

Pametne tehnologije u funkciji konkurentnosti kontejnerskih terminala

Matešić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:187:543819>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-01**



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**

LUKA MATEŠIĆ

**PAMETNE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI
KONKURENTNOSTI KONTEJNERSKIH TERMINALA**

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2024.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

PAMETNE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI
KONKURENTNOSTI KONTEJNERSKIH TERMINALA
SMART TECHNOLOGIES IN THE FUNCTION OF
COMPETITIVENESS OF CONTAINER TERMINALS

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Tehnologija luka i terminala

Mentor: Prof. dr. sc. Ines Kolanović

Student: Luka Matešić

Studijski smjer: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112030501

Rijeka, 2024.

Student/studentica: Luka Matešić

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112030501

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom
Pametne tehnologije u funkciji konkurentnosti kontejnerskih terminala

(naslov završnog rada)

izradio/la samostalno pod mentorstvom
prof. dr. sc. Ines Kolanović

(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)

te komentorstvom _____

stručnjaka/stručjakinje iz tvrtke _____

(naziv tvrtke).

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

Student/studentica

(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

Luka Matešić

Student/studentica: Luka Matešić

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112030501

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada 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 završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica - autor

(potpis)



SADRŽAJ

SADRŽAJ	IV
SAŽETAK	1
SUMMARY	2
1. UVOD	3
2. RAZVOJ KONTEJNERSKIH TERMINALA	5
2.1. AUTOMATIZIRANI KONTEJNERSKI TERMINALI	9
2.2. INFORMACIJSKI SUSTAVI KONTEJNERSKIH TERMINALA	13
3.PAMETNE TEHNOLOGIJE NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA	19
3.1. INTERNET OF THINGS (IoT)	20
3.2. PAMETNI KONTEJNERI	23
3.3. 5G TEHNOLOGIJA	24
3.4. RFID TEHNOLOGIJA	28
3.5. BIG DATA TEHNOLOGIJA	31
3.6. UMJETNA INTELIGENCIJA	33
3.7. OCR SUSTAV	36
3.8. API PROGRAMSKA SUČELJA	39
4.PRIMJERI KONTEJNERSKIH TERMINALA KOJI KORISTE PAMETNE TEHNOLOGIJE	42
4.1. LUKA ROTTERDAM.....	43
4.1.1. <i>Kontejnerski terminal Maasvlakte II</i>	45
4.2. LUKA SHANGHAI.....	49

5. ZAKLJUČAK.....	54
LITERATURA	56
POPIS TABLICA.....	62
POPIS SHEMA	62
POPIS SLIKA	63
POPIS DIJAGRAMA:.....	63

SAŽETAK

U ovome radu osvrnuti ću se na korištenje pametnih tehnologija u planiranju, organizaciji i funkcioniranju modernih kontejnerskih terminala, a sa svrhom postizanja veće konkurentnosti na tržištu. Moderni kontejnerski terminali funkcioniraju u natjecateljski nastrojenom i dinamičnom poslovnom okruženju. Korištenje novih tehnologija u planiranju, organizaciji i upravljanju kontejnerskim terminalima, što je konsenzus najvećih svjetskih brodarskih tvrtki, omogućilo je kontinuirani porast kapaciteta za prijevoz tereta i razvoj kontejnerskih terminala i prometa. Pametne tehnologije i informacijskih sustavi omogućavaju kvalitetnije organiziranje kontejnerskih terminala s ciljem optimalnog povezivanja svih sudionika unutar lučkog sustava i dobavnog lanca.

U ovom se radu pojašnjava važnost i uloga pametnih tehnologija za razvoj informacijskih sustava upravljanja kontejnerskim terminalima, a u funkciji povećanja kvalitete i konkurentnosti cjelokupne usluge.

Unutar ovog završnog rada obrađena je i povijest i razvoja kontejnerskog prometa, značajke kontejnerskog prometa te prikaz usporednog razvoja informacijsko-komunikacijskih tehnologija na kontejnerskim terminalima.

Ključne riječi: pametne tehnologije, informacijski sustavi, kontejnerski terminali, informacijski sustavi kontejnerskih terminala.

SUMMARY

In this paper, I will discuss the use of smart technologies in the planning, organization, and operation of modern container terminals, with the aim of achieving greater market competitiveness. Modern container terminals function in an extremely competitive and dynamic business environment, and the joint consensus of the world's most successful shipping companies has led to continues growth of traffic in container terminals, resulting in further supply chain growth and optimization. The solution backing up such progress is using modern technologies in planning, developing, and organizing container terminals. More efficient planning utilizing modern informatic technologies is enabling constant optimization of roles and functions inside the supply chain.

This paper shows the importance of using smart technologies in order to optimise the efficiency and quality of transport service on container terminals.

In this paper i will analyse the development of container transport, key aspects of container transporation and the development of informatic technologies used in container terminals.

Key words: smart technologies, informatic technologies, container terminal system

1. UVOD

Tehnološki napredak temelj je industrijskog i gospodarskog razvoja kao odgovora na sve češće promjene na samom tržištu. Kontejnerizacija se smatra jednim od najvažnijih komercijalnih dostignuća 20-tog stoljeća te je kao tehnologija transporta uvelike promijenila način na koji se danas živi. Globalizacija ne bi bila moguća bez modernog kontejnerskog prometa, što potvrđuje i procjena UN-ova publikacija UNCTAD koja ističe da se čak 90% proizvoda na svijetu prije dostave krajnjem kupcu prevozi kontejnerom. Upotreba kontejnera kao sredstva transporta omogućila je jeftiniji i brži protok dobara i roba u cijelom svijetu. Ubrzani razvoj čovječanstva i sve veća potreba za bržom i kvalitetnijom transportnom uslugom prepoznata je kao ključni čimbenik dugoročnog planiranja kontejnerskih terminala. Jedna od ključnih značajki modernih pametnih luka je ~~njihova~~ automatizacija, koja omogućava da rade s manjom ovisnošću o radnoj snazi. To povećava učinkovitost i istovremeno smanjuje troškove rada. Za optimizaciju operacija i bolje korištenje resursa, ključna je uporaba modernih informacijskih tehnologija. Pametne luke su također ekološki prihvatljivije; često se grade s ciljem smanjenja ~~njihovog~~ ugljičnog otiska i očuvanja morskog okoliša. Unatoč stalnim političkim nestabilnostima, trgovinskim ratovima i ekološkim prijetnjama, kontejnerski promet raste iz dana u dan upravo zahvaljujući korištenju pametnih tehnologija, a najveći svjetski operatori kontejnerskih terminala uvelike su shvatili važnost ulaganja u razvoj tehnologije i optimizaciju postojećih procesa za postizanje veće konkurentnosti transportne usluge pa i samih kontejnerskih terminala. Iako se fizički kontejner kao sredstvo transporta nije značajno promijenio od 1957., utjecaj modernih pametnih tehnologija u organizaciji kontejnerskih terminala omogućava lakše funkcioniranje dobavnog lanca, manje troškove i lakše međunarodno trgovanje, a uz manji utjecaj na ekologiju.

Svrha i cilj ovog rada jest upoznati čitatelja s pametnim tehnologijama koje se koriste na modernim kontejnerskim terminalima, a koje su najveći generator bolje produktivnosti u lučkim kontejnerskim operacijama. U radu je obrađen povijesni razvoj kontejnerizacije, bitna obilježja kontejnerskog prijevoza te primjeri korištenja najmodernijih tehnologija u upravljanju najmodernijim svjetskim kontejnerskim lukama poput terminala Maasvlakte II u Rotterdamu te terminalu Yangshen AC4 u Shanghai-ju.

Završni rad sastoji se od pet poglavlja. Prvo poglavlje predstavlja uvod u temu završnog rada. Drugo poglavlje odnosi se na razvoj i tehnologiju automatiziranih kontejnerskih terminala. Treće poglavlje pojašnjava na koji se način pametne tehnologije koriste za poboljšanje konkurentnosti kontejnerskih terminala. Četvrto poglavlje navodi primjere korištenja pametnih tehnologija u vodećim svjetskim lukama. Peto poglavlje sadrži zaključak koji ujedno predstavlja osvrt na rad i završno mišljenje.

2. RAZVOJ KONTEJNERSKIH TERMINALA

Od sredine 20-tog stoljeća te razvoja prvog kontejnera za koji je zaslužan američki inovator Malcolm McLean, započeo je ubrzani razvoj koncepta Inter modalnog prijevoza tereta i početak kontejnerizacije kakvu poznajemo danas. Na slici ispod nalazi se brod Ideal X pomoću kojeg je Malcolm McLean 1956. preveo prvi kontejner ploveći iz New Jerseya u Houston Texas, prevozeći 56 kontejnera.¹

Jedan od prvih namjenskih brodova za prijevoz kontejnera bio je Fairland koji 1966. doplovio iz New Jerseya u Bremen, a tvrtka Malcolma McLeana nedugo nakon toga u flotu uvodi još tri kontejnerska broda na linijama za Bremen, Rotterdam i Grangemouth. 1960. godine Međunarodna organizacija za standardizaciju uspostavlja standard u veličini kontejnera prikazan u tablici niže, čime su stvoreni preduvjeti za idući korak u razvoju kontejnerizacije. U odnosu na tada konvencionalni način transporta, upotrebom standardiziranih kontejnera, cijena manipulacija teretom smanjena je za više od 90%, što se uvelike odrazilo i na cijenu samih proizvoda. Učinak kontejnerizacije najbolje se očituje u sljedećem podatku. Trošak prijevoza tone rasutog tereta 1956. iznosio je 5,86\$, dok se korištenjem ISO kontejnera spomenuta cijena smanjila na svega 16 centi po toni.²

Tablica 1. Standardizirane mjere kontejnera

	Dimenzije	Dužina	Širina	Visina	Težina	Volumen
20' kontejner	Vanjske	6058 mm	2438 mm	2592 mm	2,3 t	33m ³
	Unutarnje	5898 mm	2350 mm	2390 mm		
	Dimenzije					
40' kontejner	Vanjske	12192 mm	2438 mm	2591 mm	3.7 t	67 m ³
	Unutarnje	12032 mm	2350 mm	2390 mm		
	Dimenzije					

Izvor: Pripremio student prema *Hubbig: Everything you need to know about containers*,

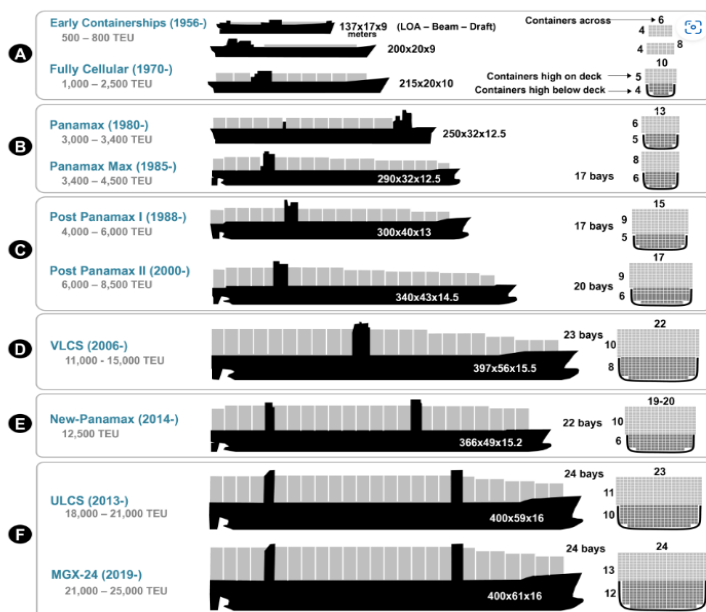
<https://www.hubbig.com/post/everything-you-need-to-know-about-containers>, 2020., (01.11.2023.)

¹The New York Times: *The Story of Malcolm McLean*, <https://maritime-executive.com/article/the-story-of-malcolm-mclean>, (02.04.2024.)

²Mišković D., Ivče R., Popović M.: *Tehnološki razvoj kontejnerskog broda kroz povijest*, stručni rad, 2015., p. 9.;2021.; (10.01.2024.)

U periodu od 7 desetljeća, porast kapaciteta kontejnerskih brodova narastao je sa 1200 TEU jedinica (Fairland) na 24000 TEU-a, koliki je kapacitet danas najvećih brodova Triple E klase kapaciteta 18-24 tisuća TEU-a. Kada se promatra današnje kontejnerske brodove, isti se dijele prema načinu prekrcaja tereta, vrsti servisa koji pružaju u prijevozu tereta te prema generaciji i klasi, odnosno veličini samih plovila te kapacitetu prijevoza 20-stopnih kontejnera. Klasifikaciju kontejnerskih brodova može se vidjeti prema podacima i shemi ispod.³

1. Preuređeni / konvertirani višenamjenski brodovi – kapaciteta do 1000 TEU i 200 m
2. Potpuno kontejnerski brodovi – kapaciteta do 2500 TEU i dužine do 200 m
3. Panamax klasa - kapaciteta 2.500 - 4.500 TEU, dužine 250-290 m
4. Postpanamax klasa – kapaciteta od 4500 – 10000 TEU, dužine 290 do 370 m
5. Nova Panamax klasa – kapaciteta 10000-13000, dužine 366 m
6. Nova Postpanamax klasa – kapaciteta 13000-18000, dužine 370-400 m
7. klasa Malacca – kapaciteta do 18000-20000, dužine do 400 m
8. Postmalacca klasa – kapacitet veći od 20000, dužina veća od 400 m



Slika 1: Klasifikacija kontejnerskih brodova

Slika 1. Rodrigue J-P, *The Geography of Transport Systems*, 2024, New York, <https://transportgeography.org/contents/chapter5/maritime-transportation/evolution-containerships-classes/> (01.02.2024.)

³ Žuškin, S.: Optimizacija rasporeda tereta na kontejnerskim brodovima u funkciji skraćivanja prekrcajnoga procesa, doktorski rad, Pomorski fakultet u Rijeci, 2015., p. 2.2.-2.3.

Terminali su ključne točke na transportnim rutama gdje se obavlja prihvat putnika ili tereta, te se vrši rukovanje teretom i njegova distribucija. Oni čine važnu poveznicu na putu robe od njezina izvora do krajnjih korisnika. Terminali obavljaju različite usluge, uključujući preradu, doradu, dodatno pakiranje, razvrstavanje, carinjenje i druge aktivnosti povezane s manipulacijom robom. Transport kontejnerskog tereta u kontejnerskim lukama obavlja se namjenski razvijenim mosnim i kontejnerskim portalnim dizalicama te ostalih kontejnerskim prijevozno - prekrcajnim sredstvima. Za lučki kontejnerski terminal kaže se da je dio lučkog sustava, posebno izgrađen i opremljen objekt koji je namijenjen prekrcaju kontejnera izravnim ili posrednim rukovanjem između broda i kopnenih transportnih sredstava. mjesto gdje dolazi do susreta između dvije ili više prometnih grana. Nakon što se kontejneri prekrcaju sa broda na terminal i obrnuto, terminali često koriste kratkoročne zone zadržavanja kontejnerskog tereta gdje kontejneri čekaju iduću etapu svog puta, carinski pregled ili ukrcaj na drugo prijevozno sredstvo. Glavni cilj svih karika u dobavnom lancu jest da kontejnerske jedinice što manje vremena provedu na samom terminalu. Kontejnerski terminali ključan su element globalnog dobavnog lanca koji je zaslužan za efikasan transport dobara između različitih kontinenata.⁴

Podjela terminala prema vrsti:⁵

- Integralni i granski
- Tehnološko – specijalizirani
- Lučki i kopneni terminali

Podjela kontejnerskih terminala prema zemljopisnom položaju:

- Lučki kontejnerski terminali
- Kopneni kontejnerski terminali

Razvijenost i opremljenost lučkih kapaciteta i skladišnih prostora terminala ključni su faktori efikasnog prekrcaja tereta. Ranije spomenuta specijalizirana pretovarna oprema sastoji se od obalnih kontejnerskih dizalica smještenih na operativnim obalama te pretovarnih prekrcajnih mostova koji se koriste za prekrcaj kontejnerskog tereta sa i na teretne kamione ili željezničke vagone.

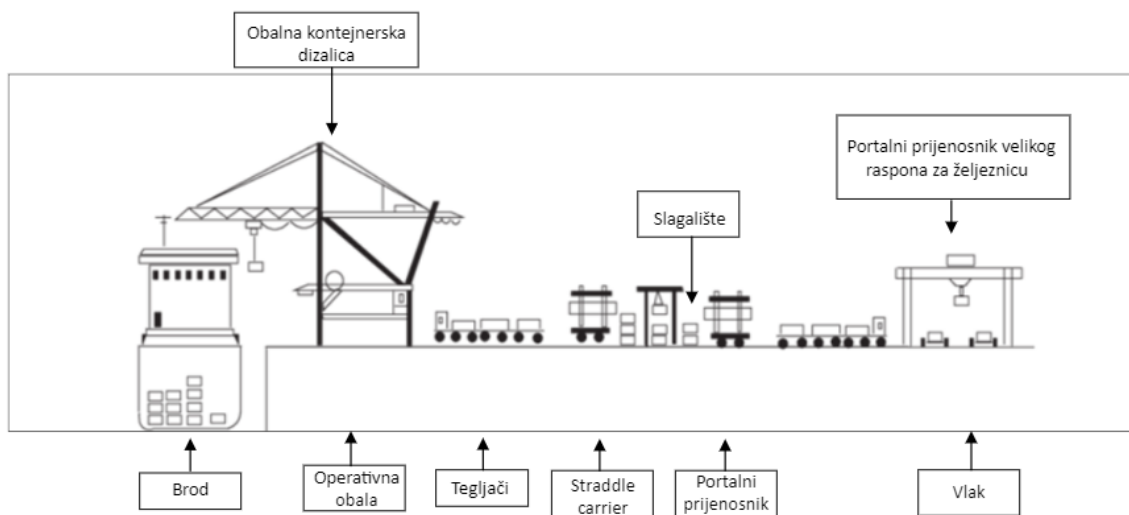
⁴ Dundović, Č., Lučki terminali, Pomorski fakultet, Rijeka, 2002., str. 13

⁵ Ibidem, str 12.

Uz glavne dizalice koje služe za vertikalni transport kontejnera, na lučkim se terminalima za horizontalni transport koriste i prometno-prekrcajna sredstva kao što su auto dizalice, čeonu viličari, kamion-tegljač za prijevoz kontejnera te portalni prijenosnici malog raspona. Za efikasno funkcioniranje lučkog kontejnerskog terminala potrebno je dobro planiranje kapaciteta kao i brza manipulacija teretom od strane cijelog prekrcajno-prijevoznog sustava prikazanog na shemi niže, pri čemu je najvažnija metrika dnevni kapacitet terminala.⁶

U radu lučkog kontejnerskog terminala razlikuju se dva osnovna sustava prekrcaja tereta:

- LO-LO sustav – okomiti način rukovanja teretom koji se odvija u zoni operative površine luke
- RO-RO sustav – horizontalni način rukovanja teretom
- LO-RO sustav- kombinirani sustav koji se odvija u zoni slagališta, skladišnog prostora te ulazu / izlazu sa terminala.



Shema 1: Shema tradicionalnog kontejnerskog terminala

. Izvor: L. Moccia, *Operations Research for the management of a transshipment container terminal*, 2009., (10.11.2023.) https://www.researchgate.net/figure/A-typical-container-terminal-system_fig3_24110602

⁶ Zelenika, R.: Prometni sustavi: tehnologija – organizacija – ekonomika – logistika – menadžment, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001

2.1. AUTOMATIZIRANI KONTEJNERSKI TERMINALI

Ubrzani ekonomski razvoj u kombinaciji s rastućim kapacitetom kontejnerskih brodova u posljednjim desetljećima glavni je razlog sve većih zahtjeva za ulaganjem u razvoj modernizacije kontejnerskih terminala- Uz ulaganja u povećanje kapaciteta samih terminala, dodatni faktor koji je u velikoj mjeri utjecao na modernizaciju opreme je i posljedični razvoj informacijskih sustava koji operaterima kontejnerskih terminala danas omogućuju da u potpunosti integriraju informatičke sustave sa fizičkom prekrcajno-prijevoznom opremom, kreirajući tako preduvjete za automatizaciju. Kada se govori o automatizaciji terminala, razlikujemo potpunu ili djelomičnu automatizaciju terminala.⁷

Automatizacija terminala je potpuna ili djelomična zamjena tradicionalnih operacija terminala putem automatizirane opreme i procesa, gdje razlikujemo potpuno automatiziran terminal koji koristi automatizirani proces na slagalištu kao i u slučaju horizontalnog transporta između operativne obale i slagališta. Djelomično automatizirane terminale najčešće odlikuje automatizacija područja slagališta. Jedan od ciljeva procesa automatizacije jest smanjivanje operativnih troškova za 25-50% uz porast produktivnosti do čak 30%. Volatilnost tržišta u posljednjim godinama pokazala je potrebu za povećanjem kapaciteta modernih kontejnerskih terminala pa stoga ne čudi da je implementacija automatizacije visoko na listi prioriteta mnogih luka i važnih dionika svjetskog tržišta. Razvoj automatiziranih kontejnerskih luka sadašnji je i budući smjer industrije. Podaci iz 2022. otkrivaju brojku od 68 potpuno ili djelomično automatiziranih kontejnerskih terminala što čini 7,3% ukupnog svjetskog broja kontejnerskih terminala.

Prema analizi projekta Port Economics, Management and Policy, očekuje se da će automatizirana tehnologija dokazati svoju iskoristivost u području produktivnosti i cijene implementacije tek u trenutku kada udio automatiziranih terminala na globalnoj razini dostigne 25% . Do trenutka kada spomenuti udio poraste na 50%, proces automatizacije ući će u fazu zrelosti s dokazanim standardima i potvrđenim načinima implementacije. Automatizirane luke u tom će trenutku prestati iskazivati komparativnu prednost te postati dio globalnog standarda.

Najveće prepreke široj primjeni automatizacije su:⁷

1. visoki i nepovratni troškovi procesa automatizacije
2. potreba za razvojem novih vještina upravljanja i održavanja automatizirane opreme
3. prekid operacija na postojećim terminalima za vrijeme implementacije
4. postojeći ugovori s radnom snagom koja automatizaciju smatra negativnom.

Razvoj automatizacije kontejnerskih terminala seže još u početak 2000-tih kada je njemački terminal Altenwerder (CTA) iskoristio prednosti modernih informatičkih sustava za automatizaciju horizontalnog transporta. Ipak, razvoj automatizacije tekao je sporo, stoga je veći porast ulaganja u proces automatizacije kontejnerskih luka primjetan u posljednjih desetak godina. Procjenjuje se da je u 2023. godini oko 20% kontejnerskih luka u svijetu bilo automatizirano, u usporedbi s 5% u 2013. godini. Očekuje se da će se taj trend nastaviti i da će do 2030. godine oko 40% kontejnerskih luka biti automatizirano u određenom segmentu.⁸

Najnaprednijim automatiziranim terminalom u Europi smatra se terminal Maasvlakte II, operatera APM Terminals u Luci Rotterdam, dok se neke od najvećih i najnaprednijih svjetskih kontejnerskih luka nalaze se u Singapuru, Njemačkoj, Velikoj Britaniji i Japanu. Kada se govori o automatizaciji kontejnerskih terminala, važno je naglasiti da se najveći postotak gore navedenih automatiziranih terminala odnosi na terminale koji su uz korištenje pametnih automatiziranih tehnologija modernizirali proces manipulacije kontejnerima na slagalištu, korištenjem automatski vođenih vozila te automatskih pretovarnih portalnih mostova. Iako navedeni terminali nemaju u potpunosti automatizirane operacije svih segmenata terminala, smatraju se automatiziranima. S druge strane, veće razine automatizacije postižu se u području slagališta i ulaznih rampi u terminale korištenjem automatskih pretovarnih mostova u kombinaciji sa automatski vođenim vozilima. U tablici na sljedećoj stranici prikaz je potencijala automatizacije kontejnerskog terminala prema određenim skupinama operacija.⁹

⁷ T. Notteboom, T., Pallis A., Rodrigue J.: *Port Economics, Management and Policy*, Routledge, <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part3/terminal-automation/>, 2022.

⁸ McKinsey & Company, F. Chu, S. Gailus, L. Liu.: *The future of automated ports*, 2018., <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/the-future-of-automated-ports#/> (01.02.2024.)

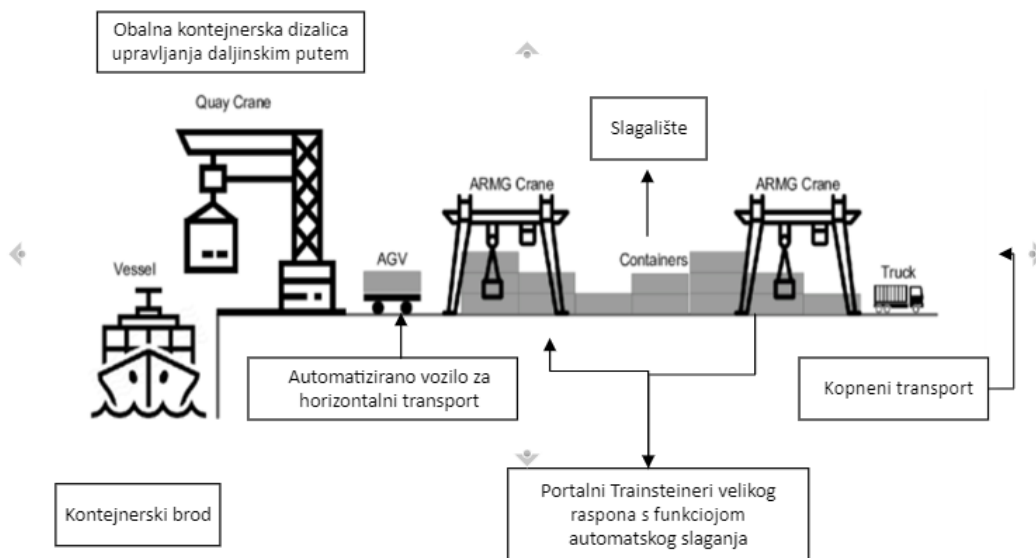
⁹ W.K. Kon, N. Shaiful, R. Md Hanafiah: *The global trends of automated container terminal: a systematic literature review*, *Maritime Business Review*, 2022., <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MABR-03-2020-0016/full/html> (05.03.2024.)

Tablica 2. Potencijal razvoja automatizacije terminalu

Mjesto izvođenja operacija	Aktivnost	Potencijal za automatizaciju
Pristan	operacije priveza, priprema kontejnera za manipulaciju	Nizak
	ukrcaj / iskrcaj tereta obalnim kontejnerskim dizalicama	Nizak
	interni prijevoz i premještanje kontejnera s operativne obale na slagalište	Visok
Slagalište	slaganje kontejnera u slagalištu	Visok
Terminalski ulaz/vrata	operacije na ulazu / izlazu terminala	Visok

Izvor: pripremio student prema *Container Port Automation Impacts and Implications*, International Transport Forum, 2021., https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2021/11/ITF-Container-port-automation-2021_11.pdf (10.01.2024.)

Razvoj automatiziranih kontejnerskih terminala zahtjeva veliko kapitalno ulaganje te stoga operateri ulažu velike napore u procjenu komercijalnog aspekta lokacije potencijalnog terminala i planirane tehnologije.



Shema 2: Shema automatiziranog kontejnerskog terminala

Izvor: Pripremio student prema - M. Taner, O. Kulak, - *Layout analysis affecting strategic decisions in artificial container terminals*, <https://www.semanticscholar.org/paper/Layout-analysis-affecting-strategic-decisions-in-Taner-Kulak/b764ab162c2bdffc200e3d33cc3f5e37cf56fa77>, (12.01.2024.)

Prednosti automatiziranih kontejnerskih terminala su:¹⁰

- efikasnost: Automatizirani terminali mogu rukovati velikim brojem kontejnera u kratkom vremenu.
- pouzdanost: Automatizirani terminali rade 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu
- sigurnost: Automatizirani terminali su opremljeni sigurnosnim sustavima koji sprječavaju nesreće a s manje zaposlenih djelatnika, smanjuje se mogućnost ljudske pogreške
- dugoročno smanjenje troškova: automatizirani terminali dugoročno mogu biti jeftiniji za korištenje od tradicionalnih terminala

Glavne sastavnice automatiziranih kontejnerskih terminala su:

- Automatizirane dizalice
 - obalne kontejnerske dizalice i pretovarni mostovi koje koriste kamere i senzore za autonomno preuzimanje i slaganje kontejnera.
 - mogu raditi 24 sata dnevno
 - povećavaju efikasnost utovara i istovara brodova.
- Automatski navođena vozila (*eng. Automated guided vehicles*)
 - vozila na baterije koja se kreću po unaprijed definiranim putevima za transport kontejnera.
 - komuniciraju s centralnim sustavom upravljanja terminalom.
 - povećavaju efikasnost transporta kontejnera unutar terminala.
- Automatizirani nosači kontejnera (*eng. Automated shuttle carrier - ASC*):
 - vozila koja preuzimaju kontejner odozgo i nose ga na kratkim relacijama.
 - koriste se za premještanje kontejnera između ASC-a i skladišta.
 - ubrzavaju proces manipulacije kontejnerima.

¹⁰T. Notteboom, T., Pallis A., Rodrigue J.: Port Economics, Management and Policy, *Terminal Automation* <https://porteconomicmanagement.org/pemp/contents/part3/terminal-automation/>, 2022.

- Sustav upravljanja terminalom (TOS):
 - računalni sustav koji nadzire i koordinira sve aktivnosti u terminalu.
 - prati lokaciju kontejnera, upravlja AGV-ima i ASC-ima te optimizira promet u terminalu.
 - bitna komponenta za automatizaciju cijelog procesa.

Proces automatizacije kontejnerskih luka razvija se pod snažnim utjecajem Industrije 4.0., termina koji konceptualizira digitalnu transformaciju proizvodnje. Studije pokazuju da automatizirani kontejnerski terminali smanjuju operativne troškove za 37%, poboljšavaju protok kontejnera, značajno smanjuju vrijeme koje brod provede u luci kao i čekanja kamiona/vlakova te smanjuju emisije ugljika za 50%.

Produktivnost može porasti do 40%, dok se vrijeme rukovanja kontejnerima smanjuje za 9-22% ovisno o vrsti aktivnosti i duljini puta. S ekonomske strane, investicijski trošak automatiziranog terminala više je od dvostrukog tradicionalnog dok je operativni trošak niži za 15%.¹¹

2.2. INFORMACIJSKI SUSTAVI KONTEJNERSKIH TERMINALA

U današnjem ubrzanom poslovnom svijetu najveću vrijednost predstavlja mogućnost pristupa točnim i pravovremenim informacijama. Moderno, postindustrijsko društvo ustrojeno je na informacijama, a razvoj tehnologije i tehnike omogućio je razvoj informacijskih sustava kao podlogu za odlučivanje i upravljanje društvom, odnosno njegovim dijelovima. Informacijsko društvo pojam je koji opisuje društvo temeljeno na informacijama, znanju te obradi informacija i znanja. Informacijske sustave u izvoru čini pet sastavnica koje zajedničkim funkcioniranjem predstavljaju vrijednost za organizaciju koja ih koristi.

¹¹ T. D. Gatusso, D.S. Pellicano: *Perpectives for ports development, based on automated container handling technologies*, Mediterranea University, 2022., <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235214652300193X>, (01.03.2024.)

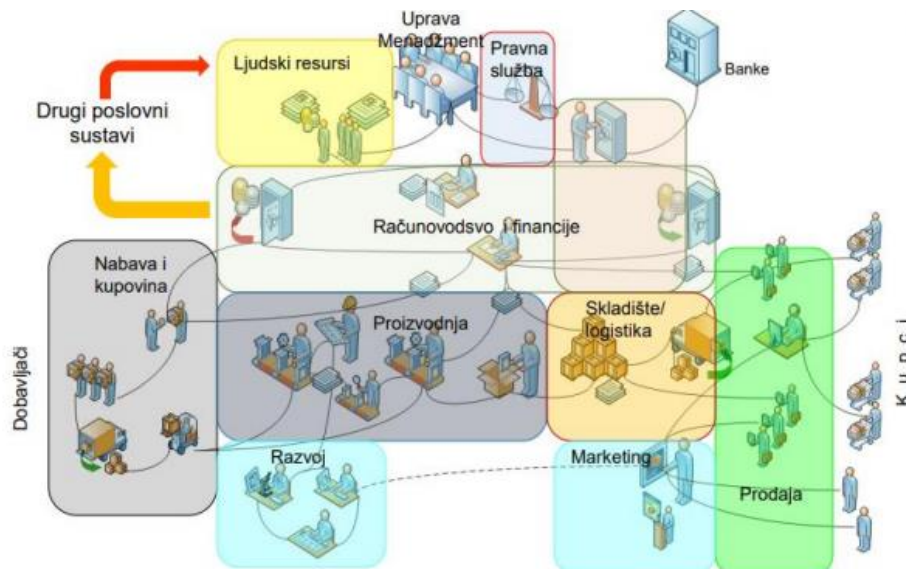
Navedene sastavnice su hardware (uređaji), software (programska rješenja), podaci, procesi i ljudi. Prva tri termina najčešće se povezuju s pojmom informacijskih sustava, no uloga procesa i čovjeka čimbenici su koji informacijske tehnologije razlikuju od ostalih tehničkih polja poput računalne znanosti. Kako bismo mogli razumjeti informacijske sustave, ključno je znati način na koji sve navedene komponente zajednički surađuju u kreiranju vrijednosti za organizaciju.¹³

Prema definiciji Hrvatske enciklopedije, Informacijski sustav je organizirani skup postupaka kojim se prikupljaju, obrađuju, spremaju, pretražuju i prikazuju podaci i informacije značajne za neku organizaciju, ustanovu, društvo ili državu. Informacijski se sustav može definirati i kao skup povezanih dijelova (softver, hardver, zaposlenici, procedure i procesi, informacije, te komunikacijske mreže) kojima je cilj pribaviti i prenijeti informacije koje su potrebne za nesmetano funkcioniranje, upravljanje i odlučivanje određenom poslovnom organizacijom, ustanovom, društvom ili državom.¹⁴

Termin informacijski sustavi zajednički je termin koji opisuje različite mreže, opremu i programe koje pojedinci i tvrtke koriste kako bi tumačili podatke s kojima raspoložu. Uz razumijevanje podataka, informacijski sustavi također prikupljaju i distribuiraju iste. Ukoliko informacijske sustave promatramo sa poslovnog aspekta, razvidno je da su informacijski sustavi jedan od najvažnijih alata organizacija koji pomažu u boljem odlučivanju, implementaciji menadžerskih zadataka i interakciji sa klijentima. Bilo da se radi o analiziranju dobavnih lanaca, procesiranju financijskih računa, prilaganju faktura dobavljačima ili automatizaciji procesa koje je ranije obavljao odjel ljudskih resursa, poslovni sustavi različitih veličina informacijske sustave koriste za postizanje različitih ciljeva. Premda možemo reći da se informacijski sustavi dijele na mnogo različitih tipova, svi imaju tri zajednička elementa: čovjek, poslovni procesi i informacijsku tehnologiju. Navedeni intrinzični stupovi informatičkih sustava poznati su kao trokut informatičkih sustava. Tehnologija konstantno napreduje pa je ono što se smatralo vrhuncem sredinom 20.-tog stoljeća zastarjelo po današnjim standardima. Ipak, čovjek, procesi i informatička tehnologija uvijek su bili integralni dio svakog informacijskog sustava, kreirajući tako međuzavisnu vezu koja početnu ideju pretvara u funkcionalni ishod. Na shemi niže prikazana je shema poslovnog sustava uključujući informacijske tokove.

¹³ Bosilj Vukšić, V. i dr., Poslovna informatika, Element, Zagreb, 2009., (15.01.2024.)

¹⁴ Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024., <https://www.enciklopedija.hr/clanak/informacijski-sustav>, (20.07.2024.)



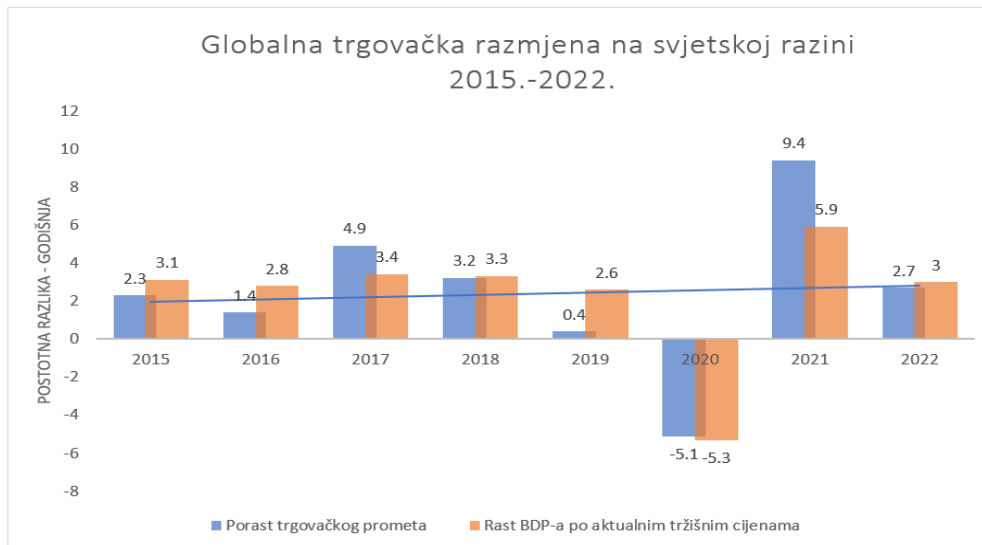
Shema 3. Poslovni sustav-funkcije, procesi, radni i informacijski tokovi

Izvor: Pripremio student prema: Ekonomski Fakultet u Osijeku – *Kolegij Informacijske tehnologije i poslovanje*, prof dr.sc. J. Mesarić, B. Dukić, Marijana Zekić Sušac 2015., <https://slideplayer.com/slide/14976366/> (10.11.2023.)

Porast količine tereta u pomorskim lukama u posljednjim godinama za posljedicu ima povremene zastoje u nekim od glavnih svjetskih kontejnerskih luka (primjerice Rotterdam, Hamburg, Los Angeles), što uzrokuje kašnjenja u cijelom dobavnom lancu i posljedično dovodi do povećanja cijena, zadržavanja tereta u blizini luka te nepovoljan utjecaj na okoliš. Volatilnost svjetske trgovinske razmjene očituje se i u posljednjim godinama, pa je tako prosjek izvoza i uvoza povećan za 2,7% u 2022., što je slabije nego prethodne 2021. i porasta od 9,4% kojem je uvelike doprinijela pandemija bolesti COVID-19.¹⁶

Godina 2022. obilježena inflatornim pritiscima i težim financijskim uvjetima rezultirala je padom potrošnje i investicija, što je prikazano i na dijagramu ispod. Sudeći prema analitičarima Svjetske trgovinske organizacije, sličnu prognozu može se očekivati i u 2024. Glavni faktori nesigurnosti su tenzije na globalnoj geopolitičkoj sceni, visok rizik financijske nestabilnosti i velike razine vanjskog duga.

¹⁶ World Trade Organisation (WTO), *World Trade Stastical Review 2023.*, https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtsr_2023_e.pdf

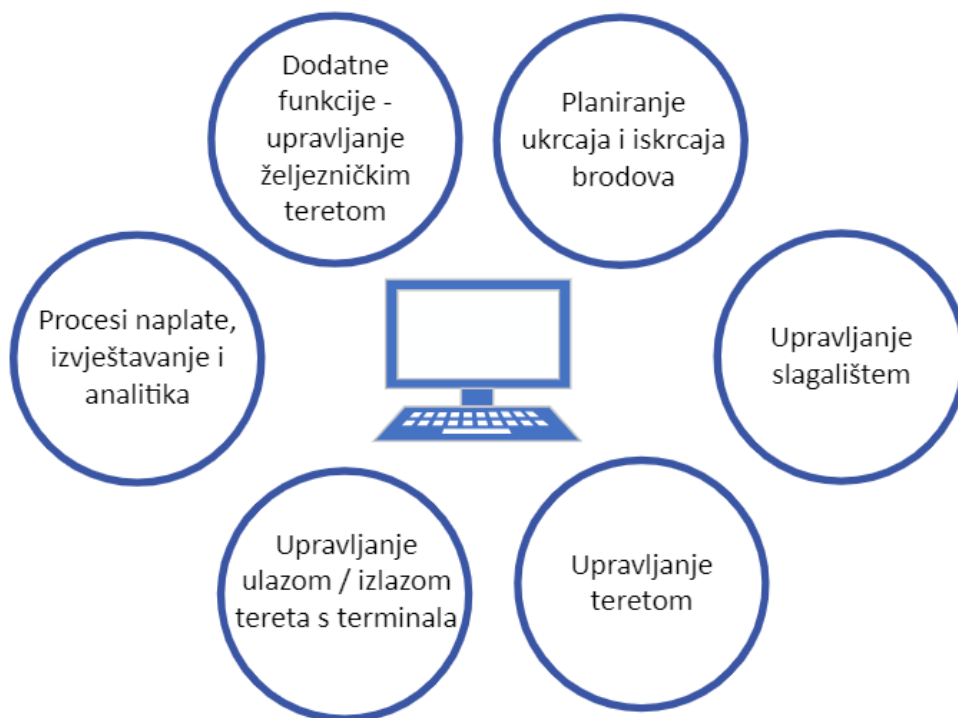


Dijagram 1. Analiza World Trade Statistical Review 2023.

Izvor: Pripremio student prema: *World Trade Statistical Review*

2023., https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtsr_2023_e.pdf (15.01.2024.)

Recentna nestabilnost tržišta te sve veća potreba za prilagodbom u realnom vremenu u prvi je plan stavila potrebu za poboljšanim modelima upravljanja kontejnerskih terminala. Potreba za optimizacijom terminalskih procesa, većom razinom transparentnosti i dostupnosti podataka razlozi su ubrzanog razvoja funkcionalnosti terminalskih operativnih sustav – TOS (engl. *Terminal Operating System*). Riječ je o sustavima koji su centralni upravljački dio kontejnerskog terminala, a u svom radu objedinjuju tehnologije širokopojasnog interneta, EDI elektronske razmjene podataka (engl. *Electronic Data Interchange*), RFID (engl. *Radio Frequency Identification*) identifikacije sa svrhom efektivnog praćenja toka kontejnerskog tereta na terminalu i u njegovoj okolini. Shema niže prikazuje glavne značajke i integraciju različitih podsustava unutar TOS sustava kontejnerskog terminala.



Shema 5: TOS sustav: glavne značajke i integracija

Izvor: Pripremio student prema Terminal Operating Systems: *Main Features, Integration, and Providers Overview*. 2022., <https://www.altexsoft.com/blog/terminal-operating-system/> (20.01.2024.)

Glavne značajke TOS sustava: ¹⁷

- Optimizacija procesa i upravljanja terminalom - TOS sustav omogućuje centralizirano upravljanje različitim operacijama unutar terminala, uključujući planiranje brodova, raspodjelu tereta na terminalu, upravljanje ulazom i izlazom kontejnera. Integracija ovih funkcija pomaže u smanjenju vremena neaktivnosti, optimizaciji resursa i poboljšanju ukupne učinkovitosti operacija.
- Kraće zadržavanje brodova u luci - TOS osigurava alate za precizno planiranje dolazaka i odlazaka brodova. Učinkovito planiranje i koordinacija omogućuju skraćivanje vremena provedenog u luci, skraćujući vrijeme zadržavanja broda u luci. To direktno doprinosi povećanju kapaciteta terminala i ukupne produktivnosti.
- Smanjenje zastoja i broja pogrešaka:- TOS uklanja potrebu za ručnim procesima i papirnatom dokumentacijom, smanjujući mogućnost ljudskih pogrešaka.

Automatizacija procesa pomaže u smanjenju zastoja, poboljšava točnost podataka te osigurava glatko i učinkovito odvijanje operacija.

- Učinkovitije upravljanje resursima - Integrirani sustav omogućuje bolje praćenje i upravljanje resursima poput dizalica, vozila i osoblja. TOS pruža informacije u stvarnom vremenu o dostupnosti resursa, omogućujući operaterima brže donošenje odluka i optimizaciju raspodjele resursa prema potrebama.
- Povećana vidljivost: TOS pruža visoku razinu vidljivosti nad svim aspektima terminalnih operacija. Ova transparentnost omogućuje operaterima brže prepoznavanje problema, bolje donošenje odluka te smanjuje vrijeme potrebno za rješavanje izazova

¹⁷ Terminal Operating Systems: *Main Features, Integration, and Providers Overview*, 2022., <https://www.altexsoft.com/blog/terminal-operating-system/> (20.01.2024.)

3. PAMETNE TEHNOLOGIJE NA KONTEJNERSKIM TERMINALIMA

Pojam "pametne tehnologije" odnosi se na tehnološke sustave, uređaje ili rješenja koja koriste napredne informacijske i komunikacijske tehnologije s ciljem poboljšanja funkcionalnosti, učinkovitost ili interakcije s korisnicima. Pametne tehnologije uobičajeno uključuju sposobnost prikupljanja, analize i obrade podataka kako bi pružile korisnicima personalizirana iskustva ili poboljšale performanse sustava. U narednim poglavljima pobjliže ću se osvrnuti na utjecaj pametnih tehnologija na moderne kontejnerske terminale, uključujući i sastavnice – sustave pametnih tehnologija koji u sve većoj mjeri utječu na moderno poslovanje kontejnerskih luka.¹⁸

Ključne značajke pametnih tehnologija uključuju:¹⁹

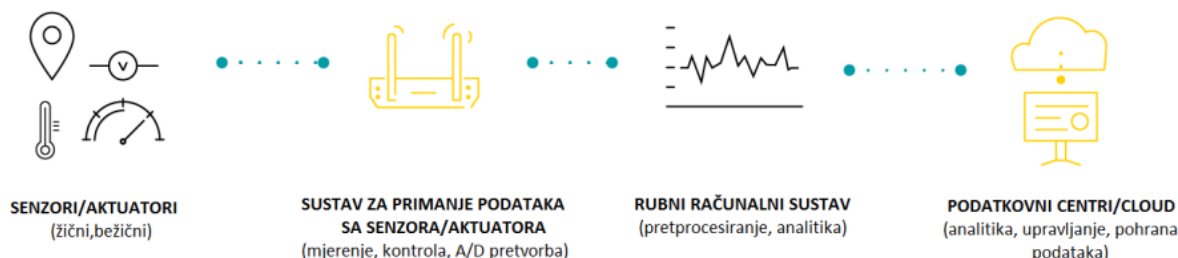
- Povezanost: Pametne tehnologije često su povezane s internetom ili drugim mrežama, omogućujući komunikaciju između uređaja i pristup podacima iz udaljenih mjesta.
- Automatizacija: Pametni sustavi često imaju sposobnost automatizacije određenih zadataka, što može uključivati prilagodbu postavki prema korisničkim preferencijama ili samostalno donošenje odluka na temelju prikupljenih podataka.
- Senzori: korištenje različitih senzora omogućuje pametnim tehnologijama prikupljanje podataka o okolini, kao i praćenje pokazatelja kao što su temperatura, vlaga, svjetlost, pokret i drugi.
- Analitika podataka: Pametne tehnologije koriste kombinaciju analitičkih alata, uključujući umjetnu inteligenciju te strojno učenje, s ciljem obrade i korištenja relevantnih informacija iz velike količine prikupljenih podataka.
- Prilagodba korisničkim potrebama: Mnoge pametne tehnologije pružaju personalizirana iskustva prilagođena korisničkim preferencijama, ponašanju ili potrebama.

¹⁸ R. Rahman; *What is a Smart Port?*, Port Technology International., 2023., <https://www.porttechnology.org/news/what-is-a-smart-port-2/> (20.11.2023.)

¹⁹ Kunpeng L. , Amir G., Jun-Yeon L. Smart; *Technologies and port operations: Optimal adoption strategy with network externality consideration*, Science Direct, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835223005818> , (12.04.2024.)

3.1.INTERNET OF THINGS (IoT)

Akronim IoT predstavlja značenje pojma Internet of Things, a koji se sve češće spominje u različitim granama industrije. Detaljnije pojašnjenje termina nalaže da je IoT tehnologija koja pomoći senzora i softwera omogućava komunikaciju različitim povezanim sustavima i opremi. Prvi uređaji povezani putem interneta koristili su se još u 1980-tim godinama kada se počelo razmišljati o povezivanju i automatizaciji, no tadašnja tehnologija nije mogla pratiti tako težak zadatak. Sam naziv Internet of Things postoji već dvadesetak godina, točnije od 1999. kada je Kevin Ashton, britanski inovator iskoristio IoT kako bi opisao umreženost senzora sa fizičkim stvarima i objektima. Ashtonov originalni opis „Interneta stvari“ glasio je – „*IoT ima potencijal promijeniti svijet jednako kao što je to učinio Internet.*“ Gotovo sav sadržaj dostupan na internetu prvenstveno je kreirao čovjek – pišući, snimajući ili skenirajući barkod. Internet, s druge strane, izostavlja čovjeka iz procesa. Proces razvoja IoT sustava tekao je vrlo sporo, a najveći je napredak uspostavljen usvajanjem RFID sustava identifikacije baziranog na čipovima male snage koji mogu komunicirati bežično.¹⁹ Shema ispod prikazuje arhitekturu IoT sustava.



Shema 6: Struktura IoT sustava

Izvor: Pripremio student prema *What is IoT architecture?*, AVSystem Poljska, 2020.,
<https://www.avsystem.com/blog/iot/what-is-iot-architecture/> (20.01.2024.)str. 27

¹⁹ *Europska politika interneta stvari*, Europska komisija,
<https://digitalstrategy.ec.europa.eu/hr/policies/internet-things-policy> , (01.11.2023.)

Unutar koncepta IoT sustava razlikuje se nekoliko vrsta komunikacije²⁰:

- razmjena podataka između više strojeva (engl. *machine-to-machine - M2M*)
- razmjena podataka između stroja i čovjeka (eng. *machine-to-person – M2P*)
- razmjena podataka između ljudi (eng. *person-to-person – P2P*)

Razmjena podataka između više strojeva podrazumijeva komunikaciju između strojeva/uređaja bez interakcije ljudi. Internet stvari objedinjuje dvije vrste tehnologija:

- informacijsku tehnologiju – IT
- operacijsku tehnologiju – OT

IoT tehnologija u sektoru prometa raste velikom stopom – istraživanje Allied Marketa za 2022. procjenjuje vrijednost IoT-a tržišta u prometnom sektoru na 495 milijardi \$, uz očekivanja da će se do 2030. ta brojka utrostručiti. Koristeći pojednostavljenu komunikaciju, pametne luke postižu veću efikasnost uz smanjene troškove, ponajviše zahvaljujući ekosistemu zasnovanom na umreženosti svih dijelova sustava.²¹

Područja primjene IoT tehnologije na modernim kontejnerskim terminalima: ²²

- Praćenje tereta u realnom vremenu - praćenjem pozicije kontejnera, unaprjeđuje se nadzor teretom na cijelim terminalom, smanjuje vrijeme čekanja i optimizira sustav zakazivanja termina. Sustav za praćenje također može upozoriti operatera da je kontejner oštećen ili kompromitiran otvaranjem.
- Praćenje stanja opreme i uređaja - pomoću senzora na strojevima moguće je pratiti njihov rad te prevenirati eventualne kvarove i probleme i prije nego što se pojave. Zahvaljujući prikupljenim podacima, kontejnerskim terminalima je lakše planirati potrebno održavanje strojeva i alocirati potrebne resurse.

²⁰ *M2M komunikacija – regulatorni pregled*, HAKOM, 2014., https://www.hakom.hr/userdocsimages/javnaRasprava/M2M_komunikacija_javne%20konzultacije-20141216.pdf, (15.12.2023.)

²¹ Allied Market Research, *IoT in Transportation Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Type, Mode of Transport and Application : Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021-2030*, 2022., <https://www.alliedmarketresearch.com/IoT-in-transportation-market>, (15.12.2023.)

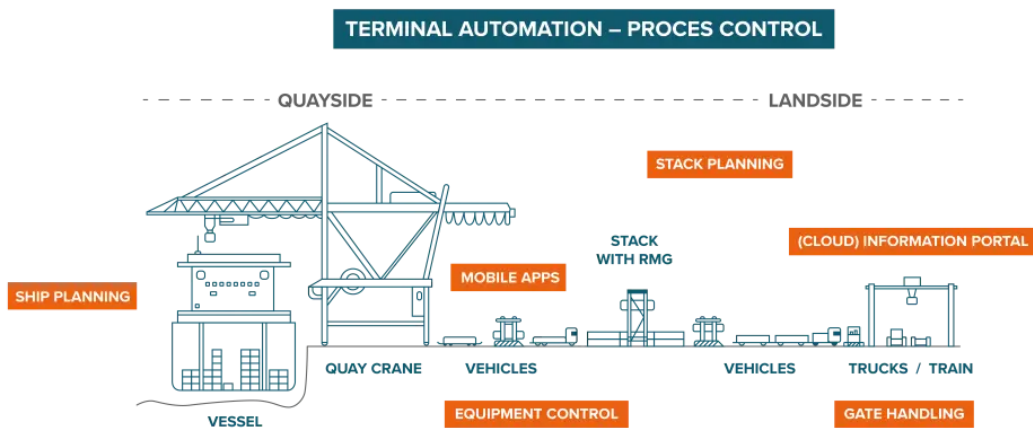
- Praćenje utjecaja na okoliš - utjecaj IoT tehnologije na okoliš u sustavu kontejnerske luke najviše se očituje u sustavima pametnog upravljanja lučkim postrojenjima gdje se pomoću senzora u realnom vremenu prate podaci poput temperature, vlažnosti i kvalitete zraka. Koristeći dobivene podatke, pametni sustavi održavaju optimalne klimatološke uvjete za ispravno skladištenje tereta.
- Sustavi pametne rasvjete - praćenjem korištenja svjetlosnih resursa IoT senzori mogu uvelike smanjiti potrošnju električne energije

Nastavno na gore naveden podatak koliko IoT tehnologija može smanjiti manipulaciju praznih kontejnera, istraživanje Boston Consulting Grupe pokazuje zanimljiv podatak – učinkovitije praćenje i smanjivanje manipulacije praznih kontejnera smanjilo bi godišnju potrošnju ugljičnog dioksida za šest milijuna tona.²³

Automatizirane ulazne / izlazne rampe za prihvat kontejnera - prednosti korištenja IoT tehnologije očituju se većoj produktivnosti. Veća propusnost automatskih rampi operaterima donosi korist u vidu većeg obrtaja kontejnera u jedinici vremena. Korištenjem pametne CCTV video tehnologije, moderni kontejnerski terminali s automatiziranim ulaznim /izlaznim rampama imaju mnogo manju potrebu za radnom snagom kod prijema / otpreme kontejnera kamionima / vlakovima. Od praćenja korištenja ispravne sigurnosne opreme, smanjivanja mogućnosti za krađu i vandalizam, senzori automatskih rampi koriste se i za automatsku dojavu nepravilnosti u realnom vremenu. Kontrolom pristupa postiže se optimalno prometno opterećenje sustava, a samim time i veća sigurnost za sve vozače kamiona.

²² Evolving Automation Ecosystems, *Enhancing and streamlining the safe flow of cargo*, Visy Oy, 2022., <https://www.visy.fi/wp-content/uploads/2022/11/Evolving-Automation-Ecosystems-v2.pdf>, (20.12.2023.)

²³ U. Sanders, L. Kloppsteck, C. Roeloffs, *Think Outside Your Boxes: Solving the Global Container-Relocation Puzzle*. Boston Consulting Group, 2015., <https://www.bcg.com/publications/2015/transportation-travel-logistics-think-outside-your-boxes-solving-global-container-repositioning-puzzle>, (20.12.2023.)

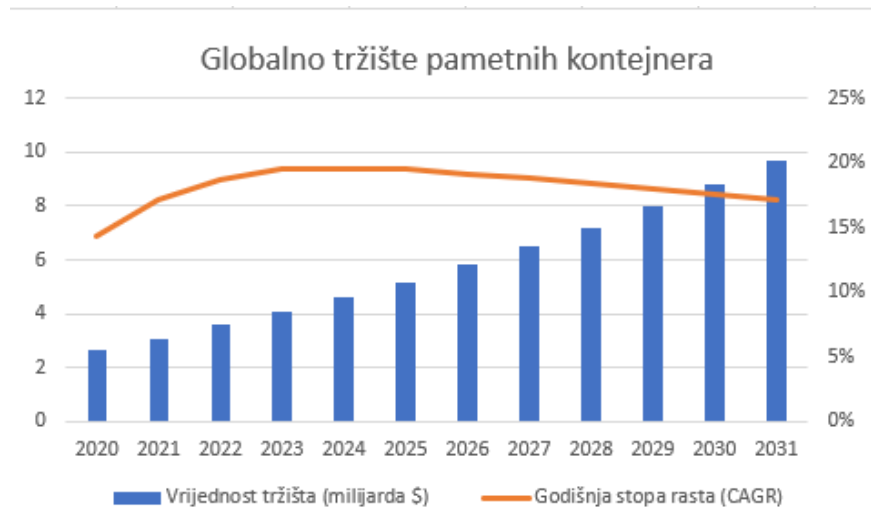


Shema 7: Pregled procesa – automatizacija kontejnerskog terminala

Izvor: *Port Terminal Automation Solutions for port logistics*, ICT Group, <https://www.ict.eu/en/markets/port-logistics>, (20.12.2023.)

3.2.PAMETNI KONTEJNERI

Pametni kontejneri identični su konvencionalnim TEU jedincima, a razlika se očituje u tome što su opremljeni sensorima koji su mrežno spojeni. Pomoću GPS praćenja, spomenuti senzori prate preciznu lokaciju kontejnera, ali i dodatne podatke poput temperature, vlažnosti, kvalitete zraka te ostalih okolišnih parametara. Spomenute informacije uvelike pomažu u planiranju i optimizaciji dobavnog lanca. Vrlo precizni podaci o lokaciji pojedinog kontejnera dostavljaju se putem senzora, omogućujući optimalno upravljanje flotom kojom se postiže smanjivanje potrebe za premještajem kontejnera i postizanje manje potrošnje goriva. Česte promjene pozicije kontejnera, posebice praznih negativno utječu na potrošnju goriva – što potvrđuje podatak da operateri kontejnerskih terminala godišnje samo na troškove premještanja praznih kontejnera potroše preko 20 milijardi \$. Pametni kontejneri brodarima i lučkim koncesionarima omogućavaju bolju mogućnost planiranja ruta jer sustavi predviđaju točno vrijeme kada bi brod mogao uploviti u destinacijsku luku što uvelike smanjuje zastoje u dobavnom lancu te smanjuje nepotrebna kašnjenja. Koristi su očite i za kupce koji mogu bolje pratiti put svog tereta i doznati precizno vrijeme dostave. Dijagram niže prikazuje porast upotrebe pametnih kontejnera na globalnoj razini.²⁴



Dijagram 2: Porast globalnog tržišta pametnih kontejnera

Izvor: Pripremio student prema *What is IoT architecture?*, AVSystem Poljska, 2020., <https://www.avsystem.com/blog/iot/what-is-iot-architecture/> (20.01.2024.)

3.3. 5G TEHNOLOGIJA

Termin 5G sve je popularniji u današnjem društvu – riječ je o tehnološkom dostignuću koji tek treba doživjeti svoj puni zamah, ali već se sada pokazuje kao jedan od akceleratora industrije. Od lučkih operacija do prekograničnih komunikacija i navigacije, brodarska industrija prepoznala je potencijal nove tehnologije i ulaže sve veća sredstva u unaprjeđenje mrežne infrastrukture. Implementacija i razvoj IoT tehnologije ne bi bila toliko uspješna bez istovremenog razvoja povezivosti, odnosno većih brzina prijenosa uz veću stabilnost i nižu latenciju, što su glavne značajke 5G mreže. U tabličnom prikazu niže vidljiva je prednost 5G mreže u odnosu na tradicionalnu Wi-Fi tehnologiju. 5G mreža ima kapacitet od povezivanja milijun IoT senzora na prostoru od četvornog metra, što je za 100 tisuća puta više od kapaciteta 4G mreže, dok su ostale prednosti 5G tehnologije prikazane u tablici niže.²⁵

²⁴ C. Roeloffs, *Repositioning empty containers costs the industry \$20bn a year*, , Splash247.com: 2018., <https://splash247.com/xchange-repositioning-empty-containers-costs-the-industry-20bn-a-year/> (23.11.2023.)

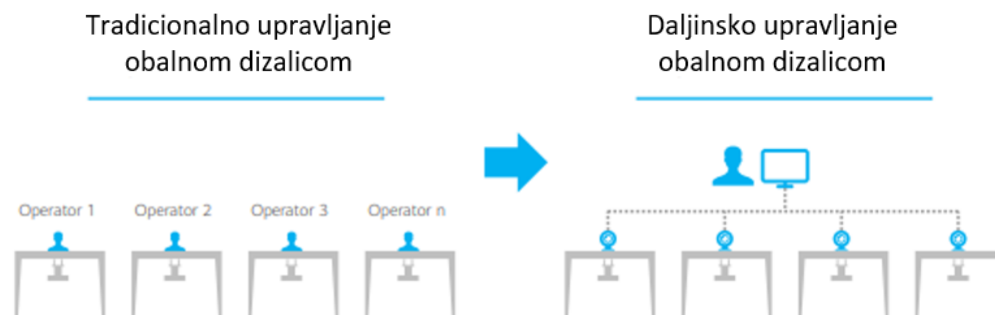
²⁵ *Private 5G cellular network and Wi-Fi 6 coexistence for enterprises*, Wipro, 2020., <https://www.wipro.com/innovation/private-5g-cellular-network-and-wi-fi-6-coexistence-for-enterprises/> (20.01.2024.)

Tablica 3: Značajke 5G mreže u usporedbi s Wi-Fi širokopojasnim pristupom

	5G mreža	Wi-Fi mreža
Mobilnost	Visoka	Ograničena
Pokrivenost	Visoka	Ograničena
Latencija	Ultra niska	Niska
Propusnost	Ultra visoka	Visoka
Sigurnost	Vrlo visoka	Niska

Izvor: Pripremio student prema *Private 5G cellular network and Wi-Fi 6 coexistence for enterprises*, Wipro, 2020., <https://www.wipro.com/innovation/private-5g-cellular-network-and-wi-fi-6-coexistence-for-enterprises/> (20.01.2024.)

Upravo je razvoj nove generacije mobilnih mreža jedna od glavnih postavki razvoja IoT sustava te omogućuje međusobno spajanje i povezivanje strojeva i uređaja, a ne samo ljudi. Trenutačni lučki i logistički sustavi ograničeni su količinom i mogućnošću razmjene informacijskih podataka, a implementacija sustava baziranih na 5G tehnologiji u budućnosti će ponuditi rješenja za te kritične točke. 5G bazne stanice spajaju se na satelit, omogućujući snažnu bežičnu vezu između plovila i kopna, istovremeno poboljšavajući proces manipulacije u lučkom ekosustavu kao što su ukrcavanje i iskrcavanje tereta. Kina je država koja je već godinama pionir u razvoju mobilne tehnologije prednost koristi i u razvoju lučkih sustava te već koristi preko 200 000 5G baznih stanica spojenih na satelitsku komunikaciju. Poboľjšani protok informacija nudi kompletnu vidljivost tereta u tranzitu te praćenje kretanje tereta u realnom vremenu. Korištenjem 5G mobilnih mreža i senzora, svako kretanje tereta postaje vidljivo zahvaljujući lokacijskim podacima, a mogu se pratiti informacije kao što je temperatura, vlažnost, utjecaj G-sila itd. Krajnji je rezultat potpuno optimiziran dobavni lanac te točni i realni podaci koji se mogu koristiti i u slučajevima nezgoda s teretima – primjerice kod odštetnih zahtjeva. Korištenjem 5G tehnologije omogućava i razvoj nove generacije strojeva za manipulaciju teretom, poput mogućnosti daljinskog upravljanja obalnim dizalicama i transportnim mostovima. Shema niže prikazuje usporedbu tradicionalne obalne dizalice i daljinski upravljane dizalice gdje jedan operater može odabrati više dizalica za rad.²⁶



Shema 8: Broj operatera tradicionalne obalne dizalice u odnosu na daljinski upravljaju obalnu dizalicu

Izvor: Huawei 5G Smart Port White Paper, HuaweiTech, 2019.,

<https://www.huawei.com/en/huaweitech/industry-insights/outlook/mobile-broadband/xlabs/insights-whitepapers/5g-smart-port-whitepaper> , (25.11.2023.)

U ranijem poglavlju pojasnili smo značaj koji moderni IoT sustavi bazirani na brojnim sensorima imaju u razvoju i funkcioniranju modernih kontejnerskih luka, a sredstvo koje tim brojnim sensorima omogućava učinkovitu i brzu komunikaciju jest upravo 5G tehnologija.

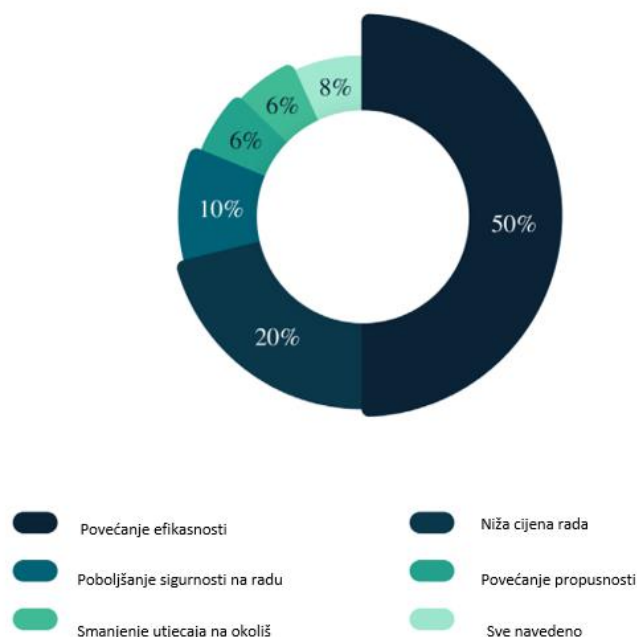
Glavne značajke primjene 5G tehnologije u radu pametnih pomorskih luka:²⁷

- Vidljivost u realnom vremenu – 5G tehnologija omogućava praćenje opreme i kontejnera u realnom vremenu što pozitivno utječe na minimiziranje prometa, izbjegavanje kašnjenja i optimizacije manipulacije teretom
- Automatizirane operacije – korištenjem IoT tehnologije u neraskidivom odnosu sa 5G mrežom omogućava automatizaciju lučkih operacija. Automatizacija opreme omogućava lučkim operaterima veću produktivnosti te u konačnici veću sigurnost zbog udaljavanja radnika od strojeva i smanjivanja mogućnosti ljudske pogreške

²⁶ Huawei 5G Smart Port White Paper, HuaweiTech, 2019., <https://www.huawei.com/en/huaweitech/industry-insights/outlook/mobile-broadband/xlabs/insights-whitepapers/5g-smart-port-whitepaper> , (25.11.2023.)

²⁷ HFCL report: *Keeping the world's goods flowing with better speed, better efficiency*, 2003., <https://www.hfcl.com/blog/5G-in-Ports> (25.11.2023.)

Dijagram 3. prikazuje najčešće razloge zbog kojih se terminalski operateri odlučuju na ulaganje u automatizaciju terminala.



Dijagram 3: Ciljevi implementacije automatizacije

Izvor: Huawei 5G Smart Port White Paper, HuaweiTech, 2019.,

<https://www.huawei.com/en/huaweitech/industry-insights/outlook/mobile-broadband/xlabs/insights-whitepapers/5g-smart-port-whitepaper> , (25.11.2023.)

U odlomku niže dat je presjek načina na koji 5G tehnologiju koriste neki od vodećih svjetskih brodara.

- A.P. Moller - Maersk koristi 5G tehnologiju za optimizaciju operacija na lučkim slagalištima i praćenje kontejnera u realnom vremenu
- CMA CGM 5G tehnologiju koristi za automatiziranje manipulacijom tereta i smanjivanjem prometnog opterećenja
- Hapag - Lloyd pomoću 5G tehnologije radi na postizanju veće učinkovitosti opreme i prevenciju kvarova
- MSC koristi podatke pogonjene 5G mrežom za bolju analizu podataka i lakše donošenje poslovnih odluka
- Evergrine Marine koristi 5G mrežu ponajviše za poboljšanje sigurnosti i povećanje situacijske osviještenosti.

3.4. RFID TEHNOLOGIJA

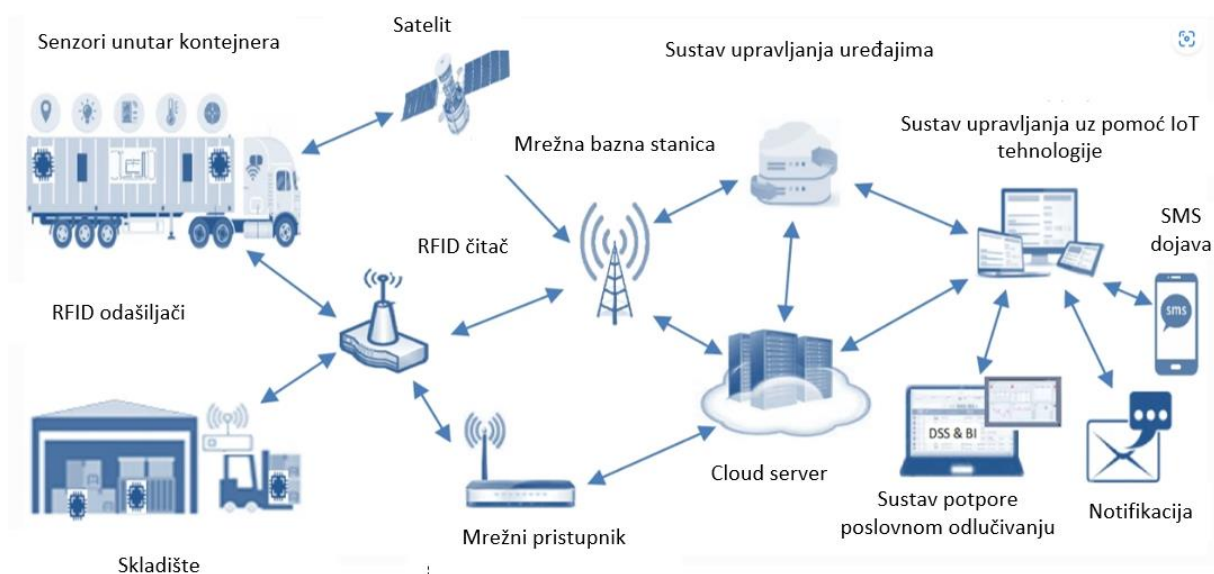
RFID (eng. *Radio-frequency identification*) naziv je za tehnologiju bežične komunikacije koja koristi radio frekvencijske valove za razmjenu informacija između prijenosnih uređaja/memorija i računala. Sam sustav sastavljen je iz RFID čitača te RFID medija koji izmjenjuju signale putem radio valov. Sastavnice RFID tehnologije su mediji za identifikaciju, dostupni u obliku kartica, privjeska, narukvice, mobilnih uređaja sa NFC tehnologijom NFC (eng. *Near Field Communication*), pa čak i ključeva automobila. Glavne prednosti RFID tehnologije su mogućnost identifikacije bez potrebe da su dva objekta jedan ispred drugoga (čak i u slučajevima kada nisu izravno vidljivi) te se mogu koristiti kao dodatni podatkovni medij za pohranu informacija. RFID tehnologiju uspoređujemo s prethodno najčešće korištenom tehnologijom: magnetskom kontrolom pristupa.²⁸

RFID tehnologija u upotrebi je već nekoliko desetljeća, no tek se u posljednjim godinama počeo iskorištavati puni potencijal ove tehnologije. RFID ili identifikacija putem radio frekvencija je sustav koji određuje bežičnim putem zahvaljujući jedinstvenog serijskog broja proizvoda. RFID sustav najčešće je sačinjen od mikročipa povezanog sa radio antenom pomoću kojih se proizvod koji se skladišti povezuje s internetom radi praćenja. Informacija o lokaciji proizvoda dijeli se sa svim sastavnicama unutar dobavnog lanca. Razlikujemo dva tipa RFID sustava – aktivni i pasivni. Pasivni RFID medij nema odašiljač i funkcionira na principu radio frekvencija, dok aktivni RFID odašiljači zahtijevaju očitavanje čitačem prije prenošenja informacije u računalo. Aktivni RFID odašiljači najčešće se koriste za veće jedinice tereta kao kontejnere, vagone itd. Dvije vrste sustava najčešće se koriste kombinirano za različite tipove tereta kako bi omogućili bolju kontrolu u realnom vremenu.

²⁸ K. Žubrinić, *Korištenje sustava za radio frekvencijsku identifikaciju u poslovanju*, Laus časopis, 2014., j http://www.laus.cc/Laus/laus_novosti.php (25.11.2023.) str. 3-5

RFID sustavi sačinjeni su od nekoliko ključnih komponenti:²⁹

- odašiljači – maleni čipovi koji se fiksiraju za određeni predmet o kojem sadrže detalje, ID broj I ostale relevantne podatke. Odašiljači mogu biti aktivni ili pasivni
- čitač – uređaji koji emitiraju radio valove I prikupljaju informaciju s odašiljača koji se nalaze u blizini. Ovisno o primjeni, čitači mogu biti mobilni ili fiksni dok se njihova snaga i domet mogu razlikovati.
- software – sakuplja I analizira informacije sa odašiljača. Prikupljeni podaci nakon toga se analiziraju za praćenje sredstava, vođenje skladišta, manipulaciju pristupa i ostalih funkcija.



Shema 9: Informacijsko – komunikacijski sustav modernog kontejnerskog terminala

Izvor: Pripremio student prema: *Internet of Things enabled real time cold chain monitoring in a container port*, Journal of Shipping and Trade, svibanj 2022.,

<https://jshippingandtrade.springeropen.com/articles/10.1186/s41072-022-00110-z>

²⁹ A. L. Nieto: RFID Design Fundamentals and Applications, 1st Edition, Boca Raton, 2017., str. 12. (10.12.2024)

U svijetu kontejnerskog prijevoza razlikujemo dvije glavne vrste RFID odašiljača:³⁰

- Pasivni RFID odašiljači – ne koriste interni izvor energije već se oslanjaju na energiju koja nastaje emitiranjem. Najčešće se koriste za identifikaciju kontejnera i paleta unutar skladišta. Jeftiniji su, manji i lakši za manipulacijom u odnosu na ostale tipove. Najčešće se koriste u lancima trgovina, prodaji lijekova i kao zaštita od krađe.
- Aktivni RFID odašiljači – mogu prenositi podatke preko većih udaljenosti jer koriste vlastiti izvor energije. Mogućnost dostave podataka u realnom vremenu čine ih popularnim za praćenje kontejnera u tranzitu, kao i velikih željezničkih kompozicija.
- Polu – pasivni – oslanjaju se na energiju koju emitira sam odašiljač, ali svejedno koriste vlastitu bateriju za napajanje. Najčešće se koriste za praćenje tereta osjetljivo na temperaturne promjene i okolinu. Polu-pasivni odašiljači pogodno su za praćenje temperatura i neovlaštenog pristupa kontejnerima.

Prednosti RFID sustava: ³¹

- Automatska identifikacija koja zamjenjuje ručno skeniranje, čime se postiže veća preciznost
- Praćenje objekata u realnom vremenu – praćenje putovanja objekta kroz dobavni lanac ili sustav
- Bolja vidljivost – najveća primjena vidljiva je kod praćenja različitih operacija i optimizacije procesa
- Smanjivanje mogućnosti za pogrešku – uz pomoć automatskog prikupljanja podataka smanjuje se mogućnost za ljudsku pogrešku
- Široka primjena – RFID sustavi uspješno se primjenjuju u različitim industrijama

³⁰ K. JingZhou, *Advantages and Disadvantages of radio - frequency*, SynTek Smart Technology Co, 2023., <https://hr.syntekrfid.net/news/advantages-and-disadvantages-of-radio-freque-72140058.html> , (25.11.2023.)

³¹ K. Žubrinić, Korištenje sustava za radiofrekvencijsku identifikaciju u poslovanju, LAUS časopis, br. 16. 2014. file:///C:/Users/luka/Downloads/578624.KZubrinic-Koristenje_RFID_sustava.pdf (15.12.2023.)

3.5. BIG DATA TEHNOLOGIJA

Koncepti Big Data sustava u sprezi sa umjetnom inteligencijom (*engl. Artificial Intelligence – AI*) u današnjem digitalnom dobu postali su ključan resurs za razvoj poslovanja tvrtki u različitim sektorima. Kada promatramo sektor pomorskog transporta koji proizvodi veliku količinu podataka iz različitih resursa i koristi ih u različiti formatima u realnom vremenu, ulaganje u sustave analitike velikih skupova podataka jedan je od glavnih alata pametnih morskih luka koji operaterima i brodarima omogućava bolju učinkovitost i efikasnije procese. Big Data ili u prijevodu - složeni skupovi podataka predstavlja opsežnu i složenu skupinu podataka koje konvencionalni programi za obradu podataka ne mogu obraditi na adekvatan način.

Složeni skupovi podataka sastoje se od 3 dimenzije: ³²

- volumen – opisuje funkciju prikupljanja informacija iz velike skupine različitih izvora poput senzora, audio i video zapisa
- raznolikosti - podaci se prikupljaju u različitim formatima u stvarnom vremenu
- brzina – odnosi se na potrebu za što bržom obradom različitih skupova podataka.

U kontekstu pomorskih luka složeni skupovi podataka koriste se za naprednu analitiku predviđanja, analize ponašanja korisnika ili druge određene napredne metode analize podataka koji izlučuju vrijednost iz podataka. Skupovi podataka sve brže rastu – dijelom zašto što se sve više prikupljaju raznim jeftinim i raznovrsnim internetskim informacijama s uređaja kao što su npr. pametni telefoni, antene za daljinska istraživanja kamera, mikrofona, WiFi senzora itd.³³

Međunarodna elektrotehnička komisija (IEC) u nedavnom istraživanju predviđa da će globalna količina podataka porasti na 163 zettabita. U odnosu na podatke iz 2016., radi se o deseterostrukom porastu količine podataka. Analitika složenih skupova podataka postaje ključna za operatere kontejnerskih terminala te sve više utječe na donošenje odluka u svim aspektima njihovog poslovanja navedenih u popisu niže:³⁴

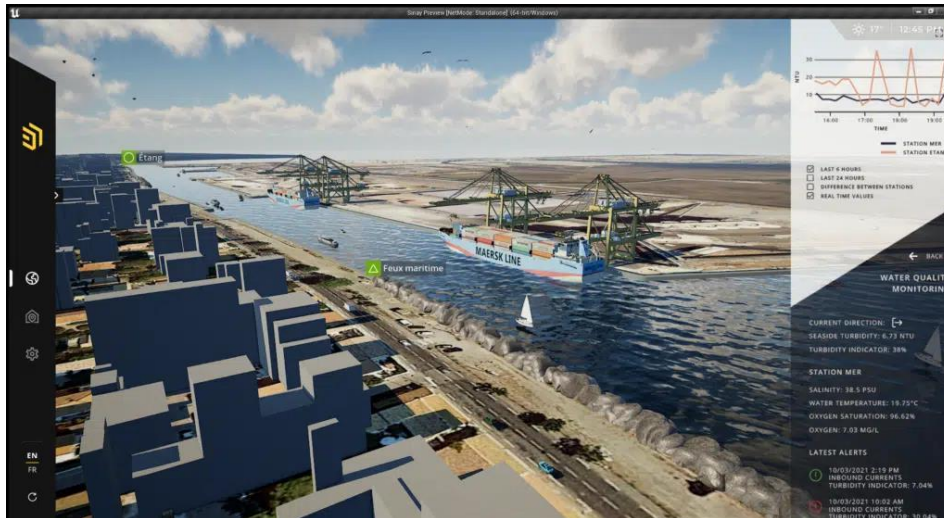
- predviđanje te otkrivanje uzroka kvarova opreme
- uočavanje uskih grla i
- predikcija svih mogućih ishoda donošenja odluke i povezanih rizika
- poboljšavanje metoda strojnog učenja.

Unatoč tome, postoje ograničenja u uporabi složenih skupova podataka, uključujući cijenu i kvalitetu brodskih senzora i sustava za prikupljanje podataka. Novi protokoli mogu pojednostaviti proces prikupljanja i organiziranja podataka, uključujući one u domeni e-navigacije. Primjena IoT tehnologije u kombinaciji sa Big Data sustavima omogućuju pružateljima logističkih usluga i operaterima luka da u potpunosti iskoriste prednosti simulacijskog softvera. Operacije se mogu modelirati kako bi se analizirali operativni tokovi, identificirala moguća uska grla, definirala poboljšanja te simulirali i procjenjivali razni scenariji dizajna i operativnih procesa. Dodatna prednost je što se takav simulacijski softver može koristiti i za obuku osoblja u realističnom okruženju te omogućuje simulaciju raznih događaja radi rješavanja problema. Tehnologija koja omogućuje točnu virtualnu repliku lučkog objekta, njegovih vozila i brodova na temelju prikupljenih podataka zove se Digitalni bliznac (*eng: Digital Twin*), Navedena tehnologija omogućuje virtualni prikaz fizičkih entiteta te provođenje simulacija kao potporu odlučivanju, a prije same implementacije promjene ili odluke. Korištenjem navedene tehnologije prikazane na fotografiji niže, operateri kontejnerskih terminala uvelike smanjuju troškove i vrijeme potrebno za testiranje učinka promjena na organizaciju cijelog sustava. Fotografija niže prikazuje način rada tehnologije Digitalnog blizanca.

³² Charter Global, *How Big Data is Driving Business Digital Transformation*, 2024., <https://www.charterglobal.com/how-big-data-is-driving-business-digital-transformation/> (15.02.2024.)

³³ Dr. JP Rodrigue, Dr. T. Notteboom, Dr. A. Pallis, *Port Economics, Management and Policy, Chapter 2.4 – The Digital Transformation of Ports*, 2022., <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part2/digital-transformation/> (15.02.2024.)

³⁴ SAS Insights: *Big Data - What it is and why it matters*, https://www.sas.com/en_ca/insights/big-data/what-is-big-data.html , (15.05.2024.)



Slika 3: Prikaz aplikacije Digitalni bliznac

Izvor: **How Digital Twin Technology Enhances Smart Ports**, Sinay, 2021., <https://sinay.ai/en/how-digital-twin-technology-enhances-smart-ports/> (20.01.2023.)

Virtualna stvarnost (*engl: Virtual reality - VR*), definirana kao proširenje fizičke stvarnosti dodavanjem slojeva računalno generiranih informacija u stvarno okruženje, dodatno će podržati i unaprijediti prednosti korištenja navedenih tehnologija u pomorskom prijevozu. U logističkom okruženju može se zamisliti poboljšano praćenje infrastrukture, opreme, automatiziranih vozila i raznih dronova. Predviđa se da će VR imati široko polje primjene, od operativne podrške u izvršavanju specifičnih procesa do aktivnih intervencija u sigurnosti ili zaštiti. VR omogućuje filtriranje složenih vizualnih okruženja i ističe važne elemente poput pojedinačnog vozila ili kontejnera.

3.6.UMJETNA INTELIGENCIJA

Umjetna inteligencija (*engl „artificial intelligence“ – AI*) označava tehnološki pojam u kojem su strojevi programirani da imitiraju ljudske aktivnosti poput procesa odlučivanja, učenja, planiranja i kreativnosti. Temeljna ideja umjetne inteligencije bazirana je na mogućnosti da se ljudski intelekt može modelirati i simulirati putem računala, pritom koristeći integraciju nekoliko znanstvenih disciplina poput računarstva, psihologije, filozofije, neuroznanosti i lingvistike. Korištenjem umjetne inteligencije optimiziraju se poslovni procesi i produktivnost, a najmoderniji lučki sustavi umjetnu inteligenciju koriste za točna predviđanja i analize. Sustavi umjetne inteligencije mogu do određene mjere prilagoditi svoje ponašanje analizirajući prethodne situacije i djelujući samostalno. Važno je

napomenuti da umjetna tehnologija ne uči i ne razvija inteligenciju na isti način kao što to čine ljudi.³⁵

Nekoliko je različitih metoda razvoja umjetne inteligencije, uključujući:³⁶

- strojno učenje - grana umjetne inteligencije temeljena na statistici te stvaranje modela i algoritama koji omogućuju računalima da uče na temelju empirijskih podataka.
- duboko učenje može se definirati kao grana strojnog učenja koja koristi višeslojne neuronske mreže za obradu složenih uzoraka i izvođenje zadataka poput obrade prirodnog jezika i prepoznavanja slika.
- razumijevanje i proizvodnja ljudskog jezika fokus je segmenta obrade prirodnog jezika, što je između ostalog bitno za analizu teksta i aplikacije virtualnog pomoćnika.
- stvaranje sustava za identifikaciju i interpretaciju vizualnih podataka, kao što je identifikacija objekata na slikama
- automatizacija i robotika: razvoj autonomnih robota i sustava koji su sposobni obavljati ručne zadatke, poput sastavljanja proizvoda ili istraživanja novih mjesta, omogućen je umjetnom inteligencijom.
- simbolička umjetna inteligencija – zasebna grana umjetne inteligencije fokusirane na korištenje simbola i logike za predstavljanje i manipulaciju znanjem. Pri postizanju ove vrste umjetne inteligencije koristi se postojeća logička pravila za kodiranje znanja.

Sustavi za praćenje kontejnera (*eng: container tracking systems - CTS*) važan su čimbenik funkcioniranja modernog kontejnerskog terminala. Modernizacija kontejnerskih terminala podržana razvojem informacijsko-komunikacijskih tehnologija omogućila je napredak i u području nadzora i praćenja kontejnera na njegovom putu do krajnjeg korisnika. Porast broja oštećenih i izgubljenih kontejnera na globalnoj razini razlog je zabrinutosti klijenata operatora kontejnerskih terminalima. Zahvaljujući “pametnim kontejnerima” krajnji korisnik može u svakom trenu pratiti lokaciju svog tereta, njegovo stanje, fotografije te predviđeno vrijeme otpreme.

Iako se izgledom ne razlikuju od standardnih, pametni kontejneri opremljeni su sensorima koji prate lokaciju samog tereta te temperaturu unutar samoga kontejnera. Iako još nisu postali norma, udio pametnih kontejnera u globalnoj floti konstantno raste prema

podacima iz 2021., kada je 3,6% globalne flote kontejnera bilo opremljeno sensorima. Korištenje takvih tehnologija pomaže u optimizaciji opskrbnog lanca te kontroliranju voznog parka, smanjenju broja premještaja i tako se učinkovitije iskorištava gorivo. Mogućnost pristupa velikom broju podataka o svakom kontejneru u realnom vremenu uvelike olakšava proces odlučivanja operaterima terminala, omogućujući bolje planiranje potrebne opreme, radne snage, ali i trenutnih i budućih kapaciteta terminala. Smanjivanje potrebe za premještanjem praznih kontejnera ³⁷

Glavne prednosti sustava za praćenje kontejnera su: ³⁸

- dostava na vrijeme – praćenjem tereta brodari raspolažu realnim podacima o efikasnosti transportne usluge
- upravljanje skladišnim prostorom – podaci o lokaciji i količini kontejnera operaterima kontejnerskih terminala omogućavaju bolje planiranje kapaciteta skladišnog prostora
- efikasnost dobavnog lanca – analizom podataka prikupljenih pomoću CTS sustava moguće je tražiti prostor za napredak
- ušteda – optimiziranjem operacija posljedično se smanjuju troškovi prijevoza, skladištenja.

Niže prikazana shema pokazuje strukturu virtualnog asistenta nazvanog Captain Peter koji tvrtka A.P. Moller Maersk koristi za kako bi kupcima omogućila konstantne informacije o stanju njihova tereta i podataka poput temperature unutar kontejnera, razine CO2 i itd. Od lansiranja novije verzije redizajniranog sustava praćenja kontejnera 2017., preko 3600 tvrtki koristi navedeni alat, dijeleći informacije sa više od 380 000 hlađenih kontejnera u zajedničkoj floti brodara Maersk i Hamburg Süd, ³⁹

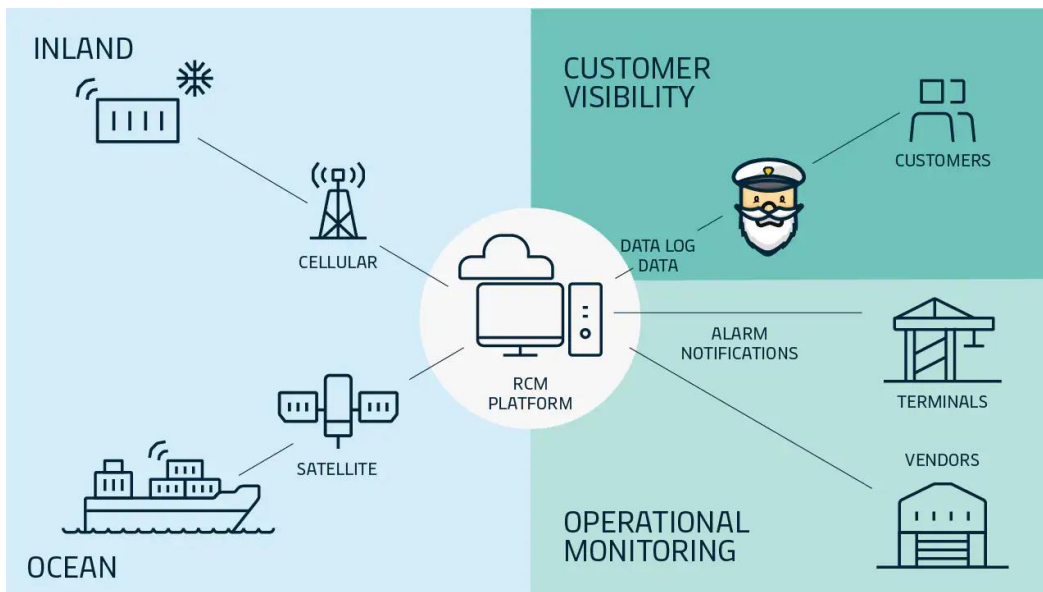
³⁵ Prof. N. Saini, *Research paper on Artificial Intelligence & its applications*, 2023., <https://www.ijrti.org/papers/IJRTI2304061.pdf> (10.01.2024.)

³⁶ *Što je umjetna inteligencija i kako se upotrebljava?*, Europski parlament, 2020., <https://www.europarl.europa.eu/topics/hr/article/20200827STO85804/sto-je-umjetna-inteligencija-i-kako-se-upotrebljava>, (22.01.2024.)

³⁷ J. Bonaca, R. Černjul, S. Vaclavek, *Sustavi za upravljanje kontejnerskim terminalima podržani GNSS-om i GIS-om* <http://www2.geof.unizg.hr/~znevistic/satgeo/ppt/K13%20Bonaca%20J.%20%20C8ernjul%20R.%20i%20Vaclavek%20S.-Sustavi%20za%20upravljanje%20kontejnerskim%20terminalima%20podr%9Eani%20GNSS-om%20i%20GIS-om.pdf>, (20.04.2024.)

³⁸ Logistics and Shipping; Smart Containers - Advantages and Risks, Zhenhub, srpanj 2022. <https://zhenhub.com/blog/smart-containers-advantages-and-risks/>, (10.01.2024.)

³⁹ Maersk Digital Solutions, <https://www.maersk.com/digital-solutions/captain-peter>, (10.02.2024.)



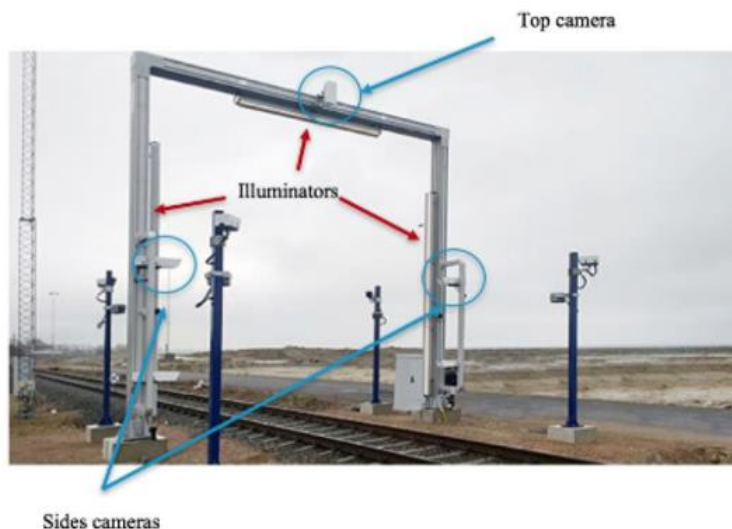
Shema 10: Captain Peter, sustav daljinskog praćenja kontejnera

Izvor: *Maersk Digital Solutions*, <https://www.maersk.com/digital-solutions/captain-peter>, (10.02.2024.)

3.7. OCR SUSTAV

U svijetu kontejnerskih terminala, OCR sustav (*eng: Optical Character Recognition*) djeluje kao svojevrsne digitalne oči terminala zaslužne za automatsko prikupljanje ključnih informacija poput serijskih ID brojeva kontejnera i ISO kratica (*eng: international organization for standardization – ISO*). Navedeni sustavi zaslužni su za velika poboljšanja u produktivnosti, točnosti prikupljanja te obradi podataka. Terminalska industrija bazirana je na velikom broju podataka koji se s različitih strana i dionika dobavnog lanca spajaju u jednoj točki – TOS sustavu. Jedan od najvažnijih podataka za terminalski TOS sustav dolazi iz inteligentnih kamera na terminalskim vratima, u slagalištu ili na obalnim dizalicama koje utovaruju i istovaruju teret sa i na brodove. Inteligentne kamere registriraju kamione i kontejnere čitanjem oznaka kontejnera te njihovih karakteristika OFR (*eng: Optical Feature Recognition – OFR*). Tipična čitanja OCR-a uključuju registracijske oznake kamiona, broj kontejnera, ISO kod i oznake opasnih tereta te automatski pregled oštećenja na kontejnerima. Kada se OCR promatra sa tehničke strane, možemo reći da sustav obradom fotografije izdvaja i obrađuje detalje poput slova i brojeva, zamjenjujući pritom potrebu za ručnim unosom. OCR sustavi koriste kombinaciju specijalizirane opreme poput optičkog skenera i

informacijskog sustava za naprednu obradu fotografija. Na fotografiji niže primjer je primjer OCR sustava na intermodalnom ulazu terminala u luci Puerto Angamos u Čileu.⁴⁰



Slika 4: OCR sustav na automatskim vratima u luci Puerto Angamos

Izvor: Bernaerd, Camco Technologies, https://wpassets.porttechnology.org/wp-content/uploads/2022/03/08104511/020-023_PTI118_Camco_v1.pdf 2022., (10.02.2024.)

Istraživanje isplativosti upotrebe OCR sustava na Inter modalnom terminalu u Malmo-u (Švedska) pokazuje da je ulaganje u OCR sustav značajno utjecalo na produktivnost:⁴¹

- smanjenje broja radnih sati potrebnih za prihvrat ILU jedinica u prostoru Inter modalnom slagališta sa ukupnih 559.29 radnih sati mjesečno na 424,29 radnih sati
- ukoliko navedeno smanjenje dovedemo u korelaciju uštede na simuliranom trošku radne snage vidljiv je povrat investicije u implementaciju OCR sustava već u roku od dvije godine.

⁴⁰ I.G.R Gavilan, *Los diez elementos de un sistema OCR (Optical Character Recognition)*, 2019., <https://ignaciogavilan.com/los-diez-elementos-de-un-sistema-ocr-optical-character-recognition/>. (10.02.2024.)

⁴¹ A.Bernaerd, Camco Technologies, *Terminal Automation Through OCR and OFR*, 2022., (10.02.2024.) https://wpassets.porttechnology.org/wp-content/uploads/2022/03/08104511/020-023_PTI118_Camco_v1.pdf

Djelovanje OCR sustava može se podijeliti u sljedeće faze ⁴²:

1. Dolazak kontejnera na poziciju pokrivenu OCR kamerama - objekt na kojem se analizira tekst dolazi do točke gdje se obavlja skeniranje, što u specifičnom slučaju terminala može biti RMG dizalica smještena na Inter modalnom slagalištu.
2. Optički skener - slika znakova koja će se obraditi snima se kamerama smještenim na RMG pretovarnom mostu kako bi se dobila digitalna verzija teksta. To je prva informacija koju software obrađuje.
3. Segmentacija lokacije - koriste se algoritmi za odvajanje slikovnih elemenata koji su znakovi od ostalih objekata koji nisu korisni za ciljeve sustava. To znači da se određuje položaj znakova na cijeloj slici.
4. Pred obrada - slike se digitalno obrađuju zbog smanjenja šuma, čime se postiže bolja kvaliteta za daljnju obradu.
5. Segmentacija - nakon što se obradom postigne zadovoljavajuća kvaliteta, znakovi se odvajaju od slike prepoznavanjem oblika ili karakteristika koje omogućuju identifikaciju dijelova slike koji sadrže znakove
6. Reprerentacija - generira se informacija koja će se koristiti u procesu prepoznavanja.
7. Ekstrakcija karakteristika - na temelju informacija dobivenih u prethodnom koraku, dobivaju se glavne karakteristike simbola, a zatim se klasificiraju.
8. Prepoznavanje - nakon što su glavne karakteristike dobivene, uspoređuju se s obrascima iz baza podataka gdje se nalaze karakteristike znakova. Ako se dobivene karakteristike podudaraju s karakteristikama u bazi podataka u određenom postotku, znak će se povezati s odgovarajućom slikom znaka.
9. Post obrada - nakon što su svi znakovi dobiveni, prolaze kroz proces koji, koristeći baze podataka, može napraviti određene korekcije. Ti procesi mogu, primjerice, koristiti sintaktičke zakone u slučaju tekstova kako bi se promijenili neki znakovi.
10. Provjera ispravnosti podataka – sustav automatski procjenjuje točnost prikupljenih informacija. Ukoliko procjena točnosti nalaže da je potrebna dodatna provjera, zaposlenik terminala, najčešće nadležni operater stroja ili dispečer dobiti će nalog za verifikaciju podataka prije nego se isti šalju prema TOS sustavu. Ukoliko procjena nalaže da su prikupljene informacije zadovoljavajuće kvalitete prema unaprijed postavljenim standardima, informacija se provjera te se podaci šalju prema TOS sustavu

3.8.API PROGRAMSKA SUČELJA

Programsko sučelje za aplikacije (*engl: Application Programming Interface - API*) ključan je koncept u svijetu programiranja te se odnosi na set pravila i protokola koji omogućuju komunikaciju između različitih softverskih aplikacija, sustava ili servisa.

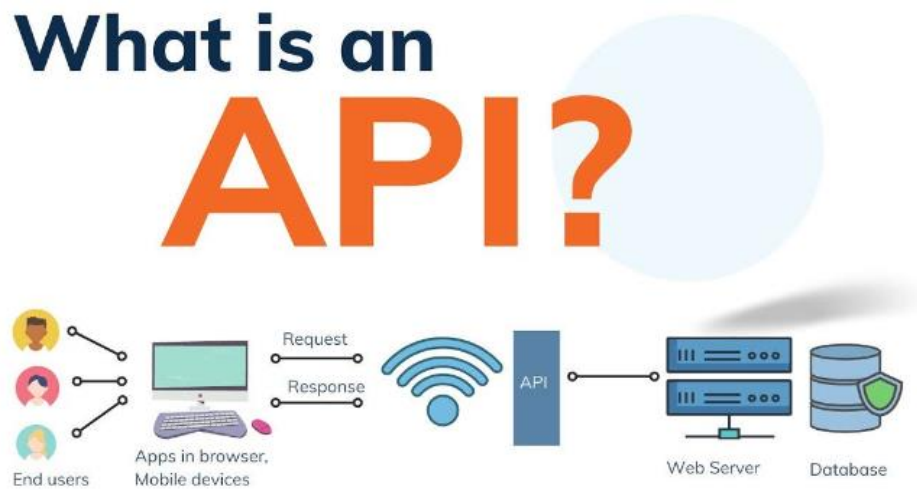
Niže je navedeno nekoliko ključnih prednosti korištenja API sučelja:⁴³

- Komunikacija između aplikacija: API omogućuje aplikacijama da razmjenjuju podatke, funkcionalnosti i mogućnosti. Na primjer, aplikaciju za pronalaženje restorana, može koristiti API treće strane kako bi dobila informacije o restoranima, recenzijama i cijenama.
- Standardizirani način komunikacije: API - definira kako aplikacije trebaju komunicirati. To čini aplikacije fleksibilnijima jer mogu koristiti već postojeće funkcionalnosti umjesto da ih razvijaju iz početka.
- Web servisi i tehnologije: API sučelja često koriste web servise i tehnologije kao što su JSON, XML, REST, SOAP i HTTP.
- Jezici za programiranje: Programiranje API-a uključuje upotrebu različitih programskih jezika kao što su JavaScript, PHP, Ruby i Python koji omogućuju razvoj API-ja i integraciju s drugim aplikacijama.

⁴² I. R. Villaba, Analysis of the OCR System Application in Intermodal Terminals. Malmö Intermodal Terminal, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Švedska 2020., <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1456162/FULLTEXT01.pdf> (15.01.2024.)

⁴³ IBM, What is an API? (application programming interface)?, <https://www.ibm.com/topics/api>, (25.02.2024.)

Shema niže prikazuje strukturu API sučelja:



Shema 10: Struktura API sučelja

Izvor: *DEV Community*, <https://dev.to/ayushi7rawat/what-is-an-api-for-beginners-4mfh> (10.03.2024.)

Projekcija monetizacije API-ja na tržištu Sjedinjenih Američkih Država predlaže rast od 115% — od 3,97 milijardi dolara u 2023. godini do 8,56 milijardi dolara do 2027. godine. Iza svakog uspješnog poslovanja danas stoje API sučelja koja omogućuju ili pružaju stvarno vrijeme pristupa vitalnim uslugama i podacima aplikacija.⁴⁴

Navedene procjene bazirane su na studiji tvrtke ong, Inc., provedene u suradnji s Brown Sveučilištem. Studija dokumentira šire makroekonomske utjecaje API-ja diljem svijeta i sve veće prihvaćanje tih usluga od strane razvojnih programera. Studija zaključuje da će monetizacija API-ja u domaćem tržištu Sjedinjenih Američkih Država rasti od 3,97 milijardi dolara u 2023. godini do 8,56 milijardi dolara do 2027. godine. Osim toga, ekonomska korist API-ja u SAD-u povećat će se s 2,1 bilijuna dolara u 2023. godini na 2,8 bilijuna dolara do 2027. godine, što predstavlja povećanje od 640 milijardi dolara i relativnu stopu rasta od 30%. Sveukupno, globalni ekonomski utjecaj API-ja očekuje se da će porasti s 10,9 bilijuna dolara u 2023. godini na 14,2 bilijuna dolara u sljedećih 4 godine.

⁴⁴ Kong Ing, *API Impact Report 2023.*, <https://assets.prđ.mktg.konghq.com/files/2023/09/65133b76-api-impact-report-2023.pdf>, str. 3(05.03.2024.)

Jedan od najvećih svjetskih terminalskih operatera – tvrtka APM Terminals primjer je ulaganja u modernizaciju uvođenjem individualiziranih rješenja za programiranje aplikacijskih sučelja (API) s ciljem podizanja produktivnosti vlastitih terminala. APM Terminals-ova API sučelja povezuju sustav za vlastito planiranje prijevoza ili logistike klijenta sa podacima iz realnom vremena koji proizlaze iz operativnog sustava terminala (TOS). APM Terminals također omogućuje praćenje praznih kontejnera putem novog API-ja za praćenje praznih kontejnera, što znači da klijenti mogu pratiti potpuni životni ciklus kontejnera, uključujući datum i vrijeme kada je kontejner ušao u terminal. Osim toga, API-ji uklanjaju potrebu za ručnim pretraživanjem ili slanjem informacija putem odvojenog sustava, kao što je praćenje kontejnera ili zaseban internetski sustav za dogovaranje termina ukrcaja / iskrcaja kamiona. Uklanjanje potrebe za ručnim intervencijama osigurava uštedu radnih sati, ubrzavanje procesa i povećanje točnosti. Navedeni pristup kojim klijent samostalno može pratiti najnovije podatke o svom teretu poboljšava korisničko iskustvo. Tvrtka APM Terminal nedavno je u bazu vlastitih API sučelja uvrstila i podatke terminala Medport Tangier, čime je ukupan broj podržanih terminala za praćenje kontejnera i rasporeda brodova povećan na 18. Tvrtka sada nudi potpuni raspon API-ja za pružanje podataka u stvarnom vremenu za sve aspekte praćenja brodova i kontejnera, uključujući rasporede brodova, dostupnost uvoza, povijest događaja kontejnera i upite o izvozu u tim terminalima. APM Terminals-ov API za dogovaranje termina kamiona također je uveden za njihove objekte u Gothenburgu, Švedskoj i Vado Ligure-u, Italija. Očekuje se da će to omogućiti klijentima obavljanje zadataka vezanih za termine, kao što su pregled dostupnih vremenskih intervala, stvaranje, ažuriranje i otkazivanje termina, te izrada popisa termina, informacija o terminima i ažuriranja za traženo razdoblje, prema najavi.⁴⁵

⁴⁵ APM Terminals Data Services & API Store, <https://www.apmterminals.com/en/tools/api>, (10.03.2024.)

4. PRIMJERI KONTEJNERSKIH TERMINALA KOJI KORISTE PAMETNE TEHNOLOGIJE

Morske luke su logistička čvorišta lanaca opskrbe s visokim zahtjevima u pogledu troškova, učinkovitosti, sigurnosti i održivosti. Morske luke i lučki sustav, zajedno s brodarstvom i brodogradnjom, smatraju se temeljnom karikom pomorskog gospodarstva. Luke čine ključni element pomorskog i prometnog sustava te se smatraju primarnim poticateljem razvoja prometnih tokova i gospodarskih djelatnosti. Osim toga, imaju važnu ulogu u svjetskom gospodarstvu i svjetskoj međunarodnoj trgovini.⁴⁴

Digitalizacija logističkih lanaca u posljednjim je godinama bila glavni izvor za održavanje konkurentnosti kontejnerskih luka. Ipak unatoč velikim ulaganjima terminalskih operatera, mnogo je prostora za poboljšanje, budući da se otprilike 80% svjetskih luka i dalje oslanja na zastarjele rješenja i procese. Istovremeno, naprednije industrije počinju koristiti digitalna rješenja koja pomiču granice između fizičke, digitalne i biološke sfere. Važnost prilagodbe proizlazi iz potrebe za djelovanjem protiv velikih promjena kojem svjedočimo kao društvo u cjelini, poput klimatskih promjena, nestašice resursa i sva veće političke nesigurnosti. Četvrta industrijska revolucija - naziv je koji se koristi za označavanje aktualnog smjera koji slijede najbolje svjetske luke poput nizozemskog Rotterdama ili kineskog Shanghaia. Pametna luka koristi automatizaciju i inovativne tehnologije, uključujući umjetnu inteligenciju, sustav velikih skupove podataka, Internet stvari i Blockchain kako bi poboljšala svoju učinkovitost. Ovaj integrirani pristup omogućuje bolje upravljanje prometom, optimizaciju logističkih procesa i smanjenje negativnog utjecaja na okoliš. Najveći svjetski terminalski operateri glavni su pokretački čimbenik razvoja digitalizacije u kontejnerskim lukama. Ulaganjem u razvoj i implementaciju pametnih sustava postiže se veća produktivnost posebice u upravljanju vršnim opterećenjima tijekom pristajanja brodova. U narednim poglavljima pojasniti ćemo na koji način najmoderniji svjetske kontejnerski terminali koriste digitalizaciju za optimizaciju lučkih operacija, čime direktno podižu konkurentnost svoje usluge prema krajnjim korisnicima.

⁴⁴ Vilke S., *Značenje tržišnog pristupa za razvitak luka*, Pomorski zbornik, Vol.41, 2003., str. 337.-350.

4.1.LUKA ROTTERDAM

Luka Rotterdam je najveća i najprometnija pomorska luka u Europi i najveća svjetska luka izvan istočne Azije, smještena u pokrajini Južna Nizozemska. Od 1962. do 2004. bila je najprometnija svjetska luka po godišnjoj tonaži tereta. Luka pokriva više od 105 km² i proteže se na površini većoj od 40 km te se smatra se jednom od najmodernijih svjetskih luka. Smještena u jednom od najgušće naseljenih dijelova Europe, luka Rotterdam s izlazom na Sjeverno more predstavlja multi modalno sjecište unutarnjih plovnih puteva sa europskom željeznicom i cestovnom mrežom te je jedna je od najvažnijih luka na području starog kontinenta. Luka Rotterdam unutar svog bazena ima ukupno 30 lučkih i kopnenih kontejnerskih terminala koji su 2023. ostvarili godišnji promet od 13,4 milijuna TEU jedinica, što je pad od 7% u odnosu na 2022. Da bi postigli svoje cilj i učinili luku Rotterdam najboljom na svijetu, lučka Uprava Rotterdam u suradnji s vladinim agencijama kreirala je strategiju Port Vision 2030 koja je utvrdila glavne točke djelovanja kako bi tvrtke mogle optimalno poslovati unutar lučkog sustava i europskog industrijskog klastera. Plan definira i mjeri deset ključnih čimbenika uspjeha. Vizija luke Rotterdam nalaže da se uspjeh luke ne mjeri isključivo volumenom tereta koji prolazi kroz nju. Luka budućnosti je luka koja se najbolje može prilagoditi našem promijenjenom svijetu: digitalna i klimatski neutralna luka. Luka koja crpi energiju iz vjetroelektrana na moru, gdje su operacije predvidljive zahvaljujući korištenju podataka u stvarnom vremenu, gdje brodovi mogu utovariti i istovariti teret bez čekanja te gdje korisnici štede vrijeme i novac zahvaljujući optimalnoj upotrebi umjetne inteligencije, blockchain i IoT tehnologije.⁴⁵

U luci budućnosti kako ju zamišljaju u Rotterdamu, aktivnosti su transparentnije, predvidljivije i učinkovitije. Pružajući izravno i neizravno zaposlenje za oko 385.000 ljudi i predstavljajući 6,2% nizozemskog BDP-a, luka Rotterdam važan je stup kako za regiju Rotterdam, tako i za nizozemsku ekonomiju u cjelini. Konačni cilj strategije Port Vision 2030 jest omogućiti brodovima autonomno (samostalno) uplovljavanje i isplovljavanje iz luke Rotterdam. 2019. godine u Rotterdamu je pokrenuta prva faza nove platforme, razvojem „digitalnog blizanca“ same pomorske luke – virtualne replike u kojoj se sve aktivnosti i resursi koriste digitalnim putem. Četrdeset četiri senzora instalirana su na operativne obale, prometnice i prometne semafore koji omogućuju konstantne podatke o klimatskim podacima kao što su brzina i smjer vjetra, stanje plime i oseke. Lučka uprava nada se da će senzori u budućnosti moći komunicirati direktno s autonomnim sustavima na brodovima, uključujući

autonomne samo-ploveće brodove. Sustavi pametnih kontejnera već se koriste – opremljeni sensorima koji prate vibracije, nagib i temperature unutar samog kontejnera testiraju se na raznim plovnim putevima svijeta kako bi zabilježili uvjete u kojima se kontejneri prevoze na svom putovanju od ukrcaja do iskrcaja. Korištenjem pametnih senzora i tehnologije želi se smanjiti mogućnost pogreške prilikom ukrcaja – primjerice zagubljeni kontejner. Luka Rotterdam cilja na 2030. kao godinu kada će ugostiti prve samo ploveće autonomne brodove, ali za ostvarenje plana potrebni su i funkcionalni samo ploveći kontejnerski brodovi poput norveškog broda Yara Birkeland koji bi ove godine trebao dostići potpunu operativnu spremnost kao autonomni samo-ploveći kontejnerski brod. Kako bi bili što spremniji za ono što donosi budućnost, luka Rotterdam razvija „ploveći laboratorij“, odnosno bivši patrolni čamac RPA3 koji je opremljen sensorima i služi kao poligon za testiranje novih tehnologija. Jedan od prvih projekata koji se testira je sustav umjetne inteligencije Captain AI – sustav koji omogućava autonomnu plovidbu. Koristeći napredne tehnologije luka Rotterdam pokušava predvidjeti budućnost pomorskih luka u idućih 80 godina, a zahvaljujući podacima i simulacijama sigurno je da će ostati predvodnik novih trendova na svjetskoj razini.

Kao platformu koja predstavlja sjecište svih eksperimenata luke Rotterdam, razvijen je Container 42, istraživačka platforma u kojoj uz luku Rotterdam sudjeluju globalne informatičke tvrtke poput IBM-a, Cisco-a, Intela, HyET Solara. Cilj platforme jest odgovoriti na pitanja o budućnosti tehnologije, održivosti i logističke učinkovitosti. Poznati crveni kontejner Container 42 opremljen sensorima i komunikacijskom tehnologijom putovao je svijetom dvije godine kako bi prikupio podatke koji su do sada bili nepoznati. Vibracije, nagib, pozicija, buka, zagađenje zraka, vlažnost i temperatura su među stvarima koje su zabilježene i analizirane. Kao eksperimentalna tehnologija, crveni kontejner s brojem 42 simbolizira polu-autonomne brodove koji će u bliskoj budućnosti trebati sve vrste aktualnih, sigurnih i preciznih informacija kako bi mogli izvoditi svoje zadatke na siguran i pouzdan način.⁴⁶

⁴⁵ Move Forward: *Step by Step Towards a Digital Port*, Port of Rotterdam, 2019., https://globalmaritimehub.com/wpcontent/uploads/2019/08/201903ID_C051_POR_Whitepaper_Levels_of_Maturity_BPA_RGB.pdf, (11.03.2024.)

⁴⁶ Captain AI, <https://www.captainai.com/Blog/>, (15.03.2024.)



Slika 2: Luka Rotterdam

Izvor: *Port Technology International*, 2020., <https://www.porttechnology.org/news/port-of-rotterdam-hails-just-in-time-success/>, (10.01.2024.)

4.1.1. Kontejnerski terminal Maasvlakte II

Terminal Maasvlakte II unutar bazena luke Rotterdam jedna je od najmodernijih kontejnerskih luka na svijetu. U vlasništvu je tvrtke APM Terminals, dio grupacije AP Moller Maersk. Kombinacijom automatizirane tehnologije, naprednih informacijskih sustava i najmodernijih logističkih usluga, terminal Maasvlakte II postiže visoke razine produktivnosti uz značajno minimiziranje mogućnosti za ljudsku pogrešku.

Izgradnja terminala započela je 2008. planiranim produženjem operativne obale u kontejnerskoj luci Europoort. Terminal je u punom kapacitetu rad započeo u veljači 2015., a ukupna investicija tvrtke APM Terminals iznosila je 500 milijuna eura. Izgrađen kao multimodalni hub, glavne značajke terminala Maasvlakte II su operativna obala dužine 1000 m, zaseban željeznički terminal dužine 750 metara kao i operativna obala za prekrcaj tereta sa riječnih barži. Terminal površine 86 hektara postiže godišnji promet od 2.7 milijuna TEU

jedinica. Tvrtka APM Terminals 2023. godine najavila je početak projekta ekstenzije terminala MVII za dodatnih 1000 m operativne obale koji će također biti opremljeni najnovijom tehnologijom. Vizija tvrtke APM Terminals za nastavkom ulaganja u najnoviju tehnologiju potvrđuje i objava suradnje s austrijskim proizvođačem dizalica Kuenz. Krajem travnja 2024. APM Terminals je objavio detalje dosad najvrijednijeg komercijalnog ugovora koji sadrži narudžbu 62 ARMG dizalice za ekstenziju terminala MVII te se očekuje da će uz planirano proširenje do kraja 2027., terminal MVII dostići godišnji promet od 5,4 milijuna TEU jedinica.⁴⁷

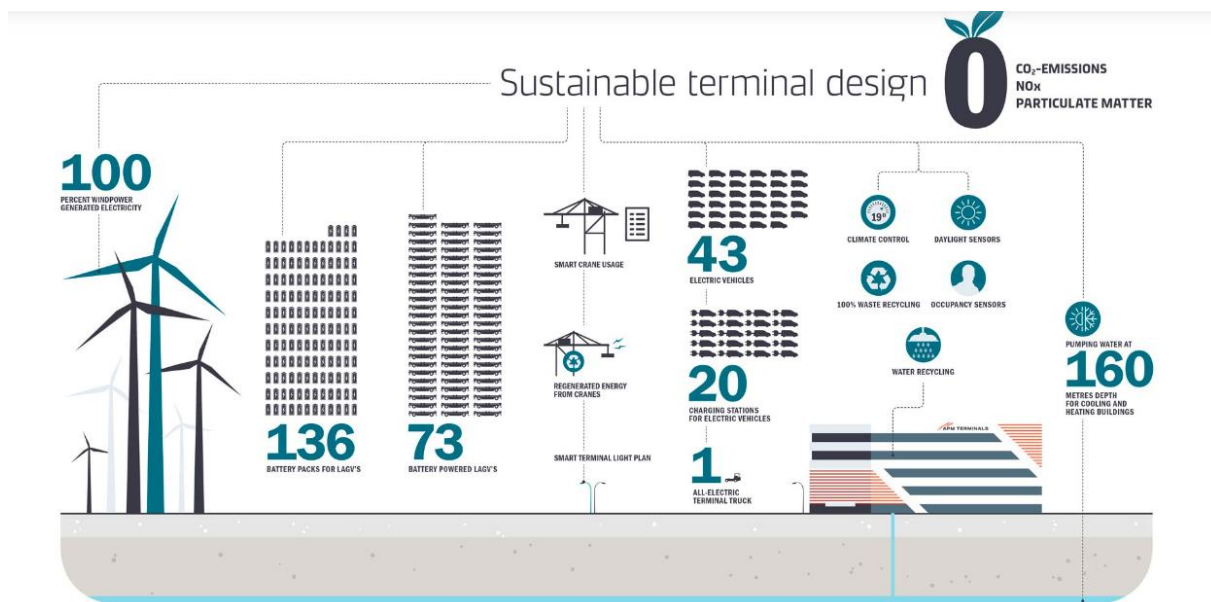
Tehnološke značajke terminala Maasvlakte II:⁴⁸

- 10 Superpost Panamax Plus daljinski upravljanih dizalica – terminal MVII prvi je u svijetu predstavio daljinski upravljane dizalice čiji je rad 80% automatiziran
 - daljinski upravljane dizalice omogućuju veći komfor operatorima te sigurniju upravljanje zahvaljujući sensorima i kamerama
 - dizalice su brže od konvencionalnih te omogućavaju agresivnije korekcije u odnosu na standardne dizalice sa kabinom i operatorom
- 54 ACS automatska pretovarna mosta - ARMG dizalice navođene su uputama TOS sustava koji prati lokaciju svakog kontejnera
- ARMG dizalice mogu slagati kontejnere u 6 visina, pritom optimizirajući pokrete za što učinkovitiju manipulaciju
- 73 AGV - električna automatska vozila zadužena za transport kontejnera od zone operativne obale do slagališta pogonjena su baterijama koje imaju trajanje od 8 sati. Kada senzori primijete da je baterija pri kraju, AGV vozilo se automatski vraća na mjesto punjenja.
- TOS sustav - operativni sustav automatskog terminala - kontrolira sve aktivnosti i strojeve na terminalu počevši od planiranja brodova do operacija u slagalištu
- Automatska ulazna rampa - automatsko navođenje vanjskih transportnih kamiona – svaki ulazak kamiona na ulaznu rampu bilježi se u sustavu te se u operativnom sustavu kreira zadatak – prekrcaj odgovarajućeg kontejnera na točno predviđeno mjesto gdje će biti ukrcan na kamion.

⁴⁷ Welcome to the Port of Rotterdam, <https://www.portofrotterdam.com/en>, (10.04.2024.)

⁴⁸ APM Terminals Maasvlakte II, <https://www.apmterminals.com/en/maasvlakte>, (10.04.2024.)

Ulaganjem u moderne tehnologije, terminal Maasvlakte II trtke APM Terminals postao je prvi energetska potuno učinkovit terminal na svijetu. Da bi to postigla, tvrtka APM Terminals potpisala je ugovor s nizozemskom tvrtkom NV Nuon Energy za isporuku održive električne energije proizvedene vjetrom za napajanje dizalica te ostale opreme za rukovanje kontejnerima.



Shema 11: Terminal Masvlaakte II – energetska potpuno održiv terminal

Izvor: APM Terminals, <https://www.apmterminals.com/en/maasvlakte/about/our-terminal> , (10.04.2024.)

Vizija tvrtke APM Terminals koja želi postati najveći svjetski operater kontejnerskih terminala očituje se i u velikim ulaganjima u sustave razmjene podataka. Tvrtka od 2020. predstavila čitav niz programskih sučelja (API) koji klijentima omogućavaju razmjenu podataka sa terminalom u realnom vremenu. Pomoću podataka dobivenih iz API sustava, klijent nakon postavljenog upita za status jednog ili više kontejnera, trenutno dobiva najnovije informacije. Integracijom podataka iz terminalskih sustava putem API rješenja olakšavaju proces donošenja odluka, čime se smanjuju nedostaci u lancu koji industriju godišnje koštaju milijarde dolara izgubljenog profita.

Za vrijeme pandemije bolesti Covid-19, problemi sa vidljivošću tereta su se pogoršali zbog, između ostalog, restrikcija u transportu i putovanjima, smanjenog kapaciteta i dodatnih kontrola uvoza/izvoza. Istovremeno, obrasci potražnje su se doslovno preko noći promijenili. Veće logističke kompanije se uvelike oslanjaju EDI sustav razmjene podataka

koja se koristi od 1970-ih. Međutim, kako su mogućnosti višestruko rasle u posljednjim godinama upotreba API-ja je u porastu, nudeći lakšu integraciju u digitalne ekosisteme koje koriste klijenti.

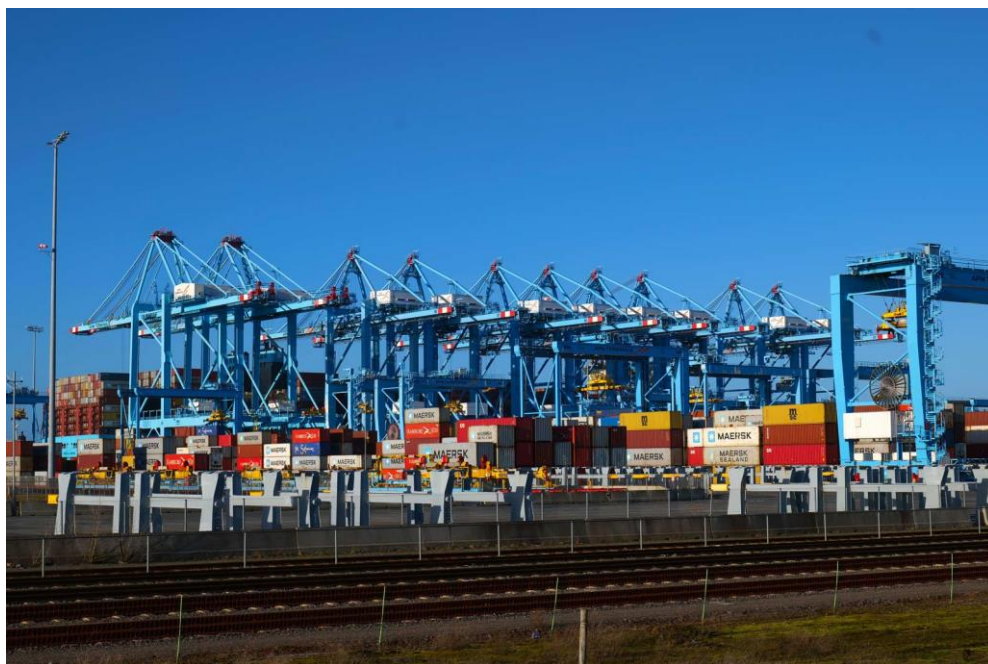
Niže su navedena različiti komercijalni nazivi programskih sučelja dostupnih korisnicima na terminalu Maasvlakte II koji omogućava automatski prijenos podataka o kontejnerima, čime se uklanja mogućnost ljudske pogreške, uštedu vremena i troškova te mogućnost kvalitetnijeg planiranja zahvaljujući najnovijim dostupnim informacijama.⁴⁹

- Import Availability
- Export Booking Enquiry
- Vessel Schedule
- Terminal Vessel Schedule
- Container Event History
- Truck Appointments
- Empty Container Returns

Koristeći moderne tehnologije za optimizaciju operacija, terminal Maasvlakte II prošle je godine dostigao važan uspjeh, postigavši novi rekord od 256 pokreta po satu, računajući svu uključenu opremu za rukovanje kontejnerima. Rekord je postignut krajem 2023. za vrijeme operacija nad brodom Monaco Maersk s kojeg su zaposlenici terminala MVII u svega 36 sati iskricali / ukrcali više od 9000 TEU jedinica.

Tvrtka APM Terminals, dio A.P. Moller – Maersk grupe 2023. godine je najavila proširenje svog terminala Maasvlakte II, a detalji projekta uključujuću novih 1000 metara operativne obale. Planirano proširenje udvostručiti će kapacitet terminala do kraja 2026. godine. Ovo proširenje ključno je za učinkovito i održivo rukovanje sve većim količinama kontejnera u narednim godinama. Terminal Maasvlakte II unutar lučkog bazena luke Rotterdam ostaje važno čvorište globalnih opskrbnih lanaca, a ovaj projekt to dodatno potvrđuje.

⁴⁹ APM Terminals, New record in container handling, 02.05.2023., <https://www.apmterminals.com/en/maasvlakte/practical-information/news-and-updates/2023/230502-new-record-in-container-handling>, (15.03.2024.)



Slika 3: Terminal Maasvlakte II

Izvor: **APM Terminals**, <https://www.apmterminals.com/en/maasvlakte/practical-information/news-and-updates/2024/240429-your-opinion-about-apm-terminals-maasvlakte-ii> , (10.04.2024.)

4.2.LUKA SHANGHAI

Smještena u Šangaju, Kina, luka Shanghai pokriva površinu od 3.619,6 km² na ušću rijeke Yangtze. Nalazi se usred 18.000 km dugog kineskog obalnog pojasa. Šangajska luka smatra se globalno najbrže rastućim ekonomskim subjektom. Luka Shanghai već 14 godina drži titulu najprometnije svjetske luke sa više od 320 tjednih isporuka. Povijest luke Šangaj Luka seže u daleko šesto stoljeće, dok je grad Shanghai službeni status grada dobio 1297. proglašenjem od strane dinastije Yuan. Luka se prema inozemstvu otvorila 1842., čime su ostvareni trgovinski preduvjeti da Šangaj postane najznačajnija morska luka u regiji Yangtze.

Luka ima dva terminala za rasuti teret i tri terminala za teret u rasutom stanju, koji se nalaze u područjima Luojing, Wusong i Longwu. Terminal luke Wusongkou, Waigaoqiao i Yangshan tri su glavna područja kontejnerske luke luke Šangaj. Kontejnerski terminali ukupno imaju više od 13 km dužine obale, 43 pristaništa i 156 dizalica za rukovanje kontejnerima U 2023. godini, luka Shanghai ostvarila je rekordne volumene od 49 milijuna TEU jedinica, čime je nastavila niz od 14 uzastopnih godina na čelu najprometnijih svjetskih terminala.

Najveći automatizirani kontejnerski terminal na svijetu, Yangshan Deep Water Port ACT4, nalazi se u zaljevu Hangzhou u bazenu luke Shanghai. Terminalom upravlja tvrtka Shanghai Shengdong International Container Terminals Co., Ltd, koja je pod okriljem Shanghai International Port (Group) Co., Ltd. Luka Shanghai pokriva površinu od preko 3.500 četvornih kilometara na ušću rijeke Yangtze, najduže rijeke u Aziji. Sastoji se od dvije glavne cjeline: dubokomorske luke i riječne luke. Dubokomorska luka, poznata i kao Yangshan luka, nalazi se na nasipanom zemljištu u Istočnom kineskom moru i povezana je s kopnom 32 kilometra dugim mostom. Riječna luka, također poznata kao Wusongkou luka, smještena je uz obale rijeke Huangpu, koja protječe kroz grad Shanghai. Luka Shanghai ima ukupno 43 kontejnerska terminala, 191 pristanište i 156 kontejnerskih dizalica preko kojih se godišnje ostvari promet od impresivnih 46 milijuna TEU jedinica, a uz kontejnerski teret, luka također rukuje različitim vrstama tereta, kao što su rasuti teret i tekući teret.⁵⁰

Kao središte Belt and Road Inicijative (BRI), poznate kao Jedan pojas, jedan put, luka Yangshan jedna je od najprometnijih svjetskih kontejnerskih luka. BRI inicijativa, ponekad nazivana Novi Put svile, je globalna strategija razvoja infrastrukture koju je kineska vlada usvojila 2013. godine kako bi investirala u više od 150 zemalja i međunarodnih organizacija. BRI se sastoji od šest urbanih razvojnih kopnenih koridora povezanih putem cesta, željeznica, energetske i digitalne infrastrukture, te Pomorskog puta svile povezanog razvojem luka. Uz rekordne volumene tereta koji su 2023. premašili 49 milijuna TEU-a luka Shanghai drži prvo mjesto globalno već 14 uzastopnih godina. Ovaj rast se nastavlja unatoč nedavnim krizama uzrokovanim COVID-19 pandemijom i geopolitičkih zbivanja u cijelom svijetu., uglavnom zbog povećane potražnje za potrošačkim proizvodima izazvane pandemijom. Terminal Yangshan Faza ACT4 je u svibnju 2023. ostvario rezultat manipulacije rekordnih 26066 TEU jedinica u 24h sata što je zaista impresivan podatak s obzirom na podatak o svega 400 zaposlenika. Bez digitalne transformacije i ulaganja u automatizaciju opreme, za takav rad bio bi učinak u 24 satnoj smjeni trebalo sudjelovati 1000 ljudi. Produktivnost je 213% veća od terminala s tradicionalnom opremom za prekrcaj kontejnera.

⁵⁰ Cindy Sun, CBRE, 2022 *Global Seaport Review*, Shanghai, China, 18.12.2022., <https://www.cbre.com/co/insights/local-response/2022-global-seaport-review-shanghai> , (10.04.2024.)

Tehnološke značajke terminala Yangshan ACT4 ⁵¹

- 21 Ship to Shore obalnu dizalicu na pristaništu
- 108 pretovarnih mostova
- 125 automatiziranih vozila

Prilikom dizajniranja terminala Yangshan korištena je najnovija tehnologija domaćih kineskih proizvođača poput Huaweijeva rješenja - F5G internetske mreže. U usporedbi s tradicionalnim industrijskim Ethernet mrežama, F5G ima očite prednosti u propusnosti, latenciji, pouzdanosti i broju veza, što zadovoljava zahtjeve za izgradnju industrijskog interneta stvari (IoT). Pruža siguran i pouzdan kanal za daljinsku kontrolu strojeva. Latencija mrežne tehnologije od svega 6 milisekundi na udaljenosti od 100 kilometara omogućava operatorima dizalica da upravljaju opremom izdaleka. Umjesto da moraju gledati vlastitim očima iz kabine visoko u zraku, operateri obalnih dizalica terminala Yangshan mogu rukovati kontejnerima gledajući visokokvalitetni video stream. Slično tome, osoblje koje je moralo stajati u luci prateći kretanje kontejnera može obavljati isti posao i iz ureda. Implementacija Huaweijeve F5G mreže omogućilo je besprekidan prijenos video signala, što znači da operateri dizalica jasnije vide kontejner putem HD kamera i preciznije procjenjuju udaljenost. S kvalitetnom internetskom vezom, operateri dizalica hipotetski ne moraju biti niti na terminalu već mogu raditi i na lokacijama udaljenim više od 100 km.

Osim automatizirane opreme, ključni elementi terminala Yangshan ACT4 predstavljaju dva informacijska sustava:⁵²

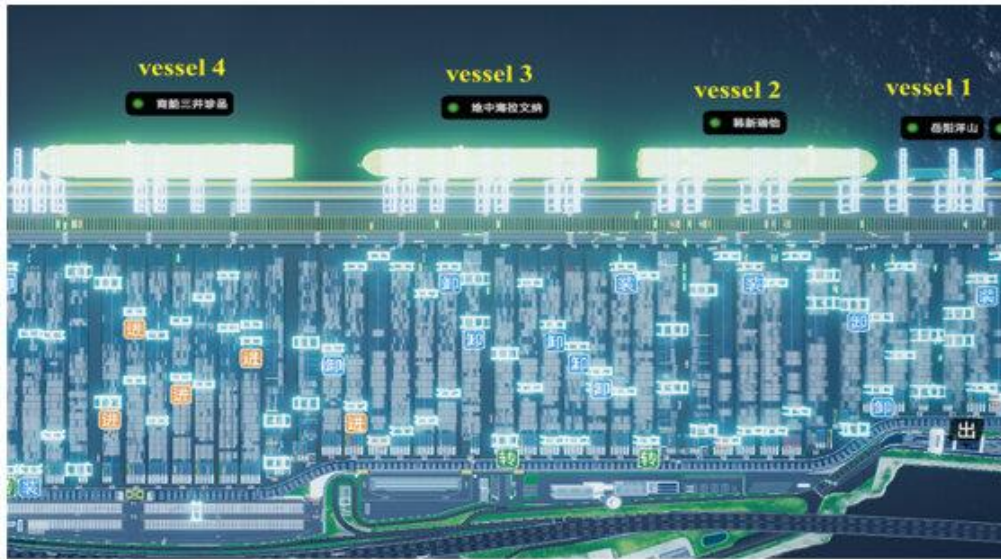
- ITOS operativni sustav neovisno istražen i razvijen od strane operatora terminala – tvrtke Shanghai International Port (Group) Co Ltd., zahvaljujući kojem je terminal ACT4 u luci Yangshan osvojio neke od najprestižnijih nagrada Shanghaija za znanstvena i tehnološka postignuća.
- Program Digital Twin (Digitalni blizanac) koji predstavlja virtualni 3D prikaz terminala pružajući potpunu vidljivost okoline terminala, njegove opreme i tereta na samom terminalu. Uparen sa ITOS sustavom, digitalni blizanac stvara temelj za naprednu analizu podataka i podršku odlučivanju.

⁵¹ Cindy Sun, CBRE, *2022 Global Seaport Review*, Shanghai, China, 18.12.2022., <https://www.cbre.com/co/insights/local-response/2022-global-seaport-review-shanghai> , (10.04.2024.)

⁵² English Eastday, *Phase IV Terminal of Yangshan port keeps evolving*, 2022., <https://english.eastday.com/Shanghai/u1ai8747257.html> , (10.04.2024.)

Tehnologija Digitalnog blizanca terminala Yangshan koristi ugrađeni sustav podrške odlučivanju sastavljen od tri razine: planiranje, operacije i analiza. Na razini planiranja glavni je cilj napraviti planove prije početka operacija te optimizirati raspodjelu resursa, a izlazni rezultati koristi se kao ulazni parametri za simulaciju budućih događaja pomoću modela simulacije. Na operativnoj razini rezultat razine planiranja koristi se kao ulazni parametri za simulaciju, a modeli simulacije temeljeni na diskretnim događajima simuliraju buduće događaje. Tehnologija Digitalnog blizanca će u ovom sloju nadgledat će status operacija trenutne luke kroz stvarnu interakciju fizičkih i virtualnih slojeva. Na razini analize rezultati simulacije se procjenjuju kako bi se utvrdilo jesu li zadovoljeni traženi parametri, a zatim se mehanizam povratne informacije ponovno raspoređuje na razini planiranja dok se ne dođe do iterativnog završetka. Konačni izlaz simulacije služi kao referentna točka za procjenu razine ranog upozorenja za podršku odluci. Glavna prednost korištenja tehnologije Digitalnog blizanca za naprednu podršku odlučivanju očituje se u mogućnosti što može pružiti sveobuhvatnu podršku odlučivanju u stvarnom vremenu s makro planiranja i mikro operativnih razina. Osim toga, mehanizam povratne informacije temeljen na ranom upozorenju povezuje makro i mikro razine. Općenito, primjena navedenog okvira u sustavu odlučivanja može se podijeliti na dva aspekta. U fazi planiranja predloženi okvir terminalnim operatorima omogućava stvarno praćenje operatorima optimalno planiranje raspodjele terminalnih resursa unaprijed koristeći simulaciju. Tijekom operativne faze, Digitalni blizanc ažurira svoje operativne informacije, uključujući mogućnost nadzora nad operativnim entitetima i izračunavanje pokazatelja u stvarnom vremenu. Kroz spomenute razine planiranja, operacija i analize, sustav potpore odlučivanju zasnovan na Digitalnom blizancu poboljšava mogućnost nadzora nad operacijama terminala, omogućujući terminalnim operatorima da brzo identificiraju uska grla.⁵³

⁵³ Huawei, Customer Stories: *The World's Largest Automatec Container Port*, <https://e.huawei.com/se/case-studies/global/2018/201807050920>, (15.04.2024.)



Slika 4: Sustav Digitalni bliznac terminala Yangshan

Izvor: Y. Ding, Z. Zhang, K. Chen: Real-Time Monitoring and Optimal Resource Allocation for Automated Container Terminals: *A Digital Twin Application at the Yangshan Port*, ožujak 2023., https://www.researchgate.net/figure/3D-visualization-of-the-ACT4-at-the-Yangshan-Port-Shanghai_fig2_369419515 (10.04.2024.)

5. ZAKLJUČAK

Unatoč globalnom rastu volumena i povećanoj trgovinskoj razmjeni, posljednje godine obilježila je izrazita nestabilnost tržišta, potaknuta pandemijom COVID-19 i političkim previranjima u Europi i na Bliskom istoku, jasno ukazujući na važnost razvoja i prihvaćanja modernih tehnologija operacijama na terminalu. Brodarska i kontejnerska industrija, iako uspješne stoljećima, zaostaju u primjeni i prihvaćanju tehnoloških inovacija u usporedbi s drugim transportnim industrijama poput zračnog prijevoza. No, pametne tehnologije postupno mijenjaju konzervativni svijet kontejnerskog transporta. Posljednje godine pokazuju da se spomenuti trend mijenja na valu pametnih tehnologija koje se koriste za poboljšanje svakog segmenta logističke usluge. Godišnji izvještaj Svjetske Banke „*The Container Port Performance Index*“ potvrđuje da su najveće i najopremljenije svjetske luke zadržale ili čak popravile svoju poziciju unatoč bitno težim tržišnim uvjetima u odnosu na prethodne godine. Ipak, podatak da je svega 20-tak % svjetskih kontejnerskih luka automatizirano, pokazatelj je da će se snažniji utjecaj primjene pametnih tehnologija značajnije vidjeti tek u narednom desetljeću. U predmetnom završnom radu pojašnjenje su glavne tehnologije i informacijski aspekti koji pomažu najboljim svjetskim kontejnerskim terminalima da iz godine u godinu zadržavaju rekordne performanse i produktivnost, a niže podsjećam na najvažnije pametne tehnologije koje omogućavaju razvoj kontejnerskih terminala.

IoT tehnologija omogućuje besprijekornu integraciju fizičkih sredstava, senzora i komunikacijske tehnologije, stvarajući povezano i inteligentno okruženje terminala.

5G tehnologija ključan je faktor učinkovite komunikacije i predstavlja jedan od preduvjeta za uspješno funkcioniranje IoT tehnologije na terminalu. U odnosu na tradicionalne mrežne standarde, 5G tehnologija odlikujuju veće brzina razmjene podataka te niskom latencija.

Umjetna inteligencija pogoni napredne informacijske sustave, sofisticirane algoritme, strojno učenje i digitalne alate poput Digitalnog blizanca koji pojednostavljaju logističke procese i omogućuju terminalskim operaterima rano upozorenje i detekciju mogućih uskih grla.

Cijene prijevoza po kontejneru padaju, sve veći kapaciteti modernih kontejnerskih brodova postavljaju pravi izazov pred infrastrukturu i prostorna ograničenja aktualnih kontejnerskih terminala. Slijedom navedenog, očekuje se da će Hub terminali postati još važniji te će moći iskoristiti komparativne prednosti poput fokusa na učinkovitije operacije i postizanje boljih poveznica s drugim lukama i tržištima. Iako su u predmetnom radu istaknute sve prednosti automatizacije kontejnerskih terminala, važno je naglasiti i negativne aspekte automatizacije. Kao najveću prepreku široj primjeni automatizacije mogu se istaknuti dvije činjenice: visoki troškovi automatizacije te povezani utjecaj na smanjenje radnih mjesta. Trošak implementacije automatizirane tehnologije na postojećem terminalu procjenjuje se u okvirima od 500 milijuna do milijarde \$. Kako bi terminali opravdali toliko ulaganje, morali bi godišnje isporučivati minimalni promet od približno milijun TEU jedinica.

Recentne studije bazirane na implementaciji automatiziranih rješenja u morskim lukama pokazuju da je dugoročan efekt smanjenje radne snage za čak 50%, čim se postižu značajne uštede, ali i postiže veća sigurnost smanjivanjem mogućnosti za ljudsku pogrešku. Dodatan razlog koji terminal operateri razmatraju kod odlučivanja o automatizaciji terminala jest i činjenica da automatizacija omogućava gotovo neprekidan rad terminala uz izostanak dodatnih troškova poput prekovremenih sati za djelatnike.

Terminali Maasvlakte II unutar lučkog bazena Rotterdam kao svjetski najmoderniji automatizirani terminal primjer je i svojevrsni primjer svim drugim terminalima na Europskom, ali i globalnom nivou. Tvrtka APM Terminals još je 2018. ulaganjem u automatizaciju operacija na operativnoj obali, slagalištu i automatskim ulazom / izlazom s terminala pokazala kako će izgledati budućnost kontejnerskih terminala. Osim velikih ulaganja s ciljem poboljšanja produktivnosti, ulaganjem u moderne tehnologije, termina tvrtke APM Terminals postao je prvi energetske potpuno učinkovit terminal na svijetu.

Kontejnerski terminal Yangshan ACT4 predstavlja najveći svjetski automatizirani terminal koji je već 14 godina zaredom terminal s najvećim svjetskim prometom na godišnjoj razini. Ovaj terminal nije samo primjer implementacije najmodernije tehnologije koju su proizvod kineske ekonomije, nego je i primjer kako se pametne tehnologije mogu koristiti i za smanjenje nepovoljnog utjecaja na okoliš unutar transportnog sektora.

U zaključku, digitalne inovacije u logističkom lancu ključ su održavanja konkurentnosti najboljih svjetskih kontejnerskih terminala. U budućnosti se očekuje daljnji

razvoj tehnologija i njihova primjena kojom će terminalski operateri osiguravati učinkovitost, održivost i konkurentsku prednost u transportnom sektoru.

LITERATURA

1. KNJIGE:

- A. Agatić, D. Čišić, E. Tijan, *Upravljanje informacijama u lučkim klasterima*, Pomorski Fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2011.
- Dundović, Č., Hess S.: *Unutarnji transport i skladištenje*, Pomorski Fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007.
- Dundović, Č., *Lučki terminali*, Pomorski Fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2002.
- B. Rudić, E. Gržin: *Razvoj kontejnerizacije u svijetu i analiza kontejnerskog prometa u luci Rijeka*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 8, 2020.
- Mišković D., Ivče R., Popović M.: *Tehnološki razvoj kontejnerskog broda kroz povijest, stručni rad*, 2015., p. 9.;2021.
- Luketić, M., *Razvoj i organizacija huckepack prijevoza u Europi*, 1991.
- Rodrigue J.P. *The Geography of Transport Systems*, 5th Edition, 2020.
- V. Čerić, M. Varga, *Informacijska tehnologija u poslovanju*, Zagreb, Element, 2004.

2. ČLANCI:

- Žuškin, S.: *Optimizacija rasporeda tereta na kontejnerskim brodovima u funkciji skraćanja prekrcajnoga procesa*, doktorski rad, Pomorski fakultet u Rijeci, 2015., p. 2.2.-2.3.
- W.K. Kon, N. Shaiful, R. Md Hanafiah: *The global trends of automated container terminal: a systematic literature review*, Maritime Business Review, 2022.,
- T. D. Gatusso, D.S. Pellicano: *Perpectives for ports development, based on automated container handling technologies*, Mediterranea University, 2022.,
- G. Majoral1, A. Reyes, S. Sauri.: *Lessons from Reality on Automated Container Terminals: What Can BeExpected from Future Technological Developments?*, Transportation Research Record, 2023.
- Masarykovo Sveučilište, *Enterprise Information Systems in practice*, Brno, 2021..

- R. Rahman; *What is a Smart Port?*, Port Technology International., 2023.,
- U. Sanders, L. Kloppsteck, C. Roeloffs, *Think Outside Your Boxes: Solving the Global Container-Repositioning Puzzle.*, Boston Consulting Group, 2015.,
- *Huawei 5G Smart Port White Paper*, Huawei Tech, 2019.,
- K. Žubrinić, *Korištenje sustava za radio frekvencijsku identifikaciju u poslovanju*, Laus časopis, 2014., str. 3-5
- Dr. JP Rodrique, Dr. T. Notteboom, Dr. A. Pallis, *The Digital Transformation of Ports* , Port Economics, Management and Policy, Chapter 2.4 , 2022.
- Prof. N. Saini, *Research paper on Artificial Intelligence & its applications*, Volume 8, Issue 4, 2023.
- Agatić, D. Čišić, E. Tijan, *Upravljanje informacijama u lučkim klasterima*, Pomorski Fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka,, str. 5, 2011.,
- Vilke S., *Značenje tržišnog pristupa za razvitak luka*, Pomorski zbornik, Vol.41, 2003., str. 337.-350.

3. INTERNETSKI IZVORI:

- The New York Times: *The Story of Malcolm McLean*, <https://maritime-executive.com/article/the-story-of-malcolm-mclean> , (02.04.2024.)
- World Trade Organisation (WTO), *World Trade Statistical Review*, 2023., https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtsr_2023_e.pdf, 15.01.2024.
- C. Roeloffs, *Repositioning empty containers costs the industry \$20bn a year*, Splash247.com: 2018., <https://splash247.com/xchange-repositioning-empty-containers-costs-the-industry-20bn-a-year/> (23.11.2023.)
- K. JingZhou, *Advantages and Disadvantages of radio - frequency*, SynTek Smart Technology Co, 2023., <https://hr.syntekrfid.net/news/advantages-and-disadvantages-of-radio-freque-72140058.html>, (25.11.2023.)
- Terminal Operating Systems: *Main Features, Integration, and Providers Overview*, 2022., <https://www.altexsoft.com/blog/terminal-operating-system/>, (20.01.2024.)
- *Europska politika interneta stvari*, Europska komisija, <https://digitalstrategy.ec.europa.eu/hr/policies/internet-things-policy>, (01.11.2023.)
- *What is IoT architecture?*, AVSystem Poljska, 2020., <https://www.avsystem.com/blog/iot/what-is-iot-architecture/>, (20.01.2024.)

- M2M komunikacija – regulatorni pregled, HAKOM, 2014.,
https://www.hakom.hr/userdocsimages/javnaRasprava/M2M_komunikacija_javne%20konzultacije-20141216.pdf (15.12.2023.)
- Allied Market Research, *IoT in Transportation Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Type, Mode of Transport and Application: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021-2030*, 2022.,
<https://www.alliedmarketresearch.com/IoT-in-transportation-market>, (15.12.2023.)
- Evolving Automation Ecosystems, *Enhancing and streamlining the safe flow of cargo*, Visy Oy, 2022., <https://www.visy.fi/wp-content/uploads/2022/11/Evolving-Automation-Ecosystems-v2.pdf>, (20.12.2023.)
- *Private 5G cellular network and Wi-Fi 6 coexistence for enterprises*, Wipro, 2020.,
<https://www.wipro.com/innovation/private-5g-cellular-network-and-wi-fi-6-coexistence-for-enterprises/>, (20.01.2024.)
- F. Chu, S. Gailus, L. Liu, *The future of automated ports*, McKinsey & Company, 2018., https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/the-future-of-automated-ports#/ (01.02.2024.)
- HFCL report: *Keeping the world's goods flowing with better speed, better efficiency*, 2003. (25.11.2023.)
- Charter Global, *How Big Data is Driving Business Digital Transformation*, 2024.,
<https://www.charterglobal.com/how-big-data-is-driving-business-digital-transformation/>, (15.02.2024.)
- *Što je umjetna inteligencija i kako se upotrebljava?*, Europski parlament, 2020.,
<https://www.europarl.europa.eu/topics/hr/article/20200827STO85804/sto-je-umjetna-inteligencija-i-kako-se-upotrebljava> , (22.01.2024.)
- *EU and GNSS Market Report, 2024 / Issue 2*, The EU Space Programme (EUSPA),
https://www.euspa.europa.eu/sites/default/files/documents/EUSPA%20Market%20Report%202024_1.pdf , str. 146-154, (20.04.2024.)
- J. Bonaca. R. Černjul, S. Vaclavek, *Sustavi za upravljanje kontejnerskim terminalima podržani GNSS-om i GIS-om*,
<http://www2.geof.unizg.hr/~znevistic/satgeo/ppt/K13%20Bonaca%20J.%20%20C8ernjul%20R.%20i%20Vaclavek%20S.-Sustavi%20za%20upravljanje%20kontejnerskim%20terminalima%20podr%9Eani%20GNSS-om%20i%20GIS-om.pdf> , (20.04.2024.)

- A. Bernaerd, Camco Technologies, *Terminal Automation Through OCR and OFR*, https://wpassets.porttechnology.org/wp-content/uploads/2022/03/08104511/020-023_PTI118_Camco_v1.pdf 2022., (10.02.2024.)
- I.G.R Gavilan, *Los diez elementos de un sistema OCR (Optical Character Recognition)*, 2019., <https://ignaciogavilan.com/los-diez-elementos-de-un-sistema-ocr-optical-character-recognition/> . (10.02.2024.)
- Belei, *AI Revolutionizes the Maritime Industry; Navigating the Future with Data and Technology*, PortXchange, 2023., <https://port-xchange.com/blog/ai-revolutionizes-the-maritime-industry/> (20.01.2024.)
- SAS Insights, *Big Data - What it is and why it matters*, https://www.sas.com/en_ca/insights/big-data/what-is-big-data.html , (15.05.2024.)
- Port Community Systems – *General, International Port Community Systems Association*, <https://ipcsa.international/pcs/pcs-general/> (20.02.2024.)
- D. Plećaš, *Port Community System, Konferencija o jedinstvenom pomorskom sučelju i digitalizaciji u pomorskom prometu*, Lučka uprava Ploče, 2018., https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/PCS%20luke%20Ploce_LUP%2022-1_18.pdf , (23.02.2024.)
- IBM, *What is an API? (application programming interface)?*, <https://www.ibm.com/topics/api> , (25.02.2024.)
- Kong Ing, *API Impact Report 2023.*, <https://assets.prд.mktg.konghq.com/files/2023/09/65133b76-api-impact-report-2023.pdf> , str. 3(05.03.2024.)
- APM Terminals Data Services & API Store, <https://www.apmterminals.com/en/tools/api> , (10.03.2024.)
- *Move Forward: Step by Step Towards a Digital Port*, White paper, Port of Rotterdam, 2019., https://globalmaritimehub.com/wp-content/uploads/2019/08/201903ID_C051_POR_Whitepaper_Levels_of_Maturity_BP_A_RGB.pdf, (11.03.2024.)
- Captain AI, <https://www.captainai.com/radar-tracker-use-cases/periskal-and-captain-ai-join-forces-for-groundbreaking-innovation-in-european-inland-shipping/>, (10.04.2024.)
- APM Terminals, *APM Terminals MVII signs largest European expansion contract (62 cranes) with Kuenz* <https://www.apmterminals.com/en/maasvlakte/practical->

[information/news-and-updates/2024/240429-apm-terminals-mvii-signs-largest-european-expansion-contract](#) , (30.04.2024.)

- Cindy Sun, CBRE, 2022 *Global Seaport Review*, Shanghai, China, 18.12.2022.,
<https://www.cbre.com.co/insights/local-response/2022-global-seaport-review-shanghai>,
(10.04.2024.)
- English Eastday, *Phase IV Terminal of Yangshan port keeps evolving*, 2022.,
<https://english.eastday.com/Shanghai/u1ai8747257.html> , (10.04.2024.)
- Huawei, Customer Stories: *The World's Largest Automatec Container Port*,
<https://e.huawei.com/se/case-studies/global/2018/201807050920> , (15.04.2024.)

KAZALO KRATICA

Kratika	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
TEU	Twenty foot equivalent unit	TEU jedinica
ISO	International Organization for Standardization	Međunarodna organizacija za standardizaciju
FCC	Fully cellular containership	Namjenski brod za prijevoz kontejnera
ACT	Automated container terminals	Automatizirani kontejnerski terminal
CTA	Container Terminal Alternwerder	Kontejnerski Terminal Alternwerder
STS	Ship to Shore	Obalna mosna dizalica
SPSS	Ship Profile Scanning System	Sustav za profiliranje broda
TOS	Terminal Operating system	Operativni sustav terminala
AGV	Automated guided vehicles	Automatski navođena vozila
ASC	Automated shuttle carrier	Automatizirani mali portalni prijenosnik
ERP	Enterprise resource planing	Sustav za planiranje resursa organizacije
CRM	Customer relationship Management	Sustav za upravljanje komunikacijom s klijentima
SCM	Supply Chaing Management	Sustav za upravljanje dobavnim lancem
MIS	Management Information System	Sustav za podršku odlučivanju
CMS	Content Management System	Sustav za kreiranja digitalnog sadržaja
KMS	Knowledge Management System	Sustav upravljanja znanjem
DSS	Decision Support System	Sustav za potporu odlučivanju u organizaciji
GIS	Geographic Information System	Sustav za upravljanje informacijama o lokaciji
CRP	Corporate Performance Management	Sustav koji služi za upravljanje poslovanjem organizacije
EAM	Enterprise Asset Management	Sustav za upravljanjem imovinom
EDMS	Electronic Document Management System	Sustav za upravljanje digitalnom dokumentacijom
RFID	Radio Frequency Identification	Sustav identifikacije putem radio frekvencije
VR	Virtual reality	Sustav virtualne stvarnosti
AI	Artificial Inteligence	Umjetna inteligencija

CTS	Container Tracking Systems	Sustav praćenja kontejnera
OCR	Optical Container Recognition	Optičko prepoznavanje kontejnera
RTG	Rubber Tyre Gantry	Mosna dizalica s kotačima
RMG	Rail Mounted Gantry	Mosna dizalica na šinama
PCS	Port Community System	Sustav komuniciranja unutar lučkog klastera
EDI	Electronic Data Interchange	Elektronička razmjena podataka
API	Application Programming Interface	Programsko sučelje za aplikacije
BRI	Belt and Road Initiative	Inicijativa „Jedan pojas, jedan put“
DT	Digital Twin technology	Tehnologija Digitalnog blizanca

POPIS TABLICA

Tablica 1. Standardizirane mjere kontejnera	5
Tablica 2. Potencijal razvoja automatizacije terminalu	11
Tablica 3: Značajke 5G mreže u usporedbi s Wi-Fi širokopojasnim pristupom	25

POPIS SHEMA

Shema 1: Shema tradicionalnog kontejnerskog terminala Slika 3. Izvor: L. Moccia, <i>Operations Research for the management of a transshipment container terminal, The Gioia Tauro case</i> , 2009., (10.11.2023.)	8
Shema 2: Shema automatiziranog kontejnerskog terminala	11
Shema 3. Poslovni sustav-funkcije, procesi, radni i informacijski tokovi	15
Shema 5: TOS sustav: glavne značajke i integracija	17
Shema 6: Struktura IoT sustava	20
Shema 7: Pregled procesa – automatizacija kontejnerskog terminala	23
Shema 8: Broj operatera tradicionalne obalne dizalice u odnosu na daljinski upravljaju obalnu dizalicu	26

Shema 9: Informacijsko – komunikacijski sustav kontejnerskog terminala	29
Shema 10: Captain Peter, sustav daljinskog praćenja kontejnera	36
Shema 10: Struktura API sučelja	40
Shema 11: Terminal Masvlaakte II – energetski potpuno održiv terminal	47

POPIS SLIKA

Slika 1: Klasifikacija kontejnerskih brodova.....	6
Slika 2: Luka Rotterdam.....	45
Slika 3: Terminal Maasvlaakte II	49
Slika 4: Sustav Digitalni blizanac terminala Yongshen.....	53

POPIS DIJAGRAMA:

Dijagram 1. Analiza World Trade Statistical Review 2023.	16
Dijagram 2: Porast globalnog tržišta pametnih kontejnera	24
Dijagram 3: Ciljevi implementacije automatizacije	27