i povećanje ukupne učinkovitosti pomorskih operacija. Na primjer, IBM-ova platforma Watson Supply Chain koristi UI i strojno učenje za analizu podataka iz različitih izvora i donošenje odluka u stvarnom vremenu o najučinkovitijim rutama i rasporedu za teretne brodove. Razvijen je i IBM *Supply Chain Intelligence Suite*, softverski paket za upravljanje opskrbnim lancima, koji nudi rješenje namijenjeno optimizaciji i automatizaciji zasnovano na UI. Dizajniran je za organizacije koje se suočavaju sa zastojsima u opskrbnom lancu kroz tradicionalnu transformaciju. Aplikacija olakšava digitalnu transformaciju lanca opskrbe, poboljšava otpornost i održivost opskrbne mreže, povećava agilnost i smanjuje vrijeme potrebno od trenutka kupovine proizvoda do njegovog korištenja kroz učinkovite izvještaje, pametne tijekove rada i inteligentnu automatizaciju.⁶⁶

Jedna od aplikacija UI otvorenog koda koja omogućava optimizaciju opskrbnog lanca je i ChatGPT *chatbot* i AutoGPT. Učinkovitost ChatGPT *chatbota* ovisi o upitima korisnika, dok AutoGPT otklanja ta ograničenja omogućujući autonomni rad modela UI. Ovaj model obavlja zadatke bez potrebe za ljudskom intervencijom. Razlika ovih dvaju modela je što je AutoGPT potpuno autonoman te uklanja potrebe za agentima UI. Primjerice, ako se od ChatGPT-a traži plan događaja on će dati popis stvari potrebnih za određenih događaj. S druge strane AutoGPT će za isti upit planirati događaj umjesto korisnika. Potrebno je istaknuti kako je razvoj sposobnosti ovih sustava eksponencijalan sa sve preciznijim praktičnim slučajevima upotrebe koji doprinijeti rješenju problema i poboljšati cjelokupno korisničko iskustvo.

Maersk, integrirana logistička tvrtka koja pruža usluge integrirane kontejnerske logistike i usluge lanca opskrbe razvila je *Supply Chain Management (SCM)*, uslugu upravljanja opskrbnim lancem kako bi pomogla u rješavanju složene logistike. Maerskova rješenja za

⁶⁶ *IBM Supply Chain Intelligence Suite*, <https://www.ibm.com/downloads/cas/A31ZZ1R4> (22.04.2023.)

upravljanje opskrbnim lancem kombiniraju podatke o otpremi i sustave upravljanja dionicima kako bi omogućili pojednostavljenje logističkog procesa. Rješenja su digitalna uz podršku modernih tehnoloških platformi kako bi lanci opskrbe bili jednostavniji i bolje povezani. Na Shemi 5. prikazano je Maerskovo SCM rješenje upravljanja opskrbnim lancem.



Shema 5. Maerskovo SCM rješenje upravljanja opskrbnim lancem

Izvor: *Integrated logistics, Key ways artificial intelligence (AI) will power integrated logistics*, Maersk, 02.05.2023., <https://www.maersk.com/insights/integrated-logistics/cloud-and-artificial-intelligence-logistics> (18.04.2023.)

MyMaerskSupplychain integrirana je aplikacija u vlasništvu Maerska koja je razvijena kako bi se omogućilo upravljanje cijelim lancem opskrbe u bilo koje vrijeme, odnosno kada je to potrebno. Interaktivna nadzorna ploča SCM-a može pomoći u kontroli, upravljanju i praćenju opskrbnih lanaca korisnika. Sastoji se od pet platformskih modula:⁶⁷

- 1) portal za otpremnike,
- 2) praćenje pošiljke,
- 3) izvještavanje,
- 4) *online* upravljanje dokumentima, i
- 5) upravljanje iznimkama.

⁶⁷ *Global Supply Chain Management*, Maersk, <https://www.maersk.com/supply-chain-logistics/management/mymaersksupplychain> (12.04.2023.)

Navedeni alati prikazuju podatke potrebne korisniku za izvršavanje i upravljanje rezervacijama, praćenje statusa svih pošiljaka, generiranje i učitavanje dokumentacije, izdvajanje izvješća te bilježenje i rješavanje iznimaka.

Zaključno se može istaknuti kako je primjena UI u upravljanju opskrbnim lancima značajna te da ima potencijal biti sljedeći tehnološki iskorak u logistici. S razvojem novih tehnologija i algoritama može se očekivati proširenje njene primjene kao i naprednije aplikacije temeljene na UI i strojnom učenju koje će poboljšati procese unutar opskrbnih lanaca, smanjiti pogreške i troškove te korisnicima donijeti značajne prednosti.

4. TEHNOLOGIJE KORIŠTENJE U POMORSTVU TEMELJENE NA UMJETNOJ INTELIGENCIJI

Tehnologije koje se koriste u pomorstvu temeljene na UI, a koje su predmet istraživanja u ovom dijelu diplomskog rada obuhvaćaju: kognitivnu tehnologiju, tehnologiju dubokog učenja, predstavljanje znanja i rasuđivanje te obradu prirodnog jezika.

4.1. KOGNITIVNE TEHNOLOGIJE

Kognitivno računalstvo je sustav temeljen na UI koji mu omogućuje interakciju s ljudima, tumačenje kontekstualnog značenja, analizu prošlih zapisa korisnika i izvlačenje zaključaka na temelju te interakcije.⁶⁸ Kognitivno računalstvo je kombinacija različitih tehnologija kao što su UI, računalni vid (vizualno prepoznavanje), kontekstualna svijest, strojno učenje, neuronske mreže, obrada prirodnog jezika i analiza osjećaja, koje rješavaju svakodnevne probleme na isti način na koji to rade ljudi. Trebalo bi imati sposobnost pamćenja, analize, učenja, provokacije i donošenja rješenja slično ljudima. U kognitivne računalne tehnologije ubrajaju se i optičko prepoznavanje znakova i donošenje odluka s kognitivnim rasuđivanjem. Kao rezultat, implementacija triju koncepata pomaže da se sustav učini kognitivnim: duboki kontekstualni uvid, stvaranje hipoteza i kontinuirano učenje.⁶⁹

Prednosti kognitivne tehnologije daleko nadilaze tradicionalne sustave UI. Kognitivno računalstvo pomaže ljudima u donošenju odluka, dok sustavi temeljeni na UI djeluju na konceptu prema kojem su strojevi sposobni donositi bolje odluke u ljudsko ime. Kognitivno računalstvo je podskup UI, a sve što je kognitivno, također, je UI. Cilj kognitivnog računalstva je izgraditi racionalan, kombiniran i kolektivni mehanizam motiviran sposobnošću ljudskog uma.⁷⁰ Te tehnologije imaju za cilj oponašati ljudsku inteligenciju i znanja na temelju analize dostupnih čimbenika. Kognitivni računalni sustavi bi trebali uključivati sljedeće sposobnosti: učiti iz iskustva s podacima, generirati ili evaluirati proturječne hipoteze, izvještavati o

⁶⁸ Gupka, S. et al.: *Big Data with cognitive computing: A review for the future*, International Journal of Information Management, 42, 2018., p. 78., doi:10.1016/j.ijinfomgt.2018.06.005

⁶⁹ Pilipczuk, O.: *Cognitive Computing – Will It Be the Future “Smart Power” for the Energy Enterprises?*, Energies, 15, 17, 2022, p. 1., <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/17/6216> (16.04.2023.)

⁷⁰ Know, O., Lee, N., Shin, B.: *Data quality management, data usage experience and acquisition intention of big data analytics*, International Journal of Information Management, 34, 3, 2014., p. 387., <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268401214000127> (19.04.2023.)

nalazima, otkrivati obrasce u podacima, oponašati procese ili strukture pronađene u prirodnim sustavima učenja, koristiti obradu prirodnog jezika za izdvajanje značenja iz tekstualnih podataka i koristiti alate za duboko učenje za izdvajanje značajki iz slika, video zapisa, glasa i senzora, koristiti algoritme prediktivne analize i napredne statistike.⁷¹

Kognitivni modeli korisni su za analizu rizika pomorskih operacija. Razvijeno je nekoliko metodoloških okvira koji koriste kognitivno modeliranje za analizu pouzdanosti i sigurnosti. Simulacija kognicije operatera prepoznata je kao prikladan i izvediv pristup u polju interakcije čovjek-stroj. Glavna prednost korištenja kognitivnog pristupa je ušteda vremena i isplativost.⁷²

Kognitivno modeliranje za brodsku navigaciju namijenjeno je izvršenju jednostavnih zadataka praćenja kursa. Koristi pomorski simulator za analizu navigacijskih sesija. Simulacijski model uključuje četiri podmodela:⁷³

- 1) model kretanja broda – odnosi se na numerički opis ponašanja broda i kontrolira svako kretanje broda na temelju trenutne postavke parametara broda,
- 2) model interakcije – generira sve interakcije između modela navigacije i modela kretanja broda te pokušava održati sve varijable stanja okoline i sustava,
- 3) model kormila – koristi se samo za prijenos generirane naredbe kormila od modela navigacije do modela kretanja broda putem modela interakcije, i
- 4) model navigacije – kontrolira simulaciju kognitivnog i bihevioralnog procesa navigacije. Opisuje navigacijski kognitivni proces dobiven analizom zadatka, a njegova provedba ponašanja uključuje analitičke izraze.

⁷¹ Ibidem.

⁷² Yang, Y., Tieshan, L.: **Smart Ships**, Taylor & Francis Group, New York, 2023., p. 63.

⁷³ Ibidem, p. 64.

4.2. TEHNOLOGIJE DUBOKOG UČENJA

Duboko učenje je tehnologija UI koja imitira rad ljudskog mozga u obradi podataka i kreiranju podatkovnog uzorka za donošenje odluka.⁷⁴ Točnije, tehnologija dubokog učenja je višeslojni snop nelinearnih faza obrade koje kompaktno (s malo parametara) predstavljaju vrlo nelinearne i različite funkcije. Većina faza podvrgnuta je kontroliranom ili nekontroliranom učenju i izračunava nelinearna ulazno-izlazna mapiranja. Svaka faza mijenja svoj unos kako bi se povećala invarijantnost i selektivnost prikaza. Slijedom toga, tehnologije dubokog učenja mogu obuhvatiti složene, hijerarhijski statističke obrasce u nestrukturiranim, visokodimenzionalnim podacima iz stvarnog svijeta.

Kod autonomnih brodova, glavni dio brodske inteligencije sastoji se od okvira temeljenog na dubokom učenju. Bilježi ponašanje kormilara i pokazuje inteligenciju sustava koja se može koristiti za navigaciju autonomnih plovila. Općenito, okviri temeljeni na dubokom učenju problem autonomnog plovila vide kao problem klasifikacije podataka.

U okvirima temeljenim na dubokom učenju nalazi se konvolucijska neuronska mreža (engl. *Convolutional Neural Network*, CNN), vrsta neuronske mreže koja ima sposobnost istovremenog prepoznavanja i otkrivanja objekata sa slike, na temelju automatski ekstrahiranog velikog broja podataka. Okviri temeljeni na dubokom učenju posjeduju sposobnost rješavanja složenih problema klasifikacije slika i mogu se koristiti kao mehanizam za bilježenje ponašanja kormilara.⁷⁵

Duboko učenje temeljeno na CNN-u veliki je iskorak ka autonomiji plovila i ima sposobnost prepoznavanja i otkrivanja uzoraka sličnu ljudskoj. U biti, njihova izvedba ovisi samo o količini podataka za učenje, no u praksi se pojavljuju i problemi s dvosmislenošću i kvarom senzora.

⁷⁴ Ellefsen, A.L. et al.: *A Comprehensive Survey of Prognostics and Health Management based on Deep Learning for Autonomous Ships*, IEEE Transactions on Reliability, 99, 2019., p. 5., doi:10.1109/TR.2019.2907402

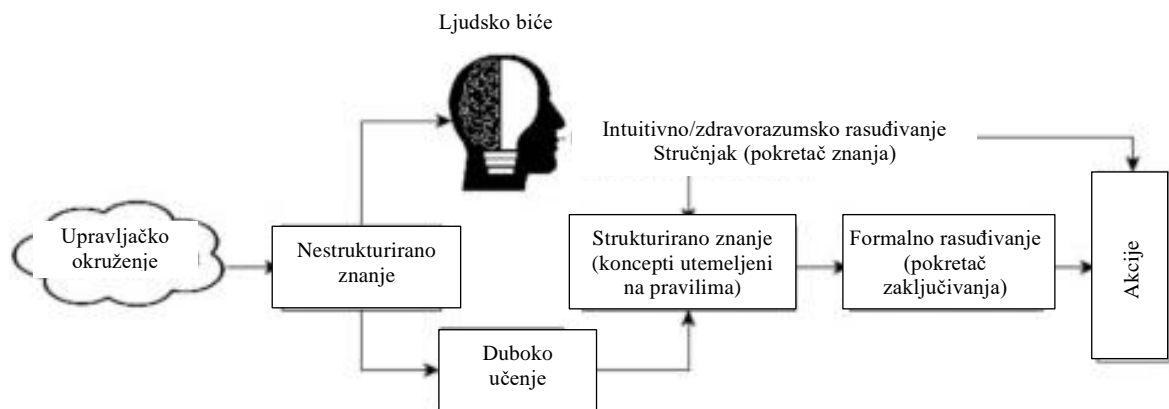
⁷⁵ Yang, Y., Tieshan, L.: op. cit., p. 64.

4.3. PREDSTAVLJANJE ZNANJA I RASUĐIVANJE

Ljudi imaju osobinu razumijevanja, razmišljanja i tumačenja znanja. Posjeduju znanje i primjenjuju ga u različitim situacijama u stvarnom svijetu za obavljanje različitih zadataka. No, kada su, primjerice, u pitanju brodovi ili različiti zadaci upravljanja teretom u lukama, potrebni su mehanizmi za predstavljanje znanja i rasuđivanje (engl. *Knowledge Representation and Reasoning*, KRR).

Predstavljanje znanja i rasuđivanje je podpodručje UI koje se bavi razmišljanjem i načinom koji misli dovodi do inteligentnog ponašanja. Strojevi koriste znanje za rješavanje složenih problema iz stvarnog života kao što je komunikacija s ljudskim bićima prirodnim jezikom. U konvencionalnom pomorskom transportnom sustavu, ljudska posada je svjesna situacije u kojoj se brod nalazi. No, kod autonomnog broskog promet percepcijom situacije djelomično ili u potpunosti upravlja autonomni broski sustav poput sustava predstavljanja znanja i rasuđivanja.

Na Shemi 6 dan je uvid u proces predstavljanja znanja u upravljačkom okruženju.



Shema 6. Predstavljanje znanja u upravljačkom okruženju

Izvor: Yang, Y., Tieshan, L.: *Smart Ships*, Taylor & Francis Group, New York, 2023., p. 65.

Navigacijsko znanje podijeljeno je u dvije kategorije:⁷⁶

- 1) proceduralno znanje, koje se odnosi na principe ponašanja i uglavnom je sadržano u svim vrstama pravila i propisa,
- 2) deklarativno znanje, koje su nautičari stekli istraživanjem, obukom i službom na brodu, također je povezano s pregledom i procjenom situacija i načela koje su nautičari razvili.

Kao što je prikazano na Shemi 6., stečeno znanje se bilježi i predstavlja te šalje za korištenje u sustav potpore odlučivanju. Osnovne zadaće sustava uključuju:⁷⁷

- 1) automatsko prikupljanje i širenje navigacijskih informacija,
- 2) analizu navigacijske situacije i izbjegavanje sudara,
- 3) interakciju s nautičarem.

Sustav temeljen na znanju sastoji se od dvije komponente; baza znanja i mehanizam zaključka. Baza znanja je zbirka organiziranih informacija osmišljenih na način koji ih čini dostupnima na neki elektronički način, dok je mehanizam za zaključivanje sustav koji korisnicima omogućuje pristup toj bazi znanja. Primjene ove vrste UI mogu se vidjeti u alatima za pomoć pri pretraživanju poput Appleove Siri koji se može smatrati oblikom UI temeljene na znanju na višoj razini i drugim rješenjima koja prikupljaju podatke iz podataka senzora ili iz dinamički ažurirane baze znanja, kao što su rješenja za optimizaciju tijekom rada gdje definirana pravila i eksplicitno detaljne informacije pomažu korisnicima u optimizaciji operacija koje zahtijevaju određeno znanje.

Takvi sustavi mogu obavljati sljedeće zadatke:⁷⁸

- 1) signalizirati opasne situacije i trenutne razine sigurnosti plovidbe na temelju kriterija koje koriste nautičari,
- 2) kontrolirati jednu ili više operacija kretanja broda u situacijama sudara,
- 3) biti sposobni objasniti i opravdati predložene operacije,
- 4) nautičaru predstaviti trenutnu navigacijsku situaciju.

⁷⁶ Ibidem.

⁷⁷ Ibidem.

⁷⁸ Ibidem.

Zdravorazumsko razmišljanje skriveni je zadatak koji pametne brodove temeljene na UI čini uistinu mogućima. Za 90 % zadataka upravljanja nije potrebno zdravorazumsko zaključivanje. Za podršku zdravorazumskom razmišljanju, navigacijsko znanje se može promatrati s dva stajališta: kompetencije i zadatka. Prvi se odnosi na raspon znanja za upravljanje, operativu i podršku. Drugi se odnosi na opći prometni cilj, odnosno prijevoz tereta i ljudi (planiranje putovanja, utovar, prolaz do odredišta, istovar).

4.4. OBRADA PRIRODNOG JEZIKA

Procesiranje ili obrada prirodnog jezika (engl. *Natural language processing*, NLP) dio je UI povezano s lingvistikom.⁷⁹ S obzirom da računala ne razumiju ljudski, prirodni jezik, potrebno ih je procesuirati na jezik koji je razumljiv računalu, odnosno u strojno razumljiv format. Nakon što je prirodni jezik procesuiran, računalima se omogućuje komunikacija jezikom koji koriste ljudi. Obrada prirodnog jezika, dakle, omogućuje računalima da razumiju tekst i izgovorene riječi na isti način na koji to mogu ljudi.

Promatrano sa znanstvenog aspekta, cilj obrade prirodnih jezika je oblikovanje kognitivnih mehanizama koji omogućuju razumijevanje i produkciju ljudskih jezika.⁸⁰ Obrada prirodnog jezika kombinira različite koncepte i tehnike, kao što su računalna lingvistika, koja ljudski jezik modelira na temelju određenih pravila (engl. *rule-based*) sa statističkim modelima i modelima vođenih podacima (engl. *data-driven models*), modelima strojnog učenja i dubokog učenja.⁸¹ Korištenjem ovih tehnologija zajedno, računalni sustavi mogu procesuiraju ljudski jezik u oblik tekstualnih i glasovnih podataka i tumačiti njihovo značenje. S tehničke perspektive, obrada prirodnih jezika obuhvaća razvoj aplikacija koje pojednostavljuju interakciju računala i ljudskog jezika.⁸² U te aplikacije ubrajaju se “raspoznavanje govora (engl. *Speech recognition*), leksička i semantička analiza jezika, strojno prevođenje (engl. *Machine translation*, MT), automatska sumarijacija (engl. *Automatic summarization*), analiza mišljenja

⁷⁹ Deng, L., Yang, L.: *A Joint Introduction to Natural Language Processing and to Deep Learning*, U: *Deep Learning in Natural Language Processing*, p. 1, doi: 10.1007/978-981-10-5209-5_1

⁸⁰ Šuman, S.: op. cit. 373.

⁸¹ Palmejar, E.: *How Can Natural Language Processing (NLP) Improve Safety at Sea?*, Thetius, online: <https://thetius.com/how-can-natural-language-processing-nlp-improve-safety-at-sea/> (14.04.2023.)

⁸² Šuman, S.: op. cit., p. 373.

(engl. *Sentiment analysis*), dohvaćanje informacija (engl. *Information retrieval*), odgovaranje na pitanja i dr.)”⁸³.

Obrada prirodnog jezika kao oblik UI pojednostavljuje autonomni pomorski promet te pridonosi inovacijama u pomorstvu. suočavanje s nizom izazova svojstvenih za suvremeni razvoj pomorske industrije uvelike olakšava primjena tehnologije obrade prirodnog jezika i UI. Pomorskoj industriji su, primjerice, potrebni podaci iz različitih izvora kako bi se mogle donositi visokokvalitetne odluke. Ti podaci mogu se obraditi uz pomoć tehnologije obrade prirodnog jezika. Jedan od izazova je i nedostatak pouzdanih informacija u cijelom procesu opskrbnog lanca koji ograničava razvoj industrije. Pouzdana analitika zahtijeva dosljedne i točne podatke. Izazov su i zaposlenici koji se moraju prilagoditi novim tehnologijama, naučiti nove tehnike primjenjive na njihovom radnom mjestu. Digitalizacija svakako poboljšava način rada, čini ga jednostavnijim i učinkovitijim. No, iziskuje i više troškove razvoja.⁸⁴

Osim navedenih izazova tehnologija obrade prirodnog jezika može riješiti specifične izazove prisutne u pomorskoj industriji, poput komunikacije između brodova i luka, predviđanja ponašanja plovila, poboljšanja operacija potrage i spašavanja, poboljšanja upravljanja teretom i povećanja usklađenosti s propisima. Uz pomoć algoritama i tehnika obrade prirodnog jezika moguće je iz nestrukturiranih podataka selektirati vrijedne izvore, poput e-pošte, glasovnih poruka i drugih oblika komunikacije.

Tehnologija obrade prirodnog jezika pomaže u rješavanju problema vezanih uz komunikaciju između broda i luke koja je često spora i neučinkovita te sklona pogreškama zbog pogrešnog tumačenja poruka ili jezičnih barijera, što može dovesti do kašnjenja, povećanih troškova i potencijalnih sigurnosnih opasnosti. Tehnologija obrade prirodnog jezika, korištenjem naprednih algoritama i tehnike, može analizirati sadržaj poruka, selektirati relevantne informacije i automatski dati odgovor. To može značajno smanjiti potrebu za ljudskom intervencijom, uštedjeti vrijeme i smanjiti rizik od pogrešaka. Primjerice, u slučaju broda koji se približava luci i šalje poruku lučkim vlastima tražeći dozvolu za uplovljavanje, tehnologija obrade prirodnog jezika može automatski analizirati poruku i selektirati relevantne informacije, kao što su ime broda, lokacija i dr. Lučke vlasti tada mogu

⁸³ Šuman, S.: op. cit., p. 372.

⁸⁴ Poongavanam, S. et al.: *Role and Challenges of Artificial Intelligence in the Maritime Industry*, Journal of Survey in Fisheries Sciences, 10, 3S, 2023., p. 6315., <http://sifisheriessciences.com/journal/index.php/journal/article/view/2092> (17.04.2023.)

automatski odgovoriti, dati potrebna dopuštenja ili, u slučaju potrebe, tražiti dodatne informacije. Time se mogu značajno smanjiti vrijeme i aktivnosti potrebne za uspostavu komunikacije između brodova i luka.

Tehnologija obrade prirodnog jezika, nadalje, može pomoći u rješavanju jezičnih barijera, što predstavlja značajan izazov u pomorskoj industriji. Korištenjem obrade prirodnog jezika poruke se mogu automatski prevesti te brodovi i luke mogu lakše komunicirati, čak i ako govore različitim jezicima.

Obrada prirodnog jezika može se koristiti i za analizu ogromne količine podataka koje generiraju brodovi i drugi izvori te izvlačenje ključnih uvida koji se mogu koristiti za predviđanje ponašanja plovila. Predviđanje ponašanja plovila je kritično područje pomorskih operacija, jer može pomoći u optimizaciji brodskih ruta, smanjenju potrošnje goriva i poboljšanju sigurnosti. Korištenjem naprednih algoritama i tehnika strojnog učenja, tehnologijom obrade prirodnog jezika mogu se identificirati obrasci i trendove u podacima koji ljudima možda nisu odmah vidljivi. Nakon što se ti uzorci i trendovi identificiraju, mogu se koristiti za izradu modela koji može predvidjeti ponašanje broda s visokim stupnjem točnosti. Te se informacije zatim mogu koristiti za optimizaciju otpreme, smanjenje potrošnje goriva i poboljšanje sigurnosti. Primjerice, predviđanjem kada će brod vjerojatno naići na nemirno more, omogućuje prilagodbu njegovog kursa kako bi se izbjegli nepovoljni uvjeti, smanjujući pri tome rizik od oštećenja ili gubitka tereta.⁸⁵

Tehnologija obrade prirodnog jezika može imati značajan učinak i kod operacija traganja i spašavanja na moru. U hitnim situacijama, primjerice, kada je brod u nevolji, ključno je brzo locirati plovilo i razumjeti prirodu hitnog slučaja. Pri tome se algoritmi obrade prirodnog jezika mogu koristiti za analizu poziva u pomoć i drugih poruka s brodova u nevolji kako bi se dobile ključne informacije, kao što su lokacija plovila, priroda hitnog slučaja, broj članova posade na brodu i drugi kritični detalji. Brzom i točnom analizom dobivenih informacija, spasilačke ekipe mogu brže i učinkovitije reagirati.

Obrada prirodnog jezika može biti korisna i kod upravljanja teretom. Njegova se prednost ogleda u mogućnosti analize otpremnih i drugih dokumenata kako bi se identificirali obrasci i trendovi kretanja tereta. Te se informacije, kako je već istaknuto, mogu koristiti za optimizaciju

⁸⁵ Brennan, O.: *5 Ways Natural Language Processing (NLP) Can Revolutionize the Maritime Industry*, <https://seerbi.uk/nlp-in-maritime> (17.04.2023.)

utovara i istovara tereta, smanjujući vrijeme obrade podataka i poboljšavajući učinkovitost. Primjerice, ako sustav obrade prirodnog jezika otkrije da se određene vrste tereta često otpremaju zajedno, te se informacije mogu koristiti kako bi se osiguralo da su te stavke utovarene na isti brod, smanjujući potrebu za višestrukim prijenosima i skraćujući vrijeme isporuke.

Tehnologija prirodnog jezika se također može koristiti i za prepoznavanje potencijalnih uskih grla u procesu upravljanja teretom. Analizirajući podatke iz različitih izvora, kao što su otpremni dokumenti, rasporedi i kapaciteti luka, sustav obrade prirodnog jezika može identificirati područja za koja postoji velika vjerojatnost da će doći do zagušenja. Te se informacije zatim mogu koristiti za izradu planova za nepredviđene situacije i optimiziranje protoka tereta, smanjujući rizik od kašnjenja i poboljšavajući učinkovitost.

Tehnologijom obrade prirodnog jezika mogu se, također analizirati podaci sa senzora i drugih uređaja na brodovima. Kombiniranjem tih podataka s drugim izvorima informacija, poput vremenske prognoze i uvjeta na moru, mogu se razviti točnije i učinkovitije brodske rute, što može pomoći u racionalizaciji potrošnje goriva i drugih troškova, kao i poboljšanju sigurnosti.

Važan segment u poslovanju pomorskih tvrtki čini razumijevanje i poštivanje propisa. Uz pomoć tehnologije obrade prirodnog jezika, tvrtke u pomorstvu mogu automatizirati i pojednostaviti proces usklađivanja s propisima, što olakšava prepoznavanje i izbjegavanje potencijalnih rizika.

Obrada prirodnog jezika može pomoći u analiziranju velike količine regulatornih dokumenata i identificiranju ključnih zahtjeva i obveza. Korištenjem algoritama strojnog učenja i tehnika obrade prirodnog jezika, mogu se iz nestrukturiranih podataka izvući važne informacije koje se odnose na pravnu regulaciju, standarde u pomorstvu i sl. To tvrtkama može uštedjeti znatnu količinu vremena i resursa jer više ne moraju ručno pregledavati velike količine regulatorne dokumentacije. Nakon identifikacije ključnih zahtjeva i obveza, obrada prirodnog jezika se može koristiti za praćenje i osiguranje usklađenosti. Primjerice, sustav obrade prirodnog jezika može analizirati otpremne dnevnike, račune i druge izvore podataka jesu li u skladu sa zakonskom regulativom.

Zaključno se može istaknuti kako se tehnologija obrade prirodnog jezika može primijeniti u različiti slučajevima, uključujući automatizaciju komunikacije, predviđanje ponašanja plovila, poboljšanje operacija potrage i spašavanja, poboljšanje upravljanja teretom i povećanje usklađenosti s propisima.

5. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu je dan uvid u trendove UI u pomorstvu. Pri tome je UI promatrana kao transformacijska tehnologija koja ima široku primjenu u pomorstvu, od potpore radu plovila putem sustava koji se koristi za podršku autonomne plovidbe ili optimizacije plovidbe i tereta, održavanja plovidbe, radu u lukama i dr. UI je simulacija procesa ljudske inteligencije uz pomoć računalnog sustava. Uključuje učenje, zaključivanje i samoispravljanje. Digitalni razvoj uz 5G tehnologiju potiče razvoj UI.

Pregledom razvoja UI kroz povijest vidljivo je da je njen razvoj ovisan o razvojnim skokovima u tehnologiji. Brzi napredak u povećanju snage računala i dostupnost podataka dovode do ubrzanog razvoja UI pa je za očekivati da će UI, poput Interneta ili društvenih medija postati dio svakodnevnice, što će zasigurno značajno promijeniti poslovanje unutar pomorske industrije.

Tehnologija oduvijek ima važnu ulogu u razvoju pomorske industrije. Primjena informacijskih tehnologija s uzlaznim trendom od 1990-ih godina donijela je značajne promjene u poslovanju subjekata u pomorstvu. Dinamika usvajanja posebno raste u posljednjem desetljeću. Tome je svakako pridonijela velikih podataka i digitalizacija koji su, ujedno odredili tvrtkama u pomorstvu konkurentsku prednost. UI je u pomorskoj industriji u samoj početnoj fazi, a njena je primjena usko povezana s razvijenošću računalne infrastrukture i mogućnostima međusobnog povezivanja računala. Ipak, uočavaju se primjene u različitim područjima. Integracija UI u autonomne sustave pomorskog prometa, sigurnosne i navigacijske podrške te rješenja za optimizaciju plovila mogu potencijalno biti od koristi svim dionicima u pomorstvu ukoliko se učinkovito implementiraju.

Trendovi primjene UI u pomorstvu uočavaju se u prediktivnoj analitici, autonomnoj plovidbi, upravljanju rizicima u pomorstvu te upravljanju opskrbnim lancima. Tehnologije temeljene na UI, poput digitalnih blizanaca nalaze svoju primjenu u lučkom poslovanju, automatizaciji luka, ukrcaja i iskrcaja tereta. Sofisticirani sustavi UI uvode autonomne brodove, koji mogu djelovati neovisno bez ljudske interakcije, a stopa pogreške niža je od stope pogreške brodova kojima upravlja čovjek. UI postupno mijenja tradicionalni operativni proces pomorske industrije. Za očekivati je nastavak razvoja UI te njena sve šira primjena u pomorstvu.

LITERATURA

1) Knjige

Yang, Y., Tieshan, L.: **Smart Ships**, Taylor & Francis Group, New York, 2023.

2) Članci

Ahvenjärvi, S.: *The human element and autonomous ship*, TransNav, 10, 3, 2016., p. 517-522, <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-e99e196c-33d0-4827-bc59-8ad931a746dc> (6.07.2023.)

Brynjolfsson, E., Mitchell, T.: *What Can Machine Learning Do? Workforce Implications*, Science, 358, 6370, 2017., p. 1530-1534.

Bukša, J., Zec, D.: *Model procjene pomorskih rizika u ograničenom plovnom području*, Pomorstvo, 19, 1, 2005., p. 173-193., <https://hrcak.srce.hr/3954> (11.04.2023.)

Castelvecchi, D.: *Can we open the black box of AI?*, Nature, 538, 2016., p. 20-23.

Chen, Q. et al.: *From concept to practicality: Unmanned vessel research in China*, Heliyon, 9, 2023., e15182, p. 1-18., <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15182>

Deng, L., Yang, L.: *A Joint Introduction to Natural Language Processing and to Deep Learning*, U: Deep Learning in Natural Language Processing, p. 1-22., doi: 10.1007/978-981-10-5209-5_1

Ellefsen, A.L. et al.: *A Comprehensive Survey of Prognostics and Health Management based on Deep Learning for Autonomous Ships*, IEEE Transactions on Reliability, 99, 2019., p. 1-21., doi:10.1109/TR.2019.2907402

Gupka, S. et al.: *Big data with cognitive computing: A review for the future*, International Journal of Information Management, 42, 2018., p. 78-89., doi:10.1016/j.ijinfomgt.2018.06.005

Haenlein, M., Kaplan, A.: *A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence*, California management review, 61.4, 2019, p. 5-14, doi: 10.1177/0008125619864925

Inozu, B., Doucette, C.: *Using AI Technologies for Dynamic Risk Management*, Proceedings, 78, 2, 2021., p. 50-54., https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/DCO%20Documents/Proceedings%20Magazine/Archive/2021/Vol78_No2_Fall21.pdf?ver=wio_EEFRKhMYrCdLkM3yew%3d%3d (19.04.2023.)

Know, O., Lee, N., Shin, B.: *Data quality management, data usage experience and acquisition intention of big data analytics*, International Journal of Information Management, 34, 3, 2014.,

p. 387-394., <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268401214000127> (19.04.2023.)

Medić, D., Lušić, Z., Bošnjak, R.: *Comparative Analysis for the Maritime Venture Risk and the Cost of Averting a Fatality in the Republic of Croatia*, *Naše more*, 66, 2, 2019., p. 62-69., <https://hrcak.srce.hr/file/320244> (22.04.2023.)

Mentzer, J.T. et al.: *Defining supply chain management*, *Journal of Business Logistics*, 22, 2, p. 1-25., http://biblioteca.fundacionicbc.edu.ar/images/e/e4/Conexion_y_logistica_2.pdf (19.04.2023.)

Mirović, M., Miličević, M., Obradović, I.: *Big Data in the Maritime Industry*, *Naše more*, 65, 1, 2018., p. 56-62, <https://hrcak.srce.hr/pretraga?q=Big+Data+in+the+Maritime+Industry> (11.04.2023.)

Pilipczuk, O.: *Cognitive Computing – Will It Be the Future “Smart Power” for the Energy Enterprises?*, *Energies*, 15, 17, 2022, p. 1-19., <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/17/6216> (16.04.2023.)

Poongavanam, S. et al.: *Role and Challenges of Artificial Intelligence in the Maritime Industry*, *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 10, 3S, 2023., p. 6316-6317, <http://sifisheriessciences.com/journal/index.php/journal/article/view/2092> (17.04.2023.)

Šošić, I.: *Optimizacija prekrcajnog učinka i smanjenje troškova u segmentu rukovanja teretom*, *Pomorski zbornik*, 46, 1, 2010., p. 105-125., <https://hrcak.srce.hr/file/101652> (21.04.2023.)

Šuman, S.: *Pregled metoda obrade prirodnih jezika i strojnog prevođenja*, *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, 9, 1, 2021., p. 371-384., online: <https://hrcak.srce.hr/file/377721> (14.04.2023.)

3) Internetski izvori

A Definition of AI: Main Capabilities and Disciplines, European Commission, High-Level Expert Group on Artificial Intelligence Brussels, 2019., p. 1., <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/definition-artificial-intelligence-main-capabilities-and-scientific-disciplines> (10.04.2023.)

Berente, N. et al.: *Managing Artificial Intelligence*, *MINS Quarterly*, 45, 3, 2021., p. 1433-1450., doi:10.25300/MISQ/2021/16274

Blokada Sueskog kanala zakrčila je morski promet: Evo tko će profitirati, *poslovna.hr*, 26.03.2021., <https://www.poslovni.hr/trzista/blokada-sueskog-kanala-zakrcila-je-morski-promet-evo-tko-ce-profitirati-4279788> (20.04.2023.)

Brennan, O.: *5 Ways Natural Language Processing (NLP) Can Revolutionize the Maritime*

Industry, <https://seerbi.uk/nlp-in-maritime> (17.04.2023.)

Copeland, B. J.: *Natuknica Artificial Inteligency*, Britannica, <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> (14.04.2023.)

Dasgupta, S.: *Risk Assessment for Ships: A General Overview*, 14.07.2019., <https://www.marineinsight.com/marine-safety/risk-assessment-for-ships-a-general-overview/> (11.04.2023.)

Doll, S.: *Autonomous cargo ship completes 500 mile voyage, avoiding hundreds of collisions*, 13.05.2022., <https://electrek.co/2022/05/13/autonomous-cargo-ship-completes-500-mile-voyage-avoiding-hundreds-of-collisions/> (19.04.2023.)

Global Supply Chain Management, Maersk, <https://www.maersk.com/supply-chain-logistics/management/mymaersksupplychain> (12.04.2023.)

IBM Supply Chain Intelligence Suite, <https://www.ibm.com/downloads/cas/A31ZZ1R4> (22.04.2023.)

Integrated logistics, Key ways artificial intelligence (AI) will power integrated logistics, Maersk, 02.05.2023., <https://www.maersk.com/insights/integrated-logistics/cloud-and-artificial-intelligence-logistics> (18.04.2023.)

Krzanich, B.: *The intelligence revolution – Intel’s AI commitments to deliver a better world*, Web-LinkEditorial, 14.11.2018., <https://7wdata.be/machine-learning/brian-krzanich-intels-ai-commitments-to-deliver-a-better-world/> (11.04.2023.)

McCarthy, J.: *What is artificial intelligence?*, <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai.html> (10.04.2023.)

Owczarek, D.: *Based Predictive Analytics the Next Key Change Driver in the Shipping Industry?*, Nexocode, 2.06.2022., <https://nexocode.com/blog/posts/maritime-trends-ai-based-predictive-analytics-in-shipping-industry/> (18.04.2023.)

Palmejar, E., Chubb, N.: *The Learning Curve*, Thetius, 2022., p. 13., https://www.lr.org/en/mps/digital-transformation-with-ai/?creative=648719501971&keyword=maritime%20ai&matchtype=e&network=g&device=c&utm_source=google&utm_campaign=lead-asset&utm_medium=cpc&utm_content=artificial-intelligence-in-maritime&utm_term=maritime%20ai (9.04.2023.)

Palmejar, E.: *How Can Natural Language Processing (NLP) Improve Safety at Sea?*, Thetius, online: <https://thetius.com/how-can-natural-language-processing-nlp-improve-safety-at-sea/> (14.04.2023.)

Proposal to the New Standard of the Degrees of Autonomy for MASS Operations, IMO, 2021., http://www.imo-contest.org/images/award/2021/06_2021_MASSive.pdf (7.04.2023.)

Puleri, M. et al.: *A look at digital twins in port operations*, 8.12.2020., <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/12/digital-twins-port-operations> (9.04.2023.)

Revised Guidelines for formal safety assesment (FSA) for use in the IMO rule-making process, IMO, MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2, 2018., <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/HumanElement/Documents/1023-MEPC392.pdf> (17.04.2023.)

Rockwell, A.: *Can Machines Think?*, 28.08.2017., <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/> (9.04.2023.)

Rødseth, Ø. J., Burmeister, H.-C.: *Developments towards the unmanned ship*, <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2012/08/R%C3%B8dseth-Burmeister-2012-Developments-toward-the-unmanned-ship.pdf> (17.05.2023.)

Sardisa, T.: *A brief introduction to AI and its applications in the maritime industry*, Safety4Sea, <https://safety4sea.com/cm-a-brief-introduction-to-ai-and-its-applications-in-the-maritime-industry/> (19.04.2023.)

The Editorial Team: *Automation vs autonomy in shipping: Key differences*, 2.04.2020., <https://safety4sea.com/cm-automation-vs-autonomy-in-shipping-key-differences/> (5.04.2022.)

The role and function of artificial intelligence, Computas, <https://computas.com/en/article/the-role-and-function-of-artificial-intelligence/> (11.04.2023.)

Using Artificial Intelligence in Risk Management, 9.09.2021., <https://reciprocity.com/blog/using-artificial-intelligence-in-risk-management/> (20.04.2023.)

What is a Digital Twin?, 22.07.2021., <https://sinay.ai/en/what-is-a-digital-twin/> (19.04.2023.)

What is a neural network?, <https://www.ibm.com/topics/neural-networks> (9.04.2023.)

What Is Machine Learning?, <https://www.mathworks.com/discovery/machine-learning.html> (15.04.2023.)

What is the Maritime Supply Chain, 3.03.2022., <https://sinay.ai/en/what-is-the-maritime-supply-chain/> (16.04.2023.)

What is a smart ship?, Hatteland Technology, <https://www.hattelandtechnology.com/blog/what-is-a-smart-ship> (14.04.2023.)

Yara Birkeland Begins Further Testing for Autonomous, 29.04.2022., <https://maritime-executive.com/article/yara-birkeland-christened-and-begins-testing-for-autonmous-operations> (20.04.2023.)

4) Ostali izvori

Pilić, M.: *Sigurnost sustava umjetne inteligencije u međunarodnom pomorskom prometu*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zadru, 2022.

POPIS SHEMA I SLIKA

Popis shema

Shema 1. Tehnologija strojnog učenja	10
Shema 2. Od broda upravljano ljudima do autonomnog broda.....	18
Shema 3. Tehnologije brodova.....	18
Shema 4. Glavne komponente tehnologije primijenjene u luci Livorno.....	25
Shema 5. Maerskovo SCM rješenje upravljanja opskrbnim lancem	37
Shema 6. Predstavljanje znanja u upravljačkom okruženju	42

Popis slika

Slika 1. Primjeri prediktivne analitike u otpremi tereta	14
Slika 2. Prvi kineski brod bez posade Jin Dou Yun 0 Hao	21
Slika 3. Prvi električni, autonomni kontejnerski brod na svijetu, Yara Birkeland.....	21
Slika 4. Orca AI softver za procjenu rizika od sudara na moru	23
Slika 5. Lučko područje digitalnog blizanca luke Livorno	26
Slika 6. Skladištenje drvenih kutija digitalnog blizanca luke Livorno	26
Slika 7. Kamere modelirane u virtualnom scenariju digitalnog blizanca	27
Slika 8. Upotreba Meta Quest VR naočala za posjet virtualnom skladištu u digitalnom blizancu.....	28
Slika 9. Virtualni pregled iz 'ptičje perspektive' cijelog digitalnog lučkog područja.....	29