

Primjene novih tehnologija u radu željezničkih kolodvora

Igrec, Krešimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:733916>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-01**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

Krešimir Igrac

PRIMJENA NOVIH TEHNOLOGIJA U RADU
ŽELJEZNIČKIH KOLODVORA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2024.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PRIMJENA NOVIH TEHNOLOGIJA U RADU
ŽELJEZNIČKIH KOLODVORA

APPLICATION OF EMERGING TECHNOLOGIES IN THE
RAILWAY STATIONS OPERATION

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. tech. Marjana Petrović

Student:

Krešimir Igrac, 0135227608

Zagreb, rujan 2024.

Zagreb, 22. svibnja 2024.

Zavod: **Zavod za željeznički promet**
Predmet: **Tehnološki procesi u željezničkom prometu**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7521

Pristupnik: **Krešimir Igrec (0135227608)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Željeznički promet**

Zadatak: **Primjene novih tehnologija u radu željezničkih kolodvora**

Opis zadatka:

U radu je potrebno analizirati tehnologiju rada putničkih i teretnih kolodvora s ciljem detektiranja operacija koje je moguće automatizirati primjenom novih naprednih tehnologija. Također je potrebno definirati te dati pregled novih tehnologija te navesti mogućnosti primjene istih za unaprjeđenje procesa rada kolodvora.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Marjana Petrović

SAŽETAK

Tehnološki procesi rada kolodvora, putničkih i teretnih, zahtijevaju kontinuirano unaprjeđenje procesa i usluga zbog sve većih potreba za prijevozom robe i putnika. Brzina, točnost i kvaliteta su značajke koje očekuje svaki korisnik željezničkog transporta. U teretnom prometu to znači isporuka robe na vrijeme po dogovorenoj trasi, a u putničkom učestalost, brzina, korisničko iskustvo te pristup informacijama. U takvom dinamičkom okruženju uvođenje novih tehnologija u svakodnevni rad kolodvora od velike je važnosti kako bi se premostili sadašnji izazovi te povećala konkurentnost i kvaliteta usluge. Navedene su i opisane nove tehnologije u željezničkom prometu te su analizirane mogućnosti primjene u radu željezničkih kolodvora.

Ključne riječi: tehnološki proces rada putničkih kolodvora, tehnološki proces rada teretnih kolodvora, nove tehnologije, mogućnosti primjene novih tehnologija

SUMMARY

Technological processes in the rail terminals, both passenger and freight, require continuous improvement of processes and services due to the increasing demand for the transportation of goods and passengers. Speed, accuracy, and quality are the characteristics expected by every user of rail transport. In freight transport, this means the timely delivery of goods along the agreed route, while in passenger transport, it includes frequency, speed, user experience, and access to information. In such a dynamic environment, the introduction of new technologies in the daily operation of stations is of great importance to overcome current challenges and increase competitiveness and service quality. New technologies in rail transport have been listed and described, and their potential applications in terminal operations have been analyzed.

Keywords: technological process of passenger station operations, technological process of freight station operations, new technologies, possibilities for applying new technologies.

SADRŽAJ

1 Uvod.....	1
2 Analiza tehnološkog procesa rada putničkih kolodvora.....	3
2.1 Čvor Zagreb i Zagreb Glavni kolodvor.....	5
2.2 SIMIS W	6
2.3 Fortress.....	7
2.4 SCADA	7
3 Analiza tehnološkog procesa rada teretnih kolodvora.....	8
3.1 Zagreb Ranžirni kolodvor	9
3.2 Zagreb Zapadni kolodvor.....	11
4 Definiranje i pregled novih tehnologija	12
4.1 RFID.....	12
4.2 Senzori i pametne kamere	14
4.3 Inteligentna Video Vrata (IVG).....	16
4.4 Robotska tehnologija.....	20
4.5 GPS.....	22
4.7 EDI	23
4.8 Internet Stvari (IoT)	25
4.9 <i>Blockchain</i> tehnologija.....	28
4.9.1 Pametni sustavi naplate voznih karata	28
4.9.2 <i>Blockchain</i> tehnologija u logistici i lancu opskrbe	29
4.9.3 Distribucija podataka unutar mreže putem <i>blockchain-a</i>.....	30
4.10 Umjetna inteligencija i <i>chatbot-ovi</i>	30
4.11 Proširena stvarnost (AR) za navigaciju i upute putnicima	31
5 Mogućnosti primjene novih tehnologija u unaprjeđenju rada željezničkih kolodvora ..	34
5.1 Kratkoročni plan.....	36
5.2 Srednjoročni plan	36

5.3 Dugoročni plan	37
6 Zaključak.....	39
Literatura	40
Popis kratica	43
Popis slika	44
Popis tablica	44

1 Uvod

Tehnološki procesi rada kolodvora, kako putničkih tako i teretnih, suočavaju se s nizom izazova koji zahtijevaju kontinuirano unaprjeđenje. Sve veće potrebe za prijevozom robe i putnika stvaraju pritisak na brzinu, točnost i kvalitetu usluga koje pružaju željeznički sustavi. U teretnom prometu, korisnici očekuju pravovremenu isporuku robe po dogovorenoj trasi, dok su u putničkom prometu ključni čimbenici učestalost vožnji, brzina prijevoza, zadovoljstvo korisnika te jednostavan pristup informacijama. Postojeći sustavi često nisu dovoljno fleksibilni da odgovore na ove zahtjeve, što dovodi do kašnjenja, neefikasnosti i smanjenja zadovoljstva korisnika. Osim toga, povećana potražnja za prijevozom dovodi do zagušenja kapaciteta, što dodatno opterećuje rad kolodvora. Kako bi se ovi problemi uspješno premostili, potrebno je prilagoditi radne procese i implementirati inovativna rješenja koja mogu zadovoljiti sve veće potrebe tržišta. Izazovi se također očituju u održavanju infrastrukture i upravljanju resursima, što zahtijeva stalna ulaganja i optimizaciju postojećih sustava.

Uvođenje novih tehnologija u svakodnevni rad kolodvora od iznimne je važnosti za povećanje konkurentnosti i kvalitete usluge u željezničkom prometu. Tehnološke inovacije omogućuju efikasnije upravljanje prometom, bolju koordinaciju između različitih dionika i brži protok informacija, što sve doprinosi većoj pouzdanosti sustava. Na primjer, automatizacija i digitalizacija procesa mogu značajno smanjiti mogućnost ljudske pogreške, ubrzati operacije i omogućiti pravovremenu reakciju na nepredviđene situacije. Cilj završnog rada je na temelju analize tehnoloških procesa putničkih i teretnih kolodvora te navedenih novih tehnologija analizirati mogućnosti njihove primjene u radu željezničkih kolodvora. Naslov završnog rada jest: Primjena novih tehnologija u radu željezničkog kolodvora. Rad je podijeljen u šest cjelina:

1. Uvod
2. Analiza tehnološkog procesa rada putničkih kolodvora
3. Analiza tehnološkog procesa rada teretnih kolodvora
4. Definiranje i pregled novih tehnologija
5. Mogućnosti primjene novih tehnologija u unaprjeđenju rada željezničkih kolodvora
6. Zaključak

U drugom poglavlju napravljen je osvrt na zahtjeve koji se postavljaju pred putničke kolodvore te se analizira važnost i uloga željeznica u putničkom prometu. Naglašava se važnost planiranja, projektiranja i upravljanja željezničkim kolodvorima s ciljem povećanja kvalitete

usluge. Napravljena je analiza tehnološkog procesa rada Zagreb Glavnog kolodvora te su navedene i opisane tehnologije koje koriste u svakodnevnom radu.

Teretni promet željeznicom od velike je važnosti za gospodarstvo Europske Unije. Treće poglavlje ovog rada obuhvaća čimbenike koji utječu na učinkovitost i atraktivnost željezničkog prijevoza u robnom prometu. Napravljen je osvrt na tehnološki proces rada i razinu tehnološke i tehničke opremljenosti na primjeru Zagreb Ranžirnog kolodvora i Zagreb Zapadnog kolodvora.

Četvrto poglavlje naslova *Definiranje i pregled novih tehnologija* navodi i opisuje neke od novih tehnologija koje su sve prisutnije u poslovanju željezničkih kolodvora i željeznica općenito.

U petom poglavlju opisuju se mogućnosti primjene novih tehnologija te su navedeni preduvjeti za njihovu implementaciju. Navedeni su prednosti i nedostaci pojedinih tehnologija.

U šestom poglavlju navode se zaključci .

2 Analiza tehnološkog procesa rada putničkih kolodvora

U cjelokupnom prometnom sustavu gospodarstva neke zemlje posebna uloga pripada upravo željeznici s obzirom na njezina tehničko – tehnološka i organizacijska obilježja. Sukladno tome, često se pred željeznički promet postavljaju kvalitativno novi zahtjevi glede pružanja prijevoznih usluga, a u posljednje vrijeme sve veći naglasak stavlja se upravo na putnički prijevoz, [1].

Zbog svojih mnogobrojnih prednosti, počevši od činjenice da su putovanja vlakovima velikih brzina (do 300 km/h) financijski i vremenski isplativija od putovanja drugim prijevoznim sredstvima, važno je raditi na što boljoj organizaciji rada putničkih kolodvora te primjeni najinovativnijih tehnologija kako bi se putnicima omogućio siguran i nesmetan prijevoz, [2].

Danas se sve više teži odabiru tehnoloških procesa rada kolodvora čija primjena rezultira najisplativijim sustavom rada u tehničko – ekonomskom smislu, a koji se temelji na najnovijim dostignućima prakse i znanosti. To podrazumijeva tehnološke procese kojima se mogu predvidjeti razni načini efikasnog iskorištavanja tehničkih sredstava i postrojenja, usklađenost rada raznih kolodvorskih elemenata i čvorova u cjelini, i što je najbitnije visoka proizvodnost rada uz najniže troškove, [3].

Uloga željezničkog prometa ima sve veći značaj i u energetske pogledu, budući da željeznice troše čak i do 8,7 puta manje energije u putničkom prometu u odnosu na cestovni prijevoz, [4].

Odabiru takvih tehnoloških procesa danas sve više teže upravo željeznice velikih brzina koje su postale stvarnost bez kojih Europa više ne može zamisliti putnički prijevoz budući da im je temeljni cilj osigurati putnicima na kraćim relacijama dolazak na točku odredišta barem dvostruko brže nego bilo kojim drugim sredstvom cestovnog prijevoza. Takav vid željeznice predstavlja jaku konkurenciju, ne samo cestovnom prijevozu, već postaju i iznimno jak konkurent zračnom prijevozu na manje relacije, [4].

Upravo na taj način postiže se atraktivnost željezničkog prijevoza među putnicima, budući da u suvremenom ubrzanom načinu života ljudi teže radnjama koje će maksimalno uštedjeti njihovo dragocjeno vrijeme.

Prilikom traganja za rješenjima koji se odnose na poboljšanje tranzita kroz putnički terminal, potrebno je odgovoriti na sljedeća pitanja, [5]:

- Kako se može smanjiti vrijeme čekanja putnika?
- Kako se može smanjiti vrijeme stajanja prijevoznih sredstava?

- Kako se može postići maksimalni kapacitet prijenosa?

Za putnički kolodvor odgovor na gore navedena pitanja u osnovi znači utvrđivanje potrebnog broja vlakova koji osiguravaju prijevoz putnika koji dolaze vlakom i usklađivanje voznih redova kako putnici ne bi morali čekati na prijevoz, [5].

Primarni zadatak kolodvora jest biti na usluzi svim putnicima, prikazujući se kao fizičko mjesto gdje vlak može u potpunosti sigurno stati te omogućiti ulaz i izlaz putnika. S obzirom na to da vlakovi moraju stati na kolodvorima, način njihovog zaustavljanja mora biti unaprijed isplaniran kako bi se izbjegla sva potencijalna ometanja sustava. Drugim riječima, glavni kolodvori, pored omogućavanja sigurnog ulaza i izlaza putnika, dužni su osigurati i križanje i prestizanje vlakova, ali i manevriranje zbog promjene sastava vlakova, [6].

Također, važno je spomenuti kako svaki kolodvor raspolaže određenim kapacitetom kojeg se najlakše može objasniti kao maksimalan broj vlakova koje je kolodvor u mogućnosti obraditi. Shodno tome, svaki kolodvor teži minimiziranju vremena koje svaki vlak provede ulazeći u kolodvor, izvršavajući predviđene operacije (zaustavljanja, prelaženja, manevriranja) te izlazeći iz kolodvora, [6].

Zbog svega toga, neophodno je da se prilikom planiranja rasporeda kolodvora prema uslugama koje se namjeravaju pružiti, uzme u obzir ne samo trenutni, već i budući promet. Ključni segmenti na koje treba obratiti posebnu pažnju kod putničkog kolodvora su broj i duljina glavnih kolosijeka, ali i onih za parkiranje i manevriranje, što u konačnici čini krucijalnu značajku glavnih kolodvora u kojima vlakovima započinju i završavaju svoje putovanje, [6].

Nadalje, prilikom projektiranja kolodvora moraju se u obzir uzeti ključne komponente kao što su broj, duljina, širina te visina perona, budući da se vlakovi međusobno razlikuju u svojim značajkama. Drugi, ali ne i manje važan aspekt prilikom projektiranja kolodvora, odnosi se na njihovu pristupačnost, ne isključivo unutar samog kolodvora (stepenice, pokretne stepenice, hodnici, dizala), nego i izvana, gdje je potrebno uzeti u obzir intermodalnost, [6].

Sukladno tome, željezničke uprave određenih razvijenih europskih zemalja, kao što su Francuska, Njemačka, Španjolska i Italija, uložile su iznimne napore u osuvremenjivanje tehnologija i programa željezničkih mreža, što svakim danom rezultira sve većim porastom broja korisnika željezničkog putničkog prometa, [4].

U suštini, koncept rada takvih putničkih kolodvora temelji se na obavljanju tehnoloških radnji u redovnim ciklusima, drugim riječima promet se odvija prema prethodno utvrđenom broju i položaju trasa, te vrsti i sastavu putničkih vlakova. Specijalizacijom kolosiječnih skupina, ali i samih kolosijeka teži se uspostavljanju visoke protočnosti vlakova i manevarskih

sastava. Na taj način, omogućava se minimalno presijecanje putova vožnji, ravnomjerno opterećenje prijemno – otpremnih kolosijeka, te što je najvažnije osigurava se maksimalna sigurnost prometa vlakova i kretanja putnika, [7].

Zemlje članice EU danas se sve više zalažu za željeznicu kao energetski jeftiniji, ekološki održivi te ekonomski isplativiji način prijevoza, [4]. Unatoč posljednjim statističkim podacima *HŽ Putničkog prijevoza* iz 2023. godine, prema kojima se bilježi rast broja putnika u unutarnjem i međunarodnom prijevozu u odnosu na 2022. godinu, mora se priznati kako hrvatske željeznice nisu ni približno razvijene kao željeznice spomenutih europskih država, ali isto tako imaju itekako veliki potencijal za poboljšanje i podizanje kvalitete pruženih usluga na mnogo višu razinu od trenutne, [8].

Putnički kolodvor je službeno mjesto na pruži iz kojeg se izravno ili daljinski regulira promet vlakova i koje je otvoreno za putnički promet te se klasificira kao uslužni objekat pa kao takav ima propisanu razinu opremljenosti. U Republici Hrvatskoj, prema statističkim podacima za 2022. godinu, nalazi se ukupno 217 putničkih kolodvora od čega je jedan isključivo putnički dok su ostali putničko-teretni, [9]. Njihova razina opremljenosti tehničkim i tehnološkim sredstvima varira. Prema *Pravilniku o opremljenosti pojedinih vrsta uslužnih objekata* kolodvori se dijele u tri kategorije, a kolodvori prve kategorije su Zagreb Glavni kolodvor, Vinkovci, Osijek, Koprivnica, Split, Rijeka i Pula [10], dok je upravljanje prometom organizirano pet područnih radnih jedinica, [11]:

- Sjever (Koprivnica)
- Centar (Zagreb)
- Istok (Vinkovci)
- Zapad (Rijeka)
- Jug (Split)

Trenutno stanje željezničkog putničkog prometa u Republici Hrvatskoj, prikazat će se na primjeru Grada Zagreba.

2.1 Čvor Zagreb i Zagreb Glavni kolodvor

Na području grada Zagreba nalazi se ukupno 14 kolodvora koji čine zagrebački čvor. Od tog broja, 12 ih je putničko-teretnih te Zagreb Glavni kolodvor kao putnički kolodvor koji je ujedno i najveći s najvećim dnevnim intenzitetom dolaska i odlaska vlakova i putnika, [12].

Zagreb Glavni kolodvor kao putnički kolodvor prvenstveno je usredotočen na prijem i otpremu svih vrsta putnika, odnosno svih kategorija vlakova namijenjenih prijevozu putnika.

Također, predviđen je i za pregled, čišćenje, snabdijevanje te održavanje i garažiranje putničkih garnitura. Pored lokomotivskog depoa i depoa za EMV i DMV, u njegovom sastavu nalaze se i određene radionice usmjerene na održavanje putničkih vagona, [12].

U Zagreb Glavnom kolodvoru dnevni promet vlakova iznosi 363 u odlasku i dolasku, dok je u razdoblju od 4 do 24 sata prosječno oko 9 vlakova po satu u dolasku te isti broj u odlasku. Vršni sat u dolasku vlakova je između 7 i 8 sati ujutro kada kolodvor ima 17 vlakova u dolasku, a vršno razdoblje je između 6 i 9 sati ujutro kada prosječno dolazi oko 13 vlakova po satu. Vršni sat u odlasku vlakova je između 15 i 16 sati kada se otpremi 14 vlakova, a vršno razdoblje u odlasku je od 13 do 16 sati te se u tom razdoblju otpremi prosječno 13 vlakova po satu. Ukupno u jutarnjem vršnom razdoblju ima 30 vlakova u dolasku i odlasku, a u poslijepodnevnom 24 vlaka, [12].

Zagreb Glavni kolodvor jedini je kolodvor koji se, još od 2013. godine, može pohvaliti suvremenim elektroničnim uređajima kao što je SIMIS W čiji je proizvođač poznati Siemens. S druge strane, ostali kolodvori još uvijek su opremljeni elektro relejnim signalno - sigurnosnim uređajima starim preko 40 godina kao što je uređaj SpDrL 30 Lorenz. Kolodvori Zagreb Borongaj, Dugo Selo i Sesvete još uvijek su osigurani elektro relejnim signalno – sigurnosnim uređajima tipa Integra – Domino čija je starost i preko 50 godina, [12].

Kolodvori u čvoru Zagreb koji imaju izgrađenu UHF radijsku mrežu su: Zaprešić, Zagreb Zapadni kolodvor, Zagreb Glavni kolodvor, Savski Marof, Sesvete, Podsused Tvornica, Zagreb RK, Dugo Selo i Hrvatski Leskovac. Radio – dispečerski sustav (RD) trenutno je u funkciji na svim prugama čvora Zagreb, [12].

Uz suvremeni sigurnosno-signalni uređaj, u svakodnevnim operacijama Zagreb Glavni kolodvor služi se također modernim sustavima Fortress i SCADA (eng. Supervisory Control and Data Acquisition) o kojima će više riječi biti u nastavku rada, [13].

2.2 SIMIS W

Kao što je već prethodno spomenuto, Zagreb Glavni kolodvor je osiguran Siemensovim električno signalno – sigurnosnim uređajem tipa Simis W. Takav tip uređaja funkcionira na način da se sve potrebne zavisnosti između skretnica, signala, te međusobnih uvjetovanosti vlakovnih i manevarskih voznih puteva ostvaruju putem softverskih postupaka, [13].

Zagreb Glavni kolodvor zadržao je postojeće oznake skretnica i kolosijeka budući da im je prilagođena postojeća tehnologija rada te informacijski sustav za putnike. Do izmjena je došlo

u oznakama manevarskih signala za zaštitu voznog puta, pojedinih izlaznih signala te graničnih kolosiječnih signala, [13].

Što se tiče upravljanja ulaznim, dopunskim, izlaznim, graničnim kolosiječnim, manevarskim signalima za zaštitu voznog puta te predsignalima i skretnicama, postoji uređaj koji se nalazi u zgradi Nove postavnice, [13].

2.3 Fortress

Na Zagreb Glavnom kolodvoru postoji sustav u prometnom uredu Postavnice koji je namijenjen za video nadzor, a radi se o sustavu imena Fortress. Taj sustav nudi cjelovito rješenje sigurnosti, a posebno je napredan kada je riječ o funkcionalnosti i pouzdanosti. Sustav za video nadzor neophodan je za praćenje aktivnosti koje se odvijaju unutar prostora koji za cilj ima osigurati dodatne radne i/ili sigurnosne uvjete, [13].

Osnovni segment ovog sustava čini mreža kamera i sustava za snimanje, odnosno pregledavanje video zapisa. S obzirom na navedene segmente, unutar ovog sustava moguće je pregledavati snimke uživo, ali i snimke nastale u prošlosti koje su spremljene na tvrdom disku. Nadalje, moguće je spremanje odsječaka snimaka unutar željenog vremenskog intervala. Također, ovim sustavom omogućeno je podešavanje različitih postavki što se prvenstveno odnosi na postavke komunikacije unutar sustava te pregled snimki i samih kamera, [13].

2.4 SCADA

SCADA sustav (eng. *Supervisory Control and Data Acquisition*) je računalni sustav namijenjen za nadzor, mjerenje i upravljanje industrijskim sustavima. Odlični kandidati za primjenu ovog sustava jesu oni industrijski procesi koji zadovoljavaju kriterije za automatizaciju, odnosno oni procesi koje ima smisla automatizirati, [14].

Tako je u prometnom uredu Postavnice na radnom mjestu glavnog prometnika vlakova Zagreb Glavnog kolodvora postavljen upravo SCADA sustav. Glavne komponente ovog sustava čine korisničko sučelje, servis za razmjenu podataka te servis za očitavanje signala. Temeljna funkcija korisničkog sučelja jest nadziranje i upravljanje rasvjetom skretnica, grijačima skretnica, skretničkih i isklizničkih likova, te nadzor ups kabineta, diesel agregata, stanja otvorenosti vrata, termostata, luksomata i vatrodojave, [13].

Prilikom javljanja alarma, osnovni zadatak glavnog prometnika vlakova jest da uoči, identificira i potvrdi navedeno stanje, zatim da o tome obavijesti osoblje održavanja, [13].

3 Analiza tehnološkog procesa rada teretnih kolodvora

Željeznički teretni prijevoz ima veliku misiju u stvaranju održivog i konkurentnog tržišta teretnog prijevoza. Postoje brojne prednosti željezničkog prometa u odnosu na druge vrste kopnenog prijevoza, a kao najistaknutije mogu se navesti relativno niže cijene prijevoza, velike beneficije za prijevoz pojedinih roba, ekološka prihvatljivost, sigurnost te održivost na dugi rok, [15].

Međutim, usprkos svim navedenim prednostima željeznički promet suočava se s gubitkom svog položaja na prometnom tržištu, a najveća konkurencija mu je upravo cestovni prijevoz bez obzira na istraživanja prema kojima je dokazano da željeznice troše 3,5 puta manje energije u teretnom prometu u odnosu na cestovni prijevoz, [4].

Željeznički teretni prijevoz je iznimno konkurentan u površinski prostranim zemljama kao što su SAD, Kanada, Rusija i Indija. Na tim područjima dolaze do izražaja sve prethodno spomenute prednosti željezničkog teretnog prijevoza budući da se na tim područjima najčešće radi o prijevozu velikih količina robe na velike udaljenosti zbog čega se javlja potreba za formiranjem vlakova velikih duljina. U tim zemljama željeznički teretni prijevoz bilježi konstantnu stabilnost i kontinuiran rast opsega s relativno velikim tržišnim udjelima, [15].

Nažalost, usprkos svim komparativnim prednostima na srednjim i velikim udaljenostima, razvoj željezničkog teretnog prijevoza nailazi na određene poteškoće u razvoju na europskom području zbog niske razine kvalitete i pouzdanosti pruženih usluga što je rezultat nedostatka koordinacije u ponudi prekograničnih kapaciteta. Naime, glavnina teretnog prijevoza u EU je prekogranična, a željeznički teretni prijevoz u prekograničnom prijevozu gubi svoje konkurentske prednosti. Razlozi koji predvode tome su duga čekanja na graničnim prijelazima, potreba promjene voznog osoblja, jezične barijere, razlike u signalno – sigurnosnim sustavima, razlike u dozvoljenim duljinama vlakova, razlike u propisima o toleriranoj buci vlakova te razlike u sustavima kontrole vlakova, i slično. Takva situacija zahtjeva standardizaciju sustava i opreme u širem smislu kako bi se nadvladali postojeći problemi, [15].

Kao najvažniji dijelovi u procesu prijevoza robe željeznicom ističu se teretni intermodalni terminali te ranžirni kolodvori kao sjecišta robnih tokova te drugih modova transporta čiji će se pojmovi detaljnije objasniti u nastavku ovog rada.

Intermodalni terminali omogućuju kombiniranje različitih vrsta prijevoza s ciljem pronalaska jeftinije opcije u usporedbi s jednim načinom prijevoza. Najčešće se povezuje s višom prosječnom vrijednošću tereta koji se prevozi budući da je intermodalni prijevoz usko povezan sa sofisticiranijim i kompleksnijim robnim lancima. Sukladno navedenom,

učinkovitost suvremenih transportnih sustava jednako se oslanja na njihovu sposobnost za usmjeravanje tereta te njihovu sposobnost za prekrcaj, [6].

Svaki teretni terminal može biti intermodalni terminal ukoliko zadovoljava određene uvjete. Terminal mora imati potreban prostor i opremu namijenjenu za primanje tereta jednim načinom transporta te prostor i opremu za isporuku istog tog tereta, ali putem drugog načina transporta. Naravno, između dolazne i odlazne isporuke, terminal može obavljati i niz dodatnih funkcija koje poboljšavaju učinkovitost i rezultiraju dodanom vrijednošću lancu opskrbe, [6].

Ranžirni kolodvori imaju veliku ulogu u željezničkim teretnim operacijama. Osnovna funkcija ranžirnih kolodvora jest rastavljanje vlakova i nanovo sastavljanje u skladu s njihovim zajedničkim odredištima. Sam proces sortiranja čini oko 10-50% ukupnog vremena tranzita vlakova. Prema tome, učinkovitost ranžirnih kolodvora ima velik utjecaj na ukupnu kvalitetu željezničkih teretnih mrežnih operacija, [6].

Može se reći da su ranžirni kolodvori složeniji za analizu od intermodalnih terminala jer su najčešće mnogo veći i zahtijevaju iznimno visoku razinu optimizacije. Jedan od najvećih problema s kojima se susreću ranžirni kolodvori su kašnjenja obično uzrokovana kašnjenjem vlakova te internim operacijama u samim ranžirnim kolodvorima, [16].

U Republici Hrvatskoj, osim 216 putničko-teretnih kolodvora, postoji 14 kolodvora koji su namijenjeni isključivo za teretni promet te jedan ranžirni kolodvor. To su kolodvori Bakar, Đeletovci, Gradec, Jankovci, Nemetin, Podsused Tvornica, Prečec, Raša, Rijeka Brajdica, Šoići, Vrapčana, Zagreb Borongaj, Zagreb Resnik, Zagreb Žitnjak, a ranžirni je Zagreb Ranžirni kolodvor, [9].

Za potrebe rada analizirat će se teretni promet u gradu Zagrebu.

Postoje dvije skupine teretnih vlakova koji se prerađuju u čvoru Zagreb, a to su, [12]:

- Teretni vlakovi čija je osnovna zadaća prijevoz svih ostalih vagonskih pošiljki, osim B režima, kontejnera i vagona Dom ekspresa koji se usmjeravaju na preradu u Zagreb Ranžirni kolodvor.
- Teretni vlakovi čija je osnovna zadaća prijevoz vagonskih pošiljki B režima, kontejnera i vagona Dom ekspresa koji se usmjeravaju na preradu u Zagreb Zapadni kolodvor.

3.1 Zagreb Ranžirni kolodvor

Primarna funkcija Ranžirnog kolodvora Zagreb jest prerada teretnih vlakova, čiji je cilj rasformiranje i formiranje vlakova s novom strukturom upućivanja vagona, zatim obrada

tranzitnih vlakova s djelomičnom preradom i bez prerade, kod kojih dolazi do izmjene lokomotive, osoblja ili i lokomotive i osoblja, [12].

Kolosijeci Zagreb Ranžirnog kolodvora podijeljeni su u tri osnovne skupine, a to su: prijemna, smjerna i otpremna, [12].

Prijemna skupina prva je u nizu kolosiječnih skupina kolodvora, a sastoji se od ukupno 16 kolosijeka na kojima se vlakovi zadržavaju radi prethodnih operacija. Produžetak kolosijeka prijemne skupine čine dva kolosijeka spuštalice koji su u nagibu zbog ubrzanja vagona. Nakon što se postigne potrebna brzina, vagon se upućuje na smjerni kolosijek gdje se brzina vagona regulira kolosiječnim kočnicama, a zaustavljanje obavljaju tzv. manevristi – papučari ručnim zaustavnim papučama, [17].

Kod teretnih vlakova koji se prerađuju u prijemnoj skupini, posebno osoblje ima određene zadaće u pripremnim operacijama, a obuhvaćaju komercijalni pregled sa popisom vlaka i sravnjivanje dokumenata, priprema sastava za manevriranje i tehnički pregled vlaka. Poslije završenog nakupljanja za novoformirane vlakove na kolosijecima smjerne skupine ili formiranom sastavu sabirnih vlakova, manevarske lokomotive prevlače bruto u otpremnu skupinu. Završnom formiranju i obradi vlakova pristupa se na kolosijecima otpremne skupine. Manevarsko osoblje ima doticaj i sa završnim operacijama u otpremnoj skupini, a odnose se na komercijalni pregled sa popisom vlaka, tehnički pregled s probom kočnica, formiranje dokumenata vlaka te izdvajanje i sravnjivanje dokumenata. Dok se tranzitni vlakovi s djelomičnom preradom primaju direktno na kolosijeke otpremne skupine gdje se i vrši njihova obrada, tranzitni vlakovi bez prerade se primaju na tranzitne kolosijeke otpremne skupine, [12].

Što se tiče opremljenosti i uređenja, ulazno – izlazne pruge kao glavni kolosijeci kolodvora opremljeni su stabilnim postrojenjima električne vuče monofaznog sistema 25 kV, 50 Hz. Također, postoji i signalno sigurnosni blok uređaj SpDrl 30 „Lorenz“ kojeg je neizbježno spomenuti. Radi se o uređaju koji omogućava centralno upravljanje vanjskim elementima, kontroliranje stanja i ispravnosti kolosijeka, skretnica i električnih dijelova uređaja, ali i formiranje puteva vožnje za manevarske sastave i vlakove. Važno je znati kako prijemne skupine nemaju izlazne signale, nego granične kolosiječne i manevarske signale za zaštitu kolosiječnog puta, [17].

„Sva radna mjesta kolodvora su prema potrebama za sporazumijevanjem opremljena telekomunikacijskim uređajima: TK pultovima i uprošćenim TK pultovima, induktorskim telefonima, UHF radiom i terminalskim uređajima za IST. Direktnim UHF vezama su povezana sva radna mjesta prometnika vlakova na postavnim stolovima sa centralnim prometnikom

vlakova. Telekomunikacijski pult uz postavne stolove Postavnica 1 i 2 opremljeni su stabilnim UHF radio uređajima. Manevarske lokomotive i rukovatelji manevre opremljeni su prijenosnim UHF radio uređajima. Sporazumijevanje osoblja kolodvora sa osobljem ostalih kolodvora zagrebačkog čvora, kao i kolodvorima priključnih pruga obavlja se putem poslovnog voda za određeni smjer. Razmjena informacija sa susjednim rasporednim i ranžirnim kolodvorima obavlja se, telefax uređajima i automatskim telefonima uključenim u ŽAT i ŽATg mrežu HŽ Infrastrukture, [17].“

Ranžirni kolodvor nije opremljen modernim sustavima i tehnologijama te se većina poslova i procesa odrađuje polu-automatski ili ručno.

3.2 Zagreb Zapadni kolodvor

Unatoč tome što je otvoren za prijem i otpremu putnika, Zagreb Zapadni kolodvor u biti spada u kategoriju međukolodvora gdje se zaustavljaju i zadržavaju regionalni, gradski i prigradski vlakovi, a daljinski vlakovi samo prolaze bez ikakvog zadržavanja. Zagreb Zapadni kolodvor je također otvoren i za prijem i otpremu vagonskih pošiljaka te obavljanje carinskih poslova. To je jedini kolodvor u željezničkom čvoru Zagreb u kojem se izvršava manipulacija sa svim vrstama kontejnera (Kontejnerski terminal Vrapče). Osim spomenute uloge međukolodvora u teretnom prometu, Zagreb Zapadni kolodvor ima i ulogu dioničkog kolodvora. To znači da se u njemu otpočinja i završavaju neki od brzih kružnih, kontejnerskih, brzih i sabirnih vlakova, [12].

Razina opremljenosti Zagreb Zapadnog kolodvora modernim tehnologijama je približno slična ili jednaka Ranžirnom Kolodvoru Zagreb.

4 Definiranje i pregled novih tehnologija

Danas se sve češće susreće pojam „nova tehnologija (NT)“ koji se u biti i koristi za opisivanje novih tehnologija, ali isto tako se može odnositi na nastavak razvoja postojećih tehnologija. Ovaj pojam se najčešće upotrebljava za tehnologije koje prolaze kroz fazu razvoja i za koje se očekuje da će se koristiti u nadolazećim godinama. NT ne predstavljaju isključivo posljednja tehnološka dostignuća već mogu predstavljati i postojeće tehnologije koje su komercijalno dostupne, a koje u trenutnoj praksi nisu uobičajene. Iz perspektive transporta, tehnologija se naziva novom ukoliko može doprinijeti radikalnim promjenama sustava pri čemu glavno mjerilo čine bolje performanse sustava, [16].

Nove tehnologije koje će se obraditi u ovom radu su:

- RFID
- Senzori i pametne kamere
- Inteligentna Video Vrata (IVG)
- Robotska tehnologija
- GPS
- Elektronička razmjena podataka (EDI)
- Internet Stvari (IoT)
- *Blockchain* tehnologija
- Umjetna inteligencija i *chatbotovi*
- Proširena stvarnost (AR) za navigaciju i upute putnicima

4.1 RFID

RFID tehnologija je dio takozvanih Auto ID tehnologija. Iako je dostupna već desetljećima, veća pažnja ovoj tehnologiji posvećena je u posljednjih 10 godina.

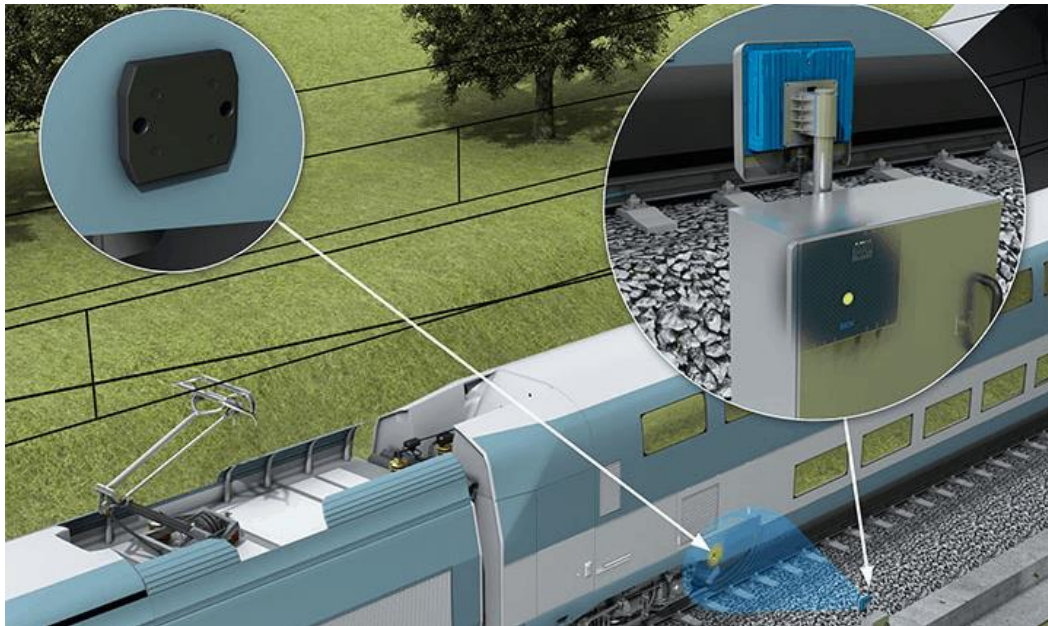
Tehnologija se temelji na korištenju radijskih valova koji čitaju i preuzimaju informacije pohranjene na transponderu, koji se naziva oznaka. Postoje dvije glavne komponente RFID-a: oznaka i čitač. RFID čitači komuniciraju s tagovima putem bežičnih radijskih valova, ali također mogu komunicirati s poslužiteljima u pozadini putem interneta, LAN-a ili Bluetootha. RFID čitači mogu biti aktivni, pasivni i pasivni s baterijskom podrškom. Aktivna oznaka napaja se baterijom, dok pasivna energiju dobiva od RFID čitača. Oznaka s baterijskom podrškom ima malu bateriju, ali se aktivira samo kada prima signale od RFID čitača. U željezničkim aplikacijama, pasivna UHF tehnologija se često koristi. Glavne prednosti ove tehnologije su da RFID čitači mogu automatski komunicirati s više RFID oznaka istovremeno i brzo (oko 1000

oznaka u jednoj sekundi). Također, udaljenost između čitača i oznake može varirati od nekoliko milimetara do gotovo 100 metara bez potrebe za izravnom vidljivošću. Jedna od prednosti je i to što RFID može pohraniti puno informacija o fizičkim objektima, [16].

RFID tehnologija je jedna od glavnih tehnologija razmatranih u projektu Inteligentnih Video Vrata (eng. *Intelligent Video Gate*, u daljem tekstu IVG) i mogla bi doprinijeti procesima automatizacije u intermodalnim terminalima. Glavni zahtjevi za RFID tehnologiju uključuju sljedeće, [16]:

- Položaj RFID čitača trebao bi biti na:
 - Ulaznim i izlaznim točkama lokacija gdje se formacija vlaka može promijeniti
 - Ulazu i izlazu iz područja kolodvora
 - U kombinaciji s drugim detektorima (npr. detektori temperature osovina, vibracija, zvuka/buke itd.)
 - Strateškim ključnim točkama za logističke svrhe i nadzor
- RFID čitač trebao bi biti postavljen 2,5 do 3 metra od strane pruge.
- Oznake trebaju biti montirane na vozilo na visini od 0,5 do 1,1 metra od pruge.
- Oznake moraju biti dizajnirane da rade pri maksimalnoj brzini željezničkog vagona kao i pri maksimalnoj/minimalnoj temperaturi rada vagona.
- Treba koristiti RFID ISO standard 18000-6.
- Vrlo dug raspon čitanja, <10 metara, ovisno o formatu oznake.

RFID tehnologija namijenjena je za instalaciju na sve željezničke vagone koji ulaze u intermodalne terminale, ali se također može koristiti i za kontejnere. U slučaju kontejnera, još jedna prednost RFID-a mogla bi biti automatsko očitavanje plombi na kontejnerima, što može smanjiti vrijeme potrebno za carinske postupke [16]. Položaj RFID oznaka i čitača prikazan je na Slika 1: **RFID čitač i oznaka**



Slika 1:RFID čitač i oznaka

Izvor: [18]

Korištenjem RFID-a može se unaprijed znati koji specifični dio zahtijeva popravak. RFID korisniku također pruža sljedeće pogodnosti, [18]:

- Smanjenje troškova održavanja
- Smanjenje skupog hitnog održavanja
- Bolje planiranje zbog informacija u stvarnom vremenu o stanju vozila
- Veća dostupnost željezničkih vozila i bolja pouzdanost tijekom rada
- Praćenje imovine – znati gdje se vlak nalazi.

Osim poboljšanja preventivnog održavanja, drugi razlog za implementaciju RFID-a na željeznicama je praćenje imovine u stvarnom vremenu. To svim uključenim stranama (vlasniku vozila, željezničkom poduzeću, upravitelju infrastrukture, entitetu zaduženom za održavanje) daje odgovore na pitanja što? gdje? kada? i zašto? Također postoje dodatne prednosti poput boljeg planiranja dostupnosti vozila i smanjenja neiskorištenih kapaciteta, [18].

4.2 Senzori i pametne kamere

U najširem smislu, **senzori** su uređaji čija je svrha detektirati promjene u svojoj okolini i slati informacije drugim elektroničkim uređajima, najčešće računalnim procesorima. Senzori mogu mjeriti svjetlost, pokrete, temperaturu, zvuk, vlažnost itd.

U željezničkom sustavu postoje razne vrste senzora. Oni su najčešće instalirani uz prugu (Slika 2: Senzori uz tračnice), a neki od njih su, [19]:

- sustavi za pregled uz prugu koji se koriste za inspekciju komponenti na pokretnim teretnim vagonima dok prolaze pri niskim ili visokim brzinama kako bi se procijenilo njihovo stanje
- Sustavi koji se koriste za pregled svih komponenti pruge, uključujući tračnice, pričvrсни pribor i pragove
- Posebno opremljeni sustavi koji se koriste na vozilima za generiranje mjerenja profila tračnica, izračunavanje širine kolosijeka i mjerenje nagiba između dviju tračnica
- Nekontaktne ručne i prijenosne sustave za mjerenje profila kotača, promjera kotača, profila tračnica, parametara pruge, zakrivljenosti pruge i osovina (od kotača do kotača).



Slika 2: Senzori uz tračnice

Izvor: [19]

Pametnu kameru kao sustav za nadzor čija je primarna funkcija pružiti visoki nivo razumijevanja snimljene scene i generirati i obrađivati podatke specifične primjene (Application Specific Information Processing, u daljem tekstu ASIP) se koristi u autonomnom i inteligentnom sustavu. Ideja pametnih kamera je pretvoriti podatke u znanje obrađujući informacije tamo gdje postaju dostupne. Pametna kamera nosi naziv pametna jer provodi obradu informacija specifičnih za primjenu čiji cilj obično nije pružiti bolju kvalitetu slika za ljudski pregled već razumjeti i opisati što se događa na slikama s ciljem boljeg donošenja odluka u automatiziranom kontrolnom sustavu. Na primjer, kamera za nadzor pokreta aktivirana pokretom snima video scene, detektira pokret u području interesa i aktivira alarm kada detektirani pokret zadovolji određene kriterije. U ovom slučaju, ASIP je detekcija pokreta i generiranje alarma, [20].

Važne razlike između pametne kamere i klasičnih kamera, kao što su potrošačke digitalne kamere i video kamere, mogu se podijeliti u dva dijela. Prvi je arhitektura sustava kamere. Pametna kamera obično ima poseban procesorski modul za obradu slike koji sadrži jedan ili više visokoučinkovitih mikroprocesora za izvođenje inteligentnih ASIP algoritama pri čemu

primarni cilj nije poboljšati kvalitetu slika, već izvući informacije i znanje iz slika. Hardver za obradu slike u normalnim kamerama obično je jednostavniji i manje moćan s glavnim ciljem postizanja dobre vizualne kvalitete slike. Druga glavna razlika je u primarnom izlazu kamere. Pametna kamera izlazi sa značajkama izvučenim iz snimljenih slika ili visokom razinom opisa scene koja se unosi u automatizirani kontrolni sustav, dok je za normalne kamere primarni izlaz obrađena verzija snimljenih slika za ljudsku potrošnju. Iz tog razloga, normalne video kamere imaju velike zahtjeve za izlaznom propusnošću (u izravnoj proporciji s razlučivošću senzora slike koji se koristi), dok pametna kamera može imati vrlo niske zahtjeve za propusnost podataka na izlazu (može biti samo jedan bit u najjednostavnijem slučaju, s '1' što znači 'ima pokreta' i '0' što znači 'nema pokreta'). Strogo govoreći, pametna kamera je samostalni, samodostatni uređaj koji integrira senzor slike, ASIP i komunikaciju u jednoj jedinici, [20].

4.3 Inteligentna Video Vrata (IVG)

Kako bi se započeo sljedeći logički korak prema višoj razini automatizacije u terminalima i smanjilo vrijeme potrebno za procese identifikacije i verifikacije teretnih vlakova, uveden je koncept Inteligentnih Video Vrata (Slika 3: IVG sustav), [21].

Glavne tehničke komponente koje čine IVG su, [21]:

- Kamere i obrada slika
- RFID čitači i oznake
- Osvjetljiivači
- Senzori

Odabir komponenti ovisi o stvarnim karakteristikama terminala kao što su broj kolosijeka, pozicija instalacije, uvjeti okoliša, brzina vlaka itd., [21].

Jedan od primarnih ciljeva IVG-a je prikupljanje slika visoke definicije (eng. *High Definition*, u daljem tekstu HD) vagona i utovarnih jedinica, primjerice kontejnera. Svrha HD slika je omogućiti automatsko prepoznavanje kodova. Glavna ideja je da kamera napravi sliku svakog vagona, bilo da je natovaren ili ne, gdje su sve tehničke specifikacije napisane na vagonima i utovarnim jedinicama. Kamera analizira sliku prvenstveno razmatrajući jedinstveni broj vagona, jedinstveni broj utovarne jedinice, tip vagona i utovarne jedinice te oznake opasnih tvari. Kada su vidljive, sve ove informacije mogu se transformirati u digitalni oblik, gdje se transformacija iz slike u digitalni oblik provodi pomoću Optičkog Prepoznavanja Kodova (eng. *Optical Character Recognition*, u daljem tekstu OCR). Druga svrha ovih kamera je pomoći

osoblju u prepoznavanju oštećenih vagona i utovarnih jedinica. Digitalno poznavanje tipa vagona i utovarnih jedinica omogućuje automatizaciju i digitalizaciju drugih procesa na čvorištima teretnog prijevoza, prvenstveno za dolazne vlakove, pružajući ažurirane sekvence vagona i utovarnih jedinica te u vezi s procesima čišćenja i održavanja. OCR za vagone i utovarne jedinice također može biti koristan za odlazne vlakove, npr. prilikom izvođenja testa kočenja ili provjere jesu li svi dijelovi vlaka pravilno spojeni, odnosno kontrole odstupanja, [21].

Postoje dvije vrste kamere koje bi mogle odgovarati svrsi IVG-a: linearne skenerske kamere i matrične kamere. Linearne skenerske kamere mogu skenirati pokretne objekte s visokom frekvencijom dok snimaju sliku u mnogo slojeva. To omogućuje HD snimanje slike svakog vagona i utovarnih jedinica. Glavni problem s ovom kamerom je što najbolje funkcionira kada je objekt u pokretu i kada je brzina poznata. Ova situacija odgovara konceptu IVG-a budući da se vlak kreće pri ulasku u intermodalni terminal stalnom brzinom. Međutim, ako vlak stane na vratima, to može rezultirati lošom obradom slike. Matrične kamere, koje se često koriste u video nadzoru, također se mogu koristiti u IVG-u. Mogu snimati video i pružiti panoramski prikaz vlaka, ali se mogu koristiti i za detekciju oštećenja. Ove vrste kamere mogle bi se koristiti i za cestovne ulaze, tj. ulaze na terminalu kroz koje prolaze kamioni prilikom ulaska i izlaska iz terminalnog područja, [21].

RFID tehnologija može identificirati vozila pomoću detektora postavljenih uz prugu. Broj instaliranih RFID čitača duž čitave željezničke mreže u Europi se povećava što povećava mogućnosti sustava kada su vagoni opremljeni RFID oznakama. RFID dodaje povećanu pouzdanost konceptu IVG-a jer tehnologija pruža pouzdanu dopunu kameri koja ne postiže istu razinu čitljivosti, posebno u nepovoljnim operativnim situacijama kao što su prljavi uređaji i teški zimski uvjeti, [21].

Rad IVG-a trebao bi biti osiguran tijekom radnog vremena terminala, što znači danju i noću, neovisno o prisutnosti sunčeve svjetlosti. Ovo nije problem za funkcionalnost RFID antena, ali postaje prepreka za akviziciju slike kamere koja tijekom noći zahtijeva umjetno osvjetljenje s određenim karakteristikama. Osvjetljenje je također problem u posebno oblačnim danima i pomaže poboljšanju kvalitete slike tijekom različitih vremenskih uvjeta, kao što su jake kiše, magla i snijeg. Važna karakteristika osvjetljiivača je emisijski spektar, koji definira interval valne duljine svjetlosti u kojem osvjetljiivač emitira i intenzitet emitiran za svaku valnu duljinu. To omogućuje najbolju integraciju između odabranog osvjetljiivača i kamere, kako bi se učinkovito iskoristio raspon i vrhovi osjetljivosti kamere. Danas je većina osvjetljenja

osigurana LED tipovima koji imaju mnoge prednosti u odnosu na izvore svjetlosti sa žaruljama sa žarnom niti uključujući manju potrošnju energije, duži životni vijek, poboljšanu fizičku čvrstoću, manju veličinu i brže prebacivanje, [21].

Senzori kao nova tehnologija mogli bi imati nekoliko svrha u konceptu IVG-a. Za detekciju i cjelovitost vlaka, senzori bi trebali biti postavljeni prije IVG-a. Senzori za detekciju vlaka su važni kako bi se poslala informacija video vratima da vlak dolazi. Ovi senzori mogli bi se koristiti i za detekciju brzine vlaka. Senzori cjelovitosti vlaka su važni jer daju informaciju da je vlak potpun i da nema vagona koji nedostaju. Brojači osovina obično se koriste za detekciju vlaka i njegovu cjelovitost. Druga vrsta senzora koja se može koristiti kao dio IVG-a su senzori koji mogu detektirati toplinu, vibracije i bočne sile u podvozju. Ovi senzori već postoje na željeznici i obično su dio takozvanih sustava za nadzor uz prugu ili inspekciju. Njihov glavni zadatak nije samo detekcija topline i vibracija jer mogu otkriti mnoge druge probleme kao što su napadni kut podvozja, pozicija praćenja, međuosovinsko nepravilno usklađivanje, greška praćenja, rotacija podvozja, bočno pomicanje i nestabilnost itd. Detekcija ovih problema na vratima mogla bi pružiti informacije osoblju terminala da postoji problem s vagonima kako bi mogli pravodobno i adekvatno reagirati čime se sprječavaju veće nesreće i štete. Postoji mnogo različitih rješenja i svrha za ove senzore. Jeftine senzorske tehnologije također se mogu koristiti za bolje praćenje kretanja vagona i utovarnih jedinica na terminalima i u skladištima, [21].

Uspostava IVG-a u intermodalnim terminalima i teretnim skladištima može imati nekoliko pozitivnih učinaka. Iz perspektive operatera terminala i upravitelja skladišta, koncept IVG-a značio bi poboljšanje operativne učinkovitosti prvenstveno zbog sljedećeg, [21]:

- brži procesi dolaska kroz upravljanje odstupanjima i identifikaciju vagona i jedinica za utovar s većim stupnjem automatizacije tijekom procesa dolaska, što će omogućiti:
 - a. automatiziranu prijavu i obradu dokumentacije
 - b. upravljanje opasnim tvarima
 - c. obradu zahtjeva za naknadom štete
 - d. automatizaciju drugih procesa putem digitalizacije, npr. održavanje i čišćenje vučnih vozila.
- učinkovitiji i sigurniji procesi odlaska kroz veći stupanj automatizacije pri odlasku u vezi s npr.:
 - a. kontrolom odlaska i testiranja kočenja
 - b. kontrolom dimenzija
 - c. nadzorom i upravljanjem opasnim tvarima.

- poboljšani unutarnji rad i sučelje prema cestovnim prijevoznicima bit će postignuti kada su redoslijed vagona i jedinica za utovar te bilo kakva odstupanja od unaprijed obaviještenog redoslijeda poznata unaprijed, što omogućuje:
 - a. optimizaciju planova pretovara / kretanja dizalica na terminalima i premještanje na kolodvorima.
 - b. poboljšane mogućnosti za besprijekorno sučelje prema cestovnim prijevoznicima jer TO može obavijestiti prijevoznike s većom preciznošću kada i gdje je jedinica za utovar spremna za utovar i istovar.

Iz perspektive upravitelja željezničke i cestovne infrastrukture, IVG koncept bi značio poboljšanja u vezi s, [21]:

- poboljšanim sučeljem između čvorišta tereta (terminala i željezničkih kolodvora) i ostatka željezničke mreže. Veće razumijevanje kapaciteta i dostupnosti čvorišta značilo bi poboljšane mogućnosti za upravljanje prometom i iskorištavanje dostupnog kapaciteta mreže.
- kontrolom i nadzorom opasnih tvari – sama prijava od strane operatera prema upravitelju infrastrukture o postojanju vagona s opasnim tvarima nije dovoljna te IVG tehnologija ima potencijal da zauzme ključnu ulogu u nadzoru prijevoza opasnih tvari.
- kontrolom i nadzorom strateških točaka u željezničkoj mreži, npr. na tunelima gdje je poznavanje lokacije opasnih tvari vrlo važno, kao i na graničnim prijelazima. U vezi s potonjim, IVG-ovi bi pružili buduće prilike za poboljšani nadzor sigurnosnih provjera vagona i utovarnih jedinica, prvenstveno u pogledu oštećenja i ispravnosti priveza utovarnih jedinica na vagone.
- IVG bi također mogao olakšati carinski postupak u smislu obrade dokumentacije i identifikacije, kao i mogućnosti pečaćenja utovarnih jedinica



Slika 3: IVG sustav

Izvor: [31]

4.4 Robotska tehnologija

Robotska tehnologija još uvijek nije imala veliki utjecaj na industriju teretnih željeznica, ali je postignut značajan napredak tijekom posljednjeg desetljeća. Proizvodnja teretnih željezničkih vagona i komponenti trenutno je najrašireniji primjer robotskih sustava u željezničkoj industriji, [19].

Inteligentni robotski sustav koristi tehnike obrade slike i otkrivanja objekata za pronalaženje i praćenje pokretnih objekata. Svi hardverski elementi o kojima se raspravlja u ovom poglavlju su podijeljeni u sljedeće kategorije: sustavi za viziju (2D i 3D), robotske platforme i manipulatori (Slika 4: Robotska ruka na mobilnoj platformi) te alati/senzori na kraju izvršne jedinice, [19].

Sustavi za strojni vid često se koriste za nadopunjavanje industrijske automatizacije opreme digitalnim kamerama i tehnikama obrade slike kako bi se stvorio "sustav strojne vizije". Senzori za strojni vid stalno nadgledaju okolno okruženje kako bi pružili nadzorni kontrolni sustav s informacijama potrebnim za donošenje odluka. U industriji se sustavi za strojni vid često koriste za jednu od četiri primjene, [19]:

- Locirati: pronaći objekt i izvijestiti o njegovoj poziciji i orijentaciji
- Mjeriti: izračunati fizičke dimenzije objekta
- Inspekcija: potvrditi značajke (npr. prisutnost/odsutnost vijaka u sklopu)
- Identificirati: interpretirati kodove, simbole ili znakove kako bi se identificirao objekt).

Dvodimenzionalni (2D) sustavi mogu se koristiti za nadgledanje procesa i prikupljanje informacija relevantnih za potencijalne algoritme za otkrivanje objekata, poput boje i promjena u intenzitetu. Sustavi za strojni vid u tri dimenzije (3D) mogu se koristiti zajedno s ovim sustavima kako bi robotskom sustavu pružili prostorne koordinate potrebne za interakciju i manipulaciju objektima od interesa. Svaki od gore navedenih sustava ima svoje prednosti i nedostatke u vezi s točnošću, brzinom, rasponom senzora, performansama pri slabom svjetlu, izvedbom na otvorenom, složenošću i troškom, [19]:

Industrijski robotski manipulatori su složeni elektromehanički sklopovi koji se mogu programirati za autonomno obavljanje specifičnih zadataka. Osnovni dio robotske ruke može biti čvrsto pričvršćen na tlo, strop ili zid u radnom prostoru ili na mobilnu platformu koja može putovati s jednog mjesta na drugo, [19]:

Mobilne platforme omogućuju udaljeno ili autonomno kretanje robotske ruke s jednog mjesta na drugo. Mobilnu platformu treba smatrati otvorenim arhitektonskim sustavom koji može koristiti širok raspon upravljanih/pogonskih kotača, pasivnih/aktivnih ovjesa i/ili tračnica za kretanje. U terminalu se najčešće zahtijeva primjena mobilne platforme jer se zadaci koje robotski manipulatori moraju obaviti ne odvijaju na jednom mjestu. Neki zadaci zahtijevaju interakciju s pokretnim vlakovima i stoga je potrebna platforma koja se može kretati u tandemu, [19].

Senzor za sudare je uređaj koji može mehanički otkriti sudar prije ili tijekom nenamjernog kontakta između alata robota i prepreke. Uređaj se odvoji od svoje radne geometrije kako bi apsorbirao energiju sudara dok istovremeno šalje signal kontroloru robota da zaustavi sve pokrete. Ova funkcionalnost sprječava skupa oštećenja robotskih manipulatora i alata koji proizlaze iz stanja preopterećenja, [19].



Slika 4: Robotska ruka na mobilnoj platformi

Izvor: [32]

4.5 GPS

Globalni pozicijski sustav (u daljem tekstu GPS) je tehnologija koja je danas našla svoju svrhu u mnogim različitim industrijama. Ova tehnologija omogućuje precizno određivanje položaja objekta pomoću satelita. U posljednjih nekoliko godina razvoj ove tehnologije doveo je do razvoja Geografskih informacijskih sustava (eng. *Geographic Information System*, GIS) i mnogih drugih aplikacija. U transportnom sustavu, GPS se koristi u mnogim područjima kao što su upravljanje i praćenje voznog parka, mapiranje transportnih mreža, upravljanje incidentima i nadzor cesta itd, [22].

Na intermodalnim terminalima, ova tehnologija može se koristiti za dobivanje točne lokacije svake utovarne jedinice i željezničkog vagona. Za željezničkog operatera ovo je važno jer mogu imati informacije o lokaciji svojih vagona u stvarnom vremenu. U operacijama intermodalnih terminala, mogu se ostvariti poboljšanja u operacijama pretovara jer vozač dizalice može unaprijed znati lokaciju svakog kontejnera prije nego što pretovar započne, [22].

Što se tiče putničkog prijevoza, informacija o vremenu putovanja je vitalna komponenta mnogih inteligentnih transportnih sustava (ITS) aplikacija. Poželjna strategija za rješavanje takvih pitanja je pružanje bolje usluge kroz obavijesti o lokaciji i vremenu putem Globalnog

Mobilnog sustava za komunikaciju (eng. *Global System for Mobile Communications*, u daljem tekstu GSM). Za putnike, vrijeme se često gubi čekajući sljedeći dolazak zbog neizravnih ruta do odredišta, zaustavljanja za putnike s drugim odredištima i često zbunjujućih ili nedosljednih rasporeda, [22].

Sustav se sastoji od tri modula: modul vozila, modul bazne stanice i modul korisničkog mobilnog uređaja. Opremljen računalom i GSM modemom, modul bazne stanice šalje inicijalne informacije koje sadrže broj vlaka modulu vozila koristeći SMS. Modul vozila baziran na mikrokontroleru, koji se uglavnom sastoji od GPS prijamnika i GSM modema, zatim počinje prenositi svoju lokaciju modulu bazne stanice. Modul bazne stanice, opremljen mikrokontrolerskom jedinicom i GSM modemima povezanim na računala, dizajniran je za praćenje svakog vlaka, obradu zahtjeva korisnika o lokaciji određenog vlaka izvan bazne stanice i ažuriranje lokacija vlakova na stanicama. GPS modul je instaliran na svakoj stanici i sastoji se od GSM modema, memorijske jedinice i matičnog zaslona, a sve je povezano s mikrokontrolerom. Ovaj modul prima informacije o lokaciji vlakova koji dolaze prema toj stanici od modula bazne stanice i prikazuje informacije na matičnom zaslonu, [22].

Prednosti GPS sustava za putnike, [22]:

- značajno smanjuje vrijeme čekanja
- automatska informacija o vlaku
- mogućnost saznanja vremena dolaska i lokacije vlaka
- putem SMS-a ljudi mogu saznati lokaciju i vrijeme dolaska
- moguće je praćenje samog vlaka.

4.7 EDI

Elektronička razmjena podataka (EDI) predstavlja razmjenu poslovnih podataka između računala u dogovorenom formatu. To je jedan od sastavnih dijelova provođenja elektroničke trgovine (e-trgovina). EDI se u osnovi odnosi na upotrebu računala i komunikacijske tehnologije kako bi se ubrzali poslovni procesi. Računala su inherentni uređaji za poslovnu i osobnu upotrebu, a koriste se za praćenje poslovnih informacija, naručivanje i korespondenciju, [23].

U poslovnoj komunikaciji, EDI se koristi za razmjenu poslovnih transakcija u računalno dostupnom formatu, pokrivajući aplikacije kao što su upiti, planiranje, kupovina, potvrde, određivanje cijena, status narudžbi, planiranje, rezultati ispitivanja, otprema i primanje, fakture, plaćanja i financijski status. Dodatni standardi EDI-a pokrivaju razmjenu podataka koji se

odnose na sigurnost, administrativne podatke, informacije o poslovnim partnerima, specifikacije, ugovore, proizvodne podatke, distribucijske i prodajne aktivnosti. Ukratko, svi relevantni podaci potrebni za obavljanje poslovanja, [23].

Osnova EDI-a je razmjena poslovnih informacija između računala u strukturiranom formatu između poslovnih partnera ili između različitih jedinica unutar organizacije. Primjena EDI-a uključuje pretvorbu pisanih dokumenata u strukturirani, strojno čitljiv format, kako bi računalo na drugom kraju moglo primiti, obraditi podatke i konačno postupiti po zahtjevu, [23].

EDI transakcije definirane su segmentima, a svaka stavka unutar segmenta postaje podatkovni element. Tip podatkovnog elementa, oznaka zahtjeva i duljina opisani su u nastavku. Standardni identifikatori za podatkovne elemente su, [24]:

- tip podatkovnog elementa:
 - Nn Numeric: N označava da je numerički; n označava decimalno mjesto.
 - R Decimal: R označava opcionalnu decimalnu točku za cjelobrojne vrijednosti ili obveznu decimalnu točku za decimalne vrijednosti. BNSF može prihvatiti pozitivne i decimalne vrijednosti.
 - ID Identifikator: Specifični kod preuzet iz tablice definirane u rječniku podatkovnih elemenata, poput jedinice mjere.
 - AN Niz znakova: Niz alfa/numeričkih znakova, kao što je naziv tvrtke.
 - DT Date: Datum u formatu YYYYMMDD (ISO standard).
 - TM Time: Vrijeme u formatu HHMM izraženo u 24-satnom formatu.
- oznaka zahtjeva za podatkovni element:
 - M Mandatory (Obvezno): Podatkovni element mora biti korišten u segmentu.
 - C Conditional (Uvjetno): Podatkovni element može biti potreban u segmentu ovisno o tome koristi li se drugi element.
 - O Optional (Opcionalno): Podatkovni element može, ali ne mora biti korišten u segmentu prema izboru korisnika.
- duljina podatkovnog elementa:
 - 1/15: Označava da je "1" minimalna prihvatljiva vrijednost, a "15" maksimalna.

EDI prijenos uključuje nekoliko faza koje se mogu raščlaniti na sljedeće, [23]:

- Kupac inicira EDI transakciju;
- Računalni sustav kupca prevodi narudžbu u traženi EDI format koji se naziva set transakcija;
- Kupac mora sustavu dostaviti podatke o imenu i identifikacijskom broju prodavatelja;

- Kupac šalje EDI omotnicu prodavatelju;
- Prodavatelj prima informacije i provjerava setove transakcija;
- Prodavatelj šalje funkcionalnu potvrdu da su informacije primljene;
- Prodavatelj prevodi narudžbu u svoj interni sustav;
- Prodavatelj šalje proizvod;
- Kupac prima robu i šalje obavijest o primanju;
- Prodavatelj šalje obavijest o uplati;
- Kupac plaća prodavatelju putem elektroničkog prijenosa sredstava.

Među prednostima za korisnike željeznica javljaju se poboljšana točnost dokumentacije, pravovremena dokumentacija i centralizirana koordinacija dokumentacije, što dovodi do boljeg nadzora i praćenja procesa. Prijevoznik će imati koristi od automatizirane obrade podataka, što omogućuje brži obrt, manje grešaka i bržu obradu u terminalu, [23].

4.8 Internet Stvari (IoT)

Internet Stvari (eng. *Internet of Things*, u daljem tekstu IoT) simbolizira brojne uređaje koji su globalno povezani putem internetske tehnologije i sposobni su prikupljati i dijeliti relevantne podatke. IoT je postigao značajan napredak u području senzora, mreža i komunikacijskih tehnologija kao što su LTE (eng. *Long Term Evolution*) tehnologija, tehnologija pete generacije (5G), bežične senzorske mreže (eng. *Wireless Sensor Network*, u daljem tekstu WSN) i druge. Osim tehnoloških napredaka, sposobnost IoT-a da radi potpuno integrirano sa ili bez operativnog sustava, prikuplja podatke u stvarnom vremenu, procjenjuje fizičke parametre, olakšava donošenje odluka na temelju prikupljenih podataka te koristi različite načine mrežnog povezivanja pružila je ogromne mogućnosti za njegove primjene u željezničkoj industriji i drugim područjima, [25].

IoT tehnologija se intenzivno koristi u željezničkim aplikacijama, uključujući željezničke operacije, upravljanje, održavanje, video nadzorni sustav i sustave upravljanja vlakovima. IoT uređaji omogućuju neprekidnu povezanost koristeći sljedeću generaciju interneta i bežične komunikacije s različitim aplikacijama koje koriste autonomni vlakovi. Razvojem određenih tehnologija, kao što su napredno računalstvo, *fog* računalstvo, umjetna inteligencija (eng. *Artificial Intelligence*, u daljem tekstu AI), analiza velikih podataka i strojno učenje (eng. *Machine Learning*, ML), velike količine podataka mogu se obraditi koristeći IoT, što pomaže u poboljšanju učinkovitosti i sigurnosti cjelokupnog sustava autonomnih vlakova, [25].

IoT tehnologije mogu se klasificirati u dvije glavne skupine prema njihovim primjenama, [25]:

- tehnologije koje omogućuju razvoj IoT-a
- sinergijske tehnologije koje dodaju vrijednost IoT-u.

Tehnologije koje omogućuju razvoj uključuju elektroničke komunikacijske protokole, sučelja stroj-stroj, mikrokontrolere, RFID tehnologije, bežičnu komunikaciju, senzore, lokacijske tehnologije, aktuatorske uređaje i softver. S druge strane, sinergijske tehnologije predstavljene su geo-označavanjem/geo-keširanjem, strojnom vizijom, biometrijom, robotikom, zrcalnim svjetovima, proširenom stvarnošću, prilagodljivom autonomijom, uređajima za snimanje života, opipljivim korisničkim sučeljima, osobnim crnim kutijama i čistim tehnologijama, [25].

Fog računalstvo je IoT koncept koji uključuje usluge kao što su računalstvo, pohrana i umrežavanje, a koje su raspršene među krajnjim uređajima i klasičnim *cloud* računalstvom. Tehnologija fog računalstva razvijena je kako bi popunila postojeće praznine između IoT uređaja i podatkovnih centara. Neke od glavnih prednosti *fog* računalstva su poboljšana sigurnost, smanjena širina pojasa i smanjenje latencije. Različite primjene *fog* računalstva u IoT-u uključuju, [25]:

- povezane automobile
- pametne semafore
- pametne domove
- bežične senzorske aktuatorske mreže
- praćenje zdravstvenog stanja i aktivnosti
- IoT i kibernetičko-fizičke sustave
- proširenu stvarnost (eng. *Augmented Reality*, u daljem tekstu AR).

Tehnologija bežičnih senzorskih mreža (WSN) funkcionira kao sustav različitih čvorova koji rade u sinkronizaciji jedni s drugima kako bi osjetili i kontrolirali okoliš u svojoj blizini. Ova mreža čvorova, koja je međusobno povezana putem bežične veze, omogućuje komunikaciju između čvorova. Tri glavna elementa WSN arhitekture su, [25]:

- senzorski čvorovi
- pristupnik
- korisnici (promatrači).

Cloud računalstvo odnosi se na aplikacije koje se pružaju kao usluge putem interneta zajedno s hardverom i softverom u podatkovnim centrima koji te usluge pružaju. Arhitektura *cloud* računalstva sastoji se od dva dijela (prednji i stražnji dio) koji su međusobno povezani putem internetske mreže. Ključni slojevi i usluge *cloud* računalstva obuhvaćaju *cloud* klijente, *cloud* aplikacije, platformske usluge, infrastrukturne usluge i poslužitelje. Neke od glavnih prednosti su, [25]:

- jednostavno upravljanje
- smanjenje troškova
- dostupnost stabilne usluge
- primjene u upravljanju katastrofama
- zelena informatika gdje se mogu smanjiti znatne emisije zbog prekomjerne upotrebe sustava.

5G, također poznata kao peta generacija komunikacijske tehnologije, koristi milimetarski val (mmWave) tehnologiju kao glavni komponentu, uz druge komponente kao što su, [25]:

- tehnologija s više ulaza i više izlaza (MIMO)
- cloud-based mreže
- tehnologija kognitivnog radija (CR)
- komunikacije uređaj-uređaj (D2D).

Analiza velikih podataka jedna je od najznačajnijih pojava u poslovnoj inteligenciji (eng. *Business Intelligence*, BI) koja kombinira dvije ključne komponente: velike podatke i analitiku. Glavni zahtjevi za analizu velikih podataka uključuju povezanost, pohranu, kvalitetu usluge, analizu u stvarnom vremenu i mjerila. IoT aplikacije generiraju veliku količinu informacija i glavni su izvor velikih podataka. Neke od glavnih prednosti primjene velikih podataka u IoT-u su, [25]:

- pametni prijevoz – smanjenje broja nesreća, minimiziranje prometnih zagušenja, optimizacija kretanja vozila i sigurnost na cestama
- pametno zdravstvo – pomoć u razvoju boljih policia osiguranja, otkrivanje ranih znakova ozbiljnih bolesti, predviđanje liječenja, epidemija i bolesti
- pametna mreža – razvoj optimalnih planova cijena temeljenih na potrošnji energije, predviđanje budućih potreba i osiguranje dovoljne količine opskrbe energijom
- pametni sustav inventara – otkrivanje slučajeva prijevare, razumijevanje potreba kupaca i prepoznavanje mogućih rizika.

Širenjem IoT tehnologije u prijevozu, transportni sustavi danas mogu "osjećati" i "misliti", što dodatno doprinosi razvoju inteligentnih transportnih sustava (ITS). Korištenjem senzora ugrađenih u vozila i mobilnih uređaja, transportni sustavi mogu optimizirati odabir ruta, nuditi rezervacije parkirnih mjesta, omogućiti pametnu rasvjetu, smanjiti rizik od nesreća, omogućiti pametan javni prijevoz, kao i povezanu i autonomnu vožnju. Napredne IoT tehnologije, ugrađeni senzori, analiza velikih podataka i tehnologije stroj-stroj otvorit će put za integrirana rješenja intermodalnog prijevoza kako bi se zadovoljila sve veća potražnja za teretnim i putničkim željezničkim prijevozom, [25].

4.9 Blockchain tehnologija

Blockchain je zajednički i nepromjenjiv zapis koji pomaže u registriranju različitih transakcija i olakšava upravljanje raznim sredstvima i vrijednostima koje mogu biti opipljive poput automobila, novca ili neopipljive poput patenata i autorskih prava. Svaka roba koja ima vrijednost može se trgovati i pratiti unutar *blockchain* mreže što smanjuje rizik, ali i troškove. Glavne karakteristike *blockchain* tehnologije su, [25]:

- decentralizacija
- nepromjenjivost
- transparentnost
- bolja sigurnost
- učinkovitost

Blockchain može poboljšati IoT pružanjem sigurnih usluga i pristupa autentičnim podacima. U željeznici, *blockchain* tehnologija svoju primjenu nalazi u *pametnim sustavima naplate voznih karata, logistici i lancu opskrbe te distribuciji podataka unutar mreže*, [26].

4.9.1 Pametni sustavi naplate voznih karata

Pametni sustavi naplate voznih karata javljaju se kao potreba željezničkom putničkom prometu za rješavanje problem naplate i kontrole voznih karata koji, ovisno o slučaju, mogu imati negativan utjecaj na korisničko iskustvo putnika. Trenutno, putnici koji kupuju karte osobno koriste automate za prodaju karata ili prodajna mjesta s osobljem. Prednost plaćanja na stanici je što putnik ne mora koristiti tehnologiju; mobilni telefoni, NFC uređaji i kartice nisu potrebni, a nema naknada za rezervaciju. Međutim, nedostaci uključuju samo jedan oblik potvrde, papirnatu kartu, koja može biti izgubljena ili pogrešna i stoga nevažeća uz kaznu. Kupovina karata online omogućuje lakše usporedbe cijena, rezervaciju sjedala i smanjenje

grešaka. Nedostaci online kupovine uključuju potrebu za preuzimanjem karte na stanici, što može dovesti do gubitka karte i nevažećeg računa za izbjegavanje kazne. Također, administrativne naknade mogu biti visoke za više kratkih putovanja. Ako putnik koristi mobilnu kartu i izgubi telefon ili mu se isprazni baterija, ne može dokazati vlasništvo nad kartom jer račun nije dovoljan, [26].

Blockchain tehnologija omogućava korisnicima da kupuju karte putem svojih digitalnih novčanika tako što se registriraju s potrebnim podacima na jednoj od dostupnih platformi. Novčanici mogu biti dostupni kroz nekoliko tehnologija, [26].

- mobilna aplikacija s QR kodom
- mobilna aplikacija s pristupom NFC funkciji telefona
- fizička pametna kartica s QR kodom
- fizička pametna kartica s NFC sposobnostima
- sirovi javni i privatni ključevi.

Putnik može smjestiti svoj novčanik na više platformi. Transparentnost *blockchain-a* omogućava prodavačima da provjere adresu novčanika za moguće popuste, dok sigurnost *blockchain-a* osigurava da se ništa o putniku ne otkriva, [26].

Još jedan od načina kontrole voznih karata putem *blockchain-a* je digitalnim skeniranjem otiska prsta. Nakon završetka registracije, korisnik prelazi na portal za rezervaciju karata. Ovdje putnik pretražuje vlakove prema svojim željama i rezervira karte koristeći registrirani otisak prsta koji je unio tijekom registracije. Na dan putovanja, korisnik dolazi na kiosk za karte i stavlja svoj otisak prsta na senzor. Ako podaci o toj osobi postoje u bazi podataka za taj isti datum, vrata će se otvoriti i putnik može putovati. Na kraju putovanja, na određenom kolodvoru/stajalištu, putnik će ponovno morati staviti otisak prsta kako bi izašao iz kolodvora, [27].

4.9.2 Blockchain tehnologija u logistici i lancu opskrbe

Lanac opskrbe unutar željezničke industrije odnosi se na logistiku isporuke dijelova između dionika i bilo kakve popravke koje se mogu dogoditi. Konkretni problem koji bi tehnologija *blockchain-a* mogla riješiti je distribucija informacija između više dionika, posebno unutar fragmentiranog privatiziranog sustava. Jedna od mogućih *blockchain* platformi koja se može koristiti je VeChain, [26].

VeChain ima za cilj pružiti platformu koja može pohraniti sredstva na *blockchain-u* kao izvorni token. Sredstvo se zatim povezuje putem NFC oznake, RFID oznake ili QR koda. Kada

se skenira, pametan ugovor koristi se za pristup svim informacijama o tom određenom sredstvu. Ovo bi moglo biti korisno kada operativna franšiza želi kupiti ili unajmiti stariju lokomotivu i želi znati više o točnoj povijesti dijelova; gdje i kada su proizvedeni, jesu li popravljani ili zamijenjeni, i koliko su opterećenja pretrpjeli od prvog korištenja. VeChain bi pojednostavio ovaj proces jer bi operativna franšiza mogla lako provjeriti ove informacije umjesto da traži od više stranaka kako bi prikupila i sastavila fragmentirane informacije, [26].

4.9.3 Distribucija podataka unutar mreže putem *blockchain-a*

Podaci postoje u velikom broju digitalnih formata, što često dovodi do problema s interoperabilnošću između različitih skupova podataka. Željeznička industrija nije iznimka zbog upotrebe više prilagođenih sustava koji nisu sposobni učinkovito međusobno komunicirati, [26].

Kad god vanjska strana želi pristupiti podacima određenog dionika, mora proći kroz dugotrajan proces dobivanja dozvole i digitalnog pristupa. To je vremenski zahtjevno, dionik može oklijevati dati potpuni pristup svojim podacima ako postoji osjetljivi ili povjerljivi podatak, a sam proces pristupa podacima može biti složen ako IT sustavi nisu interoperabilni, [26].

Decentralizirano pohranjivanje koristi mehanizme tehnologije *blockchain* dok pruža temelje za pohranu velikih količina podataka. Pohrana je posebno ključan aspekt, budući da *blockchain* platforma mora imati mogućnost rasta kako bi mogla pohraniti ogromne količine podataka. Razvoj prilagođenih platformi omogućit će integraciju više tehnologija u jedan *blockchain* koje bi se povezale kako bi se osigurao distribuirani i sigurni mrežni sustav podataka koji bi mogao biti dijeljen između više dionika unutar željezničke industrije, [26].

4.10 Umjetna inteligencija i *chatbot-ovi*

Chatbot-ovi su postali jedna od najbrže rastućih tehnologija u informacijskim tehnologijama. Mnoge tvrtke i usluge već koriste *chatbot-ove* u svojoj korisničkoj službi kako bi svojim korisnicima pružile bolju uslugu i optimizirale svoje poslovne procese. *Chatbot-ovi* su tehnička alatka koja omogućuje zamjenu ljudskog predstavnika u scenariju razgovora. Da bi se to postiglo, koriste se jedinstveni mehanizmi poput NLP-a (prirodno jezično procesiranje) i tehnika strojnog učenja, [28].

Chatbot-ovi obično nude tekstualno korisničko sučelje, omogućujući korisnicima da upisuju naredbe i primaju odgovore u tekstualnom obliku, kao i pretvorene u govor. *Chatbot-*

ovi su obično usluga s mogućnošću pamćenja prethodnih naredbi (i možda čak i razgovora) kako bi pružili funkcionalnost, [28].

Chatbot-ovi se mogu podijeliti u dvije skupine, [28]:

- skriptirane
- *chatbot-ovi* koji koriste umjetnu inteligenciju (u daljem tekstu „UI chatbotovi“).

Prva skupina obuhvaća *chatbot-ove* koji mogu voditi usmjereni razgovor, no njihovo djelovanje je ograničeno pravilima. Skriptirani *chatbot-ovi* široko se koriste u korisničkoj službi jer su siguran alat koji može komunicirati s klijentima prema planiranom scenariju, [28]:

UI *chatbot-ovi* predstavljaju napredniju tehnologiju. Oni mogu razumjeti više od skriptiranih *botova* i nositi se s pojmovima za koje nisu bili pripremljeni, [28].

Ovakvi sustavi su sposobni odgovoriti na pitanja vezana uz informacije o vlakovima, poput pretraživanja rasporeda vlakova, cijena karata i metoda rezervacija te povećati i poboljšati korisničko iskustvo, [28].

4.11 Proširena stvarnost (AR) za navigaciju i upute putnicima

Proširena stvarnost (AR) obično se smatra sučeljem između čovjeka i računala koje poboljšava percepciju stvarnog svijeta tako što u stvarnom vremenu nadopunjuje korisne kontekstualne informacije. Tijekom posljednjih nekoliko godina, AR sustavi su ostvarili značajan napredak u raznim industrijama, uključujući zrakoplovstvo, automobilsku industriju, robotiku, zdravstvo, vojsku, obrazovanje, marketing, društvene mreže, turizam, igre itd., [29].

Brzi napredak u tehnologijama bežične komunikacije, zajedno s masovnim razvojem standarda za umrežavanje vozila i inovacijama u računarstvu, senzorskim tehnologijama i analitikom, omogućili su brz razvoj inteligentnih transportnih sustava (ITS). ITS pruža cjelovito rješenje za učinkovito i inteligentno upravljanje prometom u stvarnom vremenu, pri čemu se prikupljaju podaci putem senzora unutar vozila odnosno njihovih ugrađenih jedinica kao i podaci razmijenjeni između vozila te između vozila i njihove infrastrukture/mreže, među vozilima i pješacima – što otvara put za ostvarenje futurističkog Interneta vozila (eng. *Internet of Vehicles*, IoV), [29].

AR se ostvaruje kroz sljedeća četiri osnovna zadatka, [29]:

- **Zahvat scene:** U prvoj fazi, stvarnost se zahvaća korištenjem uređaja za snimanje videozapisa (kamere) ili uređaja s prozirnim prikazom (eng. *head-mounted display*).
- **Identifikacija scene:** Nakon što je stvarnost zahvaćena, potrebno ju je skenirati kako bi se identificiralo određeno mjesto na kojem treba ugraditi odgovarajući virtualni sadržaj.

To mjesto može biti identificirano virtualnim oznakama (markerima) ili tehnologijama praćenja poput senzora, lasera, infracrvenih zraka ili GPS-a.

- **Obrada scene:** Kada je zahvaćena scena u potpunosti identificirana, potrebno je zatražiti odgovarajuće virtualne informacije iz baze podataka putem interneta. Povezane informacije, s najnovijim detaljima, akumuliraju se i potom obrađuju u oblaku (bilo na rubu mreže ili u udaljenom oblaku) s dovoljno računalnih resursa za filtriranje minimalnog korisnog virtualnog sadržaja.
- **Vizualizacija scene:** Na kraju, AR sustav generira spojenu sliku stvarne scene s nadopunjenim virtualnim sadržajem, koji se potom prikazuje u vidnom polju vozača.

AR zahtijeva specijalizirani hardver i softver, a razvoj i implementacija ovog softvera oslanjaju se na vrlo sposoban, suvremeni hardver i umrežavanje. Ovo je područje kontinuiranih istraživanja i razvoja znanstvenika i inženjera u domenama mikroprocesora, senzora, sustava prikaza, trajanja baterije, visokorezolucijskih kamera, brzine mobilnog interneta i drugih tehnologija, [29].

Zahtjevi za niskom latencijom kod aplikacija za vozila koje su kritične za sigurnost povećavaju potrebu za inteligentnim i učinkovitim upravljanjem mrežnim resursima jer AR aplikacije za vozila imaju brojne dijelove kojima je potrebno upravljati, [29].

Mobilne AR aplikacije predstavljaju recentnu tehnologiju s jakim potencijalom za razvoj u budućim trendovima. Korištenje AR tehnologije postalo je relevantno u urbanom planiranju i prometnim sustavima. Mobilni telefoni postaju sve napredniji. S dodatkom više senzora, ugrađenih kamera i snažnih procesora, dostupne su nove aplikacije i korisnička iskustva. Da bi uređaj s mobilnim AR (MAR) bio funkcionalan, mora omogućiti pristup lokaciji i specifičnostima područja. To je potrebno za preciznu navigaciju, lociranje i tehnologiju blizine u definiranom kontekstu. Visoka grafička sposobnost može se primijeniti u mnogim područjima, kao što su zabava, navigacija i informiranje kroz korisničko sučelje, [30].

Primjerice, korisnik je koristio kameru mobilnog telefona kako bi skenirao marker slike koje omogućuju aplikaciji prepoznavanje lokacije trenutne autobusne stanice. To je aktiviralo pojavljivanje 3D slike obavijesti na ekranu kamere. Proširena stvarnost je interaktivna, omogućuje korisnicima pregled različitih autobusnih ruta i rasporeda koji prolaze kroz tu stanicu. Podaci iz AR aplikacije pohranjeni su na *Google Cloud Storage-u* radi lakšeg pristupa i upotrebe, [30].

Raspoređivanje i upravljanje rutama ključni su za rad u javnom prijevozu. Teško je zadovoljiti tržišnu potražnju zbog brzo rastućeg broja međugradskih putnika i potrebe za

odgovarajućim sustavima upravljanja rutama. AR tehnologija u javnom prijevozu razvijena je kako bi pomogla zajednicama. Masovni prijevoz se globalno širi, a pametni gradovi se implementiraju diljem svijeta pri čemu AR ima moć transformirati javni prijevoz kroz samoodrživu mrežu za milijune putnika. AR tehnologija u sustavu javnog prijevoza znatno bi poboljšala operacije te je također praktičnija od implementacije navigacija unutar vozila, [30].

5 Mogućnosti primjene novih tehnologija u unaprjeđenju rada željezničkih kolodvora

Primjena nadolazećih tehnologija u intermodalnim terminalima i ranžirnim kolodvorima mora biti postavljena kao tehnički sustav koji će se prilagoditi postojećem okviru i dizajnu terminala i željezničkih kolodvora, vodeći računa o mogućnostima i nedostacima svake od tehnologija (Tablica 1: Nove tehnologije - mogućnosti i prepreke). Općenito, te nove tehnologije trebale bi sadržavati strukturne, tehničke i logičke komponente koje omogućuju njihovu implementaciju i optimalno funkcioniranje, [16].

Strukturne komponente ovih tehnologija podržavaju rad tehničkih i logičkih komponenti. To uključuje infrastrukturu poput kućišta za tehničke uređaje, sustava za napajanje i drugih elemenata potrebnih za rad tehnologija. Primjena ovih strukturnih komponenti ovisi o lokalnim uvjetima poput elektrifikacije terminala ili željezničkog kolodvora, visine električnih vodova, maksimalne dopuštene brzine i broja kolosijeka. Općenito, nove tehnologije trebale bi biti instalirane na ključnim točkama ulaza i izlaza omogućujući dokumentiranje svih pokreta željezničkih vagona i transportnih jedinica. Za vlakove, poželjno je da se ove tehnologije primjenjuju na ulazima i izlazima s terminala. Infrastruktura može biti dizajnirana na različite načine, ovisno o specifičnostima lokacije, uključujući mostne konstrukcije ili stupove s obje strane kolosijeka. Broj ovih sustava u jednom terminalu može varirati, ovisno o dizajnu terminala, broju ulaznih i izlaznih točaka te rutama koje ulaze i izlaze iz terminala. Najpoželjnije mjesto za postavljanje novih tehnologija bilo bi blizu prekrcajnih kolosijeka ili operativnog područja terminala iako postoje ideje o postavljanju ovih sustava na željezničkoj mreži nekoliko milja od terminala kako bi se omogućila priprema prije dolaska, [16].

Logičke komponente ovih tehnologija omogućuju upravljanje narudžbama i odgovornostima terminala, koristeći identifikaciju, dokumentaciju slika i prikupljanje podataka o prolaznim objektima. Trenutno se prikupljanje podataka obavlja ručno, ali nove tehnologije bi to mogle automatizirati i digitalizirati, čime bi se povećala učinkovitost i preciznost, [16].

Tehničke komponente novih tehnologija uključuju različite senzore, kamere, laserske skenere i sustave za prepoznavanje. Ovi sustavi prikupljaju podatke dok vlak ili kamion prolazi kroz kontrolne točke, a prikupljene informacije zatim se obrađuju putem naprednih softverskih rješenja. Integracija ovih podataka omogućila bi terminalima i kolodvorima bolje planiranje i upravljanje operacijama. Nadalje, ove tehnologije mogu biti podržane Internetom logistike (IoL), što bi omogućilo sigurnu i automatsku razmjenu podataka među svim sudionicima lanca opskrbe, povećavajući vidljivost i omogućujući bolje donošenje odluka, [16].

Tablica 1: Nove tehnologije - mogućnosti i prepreke

Tehnologija	Prednosti	Nedostaci
Pametne kamere	<ul style="list-style-type: none"> • Visokorezolucijske slike željezničkih vagona, kamiona i ITU-a, koje se mogu pretvoriti u digitalni oblik pomoću OCR-a • Otkrivanje oštećenja (vizualnom identifikacijom) • Video snimanje vlakova 	<ul style="list-style-type: none"> • Objekt mora biti u pokretu tijekom akvizicije • Brzina objekta mora biti poznata
RFID	<ul style="list-style-type: none"> • Smanjuje vrijeme čekanja na prijemu • Smanjuje vrijeme za pregled • Povećava produktivnost terminala • Poboljšava koordinaciju između različitih dionika u transportu (povećana vidljivost) • Iznimna otpornost 	<ul style="list-style-type: none"> • Visoki troškovi RFID tagova • Sva vozila moraju biti opremljena RFID tagovima • Pouzdanost još nije 100% • Nedostatak standardizacije
Skeneri	<ul style="list-style-type: none"> • Dobavlja 3D slike željezničkih vozila i kamiona • Detekcija neregularnosti tereta • Detekcija neregularnosti vozila 	<ul style="list-style-type: none"> • Rezolucija ovisi o kvaliteti skenera • Općenito nedovoljno precizni • Domet ovisi o tehnologiji skenera
GPS	<ul style="list-style-type: none"> • Omogućava lociranje svakog željezničkog vozila i intermodalne transportne jedinice • Globalna pokrivenost • Niski jedinični troškovi 	<ul style="list-style-type: none"> • Zahtijeva GPS lokator na svakom vozilu i transportnoj jedinici • Točnost lokacije ovisi o geološkim značajkama • Problemi privatnosti
Senzori	<ul style="list-style-type: none"> • Detekcija nadolazećeg vlaka prije IVG • Detekcija cjelovitosti vlaka • Kontrola stanja osovina i vozila • Detekcija pregrijavanja ležajeva 	<ul style="list-style-type: none"> • Mogu biti osjetljivi na promjene temperature • Trošak ovisi o vrsti senzora i može biti visok • Nedostatak standardizacije

Izvor: [16]

Prilikom razmišljanja o implementaciji novih tehnologija u rad kolodvora važno je osmisлити strategiju i napraviti planove u vremenskim okvirima, odnosno kratkoročni, srednjoročni i dugoročni plan za unaprjeđenje kolodvora.

5.1 Kratkoročni plan

Kao kratkoročni plan, predložena poboljšanja koja se planiraju implementirati ne bi smjela zahtijevati visoke investicijske troškove niti dugotrajne procese. Tvrtke koje su odgovorne za rad putničkih postaja ili teretnih terminala trebaju se usredotočiti na poboljšanje upravljanja ljudskim resursima. Proces cjeloživotnog učenja je ključan zbog kontinuirane promjene okoline i tehnologije. Također, osoblje treba svakodnevno motivirati kako bi se poboljšala njihova učinkovitost i smanjile greške, [6].

Kako bi se poboljšalo zadržavanje vlakova na stanicama, važno je da kretanje putnika bude što učinkovitije. To znači da bi vlakovi trebali imati odgovarajući broj ulaznih i izlaznih točaka. Osim toga, peroni bi trebali biti odgovarajućih dimenzija, a njihovi pristupi bi trebali imati automatizirane sustave poput pokretnih stepenica, "travelatora" i dizala kako bi se osigurala dobra mobilnost putničkog protoka, [6].

Nadalje, poboljšanje koje je primjenjivo na intermodalne ili teretne željezničke terminale je instalacija automatskih čitača kodova koji ne zahtijevaju ljudsku podršku. Kao rezultat toga, vagoni se mogu identificirati na automatski način, što je brže i značajno doprinosi smanjenju operativnih troškova. Također, poboljšava se razina usluge i može se pružiti kontinuirana informacija putem zajedničke mreže dostupne svim korisnicima, što zauzvrat može omogućiti bolju kontrolu krađe tereta, [6].

5.2 Srednjoročni plan

U srednjem vremenskom okviru mogu se provesti investicije i poboljšanja kojima se postiže visoka razina funkcionalnosti te preduvjeti za razvoj automatizacije, [6].

Za putničke kolodvore, centri za kontrolu vlakova trebaju se modernizirati novim tehnologijama kako bi učinkovitije rješavali rutinske probleme poput odlaska/dolaska vlakova i potencijalnih konflikata. Također, nadogradnja signalizacijskog sustava ključna je za povećanje kapaciteta i učinkovitosti putničkih kolodvora. Time će se smanjiti razmak između vlakova, što znači da će više vlakova moći kružiti mrežom, što rezultira ne samo većim brojem prevezenih putnika, već i većom količinom tereta. Primjena ERTMS (eng. *European Railway Traffic Management System*) razine 3 mogla bi značajno doprinositi tom smjeru, [6].

Za teretne željezničke terminale, operativna fleksibilnost igra najvažniju ulogu. Inovativne operacije pretovara omogućuju izravno utovarivanje i istovarivanje između kamiona i vlaka. Nekoliko primjera takvih tehnologija su Cargo Beamer, Cargo Mover, Modalohr i Mobiler.

Informatički (IT) sustavi su već implementirani, no redovito ih treba poboljšavati zbog stalnog tehnološkog napretka. Osim toga, usvajanje suvremenih IT sustava potiče povećanje razmjene podataka u smislu količine i kvalitete među različitim dionicima. Najrelevantnija primjenjiva tehnologija je EDI (Elektronička razmjena podataka), koja koordinira protok informacija između različitih tvrtki, [6].

Proces sastavljanja vlakova identificiran je kao usko grlo u većini ranžirnih kolodvora. Da bi se maksimalno iskoristila infrastruktura i resursi željezničkog kolodvora veći naglasak treba staviti na kvalitetu procesa ranžiranja, a ne na količinu, [6].

5.3 Dugoročni plan

U dugoročnom razdoblju, predložena poboljšanja zahtijevaju dugo vrijeme za razvoj, visoke investicijske troškove ili su revolucionarna i mogu se pretvoriti u smjernice za budućnost, [6].

Jedna od tih revolucionarnih ideja mogla bi biti jedinstveni terminal koji istovremeno služi i putnicima i teretu. Trenutno je to teško primijeniti, no uzimajući u obzir postupan razvoj transportiranih dobara, bit će moguće povezati ova dva različita dijela željezničke mreže. Zbog lakših i više paletiziranih dobara, teški kranovi i slična oprema više neće biti potrebni. Slijedeći primjer Berlinske glavne željezničke stanice, različite vrste željezničkog prometa mogle bi se služiti na više razina. Na primjer, teretni željeznički promet mogao bi biti smješten u podrumu kolodvora, dok bi putnički dio kolodvora bio projektiran na prizemlju kako bi se emisije, buka i vibracije minimizirale ili ublažile. Drugi pozitivni aspekt je da bi postojao samo jedan terminal umjesto dva. Na taj način, uštedeni prostor mogao bi se koristiti za druge namjene. Ipak, održivost područja mora se uzeti u obzir zbog povećanog prometa uslijed postojanja dvostruke funkcije u ovom terminalu, [6].

Danas je trend usmjeren na održivost i obnovljive izvore energije. Da bi se postigli ciljevi ovih dvaju aspekata, može se primijeniti BREEAM (Metoda za procjenu okoliša u građevini). Implementacija BREEAM standarda pruža precizan okvir za identificiranje i primjenu praktičnih i mjerljivih rješenja za dizajn, gradnju i održavanje zelenih zgrada koja pojačavaju učinkovitost, [6].

Druga važna tema odnosi se na razvoj razine automatizacije. Kako su troškovi radne snage sve veći, a troškovi strojeva manji, istraživači nastoje poboljšati opremu terminala kako bi se postigla što viša razina automatizacije. Ako su procesi u kolodvoru ili terminalu automatizirani,

učinkovitost raste. Naravno, osoblje je i dalje potrebno za nadzor strojeva, ali uz pomoć programera osoblje se može optimizirati, [6].

Konačni koncept i implementacija ovih tehnologija još uvijek su predmet rasprave, jer se procjenjuju mogućnosti, troškovi primjene, pouzdanost i drugi čimbenici. Istraživanja su usmjerena na razumijevanje kako najbolje iskoristiti ove nove tehnologije kako bi se postigla maksimalna učinkovitost i sigurnost u radu terminala i željezničkih kolodvora, [16].

6 Zaključak

Tehnološki procesi kolodvora pod velikim su pritiskom rastućih potreba tržišta za brzinom, kontrolom i kvalitetom u pogledu prijevoza robe i putnika. Uz infrastrukturne zahvate potrebno je uložiti značajne napore u modernizaciju sustava rada i upravljanja željezničkim prometom i infrastrukturom.

Analiza tehnoloških procesa rada putničkih i teretnih kolodvora u Republici Hrvatskoj pokazala je potrebu za modernizacijom kako bi se poboljšala učinkovitost i kvaliteta usluga. Gotovo svi željeznički kolodvori u Hrvatskoj opremljeni su starijom ili zastarjelom opremom u svojem radu što usporava procese, zahtijeva veće ljudske resurse te povećava rizik od grešaka i nezgoda. Kao iznimka se može navesti primjer Zagreb Glavnog kolodvora koji u svojem radu koristi neke novije tehnologije poput naprednog SCADA sustava i SIMIS W sustava.

Iako važna, sama brzina prijevoza ima sve manji značaj, a sve važnije je zadovoljiti uvjete sigurnosti, kontrole i kvalitete. Nove tehnologije poput RFID sustava, senzora, pametnih kamera te GPS sustava mogu značajno doprinijeti povećanju učinkovitosti i sigurnosti operacija u kolodvorima. RFID sustavi omogućuju praćenje vozila i tereta u stvarnom vremenu, senzori poboljšavaju održavanje i sigurnost, a GPS i inteligentni video sustavi (IVG) optimiziraju operacije dolaska i odlaska vlakova. Primjena ovih tehnologija, uz umjetnu inteligenciju i IoT, omogućit će veću automatizaciju, smanjenje grešaka, poboljšanje korisničkog iskustva i ekološku održivost željezničkog sustava.

Važno je za rad svakog kolodvora, ali i ukupne željezničke mreže te svih njenih korisnika i upravitelja, osmisliti strategiju razvoja procesa postupnim uvođenjem novih tehnologija u svakodnevni rad kolodvora vodeći računa o specifičnim zahtjevima svakog pojedinog kolodvora. Svaki napredak, pa tako i tehnološki, ispred sebe traži postavljanje odgovarajućih temelja i preduvjeta za njegovo ostvarenje, stoga je neophodno donositi odmjerene i ispravne odluke sukladno planu aktivnosti za njegovo ostvarenje.

Literatura

1. Badnjak D., Toš Z. Nove tehnologije komuniciranja u željezničkom prometu. *Promet - Tehnologija i organizacija prometa.*, 1993., 5(5), 151-154
2. Hrvatska enciklopedija. *Željeznički promet*, Preuzeto s: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/zeljeznicki-promet> [Pristupljeno: 6. kolovoza 2024.]
3. Križić R. *Usporedba tehnoloških procesa rada kolodvora Koprivnica i Vinkovci*. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2020. Preuzeto s: <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A2160/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: 6. kolovoza 2024.]
4. Bendeković J. *Transport, špedicija i osiguranje*. Preuzeto s: <https://studentski.hr/system/materials/j/245d13406adc6939310a16ff7cf61f634a46ae8d.zip?1439381032> [Pristupljeno 6. kolovoza 2024.]
5. Rosca M. , Oprea C. , Ilie A., Olteanu S., Dinu O. Solutions for Improving Transit through Intermodal Passenger Terminals. *Procedia Manufacturing* 46. 2020; 225-232
6. Marinov M., Di Giovanni L., Bellisai G., Clevermann J., Mastellou A., Victoria D., Deleva L. Analysis of rail yard and terminal performances. *Journal of Transport Literature*. 2014; 8 (2): 178-200.
7. Badnjak D., Bogović, B., Jenić, V. *Organizacija željezničkog prometa*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2006.
8. HŽ Putnički prijevoz d.o.o. *Statistika 2023.*, Preuzeto s: <https://www.hzpp.hr/Media/Default/155%20godina%20zeljeznice/Statistika%20za%202023.pdf> [Pristupljeno 7. kolovoza 2024.]
9. HŽ Infrastruktura. *Statistika 2022.*, Preuzeto s: <https://www.hzinfra.hr/wp-content/uploads/2023/07/Statistika-HZ-Infrastrukture-za-2022.pdf> [Pristupljeno 7. kolovoza 2024.]
10. Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture. *Pravilnik o opremljenosti pojedinih uslužnih objekata*. Izdanje 58/22, Zagreb: Narodne novine; 2022.
11. HŽ Infrastruktura. *Upravljanje prometom*, Preuzeto s: <https://www.hzinfra.hr/naslovna/upravljanje-prometom/> [Pristupljeno 7. kolovoza 2024.]
12. Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture. *Studija razvoja željezničkog čvora Zagreb*, Zagreb; 2016. Preuzeto s: <https://www.hzinfra.hr/wp-content/uploads/2018/04/STUDIJA-RAZVOJA-ZELJEZNICKOG.pdf> [Pristupljeno 8. kolovoza 2024.]
13. Balaš, I. *Analiza tehnologije rada Zagreb Glavnog kolodvora*. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2018. Preuzeto s: <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1556/datastream/PDF/view> [Pristupljeno 8. kolovoza 2024.]
14. Elektrokem. *Općenito o SCADA sustavu*. Preuzeto s: <https://elektrokem.hr/ek-sustavi/cijena/opcenito-o-scada-sustavu> [Pristupljeno 9. kolovoza 2024.]

15. Pupavac D., Baković I., Knežević J. Tržište željezničkog teretnog prijevoza Europske Unije. *Željeznice 21*. 2019; 18(1): 7-13, Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/file/373164> [Pristupljeno 10. kolovoza 2024.]
16. Mitrović B. *The effects of emerging technologies in rail yards and intermodal terminals*. Degree Project in Transport Science, Stockholm, Sweden, KTH Royal Institute of Technology; 2019.
17. HŽ Infrastruktura. *Tehnološki procesi rada kolodvora - Zagreb Ranžirni kolodvor*. Zagreb; 2023.
18. Infrastructure magazine. *Why implement radio frequency identification on railroads?* Preuzeto s: <https://infrastructuremagazine.com.au/2020/08/19/why-implement-radio-frequency-identification-on-railroads/> [Pristupljeno 12. kolovoza 2024.]
19. Shropshire Boddiford A. *Improving the safety and efficiency of rail yard operations using robotics*. Master Degree. The University of Texas at Austin, 2013.
20. Shi Y., Lichman S. *Smart Cameras: A Review*. National Information and Communication Technology Australia. Eveleigh, Australia, Preuzeto s: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=397375a6a4d6b38b3c635b6f651a4d725c3665f3> [Pristupljeno 13. kolovoza 2024.]
21. Kordnejad D., Mitrović B., Aronsson M., Nordmark I., Bergstrand J., Akerfeldt, M. *Intelligent Video Gate – A Conceptual Application of Emerging Technologies in Rail Freight Transports*. Proceedings of 8th Transport Research Arena TRA 2020, April 27-30, 2020, Helsinki, Finland
22. Yugandhar D., Vamsi Krishna P. *An Enhanced Railway Transport System using FPGA through GPS & GSM*, 2013. International Journal of Soft Computing and Engineering. 2013; 2(6): 185-188. Preuzeto s: <https://www.ijscce.org/wp-content/uploads/papers/v2i6/F1145112612.pdf> [Pristupljeno 17. kolovoza 2024.]
23. Apandi Osnin N. *EDI in transportation*. Centre for Ocean Law and Policy, Maritime Institute of Malaysia; 2017. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/profile/Noor-Osnin/publication/242402866_EDI_IN_TRANSPORTATION/links/5913eaae4585152e199aa4db/EDI-IN-TRANSPORTATION.pdf [Pristupljeno 18. kolovoza 2024.]
24. BNSF Railway: *Electronic Data Interchange, Rail Carrier, Freight Details and Invoice*. Preuzeto s: https://www.bnsf.com/ship-with-bnsf/support-services/pdf/BNSF_410v4010.pdf [Pristupljeno 18. kolovoza 2024.]
25. Singh P., Zeinab E., Vamshi Krishna M., Junayed P., Dulebenets, M. A. Internet of Things for sustainable railway transportation: Past, present and future. *Cleaner Logistics and Supply Chain 4* (2022), USA
26. Preece J.D., Easton J.M. *A Review of Prospective Applications of Blockchain Technology in the Railway Industry*. Birmingham Centre for Railway Research and Education. University of Birmingham, United Kingdom, 2019. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/profile/Joe-Preece/publication/333610551_A_Review_of_Prospective_Applications_of_Blockchain_in_Technology_in_the_Railway_Industry/links/5cf691e192851c4dd029cb51/A-Review-of-Prospective-Applications-of-Blockchain-Technology-in-the-Railway-Industry.pdf [Pristupljeno 19. kolovoza 2024.]

27. Abhishek Nair M., Smit T., Panyam Gangadhar R., Parveen S. *Smart Metro Rail Ticketing System*, Procedia Computer Science. Vellore Institute of Technology, India, 2019. Preuzeto s: <https://research.vit.ac.in/publication/smart-metro-rail-ticketing-system/pdf/publisher-pdf-fulltext-smart-metro-rail-ticketing-system.pdf> [Pristupljeno 20. kolovoza 2024.]
28. Harshani S.A.D.U. *Sinhala Chatbot for Train Information*. Disertacija. University of Colombo School of Computing; 2019. Preuzeto s: <https://dl.ucsc.cmb.ac.lk/jspui/bitstream/123456789/4390/1/2016MCS039.pdf> [Pristupljeno: 20. kolovoza 2024.]
29. Mahmood A., Butler B., Jennings B. *Potential of Augmented Reality for Intelligent Transportation Systems*. Waterford Institute of Technology, Ireland. Preuzeto s: <file:///C:/Users/barba/Downloads/PotentialofAugmentedRealityofIntelligentTransportationSystems.pdf> [Pristupljeno 22. kolovoza 2024.]
30. Kassim M., Bakar A.S.A. *The Design of Augmented Reality Using Unity 3D Image Marker Detection for Smart Bus Transportation*. University of Technology MARA, Malaysia, 2021. Preuzeto s: file:///C:/Users/barba/Downloads/The_Design_Of_Augmented_Reality_Using_Unity_3d_Ima.pdf [Pristupljeno 24. kolovoza 2024.]
31. Railway technology: *Trimble Rail Solutions – Rolling Stock Monitoring Software and Devices* . Preuzeto s: <https://www.railway-technology.com/contractors/computer/trimble-rail-solutions/> [Pristupljeno 24. kolovoza 2024.]
32. SB Rail : *Crane Technology – Robot Arm*. Preuzeto s: <https://www.sbrail.com/case-studies/robot-arm/> [Pristupljeno 24. kolovoza 2024.]

Popis kratica

UHF – Ultra High Frequency

IST – Intergrated Service Technology

S2R JU – Shift2Rail Joint Undertaking

RFID – Radio Frequency Identification

IVG – Intelligent Video Gate

GPS – Global Positioning System

EDI – Electronic Data Interchange

GSM – Global System for Mobile Communications

NT – Nove tehnologije

IoT – Internet of Things

HD – High Definition

AI – Artificial Intelligence

AR – Augmented Reality

ASIP – Application Specific Information Processing

OCR – Optical Character Recognition

GIS – Geographic Information System

ITU – International Telecommunication Union

GSM – Global System for Mobile Communication

istAI – Artificial Intelligence

WSN – Wireless Sensor Network

MIMO – Multiple-Input Multiple-Output

CR- Cognitive radio

D2D – Device to Device

NFC – Near Field Communication

ITS – Intelligent Transportation System

MAR – Mobile Augmented Reality

ERTMS – European Railway Traffic Management System

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology

Popis slika

Slika 1:RFID čitač i oznaka	14
Slika 2: Senzori uz tračnice	15
Slika 3: IVG sustav	20
Slika 4: Robotska ruka na mobilnoj platformi	22

Popis tablica

Tablica 1: Nove tehnologije - mogućnosti i prepreke	35
---	----

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ *završni rad* _____
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom *Primjena novih tehnologija u radu željezničkih kolodvora*, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 27.8.2024.

Krešimir Igrec

(ime i prezime, potpis)

