

DIGITALIZACIJA USLUGA U POMORSKOM PROMETU

Tadin, Anton

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University College ARCA / Veleučilište ARCA**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:247:048561>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-19**

Repository / Repozitorij:

[Digital Academic Repository of Graduate Theses of the University College ARCA](#)



image not found or type unknown

VELEUČILIŠTE ARCA

Anton Tadin

DIGITALIZACIJA USLUGA U POMORSKOM PROMETU

ZAVRŠNI RAD

Split, 2024.

VELEUČILIŠTE ARCA

ZAVRŠNI RAD

DIGITALIZACIJA USLUGA U POMORSKOM PROMETU

Kolegij: Digitalno poslovanje u pomorstvu

Mentor: prof.dr.sc. Đorđe Nadrljanski

Student: Anton Tadin

Matični broj studenta: 19-23

Smjer: Inspekcijski i kadrovski menadžment u pomorstvu

Split, rujan 2024.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, Anton Tadin, izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad „Digitalizacija usluga u pomorskom prometu“ isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Potpis

Anton Tadin

SAŽETAK

Ovaj rad istražuje proces digitalizacije u pomorskom prometu, naglašavajući ključne tehnologije kao što su IoT, blockchain i umjetna inteligencija (AI) koji oblikuju budućnost ove industrije. Digitalizacija nudi nove prilike za optimizaciju usluga, poboljšanje sigurnosti te učinkovitije poslovanje. Međutim, uz ove prilike dolaze i izazovi, posebno u pogledu kibernetičke sigurnosti i potreba za novim vještinama unutar sektora. Kroz pregled literature i konkretne primjere, rad ispituje trenutno stanje digitalizacije i ukazuje na pravce budućih istraživanja.

Ključne riječi: digitalizacija, digitalizacija u pomorskom prometu, digitalne tehnologije, digitalna transformacija, automatizacija

ABSTRACT

This paper explores the process of digitalization in maritime transport, highlighting key technologies such as IoT, blockchain and artificial intelligence (AI) that are shaping the future of this industry. Digitalization offers new opportunities for optimizing services, improving security, and achieving more efficient operations. However, these opportunities come with challenges, particularly in cybersecurity and the need for new skills within the sector. Through a literature review and practical examples, the paper examines the current state of digitalization and points to future research directions.

Keywords: digitalization, digitalization in maritime transport, digital technologies, digital transformation, automatisaton

Sadržaj

| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Definicija i važnost digitalizacije u pomorskom prometu..... | 1 |
| 1.2. Ciljevi rada i metodologija istraživanja | 2 |
| 2. POJAM DIGITALIZACIJE U POMORSTVU | 4 |
| 2.1. Razlika između digitalizacije, digitalne transformacije i automatizacije | 4 |
| 2.2. Povijesni razvoj digitalizacije u pomorstvu | 5 |
| 2.3 Faze digitalizacije u pomorskom transportu | 5 |
| 2.3.1. <i>Optimizacija</i> | 6 |
| 2.3.2. <i>Ekstenzija</i> | 6 |
| 2.3.3. <i>Transformacija</i> | 7 |
| 2.4. Primjena digitalizacije u pomorskom prometu | 8 |
| 2.5. Ključni digitalni alati u pomorskoj industriji..... | 9 |
| 2.6. Važnost digitalizacije za budućnost pomorskog prometa | 10 |
| 3. RAZLOZI ZA DIGITALIZACIJU U POMORSKOM PROMETU | 11 |
| 3. 1. Povećanje operativne učinkovitosti..... | 11 |
| 3.2. Smanjenje operativnih troškova | 11 |
| 3.3. Povećanje sigurnosti | 12 |
| 3.4. Očuvanje okoliša..... | 12 |
| 3. 5. Poboljšanje transparentnosti i upravljanja lancem opskrbe..... | 12 |
| 4. PRIMJENA DIGITALNIH TEHNOLOGIJA U POMORSTVU..... | 14 |
| 4.1. Računalstvo u oblaku i sustavi za praćenje..... | 14 |
| 4.2. Umjetna inteligencija i prediktivna analitika | 14 |
| 4.3. Blockchain tehnologija | 16 |
| 4.4. Internet stvari (IoT)..... | 18 |
| 5. PREDNOSTI I IZAZOVI DIGITALIZACIJE U POMORSKOM PROMETU..... | 19 |
| 5.1. Prednosti digitalizacije | 19 |
| 5.2. Izazovi digitalizacije | 19 |
| 5.3. Primjeri implementacije digitalizacije..... | 20 |
| 5.3.1 <i>Digitalne luke i autonomna plovila</i> | 20 |
| 5.3.2. <i>Digitalizacija u nautičkom turizmu</i> | 22 |
| 6. BUDUĆNOST DIGITALIZACIJE U POMORSKOM PROMETU | 23 |
| 6.1. Automatizirani brodovi..... | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 6.2. Digitalni blizanci | 23 |
| 6.3. Napredna analitika | 26 |
| 6.4. Umjetna inteligencija (AI) | 27 |
| 6.4.1. Tehnike umjetne inteligencije u pomorstvu | 28 |
| 6.4.2. Primjene umjetne inteligencije u pomorskom sektoru | 29 |
| 6.5 Tehnologije održivog razvoja..... | 30 |
| 6.5.1. Ključne tehnike održivog razvoja: | 30 |
| 7. ZAKLJUČAK..... | 32 |
| 9. LITERATURA..... | 34 |
| 10. POPIS SLIKA..... | 35 |

1. UVOD

Digitalizacija je proces koji transformira tradicionalne poslovne modele koristeći digitalne tehnologije. Ova transformacija unosi ključne promjene u načine upravljanja informacijama, optimizaciju resursa te povećanje efikasnosti i sigurnosti. U kontekstu pomorskog prometa, digitalizacija je postala ključna komponenta napretka, jer omogućuje bolje upravljanje flotama, teretom, sigurnošću i okolišem. Pomorski promet ima značajnu ulogu u globalnoj trgovini jer omogućava prijevoz više od 80% svjetske trgovinske razmjene. Stoga je važno da industrija ostane konkurentna, ekološki održiva i tehnološki usklađena s modernim trendovima.

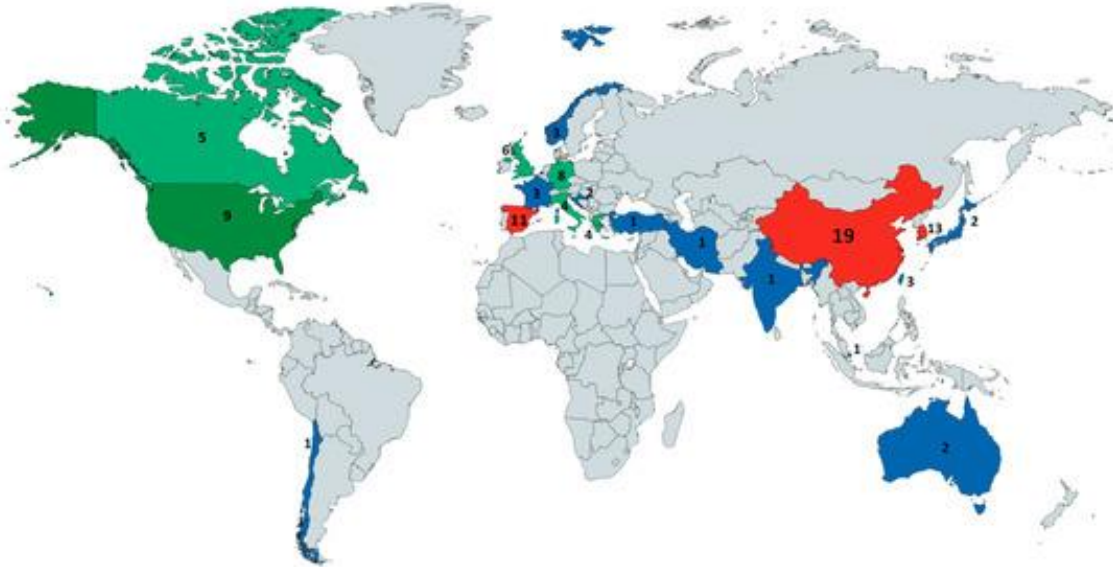
Tijekom posljednjih godina, digitalne tehnologije postale su integralni dio pomorske industrije. Primjena tehnologija poput računalstva u oblaku, Interneta stvari (IoT), umjetne inteligencije (AI) i blockchaina pomaže optimizirati operacije, smanjiti troškove i povećati sigurnost. Digitalizacija također omogućava odgovore na sve veće zahtjeve za zaštitom okoliša kroz smanjenje emisija stakleničkih plinova i povećanje učinkovitosti brodskih sustava. Međutim, digitalizacija također postavlja nove izazove, uključujući kibernetičku sigurnost, obuku zaposlenika i potrebna ulaganja u infrastrukturu. Ovaj rad istražiti će različite aspekte digitalizacije u pomorskom prometu, uključujući njezine koristi, izazove i budući razvoj.

1.1. Definicija i važnost digitalizacije u pomorskom prometu

Digitalizacija u pomorskom prometu odnosi se na primjenu digitalnih tehnologija u operacijama brodova, luka i logističkih sustava. Ove tehnologije omogućuju automatizaciju, optimizaciju i bolje upravljanje procesima koji se odnose na prijevoz tereta, sigurnost brodova te nadzor i upravljanje flotom u realnom vremenu.

U praksi, digitalizacija u pomorstvu uključuje tehnologije poput senzora za praćenje stanja brodova, sustava za prediktivno održavanje, platformi za upravljanje flotom te sustava za nadzor emisija. Kroz upotrebu ovih tehnologija, brodari mogu smanjiti troškove, povećati operativnu učinkovitost i poboljšati usklađenost s međunarodnim standardima. Također, digitalizacija omogućuje bolju integraciju pomorskih sustava s drugim oblicima transporta, čime se omogućuje učinkovitiji lanac opskrbe.

Primjena digitalizacije u pomorstvu nije ograničena samo na brodove. Luka kao ključni dio transportnog sustava također doživljava digitalnu transformaciju. Pametne luke koriste senzore i podatkovne platforme za optimizaciju prometa, upravljanje resursima i smanjenje emisija.



Slika 1. Ukupan broj znanstvenih istraživanja po državi¹

1.2. Ciljevi rada i metodologija istraživanja

Ciljevi rada

Glavni cilj ovog rada je istražiti utjecaj digitalizacije na pomorski promet te analizirati prednosti, izazove i buduće trendove primjene digitalnih tehnologija u ovoj industriji.

Specifični ciljevi uključuju:

1. Definirati i objasniti pojam digitalizacije u kontekstu pomorskog prometa, uključujući razlikovanje između digitalizacije, digitalne transformacije i automatizacije.
2. Identificirati ključne digitalne tehnologije koje trenutno mijenjaju pomorski promet, kao što su računalstvo u oblaku, Internet stvari (IoT), umjetna inteligencija (AI) i blockchain.

¹ <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/4/926> - Zemlje označene crvenom bojom su one s najviše radova. One označene zelenom bojom proizvele su srednju količinu, dok su one označene plavom bojom zemlje s najmanjim brojem studija. Karta pokazuje da Europa jasno prednjači u proučavanju digitalizacije, s gotovo 50% radova koji dolaze s ovog kontinenta.

3. Analizirati ekonomske, ekološke i regulacijske razloge koji potiču digitalizaciju u pomorskoj industriji, s naglaskom na održivost i smanjenje operativnih troškova.
4. Ispitati primjere uspješne primjene digitalizacije u pomorskim operacijama, kao što su pametni brodovi, prediktivno održavanje i optimizacija ruta.
5. Razmotriti izazove i prepreke u implementaciji digitalnih tehnologija u pomorskom prometu, uključujući visoke troškove, kibernetičku sigurnost i prilagodbu međunarodnim standardima.
6. Predvidjeti buduće trendove i tehnologije koje će dodatno transformirati pomorsku industriju, kao što su autonomni brodovi, digitalni blizanci i napredna analitika.

Metodologija istraživanja

Metodologija istraživanja u ovom radu temelji se na analizi dostupne literature, znanstvenih članaka i izvještaja o digitalizaciji u pomorskom prometu. Koristit će se kvalitativne metode kako bi se prikupili relevantni podaci o trenutnim i budućim trendovima u industriji, kao i studije slučaja za demonstraciju primjene specifičnih tehnologija.

- 1. Metoda analize:** U prvom dijelu rada koristit će se metoda analize kako bi se sistematizirale definicije digitalizacije i digitalnih tehnologija u pomorskom prometu. Ova metoda omogućit će identificiranje ključnih pojmova i njihovo jasno definiranje.
- 2. Metoda komparacije:** Komparativna metoda bit će korištena za usporedbu primjene različitih tehnologija u pomorskom sektoru, uključujući njihove prednosti i nedostatke.
- 3. Metoda sinteze:** S obzirom na veliki broj različitih izvora, metodom sinteze objedinit će se informacije o trenutnom stanju digitalizacije u industriji, a rezultati će se upotrijebiti za donošenje zaključaka o utjecaju digitalizacije na pomorski promet.
- 4. Studija slučaja:** Primjeri iz industrije (npr. primjena AI i IoT u održavanju brodova ili blockchain tehnologije u logistici) bit će analizirani kao studije slučaja, čime će se pružiti uvid u praktične aspekte implementacije ovih tehnologija.
- 5. Metoda indukcije:** Na temelju prikupljenih informacija i studija slučaja donijet će se zaključci o budućim trendovima i mogućnostima razvoja digitalizacije u pomorstvu.

Ova metodološka kombinacija omogućit će cjelovit pristup istraživanju, pružajući uvid u sve aspekte digitalizacije u pomorskom prometu.

2. POJAM DIGITALIZACIJE U POMORSTVU

Digitalizacija, u najširem smislu, odnosi se na transformaciju poslovnih procesa, usluga i proizvoda kroz primjenu digitalnih tehnologija. U pomorskom prometu, ovaj pojam obuhvaća širok spektar aktivnosti koje se temelje na primjeni modernih tehnologija poput interneta, senzora, umjetne inteligencije i računalstva u oblaku². Digitalizacija omogućuje stvaranje učinkovitijih i ekološki prihvatljivijih sustava koji omogućuju veću konkurentnost na globalnom tržištu.

2.1. Razlika između digitalizacije, digitalne transformacije i automatizacije

Iako se termini digitalizacija, digitalna transformacija i automatizacija često koriste kao sinonimi, postoji suptilna, ali važna razlika među njima.

- **Digitalizacija** se odnosi na proces pretvaranja analognih podataka u digitalni oblik. To može uključivati skeniranje dokumenata, digitalizaciju brodskih karata, automatizaciju analognog praćenja operacija i slično. Digitalizacija je prvi korak ka usvajanju modernih tehnologija, a ključna je jer omogućava brže i jednostavnije upravljanje informacijama.
- **Digitalna transformacija** ide korak dalje. Ona označava temeljnu promjenu načina na koji poslovanje funkcionira koristeći digitalne tehnologije. U kontekstu pomorstva, to podrazumijeva ne samo digitalizaciju postojećih podataka i procesa, već i stvaranje novih poslovnih modela temeljenih na tehnologiji³. Na primjer, implementacija pametnih brodova koji koriste senzore i umjetnu inteligenciju za upravljanje flotom u stvarnom vremenu dio je šire digitalne transformacije u industriji.
- **Automatizacija** se odnosi na korištenje tehnologije za izvođenje zadataka bez ljudske intervencije. U pomorskom prometu, to može značiti primjenu automatiziranih sustava za nadzor broda, upravljanje teretom i operativne procese u lukama. Primjeri uključuju autonomne brodove⁴ ili robotske sustave za utovar i istovar tereta u lukama⁵.

² Nadrljanski D, Nadrljanski M, Pavlinović M. (2021). *Digitalno poslovanje u pomorstvu*

³ Jelavić B. (2023). Digitalizacija nautičkog turizma

⁴ Plovila koja koriste napredne tehnologije poput senzora, umjetne inteligencije i sustava za navigaciju kako bi se samostalno kretala, djelomično ili potpuno bez ljudske intervencije.

⁵ Automatizirani mehanizmi koji koriste robotiku za efikasan i brz prijenos tereta s brodova i na brodove, smanjujući potrebu za ljudskom intervencijom.

2.2. Povijesni razvoj digitalizacije u pomorstvu

Digitalizacija u pomorstvu nije nova pojava, ali njezin opseg i brzina primjene značajno su se povećali u posljednjih deset godina. Tradicionalno, pomorski sektor oslanjao se na analogne sustave i papirnu dokumentaciju za vođenje evidencija, praćenje tereta i komunikaciju. Međutim, tehnološki razvoj, globalizacija i porast potreba za učinkovitijim operacijama doveli su do uvođenja digitalnih tehnologija koje su transformirale način rada.

Primjeri ranih oblika digitalizacije uključuju:

- **Satelitska navigacija (GPS):** Prvi značajan korak prema digitalizaciji bilo je uvođenje satelitske navigacije koja je omogućila precizno praćenje lokacije brodova, smanjujući ovisnost o tradicionalnim navigacijskim metodama⁶.
- **Elektroničke karte i pomorske publikacije (ECDIS):** Elektroničke karte i digitalne publikacije zamijenile su papirne verzije, čime je smanjena potreba za ručnim ažuriranjem karata i omogućeno automatsko praćenje plovidbenih ruta.

Danas, digitalizacija seže mnogo dublje i uključuje automatizaciju brodskih sustava, praćenje performansi u stvarnom vremenu, integraciju podataka s brodova i luka te upotrebu umjetne inteligencije za prediktivne analize⁷ i optimizaciju.

2.3 Faze digitalizacije u pomorskom transportu

Digitalizacija u pomorskom transportu jedan je od ključnih trendova koji oblikuje budućnost globalne trgovine i logistike. Proces digitalizacije odvija se kroz tri glavne faze: optimizaciju, ekstenziju i transformaciju⁸. Svaka od ovih faza donosi specifične promjene u načinu na koji pomorski sustavi funkcioniraju, kako se koriste resursi, te kako se donose strateške i operativne odluke unutar industrije.

⁶ Liu D. (2018). Autonomous Vessel Technology, Safety and Ocean Impacts

⁷ Tehnika koja koristi statističke modele i strojno učenje za analizu podataka i predviđanje budućih događaja ili ponašanja.

⁸ Nadrljanski D, Nadrljanski M, Pavlinović M. (2021). *Digitalno poslovanje u pomorstvu*

2.3.1. Optimizacija

Optimizacija je prva faza digitalizacije koja se fokusira na poboljšanje postojećih procesa i povećanje učinkovitosti unutar pomorske industrije. Ova faza ne uvodi radikalne promjene u strukturu poslovanja, već koristi digitalne alate kako bi povećala produktivnost i smanjila troškove.

Primjeri optimizacije uključuju:

- **Pametnu logistiku** koja omogućava smanjenje troškova skladištenja i zaliha putem boljeg planiranja i praćenja tereta.
- **Automatizacija** određenih operacija u lukama i terminalima, poput automatiziranog rukovanja teretom i preciznijeg rasporeda brodskih ruta.
- **Port-call optimizacija**⁹, gdje se brzine plovidbe i rute prilagođavaju u stvarnom vremenu kako bi se smanjilo vrijeme čekanja u lukama i emisije ugljičnog dioksida.

Jedan od najvažnijih ciljeva optimizacije je smanjenje operativnih troškova kroz poboljšanje točnosti u logistici i smanjenje otpada, dok se istovremeno povećava pouzdanost usluga. Uvođenje novih tehnologija, poput Internet of Things (IoT)¹⁰ i umjetne inteligencije (AI)¹¹, omogućuje bolje praćenje podataka u stvarnom vremenu i omogućuje donošenje informiranih odluka o operativnim procesima.

2.3.2. Ekstenzija

Ekstenzija je sljedeći korak u digitalizaciji koji ide dalje od jednostavne optimizacije postojećih sustava. Ova faza otvara vrata za stvaranje novih poslovnih prilika i uvođenje inovativnih usluga koje nisu bile moguće bez digitalnih tehnologija.

Digitalizacija u ovoj fazi ne samo da povećava učinkovitost već pruža mogućnosti za potpuno nove poslovne modele. Primjer toga je uvođenje blockchain¹² tehnologije u pomorsku industriju.

⁹ Proces prilagodbe brzine plovidbe i rute broda kako bi se smanjilo vrijeme čekanja u luci, povećala učinkovitost i smanjile emisije.

¹⁰ Mreža fizičkih uređaja opremljenih sensorima, softverom i povezanošću koja omogućava prikupljanje i razmjenu podataka putem interneta.

¹¹ Tehnologija koja koristi algoritme za analizu podataka, učenje i donošenje odluka s ciljem automatizacije i optimizacije procesa.

¹² Decentralizirana digitalna knjiga (*ledger*) koja bilježi podatke na način koji osigurava transparentnost i nepovredivost, što znači da su podaci sigurni i ne mogu se izmijeniti bez ovlaštenja.

Blockchain omogućava:

- **Praćenje tereta u stvarnom vremenu** s potpunom transparentnošću u cijelom lancu opskrbe.
- **Pametne ugovore** koji automatski izvršavaju transakcije na temelju unaprijed definiranih uvjeta, što značajno smanjuje potrebu za ljudskom intervencijom.
- **Kružno gospodarstvo u brodogradnji** kroz praćenje i reciklažu brodova, čime se smanjuje otpad i optimiziraju resursi.

Također, pojavljuju se nove usluge poput platformi za upravljanje kapacitetima u stvarnom vremenu, sustava za regrutaciju posade te naprednih sustava za upravljanje tržištem, gdje digitalni alati optimiziraju raspodjelu resursa u pomorskom prometu. Ekstenzija omogućava poduzećima da prošire svoje djelovanje, smanje operativne troškove i iskoriste potencijal tehnologija kao što su IoT i umjetna inteligencija.

2.3.3. Transformacija

Transformacija je posljednja i najdublja faza digitalizacije koja vodi do potpune promjene poslovnih modela i načina na koji pomorska industrija funkcionira. Dok optimizacija i ekstenzija koriste tehnologiju za poboljšanje postojećih operacija, transformacija ide korak dalje i koristi digitalne podatke za kreiranje potpuno novih tokova prihoda i oblika poslovanja.

Ova faza transformira:

- **Logistiku i opskrbne lance**, čineći ih temeljenima na podacima, što omogućava preciznije donošenje odluka, smanjuje troškove prijevoza i povećava fleksibilnost.
- **Model trgovine**, gdje digitalizacija omogućava bolju koordinaciju između globalnih partnera, smanjujući važnost geografske udaljenosti kao faktora u trgovinskim odlukama.
- **Poslovne modele** u kojima tehnologije kao što su big data¹³ i blockchain omogućuju kreiranje novih oblika prihoda na temelju podataka i optimizacije tokova robe.

¹³ Tehnologija koja obuhvaća alate i metode za prikupljanje, pohranu, obradu i analizu velikih količina podataka, omogućujući otkrivanje obrazaca i donošenje informiranih odluka.

U ovoj fazi, pomorska industrija doživljava radikalne promjene u načinu poslovanja. Robotizacija i autonomna plovila postaju dio svakodnevice, gdje brodovi mogu samostalno ploviti koristeći sofisticirane navigacijske sustave, a logističke operacije se sve više automatiziraju. U kombinaciji s umjetnom inteligencijom, podaci prikupljeni putem IoT uređaja mogu predvidjeti potražnju i optimalne rute, dok autonomna vozila i dronovi preuzimaju sve veći dio logističkih operacija. Transformacija ima dalekosežne posljedice za cijelu industriju, ne samo u smislu učinkovitosti već i u promjeni načina na koji različiti dionici u lancu opskrbe surađuju. Geografski i logistički izazovi postaju sve manje značajni, a digitalna povezanost omogućuje neprekidni protok podataka, poboljšava transparentnost i smanjuje operativne rizike.

2.4. Primjena digitalizacije u pomorskom prometu

Digitalizacija obuhvaća razne procese i tehnologije koji pomažu u učinkovitijem upravljanju pomorskim operacijama:

- **Sustavi za upravljanje flotom (FMS):** Ovi sustavi omogućuju brodarskim kompanijama praćenje performansi svojih brodova u stvarnom vremenu. Korištenjem podataka iz senzora postavljenih na ključne brodske sustave, moguće je nadzirati potrošnju goriva, rad motora i druge operativne parametre, što omogućuje donošenje informiranih odluka.
- **Pametne luke:** Luka postaje digitalizirani sustav u kojem senzori, kamere i drugi uređaji omogućuju praćenje prometa, smanjenje gužvi, bolje upravljanje skladištima i brže postupke carinjenja. Tehnologije poput 5G mreža omogućavaju bržu i učinkovitiju komunikaciju među sudionicima u luci.
- **Prediktivno održavanje:** Korištenje senzora za nadzor brodskih sustava omogućuje otkrivanje potencijalnih kvarova prije nego što do njih dođe. Ova vrsta održavanja smanjuje neplanirane zastoje, povećava sigurnost i smanjuje troškove održavanja.
- **Automatizacija teretnih operacija:** Digitalizacija omogućuje automatizirane procese utovara i istovara u lukama, smanjujući potrebu za ručnim radom i povećavajući brzinu operacija. Automatizirani sustavi također mogu smanjiti mogućnost oštećenja tereta, povećavajući sigurnost i pouzdanost logističkih operacija.

- **Blockchain u logistici:** Blockchain tehnologija omogućava sigurnu razmjenu podataka između različitih sudionika u lancu opskrbe, uključujući brodare, vlasnike tereta, lučke vlasti i carinske službenike. Ona osigurava transparentnost, nepovredivost podataka i smanjuje potrebu za papirologijom.



Slika 2. Umreženost i kontrola kroz procese digitalizacije¹⁴

2.5. Ključni digitalni alati u pomorskoj industriji

Digitalizacija u pomorstvu oslanja se na različite tehnologije i alate koji omogućuju bolju kontrolu, sigurnost i učinkovitost operacija:

- **Internet stvari (IoT):** IoT senzori prate različite parametre na brodovima, uključujući stanje motora, potrošnju goriva, temperaturu i vlažnost u spremnicima tereta. Ovi senzori šalju podatke u stvarnom vremenu u upravljačke centre, omogućujući brzu reakciju na potencijalne probleme.
- **Umjetna inteligencija (AI):** AI sustavi analiziraju podatke iz različitih izvora i pomažu u donošenju odluka o optimizaciji operacija, sigurnosnim pitanjima ili planiranju održavanja. Umjetna inteligencija također pomaže u optimizaciji plovidbenih ruta, čime se smanjuje vrijeme plovidbe i potrošnja goriva.

¹⁴ <https://gmcg.global/shippings-digital-and-sustainability-transition-and-the-future-of-seafarers/> - Ilustracija

- **Računalstvo u oblaku¹⁵:** Omogućuje pohranu podataka i pristup informacijama s bilo kojeg mjesta u svijetu. Računalstvo u oblaku pomaže u integraciji podataka iz različitih sustava, omogućujući bolju koordinaciju između brodskih kompanija, luka i ostalih sudionika u transportnom lancu.
- **Blockchain:** Ova tehnologija osigurava siguran prijenos podataka između svih sudionika u lancu opskrbe, smanjujući rizik od prijevara, gubitaka i nesporazuma. Blockchain se također koristi za stvaranje pametnih ugovora koji se automatski izvršavaju kada su ispunjeni određeni uvjeti.

2.6. Važnost digitalizacije za budućnost pomorskog prometa

Digitalizacija je postala ključni element budućeg razvoja pomorskog prometa. Industrija se suočava s pritiscima da postane ekološki prihvatljivija i učinkovitija, a digitalne tehnologije omogućuju ostvarivanje tih ciljeva. Automatizacija, prediktivno održavanje¹⁶ i pametne luke¹⁷ samo su neki od primjera kako digitalizacija pomaže u smanjenju troškova, poboljšanju sigurnosti i smanjenju emisija stakleničkih plinova.

U kontekstu sve strožih međunarodnih propisa, kao što su oni Međunarodne pomorske organizacije (IMO) koji se odnose na smanjenje emisija stakleničkih plinova, digitalne tehnologije pružaju način za praćenje i usklađivanje s tim standardima. Brodari koji ulažu u digitalizaciju mogu osigurati dugoročnu održivost svojih operacija i ostati konkurentni na globalnom tržištu.

¹⁵ Računalstvo u oblaku je model pružanja računalnih usluga (kao što su poslužitelji, pohrana i softver) putem interneta, bez potrebe za lokalnom infrastrukturom.

¹⁶ Pristup održavanju opreme koji koristi podatke i analitiku za predviđanje kvarova prije nego što se dogode, kako bi se optimizirali popravci i smanjili neplanirani zastoji.

¹⁷ Pametne luke koriste napredne tehnologije poput interneta stvari (IoT), umjetne inteligencije i automatizacije za optimizaciju lučkih operacija, povećanje efikasnosti, smanjenje troškova i ekološkog utjecaja, te poboljšanje sigurnosti i transparentnosti u logističkim procesima.

3. RAZLOZI ZA DIGITALIZACIJU U POMORSKOM PROMETU

Digitalizacija pomorskog prometa postaje sve važnija zbog niza čimbenika koji utječu na globalnu ekonomiju, sigurnost, učinkovitost i održivost. U svijetu u kojem se pomorski transport koristi za prebacivanje više od 80% svjetske trgovine, implementacija naprednih tehnologija u ovoj industriji omogućuje značajne prednosti koje pomažu pomorskim kompanijama da ostanu konkurentne, sigurne i održive. Postoji nekoliko ključnih razloga zašto se industrija okreće digitalizaciji, a oni su prvenstveno povezani s potrebom za poboljšanjem učinkovitosti, smanjenjem troškova, povećanjem sigurnosti i očuvanjem okoliša.

3. 1. Povećanje operativne učinkovitosti

Jedan od glavnih razloga za digitalizaciju u pomorskom prometu jest povećanje operativne učinkovitosti. Digitalni alati omogućuju optimizaciju plovidbenih ruta, preciznije upravljanje brodovima i teretom te smanjenje vremena zastoja u lukama. Uvođenje sustava za praćenje plovidbe u stvarnom vremenu omogućava nadzor nad cijelim putovanjem broda i tereta, čime se optimiziraju troškovi goriva, smanjuje vrijeme čekanja i poboljšava točnost isporuke¹⁸.

Tehnologije kao što su Internet of Things (IoT) i umjetna inteligencija (AI) mogu analizirati velike količine podataka prikupljenih sa senzora na brodovima i u lukama. Ovi podaci omogućuju donošenje bolje informiranih odluka, što rezultira boljim planiranjem i optimizacijom resursa. Digitalizacija također smanjuje potrebu za ljudskom intervencijom, što dovodi do smanjenja rizika od ljudskih pogrešaka i većeg povjerenja u automatizirane sustave.

3.2. Smanjenje operativnih troškova

Smanjenje operativnih troškova još je jedan ključni razlog za digitalizaciju u pomorskom prometu¹⁹. Troškovi goriva, održavanja brodova, te administrativni troškovi mogu značajno opteretiti proračun pomorskih kompanija. Digitalni alati omogućuju uštedu kroz precizno planiranje plovidbenih ruta, smanjenje potrošnje goriva i prediktivno održavanje plovidbe.

¹⁸ IBM & Maersk (2022). *TradeLens: Digitalizing the Global Supply Chain*

¹⁹ Remyha Y, Zaiarniuk O, Lozova T, Trushkina N, Yakushev O, Korovin Y. (2023). Energy-saving technologies for sustainable development of the maritime transport logistics market

Na primjer, sustavi za prediktivno održavanje koriste senzore i analitiku za praćenje stanja brodova te predviđanje kada će dijelovi trebati zamjenu ili popravak. Ovo smanjuje rizik od neočekivanih kvarova i skupih zastoja, što vodi do optimizacije ukupnih troškova održavanja²⁰.

3.3. Povećanje sigurnosti

Pomorska industrija suočava se s brojnim sigurnosnim izazovima, uključujući nesreće, piratstvo, te rizik od *cyber* napada. Digitalizacija pomaže u smanjenju tih rizika pružajući napredne sigurnosne sustave koji omogućuju bolje praćenje brodova, sigurnosne protokole i prevenciju nesreća.

Na primjer, autonomni sustavi za navigaciju omogućuju brodovima da se kreću na sigurniji način, uzimajući u obzir vremenske uvjete, promet na moru i prepreke. Također, sustavi za kontrolu pristupa i šifriranje podataka smanjuju rizik od *cyber* napada, koji predstavljaju sve veću prijetnju u modernoj industriji.

3.4. Očuvanje okoliša

Pomorski promet značajno doprinosi emisijama stakleničkih plinova, te je digitalizacija ključna za smanjenje negativnog utjecaja na okoliš. Korištenje digitalnih alata omogućuje bolju kontrolu potrošnje goriva i smanjenje emisija štetnih plinova²¹.

Tehnologije poput optimizacije potrošnje goriva putem pametnih sustava omogućuju brodovima da plovo na ekološki prihvatljiviji način, smanjujući nepotrebne emisije. Također, digitalizacija olakšava usklađivanje s međunarodnim standardima i propisima o očuvanju okoliša, kao što su IMO regulative koje nastoje smanjiti emisije sumpornih oksida i drugih štetnih plinova.

3. 5. Poboljšanje transparentnosti i upravljanja lancem opskrbe

Još jedan važan razlog za digitalizaciju je poboljšanje transparentnosti u lancu opskrbe. Sustavi temeljeni na blockchain tehnologiji omogućuju bolju vidljivost tereta u cijelom lancu opskrbe, od polazišta do krajnje destinacije. Ovo smanjuje mogućnost prijevara, gubitaka i pogrešaka te

²⁰ Kongsberg Maritime (2023). *AI and Predictive Maintenance in Shipping*

²¹ IMO (International Maritime Organization). (2020). *IMO 2020 and beyond*

omogućuje efikasniju suradnju između različitih dionika u lancu opskrbe, uključujući prijevoznike, operatore luka i carinske službe.

Digitalizacija pomorskog prometa nudi širok spektar prednosti koje su ključne za modernizaciju ove industrije i njeno prilagođavanje globalnim izazovima. Uvođenje naprednih tehnologija ne samo da omogućuje povećanje operativne učinkovitosti i smanjenje troškova, već igra ključnu ulogu u povećanju sigurnosti na moru i smanjenju negativnog utjecaja na okoliš. Pomorski sektor, suočen s rastućim zahtjevima za bržim, sigurnijim i održivijim operacijama, koristi digitalizaciju kao alat za rješavanje složenih problema s kojima se suočava.

S obzirom na to da je pomorski promet okosnica globalne trgovine, digitalne tehnologije omogućuju unapređenje cijelog lanca opskrbe, poboljšavajući transparentnost, suradnju i upravljanje resursima. Blockchain, IoT i umjetna inteligencija nisu samo alat za optimizaciju postojećih operacija, već postaju ključni faktori za stvaranje novih poslovnih modela i usluga unutar industrije.

Također, regulativni zahtjevi za smanjenje emisija stakleničkih plinova, poput onih koje nameće Međunarodna pomorska organizacija (IMO), dodatno potiču broderske kompanije da se okrenu digitalnim rješenjima kako bi uskladili svoje operacije s ekološkim standardima. U tom smislu, digitalizacija ne samo da pomaže u smanjenju troškova i povećanju sigurnosti, već također doprinosi održivijoj i ekološki prihvatljivijoj budućnosti²².

Osim toga, kako se tehnologije poput autonomnih plovila i pametnih luka sve više razvijaju, digitalizacija će igrati središnju ulogu u oblikovanju budućnosti pomorskog prometa. Očekuje se da će transformacija pomorskog sektora putem digitalizacije otvoriti nove mogućnosti za inovacije, poboljšati globalnu logistiku i povećati otpornost na geopolitičke i ekonomske izazove.

Stoga, digitalizacija više nije opcija, već nužnost za sve sudionike u pomorskom prometu koji žele ostati konkurentni i relevantni u svijetu koji se brzo mijenja. Pomorske kompanije koje usvoje digitalne tehnologije imat će značajnu prednost, omogućujući im ne samo bolje upravljanje trenutnim izazovima, već i iskorištavanje budućih prilika u globalnoj trgovini i logistici.

²² IMO (International Maritime Organization). (2020). *IMO 2020 and beyond*

4. PRIMJENA DIGITALNIH TEHNOLOGIJA U POMORSTVU

4.1. Računalstvo u oblaku i sustavi za praćenje

Računalstvo u oblaku omogućava pohranu podataka i upravljanje flotama u stvarnom vremenu. Pomorske kompanije mogu putem ovih sustava pratiti performanse svojih brodova, analizirati podatke o potrošnji goriva i provoditi prediktivno održavanje. Ovi sustavi omogućuju vlasnicima brodova i operaterima pristup ključnim podacima bilo gdje u svijetu, što olakšava donošenje odluka u realnom vremenu.

4.2. Umjetna inteligencija i prediktivna analitika²³

Umjetna inteligencija (AI) i prediktivna analitika postaju ključni alati u pomorskoj industriji, posebno u optimizaciji operacija i održavanju brodova. AI može analizirati ogromne količine podataka u stvarnom vremenu i pomoći u donošenju odluka koje unapređuju efikasnost operacija. Ovi sustavi koriste povijesne podatke kako bi predviđali buduće događaje, poput kvarova brodskih sustava ili optimalnih ruta za plovidbu.

Prediktivna analitika omogućuje brodarima da optimiziraju svoje resurse i planiraju održavanje brodova na način koji smanjuje zastoje. Korištenjem senzora koji prate rad brodskih sustava u stvarnom vremenu, AI može identificirati potencijalne kvarove prije nego što se dogode. Na taj način, kvarovi se mogu prevenirati, a operativni troškovi smanjiti.

Jedan od ključnih aspekata primjene umjetne inteligencije u pomorstvu je optimizacija ruta. AI sustavi mogu analizirati vremenske uvjete, stanje mora i prometne tokove kako bi preporučili najučinkovitije rute za plovidbu. Ova optimizacija rezultira smanjenom potrošnjom goriva, kraćim vremenom plovidbe i smanjenjem emisija stakleničkih plinova, što direktno doprinosi ekološkoj održivosti.

²³ Korištenje statističkih modela i algoritama za analizu podataka s ciljem predviđanja budućih događaja.

Primjeri primjene AI-a u pomorstvu:

- **Kongsberg Maritime** ²⁴koristi AI za analizu podataka s brodskih sustava, omogućujući prediktivno održavanje koje smanjuje rizik od kvarova i zastoja. AI modeli analiziraju podatke sa senzora na motorima, sustavima za upravljanje i energetskim sustavima kako bi predvidjeli potencijalne probleme prije nego što se dogode.
- **Maersk** ²⁵je implementirao sustave za optimizaciju ruta koji koriste AI kako bi analizirali vremenske uvjete, morske struje i prometne obrasce. Ovi sustavi omogućuju smanjenje potrošnje goriva, smanjenje emisija ugljičnog dioksida i povećanje sigurnosti tijekom plovidbe. Na taj način se istovremeno smanjuju operativni troškovi i štiti okoliš.
- **Wärtsilä**, globalni lider u pomorskoj tehnologiji, koristi AI za unapređenje energetske efikasnosti brodova i optimizaciju operacija. Njihov Eniram ²⁶sustav prikuplja podatke s brodova i koristi AI za analizu potrošnje goriva, performanse motora i druge ključne parametre. Wärtsilä koristi AI u svojoj platformi Smart Marine Ecosystem kako bi omogućio autonomno upravljanje brodovima, optimizirao plovidbu i povećao održivost.
- **IBM** koristi svoju AI platformu Watson²⁷u pomorstvu za optimizaciju logistike i plovidbe. Watson može analizirati vremenske prognoze, podatke o plovidbi i osjetljive podatke o teretu kako bi pomogao brodovima da odaberu optimalne rute, smanje potrošnju goriva i poboljšaju sigurnost.
- **Nautilus Labs** ²⁸koristi AI za pametno upravljanje flotom i optimizaciju rada brodova. Njihovi sustavi pomažu brodovlasnicima da smanje potrošnju goriva, smanje emisije i poboljšaju profitabilnost. AI se koristi za kontinuirano praćenje i analizu performansi brodova u stvarnom vremenu.
- **Ocean Infinity** ²⁹je tehnološka tvrtka koja se fokusira na korištenje autonomnih brodova i podvodnih dronova za istraživanje i mapiranje oceana. Oni koriste AI za autonomno upravljanje podvodnim vozilima, koja prikupljaju podatke o morskom dnu i uvjetima na moru.

²⁴ <https://www.kongsberg.com/maritime/>

²⁵ <https://www.maersk.com/>

²⁶ <https://www.wartsila.com/insights/article/becoming-part-of-w%C3%A4rtsil%C3%A4-eniram>

²⁷ <https://www.ibm.com/watson>

²⁸ <https://nautiluslabs.com/>

²⁹ <https://oceaninfinity.com/>

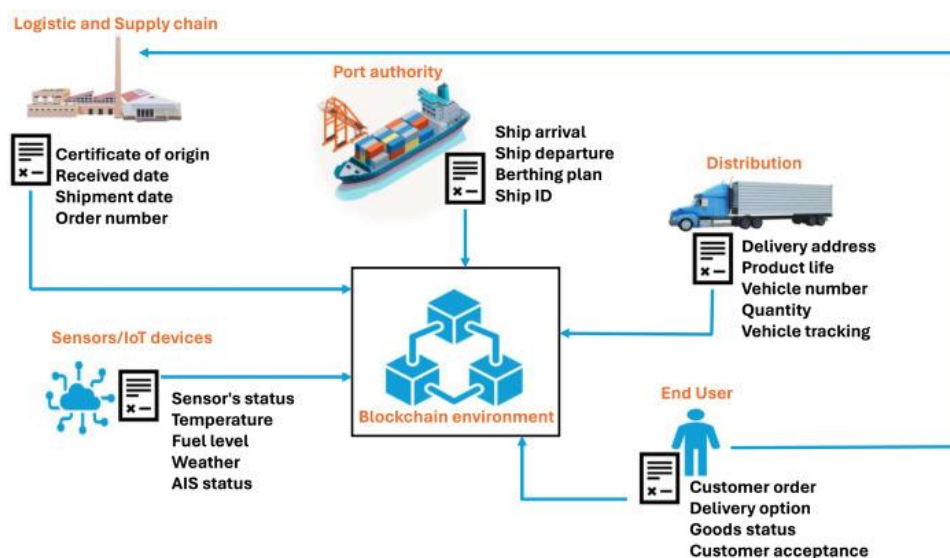
Osim u održavanju i optimizaciji ruta, AI se sve više koristi i za poboljšanje sigurnosti. Na primjer, AI sustavi mogu nadzirati brodske operacije i upozoriti posadu na potencijalno opasne situacije, kao što su sudari ili oštećenja opreme.

4.3. Blockchain tehnologija

Blockchain tehnologija, koja je izvorno razvijena za potrebe kriptovaluta poput Bitcoina, ima značajan potencijal u pomorskoj industriji, posebno u segmentu logistike i upravljanja lancima opskrbe. Blockchain osigurava transparentnost, sigurnost i nepovredivost podataka, što je ključna prednost u industriji koja se suočava s brojnim izazovima u pogledu sigurnosti podataka i praćenja tereta³⁰.

Pomorska industrija svakodnevno upravlja velikom količinom podataka o teretu, plovidbi, osiguranju i carinskim procedurama. Implementacijom blockchain tehnologije, moguće je digitalizirati i sigurno pohraniti sve ove podatke na način koji omogućava transparentnost i smanjuje mogućnost prijevara.

Jedna od najvažnijih primjena blockchainea u pomorstvu je stvaranje „pametnih ugovora“ (*smart contracts*). Ovi ugovori automatski izvršavaju određene akcije kada su zadovoljeni unaprijed definirani uvjeti. Na primjer, prilikom isporuke tereta, sustav može automatski izvršiti plaćanje čim teret stigne na odredište i podaci se verificiraju putem blockchainea.



Slika 3. Upravljanje opskrbnim lancem kroz Blockchain tehnologiju³¹

³⁰ IBM & Maersk (2022). *TradeLens: Digitalizing the Global Supply Chain*

³¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X24001213> - Slika prikazuje kako se podaci prikupljaju u odnosu na financijski i materijalni tok.

Prednosti blockchain tehnologije u pomorstvu:

- **Sigurnost podataka:** Blockchain osigurava da se podaci ne mogu mijenjati niti hakirati, čime se povećava povjerenje među svim sudionicima u lancu opskrbe.
- **Transparentnost:** Svi podaci o teretu i operacijama dostupni su svim relevantnim stranama, što smanjuje mogućnost prijevara i grešaka.
- **Smanjenje administrativnih troškova:** Digitalizacija i automatizacija ugovora smanjuje potrebu za papirnim dokumentima i ubrzava procese.

Primjeri primjene blockchain-a u pomorstvu:

- **Maersk**, u suradnji s **IBM-om**, razvili su TradeLens³², globalnu platformu za digitalizaciju logističkih lanaca pomoću blockchain tehnologije. TradeLens koristi blockchain za povezivanje svih sudionika u lancu opskrbe, uključujući brodare, lučke uprave, prijevoznike i osiguravatelje, čime se povećava transparentnost i smanjuje papirologija. Blockchain omogućuje sigurno dijeljenje podataka o teretu i dokumentaciji, smanjujući vrijeme isporuke i rizik od manipulacije podacima. Svaka transakcija ili dokument se trajno bilježi u sustavu, što omogućava svim sudionicima u lancu opskrbe pristup točnim i nepromijenjenim podacima u stvarnom vremenu.
- **Pacific International Lines (PIL)**³³, jedna od najvećih azijskih pomorskih kompanija, koristi blockchain tehnologiju za elektroničke brodarske dokumente. PIL je među prvim tvrtkama koje su prihvatile e-bill of lading (eBL), odnosno elektroničku teretnicu temeljenu na blockchainu. Korištenjem blockchaine, tvrtka smanjuje vrijeme za obradu teretnih dokumenata, omogućavajući brži prijenos vlasništva nad teretom. Osim toga, to smanjuje mogućnost prijevara i gubitaka povezanih s papirnatim dokumentima.
- **Mediterranean Shipping Company (MSC)**, jedna od najvećih brodarskih kompanija na svijetu, koristi blockchain tehnologiju kroz TradeLens³⁴ platformu kako bi poboljšala transparentnost u svom lancu opskrbe i smanjila troškove operacija. MSC koristi blockchain kako bi digitalizirao svoje logističke procese, omogućavajući jednostavniji prijenos dokumentacije i transparentno praćenje tereta u realnom vremenu.

³² <https://www.tradelens.com/>

³³ <https://www.pilship.com/>

³⁴ <https://www.maersk.com/news/articles/2019/05/28/cma-cgm-and-msc-to-join-tradelens-digital-shipping-platform>

4.4. Internet stvari (IoT)

Internet stvari (IoT) je još jedna ključna tehnologija u digitalizaciji pomorskog prometa. IoT uključuje upotrebu senzora i povezanih uređaja koji omogućavaju prikupljanje i razmjenu podataka u realnom vremenu. Ovi senzori mogu biti ugrađeni u brodske sustave kako bi pratili parametre poput temperature, vlažnosti, brzine vjetra, potrošnje goriva i stanja opreme.

IoT omogućuje brodarskim kompanijama da prate performanse svojih brodova i opreme u stvarnom vremenu. Na temelju prikupljenih podataka, kompanije mogu pravovremeno reagirati na eventualne probleme i optimizirati svoje operacije³⁵. Na primjer, senzori mogu otkriti povećanu vibraciju na brodskom motoru, što može biti znak mehaničkog kvara. Korištenjem tih podataka, kompanije mogu provesti preventivno održavanje prije nego što se dogodi ozbiljan kvar.

Primjeri primjene IoT tehnologije u pomorstvu:

- **Rolls-Royce** ³⁶koristi IoT tehnologiju za razvoj autonomnih brodova. IoT senzori instalirani na brodu prikupljaju podatke o okolišu, vremenskim uvjetima, prometu i drugim faktorima, omogućujući brodovima autonomnu navigaciju bez potrebe za ljudskom intervencijom. IoT senzori i sustavi omogućuju da autonomni brodovi prikupljaju podatke u realnom vremenu i koriste ih za donošenje odluka o plovidbi, izbjegavanju prepreka i optimizaciji potrošnje goriva.
- **Wärtsilä** koristi IoT tehnologiju u sklopu svog Eniram ³⁷sustava za optimizaciju brodskih operacija. Senzori na brodu prikupljaju podatke o performansama motora, potrošnji goriva, vremenskim uvjetima i plovidbi. Ovi podaci se zatim analiziraju kako bi se optimizirale operacije, smanjili troškovi i emisije. Podaci s IoT senzora omogućuju upraviteljima flote da u stvarnom vremenu prate rad brodova, predviđaju kvarove i poboljšavaju učinkovitost rada motora, što dovodi do značajnih ušteda goriva.

³⁵ Cisco. (2013). *The Internet of Everything for Cities*

³⁶ <https://www.rolls-royce.com/country-sites/sea/our-stories/2019/delivering-better-engine-performance-with-iot.aspx>

³⁷ <https://www.wartsila.com/insights/article/becoming-part-of-w%C3%A4rtsil%C3%A4-eniram>

5. PREDNOSTI I IZAZOVI DIGITALIZACIJE U POMORSKOM PROMETU

5.1. Prednosti digitalizacije

Digitalizacija donosi mnoge prednosti u pomorskom prometu:

- **Optimizacija resursa:** Digitalne tehnologije omogućavaju efikasnije korištenje resursa, smanjujući potrošnju goriva, optimizirajući rute i smanjujući potrebu za manualnim radom.
- **Povećana sigurnost:** Automatizirani sustavi mogu prepoznati opasnosti i smanjiti ljudske pogreške, što rezultira sigurnijim operacijama.
- **Smanjenje emisija:** Digitalni alati omogućavaju praćenje i smanjenje emisija stakleničkih plinova, što doprinosi ekološkoj održivosti.
- **Smanjenje troškova:** Prediktivno održavanje i optimizacija resursa omogućavaju smanjenje operativnih troškova.
- **Transparentnost:** Blockchain tehnologija i IoT omogućuju transparentnije poslovanje i smanjuju mogućnost prijevara.

5.2. Izazovi digitalizacije

Osim prednosti, postoje i određeni izazovi digitalizacije u pomorskom prometu:

- **Visoka početna investicija:** Implementacija digitalnih tehnologija, poput IoT-a i blockchainta, zahtijeva značajna početna ulaganja u infrastrukturu i obuku osoblja.
- **Kibernetička sigurnost:** S povećanom digitalizacijom dolazi i veći rizik od kibernetičkih napada. Pomorske kompanije moraju ulagati u sigurne sustave kako bi zaštitile svoje podatke i operacije.
- **Otpor prema promjenama:** Mnoge pomorske tvrtke, posebno one tradicionalnije, mogu biti otporne prema usvajanju novih tehnologija zbog straha od promjena ili nedostatka znanja³⁸.

³⁸ Jelavić B. (2023). Digitalizacija nautičkog turizma

- **Regulatorni izazovi:** Različite zemlje imaju različite propise u vezi s primjenom digitalnih tehnologija, što može otežati njihovu implementaciju na globalnoj razini.

5.3. Primjeri implementacije digitalizacije

5.3.1 Digitalne luke i autonomna plovila

Digitalne luke su napredne lučke infrastrukture koje koriste digitalne tehnologije za optimizaciju i automatizaciju svih aspekata lučkih operacija. Primarno se oslanjaju na alate poput Interneta stvari (IoT), umjetne inteligencije (AI), i blockchain tehnologije kako bi poboljšale učinkovitost, sigurnost, i komunikaciju unutar lanca opskrbe. Kroz sustave poput Port Community System (PCS), digitalne luke omogućuju bolju koordinaciju između dionika, brži prijenos tereta, te smanjenje zastoja brodova.

Primjeri vodećih digitalnih luka uključuju luku Rotterdam i luku Singapore³⁹. Rotterdam je globalni lider u korištenju tehnologija za digitalizaciju pomorskih operacija. Kroz svoj sustav "Port of Rotterdam Authority", ova luka implementira napredne digitalne alate za nadzor prometa, predikciju vremenskih uvjeta, te upravljanje teretom, što omogućuje efikasniji prolazak brodova i smanjenje emisije CO₂. Luka Singapore koristi slične tehnologije kako bi unaprijedila svoju logistiku i smanjila troškove. Osim toga, koristi i blockchain tehnologiju kako bi omogućila transparentne i sigurnije transakcije.

Korištenje ovih tehnologija omogućuje brži protok informacija, kraće vrijeme zadržavanja brodova u lukama, te veću integraciju među svim dionicima, što uključuje brodare, carinu, i logističke tvrtke. Digitalne luke također igraju ključnu ulogu u smanjenju emisije štetnih plinova i poboljšanju ekoloških standarda.

Autonomni brodovi su plovila koja koriste napredne tehnologije kako bi djelovala s malo ili bez ljudske intervencije. Postoje dvije glavne vrste autonomnih brodova: oni kojima upravlja operater s obale i potpuno autonomni brodovi koji samostalno donose operativne odluke. Ovi brodovi smanjuju troškove posade, povećavaju sigurnost smanjenjem ljudskih pogrešaka i omogućuju veći teretni kapacitet zahvaljujući uklanjanju prostora za posadu. Glavni izazovi

³⁹ Lind M, Becha H, Watson RT, Kouwenhoven N, Zuesongdham P, Baldauf U. (2020). Digital twins for the maritime sector

uključuju regulativne prepreke, sigurnosne standarde, te kibernetičke prijetnje i ranjivosti na hakiranje⁴⁰.

Autonomni brodovi oslanjaju se na tehnologije kao što su napredni algoritmi za donošenje odluka, senzori za prepoznavanje prepreka i primjena umjetne inteligencije za navigaciju⁴¹. Ova tehnologija omogućuje im pridržavanje međunarodnih pravila pomorskog prometa, no izazovi ostaju u situacijama interakcije s brodovima kojima upravlja ljudska posada, posebice u prometno opterećenim i ograničenim vodama.

Osim tehničkih izazova, regulativni okviri nisu prilagođeni autonomnim brodovima, budući da postojeća pomorska pravila i konvencije, poput Konvencije Ujedinjenih naroda o pravu mora (UNCLOS) i Međunarodne konvencije o sigurnosti života na moru (SOLAS), pretpostavljaju prisutnost ljudske posade na brodu. Za autonomne brodove, pitanje zapovjedništva i odgovornosti u slučaju nesreće je nejasno.

Sigurnosni izazovi autonomnih brodova također uključuju rizike vezane za piratstvo, terorizam i kibernetičke napade. Bez ljudske posade na brodu, autonomni brodovi mogu postati mete za ove prijetnje, dok je njihova ovisnost o automatiziranim sustavima čini ih ranjivima na kibernetičke napade.

Dobar primjer procesa razvoja autonomnih brodova je Rolls-Royce. Ova tvrtka planira postupno uvođenje autonomnih plovila kroz nekoliko faza:

1. 2020. godina: Prvi daljinski upravljani brodovi trebali bi operirati u lokalnim obalnim vodama.
2. 2025. godina: Planira se daljinski upravljani autonomni brod u međunarodnim vodama.
3. 2035. godina: Potpuno autonomni brodovi bez posade, prilagođeni za ocean.

Ove faze pokazuju kako se tehnologija postupno razvija prema potpunoj autonomiji

Iako tehnologija za autonomne brodove napreduje brže od regulative, autonomna plovila će postati stvarnost, no potrebno je više vremena za prilagodbu zakona i sigurnosnih standarda kako bi se omogućila njihova sigurnost i široka primjena u pomorstvu.

⁴⁰ IBM & Maersk (2022). *TradeLens: Digitalizing the Global Supply Chain*

⁴¹ Liu D. (2018). *Autonomous Vessel Technology, Safety and Ocean Impacts*

5.3.2. Digitalizacija u nautičkom turizmu

Digitalizacija nije prisutna samo u teretnom i putničkom prometu, već i u nautičkom turizmu. Pametne jahte opremljene digitalnim sustavima omogućuju putnicima visoku razinu komfora i sigurnosti. Tehnologije poput interneta stvari, umjetne inteligencije i automatiziranih sustava nadziru svaki aspekt plovila, od motora do navigacijskih sustava. Gosti na jahtama sada mogu uživati u personaliziranom iskustvu koje uključuje pristup internetu, multimedijalne sadržaje i pametne tehnologije koje upravljaju sigurnosnim sustavima plovila. Blockchain u nautičkom turizmu omogućuje jednostavno i sigurno upravljanje transakcijama prilikom najma plovila, osiguravajući transparentnost i eliminirajući mogućnost prijevara. Također se koristi za praćenje brodova u stvarnom vremenu, što omogućuje upraviteljima flota bolji nadzor nad sigurnošću i učinkovitosti.

6. BUDUĆNOST DIGITALIZACIJE U POMORSKOM PROMETU

Pomorski promet suočava se s ubrzanim tehnološkim promjenama koje će u nadolazećim godinama značajno transformirati ovu industriju. Budućnost digitalizacije u pomorstvu donosi nove mogućnosti kroz primjenu naprednih tehnologija poput automatiziranih brodova, digitalnih blizanaca, napredne analitike i tehnologija temeljenih na umjetnoj inteligenciji.

6.1. Automatizirani brodovi

Jedan od najvažnijih nadolazećih trendova u pomorstvu je automatizacija brodova, poznata i kao autonomni brodovi. Ovi brodovi, koji su djelomično ili potpuno autonomni, mogu smanjiti potrebu za ljudskom posadom, čime se povećava sigurnost i smanjuju operativni troškovi. Autonomni brodovi koriste sustave poput GPS-a, radara, senzora i AI-a za navigaciju i izbjegavanje prepreka. Iako će potpuno autonomni brodovi vjerojatno postati stvarnost tek za nekoliko desetljeća, djelomična automatizacija je već u upotrebi.

Koncept i implementacija su detaljnije objašnjeni u poglavlju 5.3.1.

6.2. Digitalni blizanci

Digitalni blizanac je virtualna replika fizičkog objekta, procesa ili sustava koja se koristi za simulaciju, analizu i optimizaciju performansi tog objekta u stvarnom vremenu. Digitalni blizanci koriste podatke prikupljene putem senzora i drugih izvora podataka kako bi stvorili digitalnu reprezentaciju koja odražava trenutne uvjete i ponašanje stvarnog sustava.

Ova virtualna replika se sastoji od softverskog modela koji uključuje sve relevantne fizičke karakteristike, ponašanje i radne uvjete svog stvarnog dvojnika. Digitalni blizanac kontinuirano prima podatke iz stvarnog svijeta pomoću senzora, omogućujući njegovo stalno ažuriranje i prilagođavanje. Ti podaci mogu uključivati sve, od temperature, tlaka i vlažnosti, do složenijih parametara, poput radnih performansi i podataka o kvarovima.

Digitalni blizanci omogućuju simulaciju različitih scenarija i ispitivanje promjena prije nego što se one fizički implementiraju, čime se smanjuju rizici i troškovi⁴². Uređaji povezani s

⁴² Lind M, Becha H, Watson RT, Kouwenhoven N, Zuesongdham P, Baldauf U. (2020). Digital twins for the maritime sector

Internetom stvari (IoT) ključni su za stvaranje digitalnih blizanaca jer omogućuju protok podataka u stvarnom vremenu između fizičkog i virtualnog svijeta.

Postoji nekoliko ključnih elemenata koji definiraju digitalne blizance:

- **Virtualna reprezentacija:** Digitalni bliznac je računalno generirani model fizičkog objekta koji može biti u obliku 3D modela, matematičkog modela ili simulacije.
- **Povezanost sa stvarnim objektom:** Digitalni bliznac je povezan sa svojim fizičkim dvojnim putem senzora i drugih uređaja koji omogućuju kontinuirano prikupljanje podataka iz stvarnog svijeta.
- **Analiza i optimizacija:** Digitalni blizanci koriste napredne analitičke metode, uključujući strojno učenje i umjetnu inteligenciju, za analizu podataka i optimizaciju sustava, predviđanje kvarova, i simulaciju različitih operativnih scenarija.

Primjene digitalnih blizanaca su široke, od prediktivnog održavanja i optimizacije industrijskih proizvodnih procesa, preko unaprjeđenja performansi složenih sustava kao što su zrakoplovi i brodovi, do simulacije cijelih gradova radi poboljšanja infrastrukture i usluga. U pomorskom sektoru, digitalni blizanci mogu optimizirati rad luka, flote i opskrbnog lanca, omogućujući efikasnije planiranje, smanjenje troškova, i poboljšanje sigurnosti.

Dakle, digitalni blizanci predstavljaju alat za prijelaz s tradicionalnog analognog pristupa prema digitalnoj transformaciji poslovnih procesa, omogućujući simulaciju, analizu i predviđanje unutar virtualnog okruženja, prije implementacije promjena u fizičkom svijetu.

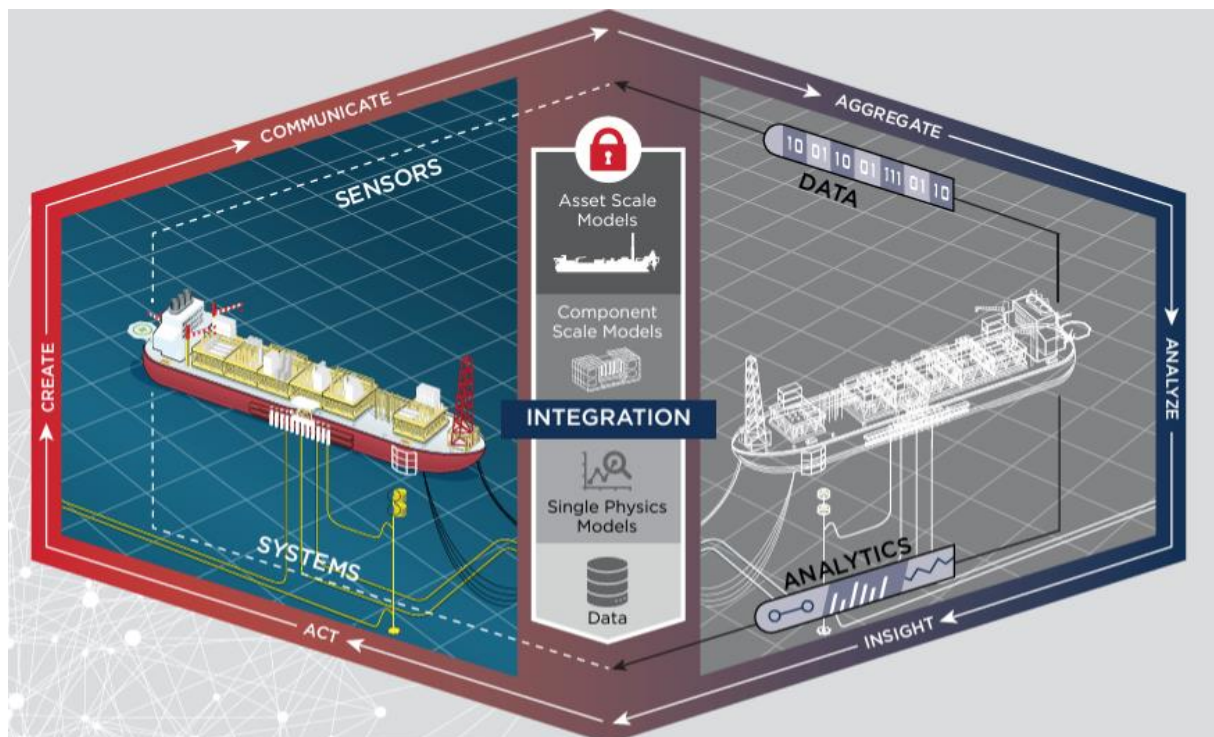
Primjeri digitalnih blizanaca u pomorskom sektoru uključuju:

- **Optimizacija flote:** Digitalni bliznac može pomoći brodarskim tvrtkama u optimizaciji njihove flote. Na temelju povijesnih i trenutnih podataka, te predviđanja poslovnih transakcija, digitalni bliznac omogućava simulaciju različitih scenarija za odabir optimalnih brodova i njihove nosivosti, što je korisno za donošenje strateških odluka.
- **Optimizacija luka i terminala:** Digitalni bliznac može simulirati protok tereta i putnika kroz luku, uzimajući u obzir različite parametre, kao što su broj potrebnih veza

za brodove, prostor za skladištenje tereta, te resurse za manipulaciju teretom. Ova simulacija može pomoći u strateškom planiranju i operativnoj koordinaciji rada luke.

- **Povećanje situacijske osviještenosti:** Digitalni blizanci povezani kroz cijeli opskrbni lanac omogućavaju vlasnicima tereta i kupcima uvid u status kretanja robe. To povećava predvidljivost i omogućava brze reakcije na kašnjenja ili promjene u planu, kao i dugoročno planiranje infrastrukturnih ulaganja između luka.
- **Optimizacija opskrbnog lanca:** Pametni kontejneri, povezani sa standardima IoT-a, generiraju podatke koji se mogu koristiti za optimizaciju protoka tereta kroz cijeli opskrbni lanac. Digitalni blizanci omogućavaju optimizaciju izbora prijevoznog moda i rute, kao i optimizaciju protoka praznih kontejnera, što može dovesti do efikasnijeg korištenja resursa.

Ovi digitalni blizanci omogućavaju simulaciju i analizu različitih scenarija bez fizičkog rizika ili utjecaja na okoliš, što ih čini korisnim za donošenje odluka u složenim okruženjima, kao što su pomorski i transportni sektori (*digital twins*).



Slika 4. Tehnologija digitalnih blizanaca ⁴³

⁴³ <https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/publications/whitepapers/technology-trends-web-spreads.pdf> - Digitalni bliznac odražava fizičku imovinu i njezino okruženje koristeći virtualnu reprezentaciju koju senzori kontinuirano ažuriraju, pružajući podatke iz stvarnog svijeta u stvarnom vremenu.

6.3. Napredna analitika

Napredna analitika u kontekstu pomorskog prometa odnosi se na primjenu sofisticiranih analitičkih alata i tehnika za poboljšanje učinkovitosti operacija, s posebnim naglaskom na protok informacija, smanjenje operativnih troškova i optimizaciju resursa. Ovi alati uključuju metode kao što su procesno rudarenje (*Process Mining*, PM), poslovna inteligencija, prediktivna analitika, i odlučivački sustavi.

Procesno rudarenje (PM) omogućava poluautomatsko otkrivanje, analizu i poboljšanje poslovnih procesa pomoću podataka iz informacijskih sustava koji podržavaju te procese. Na primjer, PM se koristi za otkrivanje neučinkovitosti i uskih grla u izvoznom procesu luke, identificiranjem ključnih prijelaza unutar procesa, kao što su aktivnosti vezane uz ukrcaj i odobrenje tereta. Ova analiza omogućuje donošenje odluka temeljenih na podacima, što može smanjiti ukupno vrijeme izvoza, poboljšati obrtaj brodova i smanjiti pripadajuće troškove, kao što su dnevni troškovi pristajanja broda.

Poslovna inteligencija i analitika (BI&A) također igraju ključnu ulogu u poboljšanju učinkovitosti luka. To uključuje korištenje alata za analizu podataka koji omogućuju stvaranje i dijeljenje informacija među dionicima luke, čime se povećava transparentnost i učinkovitost protoka informacija. *Port Community System* (PCS) je primjer takvog sustava koji omogućava razmjenu informacija između javnih i privatnih sudionika u luci putem jedinstvene platforme. Prediktivna analitika se koristi za prognoziranje budućih događaja i omogućavanje pravovremene reakcije, kao što su detekcija kašnjenja brodova i optimizacija vremena utovara i istovara. Primjena takve analitike može smanjiti vrijeme čekanja i optimizirati korištenje infrastrukture, što rezultira nižim troškovima i povećanom konkurentnošću luke.

Napredna analitika uključuje i odlučivačke sustave (*Decision Support Systems*, DSS), koji koriste analitiku za podršku odlučivanju u realnom vremenu, omogućujući donošenje boljih odluka u vezi operativnog planiranja i optimizacije resursa. Takvi sustavi se koriste, primjerice, za predviđanje vremena trajanja određenih operacija, poput prekrcaja kontejnera, na temelju prikupljenih podataka i prošlih obrazaca.

U konačnici, napredna analitika i primjena poslovne inteligencije pomažu u identificiranju i rješavanju ključnih izazova vezanih uz održivost i učinkovitost pomorskih luka, kao što su

smanjenje vremena čekanja, bolja iskorištenost kapaciteta i smanjenje emisija, što doprinosi ekološkoj održivosti pomorskog prometa⁴⁴.

Ovo su neki od primjera korištenja napredne tehnologije u praksi:

- **Seaport Service Rate Prediction System (Wasesa i sur., 2017):** Ovaj sustav koristi analitiku za predviđanje stope usluga u lukama za *drayage* operacije (vožnju kontejnera iz/na terminal), čime poboljšava predviđanja operacija preuzimanja/dostave. Iako se sustav odnosi na pomorske luke, više se fokusira na kopnene operacije *drayage* prijevoznika nego na same morske luke.
- **Monitoring performansi broda (Perera i Mo, 2017):** Razvijena je analitička metoda za praćenje performansi brodova s aspekta energetske učinkovitosti. Ovaj pristup pomaže u poboljšanju navigacijskih parametara broda, ali je usmjeren na brod kao jedinicu, bez uspostavljanja veze s operacijama luka.
- **Sustav za podršku odlučivanju temeljen na analitici (Maldonado i sur., 2019):** Sustav je razvijen za minimiziranje ponovnog premještanja kontejnera unutar terminala koristeći podatke o karakteristikama kontejnera, lokaciji veza, i uvjetima u dvorištu. Ovaj sustav pokazuje bolje performanse u usporedbi s drugim praksama skladištenja, ali se više fokusira na optimizaciju fizičkog toka u luci, nego na digitalni tok informacija.

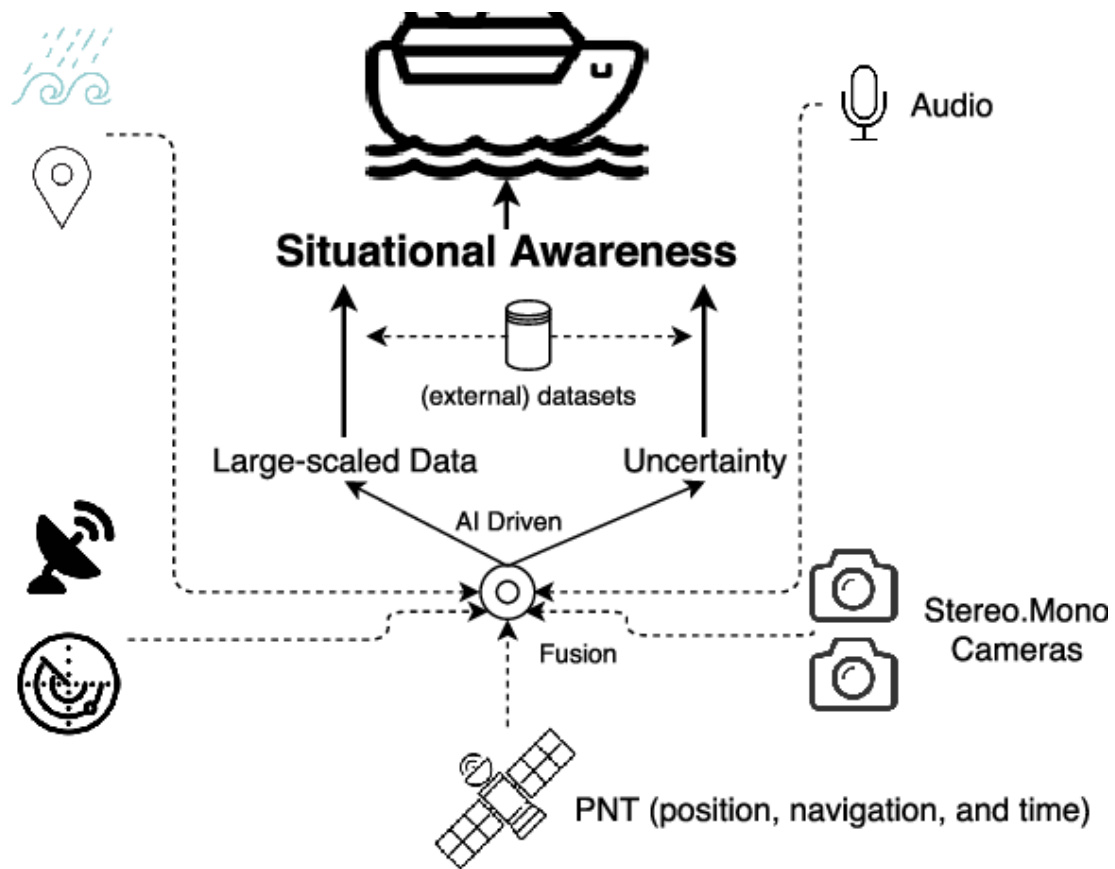
Ovi primjeri ilustriraju kako napredna analitika može pomoći u predviđanju i optimizaciji operacija, ali naglašavaju i potrebu za daljnjom integracijom digitalnih informacija radi poboljšanja učinkovitosti luka.

6.4. Umjetna inteligencija (AI)

Umjetna inteligencija (AI) u pomorstvu obuhvaća širok spektar tehnologija i tehnika koje omogućuju automatizaciju, optimizaciju i donošenje odluka u stvarnom vremenu, a sve s ciljem poboljšanja sigurnosti, učinkovitosti i održivosti pomorskog sektora. Različiti oblici AI-a, uključujući strojno učenje, duboko učenje, neuralne mreže i druge napredne algoritme,

⁴⁴ Zerbino P, Aloini D, Dulmin R, Mininno V. (2019). Towards Analytics-Enabled Efficiency Improvements in Maritime Transportation: A Case Study in a Mediterranean Port

omogućuju rješavanje kompleksnih problema koji su tradicionalno zahtijevali ljudsku intervenciju.



Slika 5. Opći pregled sustava pomorske situacijske svijesti vođenog umjetnom inteligencijom⁴⁵

6.4.1. Tehnike umjetne inteligencije u pomorstvu

U pomorstvu, AI se koristi za različite svrhe pomoću naprednih tehnika kao što su:

- **Strojno učenje:** Algoritmi strojnog učenja omogućuju analizu velike količine podataka za predviđanje različitih događaja i donošenje odluka. Strojno učenje može se koristiti za predviđanje vremenskih uvjeta, energetske učinkovitosti brodova, te optimizaciju ruta.
- **Duboko učenje:** Duboko učenje je tehnika koja koristi višeslojne neuralne mreže za analizu podataka i prepoznavanje obrazaca. U pomorstvu, duboko učenje se koristi za

⁴⁵ <https://www.researchgate.net/publication/363644381> - Slika prikazuje postupak analize razine sigurnosti i nepravilnosti korištenjem metoda umjetne inteligencije i objedinjavanjem podataka s pomorskih senzora.

prepoznavanje objekata, kao što su brodovi na moru, ili za analizu podataka o kretanju brodova (npr. AIS podaci) s ciljem predviđanja budućih putanja.

- **Genetički algoritmi:** Ova tehnika koristi se za optimizaciju problema, poput planiranja optimalnih ruta brodova, uzimajući u obzir različite uvjete kao što su valovi, vjetar i plima. Genetički algoritmi često se koriste za rješavanje problema donošenja odluka.
- **Neuralne mreže:** Koriste se za rješavanje složenih problema kao što su klasifikacija podataka, prepoznavanje obrazaca i predviđanje. U pomorstvu, neuralne mreže mogu pomoći u detekciji anomalija, prepoznavanju sigurnosnih prijetnji ili u predviđanju potrošnje goriva.

6.4.2. Primjene umjetne inteligencije u pomorskom sektoru

Neke od specifičnih primjena AI-a u pomorstvu uključuju:

- **Predviđanje potrošnje goriva i optimizacija performansi:** Potrošnja goriva jedan je od najvećih troškova za pomorske operatore. Strojno učenje i duboko učenje koriste se za analizu podataka o potrošnji goriva, uključujući faktore poput brzine broda, vremena, opterećenja i morskih uvjeta, kako bi se predvidjela i optimizirala potrošnja. Algoritmi poput višeklasnih strojeva s potpunim vektorima i konvolucijskih neuralnih mreža omogućuju optimizaciju energetske učinkovitosti broda⁴⁶.
- **Predviđanje i optimizacija putanja brodova:** Predviđanje putanja brodova ključno je za sprječavanje sudara i sigurnu navigaciju, osobito u gustim pomorskim rutama. Metode dubokog učenja, poput RNN (rekurentnih neuralnih mreža) i LSTM (long short-term memory), koriste se za analizu i predviđanje budućih putanja brodova na temelju povijesnih podataka iz sustava automatske identifikacije (AIS). Ovi algoritmi omogućuju pravovremene reakcije i bolje planiranje ruta kako bi se izbjegli sudari i optimizirala sigurnost.
- **Detekcija anomalija u brodskom prometu:** Detekcija anomalija, kao što su neuobičajena kretanja brodova ili ulazak u zabranjene zone, ključna je za održavanje sigurnosti na moru. Algoritmi strojnog učenja i dubokog učenja koriste se za analizu podataka o kretanju brodova, omogućujući brzu identifikaciju potencijalno opasnih

⁴⁶ Yang D, Xu L, Li J, Jiang Z. (2024). The Application of Artificial Intelligence Technology in Shipping: A Bibliometric Review

situacija. To uključuje praćenje kretanja pomoću AIS podataka te detekciju neovlaštenih ili sumnjivih aktivnosti.

- **Optimizacija operacija u lukama:** Umjetna inteligencija pomaže i u optimizaciji operacija u lukama, uključujući rukovanje kontejnerima, planiranje veza za brodove, te upravljanje resursima. Algoritmi strojnog učenja koriste se za analizu povijesnih podataka o protoku tereta, vremenskim uvjetima i kapacitetima skladišta kako bi se optimiziralo vrijeme zadržavanja brod

6.5 Tehnologije održivog razvoja

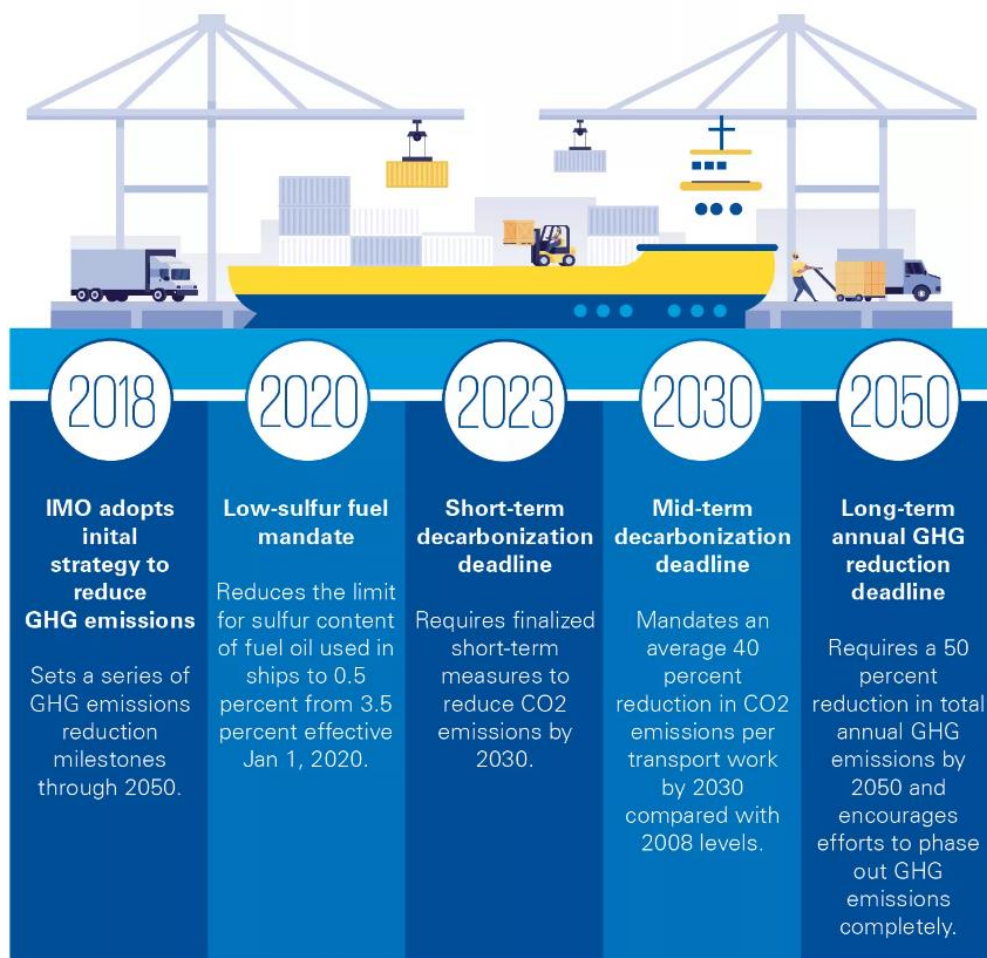
Tehnologije održivog razvoja u kontekstu pomorskog transporta odnose se na različite strategije i tehnologije koje omogućuju smanjenje emisija stakleničkih plinova, poboljšanje energetske učinkovitosti brodova te optimizaciju logističkih procesa uz očuvanje okoliša⁴⁷. Primarni ciljevi ovih tehnika uključuju smanjenje potrošnje goriva, korištenje alternativnih izvora energije, te integraciju sustava kako bi se povećala učinkovitost i smanjio utjecaj na okoliš.

6.5.1. Ključne tehnike održivog razvoja:

- **Energetska učinkovitost dizajna brodova (EEDI):** Indeks energetske učinkovitosti dizajna broda (EEDI) mjeri emisiju CO₂ po jedinici prijevoznog rada. Manji EEDI odražava veću energetske učinkovitost broda. Ova mjera se često primjenjuje u modernim pomorskim tvrtkama radi optimizacije emisija.
- **Plan upravljanja energetske učinkovitošću brodova (SEEMP):** SEEMP je sustav koji omogućuje kontinuirano praćenje i poboljšanje energetske učinkovitosti tijekom operacija broda. Obavezan je za sve brodove i koristi se za prilagodbu operativnih postupaka radi smanjenja potrošnje goriva.
- **Upotreba alternativnih izvora energije:** Ukupna upotreba obnovljivih izvora kao što su solarni paneli i energija vjetra omogućuje smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima. Pomorske tvrtke sve više istražuju mogućnosti korištenja ukapljenog prirodnog plina (LNG) i drugih alternativnih goriva za smanjenje emisija CO₂.

⁴⁷ Remyha Y, Zaiarniuk O, Lozova T, Trushkina N, Yakushev O, Korovin Y. (2023). Energy-saving technologies for sustainable development of the maritime transport logistics market

- **Tehnologije za smanjenje otpora vode:** Ove tehnologije uključuju poboljšanja u dizajnu trupa brodova kako bi se smanjio otpor vode, što direktno dovodi do smanjenja potrošnje goriva. Također se koriste boje koje smanjuju trenje između broda i vode.
- **Smanjenje nominalne brzine broda:** Jednostavno rješenje za smanjenje emisija je smanjenje brzine plovidbe, što može značajno smanjiti emisije CO₂. Na primjer, smanjenje brzine za 50% može smanjiti EEDI za 75%.
- **Optimizacija logističkih procesa i digitalizacija:** Optimizacija multimodalnog transporta i uvođenje naprednih digitalnih sustava omogućuju praćenje rute i planiranje, što doprinosi smanjenju potrošnje goriva i emisija. Korištenje informacijsko-komunikacijskih tehnologija olakšava koordinaciju između različitih oblika prijevoza, čime se smanjuje nepotrebno dupliranje saobraćaja i emisije.



Slika 6. Plan redukcije emitiranja stakleničkih plinova u pomorstvu⁴⁸

⁴⁸ <https://verhaert.com/insights/perspectives/pi/navigating-the-future-of-the-maritime-industry/> - Potrebne mjere koje pomorska industrija treba poduzeti kako bi zadovoljila zahtjeve održivosti u kratkoročnom i dugoročnom razdoblju

7. ZAKLJUČAK

Digitalizacija u pomorskom prometu predstavlja ključnu prekretnicu u razvoju ove industrije, koja se tradicionalno oslanjala na manualne procese i zastarjele tehnologije. Razvoj digitalnih tehnologija poput Interneta stvari (IoT), umjetne inteligencije (AI), blockchaina i računalstva u oblaku doveo je do revolucionarnih promjena u načinu na koji se upravlja flotama, optimizira logistika i poboljšava sigurnost. Ove tehnologije omogućuju pomorskim kompanijama ne samo povećanje operativne efikasnosti, već i usklađivanje s međunarodnim regulativama koje postaju sve strože, posebno u kontekstu ekološke održivosti i smanjenja emisija stakleničkih plinova.

Jedan od ključnih aspekata digitalizacije u pomorskoj industriji je njezina sposobnost da omogući povećanje transparentnosti i sigurnosti u poslovnim operacijama. Korištenjem blockchain tehnologije, podaci o teretu, plovidbi i ugovorima postaju transparentni i zaštićeni od manipulacija, čime se smanjuje mogućnost prijevara i nesporazuma. Istovremeno, IoT senzori omogućuju praćenje performansi brodova u stvarnom vremenu, što smanjuje rizike od kvarova i omogućava pravovremeno preventivno održavanje. Ove tehnologije doprinose sigurnijim operacijama, smanjenju neplaniranih zastoja te posljedično većoj financijskoj održivosti kompanija.

Optimizacija resursa je još jedna velika prednost digitalizacije u pomorskom prometu. Kroz primjenu umjetne inteligencije i napredne analitike, brodarske kompanije mogu optimizirati svoje plovidbene rute na temelju vremenskih uvjeta, prometa i stanja mora. Time se smanjuje potrošnja goriva, skraćuje vrijeme plovidbe i smanjuju emisije stakleničkih plinova. Ova ekološka komponenta digitalizacije postaje sve važnija u kontekstu međunarodnih inicijativa za smanjenje negativnog utjecaja industrije na okoliš. Međunarodna pomorska organizacija (IMO), s ciljem smanjenja emisija CO₂ za 50% do 2050. godine, sve više potiče brodare na usvajanje novih tehnologija koje će pomoći u postizanju ovih ciljeva.

Unatoč brojnim prednostima, proces digitalizacije suočava se s određenim izazovima. Visoki troškovi implementacije novih tehnologija, potreba za specijaliziranim znanjima i obuka osoblja, kao i pitanja vezana uz kibernetičku sigurnost, predstavljaju prepreke koje kompanije moraju prevladati kako bi uspješno uvele digitalne sustave. Također, prisutan je otpor prema promjenama, posebno među tradicionalnijim kompanijama, što može usporiti proces digitalne transformacije. Unatoč tim izazovima, dugoročne koristi koje donosi digitalizacija nadilaze

početne prepreke, a brodarske kompanije koje se odluče na ovaj korak postaju konkurentnije i spremnije za buduće promjene u industriji.

Budućnost pomorskog prometa uvelike ovisi o daljnjoj primjeni i razvoju digitalnih tehnologija. Očekuje se da će se autonomni brodovi, digitalni blizanci i napredna analitika razvijati još brže, donoseći nove mogućnosti za optimizaciju operacija i povećanje sigurnosti. Automatski sustavi za praćenje tereta, pametne luke i povezani brodovi omogućit će pomorskoj industriji da odgovori na izazove rastuće globalne potražnje za bržim, sigurnijim i ekološki prihvatljivijim transportom.

Na globalnom tržištu, uspjeh pomorskih kompanija sve više ovisi o sposobnosti da usvoje i integriraju inovativne tehnologije u svoje poslovanje. Digitalna transformacija nije opcija, već nužnost za sve dionike u pomorskom prometu. Kompanije koje se ne uspiju prilagoditi ovim promjenama riskiraju zaostajanje za konkurencijom i nemogućnost prilagodbe sve strožim ekološkim i sigurnosnim standardima.

Zaključno, digitalizacija donosi ne samo tehnološke promjene već i temeljnu promjenu poslovne filozofije u pomorskoj industriji. Industrija koja je nekoć bila percipirana kao sporija u prihvaćanju inovacija, sada postaje predvodnik u tehnološkim promjenama, koristeći digitalizaciju za povećanje efikasnosti, sigurnosti i održivosti. Pomorska industrija, suočena s izazovima globalne trgovine, ekoloških pritisaka i sve većih zahtjeva za brzim i pouzdanim transportom, ima priliku iskoristiti digitalizaciju kao alat za osiguranje svoje dugoročne održivosti i uspjeha. Ulaganje u tehnologiju sada predstavlja ulaganje u budućnost industrije.

9. LITERATURA

Jelavić B. (2023). Digitalizacija nautičkog turizma. Fakultet za mediteranske poslovne studije.

Kaštelan N, Vidan P, Assani N, Miličević M. (2024). Digital Horizon: Assessing Current

Lind M, Becha H, Watson RT, Kouwenhoven N, Zuesongdham P, Baldauf U. (2020). Digital twins for the maritime sector. *Smart Maritime Network*.

Nadrljanski D, Nadrljanski M, Pavlinović M. (2021). *Digitalno poslovanje u pomorstvu*.

Nakladnik Redak.

Remyha Y, Zaiarniuk O, Lozova T, Trushkina N, Yakushev O, Korovin Y. (2023). Energy-saving technologies for sustainable development of the maritime transport logistics market. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.

Status of Digitalization in Maritime Industry. Sveučilište u Splitu. Pomorski fakultet.

Yang D, Xu L, Li J, Jiang Z. (2024). The Application of Artificial Intelligence Technology in Shipping: A Bibliometric Review. *Marine Science and Engineering*.

Zerbino P, Aloini D, Dulmin R, Mininno V. (2019). Towards Analytics-Enabled Efficiency Improvements in Maritime Transportation: A Case Study in a Mediterranean Port. Sustainability.

Cisco. (2013). *The Internet of Everything for Cities*. Dostupno na: <https://www.cisco.com>

IBM & Maersk (2022). *TradeLens: Digitalizing the Global Supply Chain*. Dostupno na: <https://www.tradelens.com>

IMO (International Maritime Organization). (2020). *IMO 2020 and beyond*. Dostupno na: <https://www.imo.org>

Kongsberg Maritime (2023). *AI and Predictive Maintenance in Shipping*. Dostupno na: <https://www.kongsberg.com>

Liu D. (2018). Autonomous Vessel Technology, Safety and Ocean Impacts. Dostupno na: <https://www.brill.com>

Stručni portal pomorsko dobro. Dostupno na: <https://www.pomorskodobro.com/digitalna-luka/>

10. POPIS SLIKA

Slika 1. Ukupan broj znanstvenih istraživanja po državi

Slika 2. Umreženost i kontrola kroz procese digitalizacije

Slika 3. Upravljanje opskrbnim lancem kroz Blockchain tehnologiju

Slika 4. Tehnologija digitalnih blizanaca

Slika 5. Opći pregled sustava pomorske situacijske svijesti vođenog umjetnom inteligencijom

Slika 6. Plan redukcije emitiranja stakleničkih plinova u pomorstvu