

dr. sc. **Krešimir Vidović**, dipl. ing. prom.

Miće Dujak, dipl. ing. prom.

SUVREMENE KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI DIGITALIZACIJE ŽELJEZNICE

1. Uvod

Digitalna preobrazba poslovanja korištenjem novih informacijsko-komunikacijskih tehnologija unaprjeđuje mnoge sektore pa tako i prometni, a rješenja koja se u tome segmentu implementiraju trebaju biti usuglašena s međunarodnim standardima i odgovarajućim propisima za područje prometa RH i EU. Jedan od ključnih nosioca razvoja digitalizacije u željezničkome sektoru bit će upravo mobilne mreže pete generacije (5G). Rješenjima 5G za budući željeznički mobilni komunikacijski sustav (FRMCS) dat će se važan doprinos ubrzanju modernizacije željezničkih komunikacija i pružiti podršku željezničkome sektoru u iskorištavanju potencijala digitalizacije radi poboljšanja kvalitete i učinkovitosti rada, iskustva putnika i sigurnosti mreže i podataka.

Temeljne promjene u tehnologiji koje dolaze sa standardizacijom budućih željezničkih mobilnih komunikacijskih sustava koji će se temeljiti na 5G mrežama omogućit će željezničkoj industriji učinkovito suočavanje s izazovom digitalizacije i transformacije poslovanja. Primjena kritičnih mreža i aplikacija osigurava sigurne i otporne usluge sljedeće generacije koje karakteriziraju mobilne širokopojasne komunikacije visokih performansi kao osnovu za željezničke sustave budućnosti. Također, u radu su prikazani potencijali novih izvora podataka, koji upareni s dostignućima znanosti o podacima u velikoj mjeri omogućavaju transformaciju željezničkoga sektora, kao i funkcionalni zahtjevi za nacionalnu pristupnu točku za razmjenu informacija o multimodalnim putovanjima.

2. Javne pokretne komunikacijske mreže pete generacije (5G)

„5G“ jest termin koji se odnosi na sljedeću (petu) generaciju mobilne telekomunikacijske tehnologije. Napredak u mobilnim telekomunikacijama mjeri se u „generacijama“, gdje otprilike svakih deset godina novi skup tehnologija predstavlja važan korak prema naprijed u smislu novih usluga i aplikacija.

Svaka nova generacija mobilnih komunikacijskih sustava nastala je iz želje za poboljšanjem prethodne generacije, na primjer, s prelaskom s prve generacije (NMT) na 2G dobivena je mogućnost korištenja tekstualnih poruka, a 3G mreža donijela je mogućnost širokopojasnoga pristupa internetu. S prelaskom na 4G mreže korisnici su dobili veće brzine prijenosa podataka i manje kašnjenje. Dok se u 2018. 4G mreža još uvijek implementirala širom Europe, od 2012. intenzivno se radi na razvoju i normizaciji mobilne mreže pete generacije. Budući da je riječ o dugotrajnome procesu koji obuhvaća čitav niz dionika iz područja regulative, industrije, pružatelja usluga i krajnjih korisnika, očekuje da će komercijalna upotreba početi iduće godine. Temeljne karakteristike mobilnih komunikacija pete generacije mogu se sažeti u desetak ključnih poboljšanja ili novih funkcionalnosti među kojima se najčešće ističe brzina prijenosa podataka od 10 Gbit/s. Ilustracije radi, tom brzinom preuzimanje DVD-a kapaciteta 4,7 Gb bilo bi završeno doslovno u sekundi, dok danas najveća brzina prijenosa na mobilnoj mreži četvrte generacije – LTE iznosi 300 Mbit/s. Vrlo su važni i nisko ukupno povratno kašnjenje (latency) od 1 ms, manje dimenzije i puno dulje trajanje baterije odnosno veća energetska učinkovitost, veća komunikacijska sigurnost, posebno zbog primjene pametnoga radija (tzv. cognitive radio), veća učinkovitost upotrebe radijskoga spektra te bolja rubna radijska pokrivenost.

Za mnoge analitičare razvoj tehnologije 5G ključan je za rast europske ekonomije. Sektor informacijske i komunikacijske tehnologije (ICT) čini oko četiri posto BDP-a EU-a, a investicije u ICT odgovorne su za oko polovinu novijeg opsega rasta produktivnosti u Europi. Također, 5G ima potencijal za stvaranje novih radnih mjesta i poticanje rasta u svim industrijama koje mogu iskoristiti bežičnu mobilnu tehnologiju kako bi postale konkurentnije, stvorile nove poslovne modele i ponudile nove usluge. Međutim, stručnjaci također ističu to da su u prošlosti doista revolucionarne aplikacije nastale tek nakon što je nova mobilna tehnologija postala široko rasprostranjena, pa će najvažnija ekonomska i društvena korist od 5G biti vidljiva tek u budućnosti. Automatizirani

rana vožnja koja uključuje automatizirano pretjecanje, kooperativno izbjegavanje sudara, veću razinu sigurnosti na cestama i usluge vezane uz učinkovitost prometa, npr. pogledom kroz prepreku, detekcijom ranjivih korisnika ili pogledom iz ptičje perspektive, potom digitalizacija prijevoza i logistike uz daljinsko očitavanje i upravljanje te daljinska obrada podataka vezanih uz vozila samo su neki od scenarija primjene. Treba spomenuti i najrazličitija rješenja za pametne gradove. Jedno od važnijih bit će i primjena umjetne inteligencije u mnogim aplikacijama, posebno onima koje se odnose na inteligentne senzore povezane s nadzorom parametara ljudskoga zdravlja. Svi uređaji koji se spajaju na internet trebaju sigurnu bežičnu mrežu koja može zaštititi privatnost korisnika. Tijekom rada na specifikacijama 5G sustava o konceptima sigurnosti u mreži Organizacija za standarde koja razvija protokole za mobilnu telefoniju (3GPP) razmišlja holistički. Privatnost je uključena u sam dizajn 5G arhitekture, a nije fokusirana samo na pojedine komponente rješenja mrežne sigurnosti kao na odvojene sustave, već na aspekte kao što su sučelje za autentifikaciju između korisnika i mreže, enkripcija prometa, mobilnost, otpornost mreže i drugo. Sve to čini jednu sigurnosnu cjelinu. Enkripcijom su zaštićeni podatkovni promet, telefonski pozivi, internetski promet i tekstualne poruke. Također, unaprijeđeno rješenje za sigurnost štiti i identitet pretplatnika. S obzirom na to da je privatnost i inače vrlo važna tema u digitalnim sustavima, Opća uredba o zaštiti podataka (General Data Protection Regulation – GDPR) i ePrivacy Directiv koja je još u reviziji u Europi adresiraju to pitanje unutar 5G sustava. Pojedina rješenja kao što su aplikacije koje se koriste u medicinske svrhe, telekomunikacije i industrijska rješenja imat će posebno stroge zahtjeve vezane uz privatnost. Jasno je to da što se više oslanjamo na digitalne usluge, te su usluge, a i samo društvo, podložnije cyber napadima, no kako će se razvijati sljedeće verzije 5G sustava, tako će se uvoditi i nove, poboljšane značajke sigurnosti za različite specifične primjene. Primjena 5G tehnologija u svijetu već je počela nizom pilota i komercijalnih instalacija. Uz tehnologiju osnovni preduvjet za uvođenje 5G mreže bilo gdje, pa tako i u Hrvatskoj, jest „oslobađanje“ odgovarajućega radiofrekvencijskog spektra. U Hrvatskoj je počeo proces podjele segmenta u srednjemu frekvencijskom pojasu od 3.4 do 3.8 GHz. Niski frekvencijski pojas bio je zauzet DTV-om, koji se prema nacionalnome planu premjestio u frekvencijsko područje ispod 700 MHz. Visoki frekvencijski pojas dostupan je, ali je njegov znatan dio predviđen za ne operatorski segment, odnosno za industriju, a u ovoj ranoj fazi tek se očekuje iskazivanje interesa.

2. Znanost o podacima

Podaci koji se koriste u prometnome inženjerstvu heterogene su prirode i prikupljaju se iz različitih izvora koji se načelno dijele u tri skupine. Prvu skupinu čine konvencionalni izvori podataka koji uključuju uvriježene izvore podataka kao što su senzori na željezničkoj infrastrukturi (npr. brojači osovina, kamere...), meteorološke stanice ili ekološki senzori. U drugu skupinu izvora podataka spadaju informacijsko-komunikacijski sustavi dionika u urbanoj mobilnosti. Primjeri takvih sustava jesu sustav za praćenje statusa entiteta u željezničkome prometu (npr. vagoni), sustavi za pametne prijevozne karte i slični. Treću skupinu podataka čine tzv. novi izvori podataka koji obuhvaćaju korištenje relativno novih tehnologija, a čija primjena u prometnome inženjerstvu još nije široko rasprostranjena (npr. javne pokretne telekomunikacijske mreže, društvene mreže). Primarna funkcija izvora podataka iz druge i treće skupine nije prikupljanje ili generiranje podataka o prometnome sustavu, ali zbog prirode rada takvih sustava, oni mogu generirati podatke koji su iskoristivi u prometnome inženjerstvu.

Znatan napredak u informacijskim tehnologijama i velik porast globalnih izvora podataka (iz druge i treće skupine) stvorili su okružje u kojemu se podaci generiraju u velikoj mjeri, što rezultira masovnim skupovima podataka koji i dalje rastu. Masovni skupovi podataka (engl. Big Data) su one vrste podataka koje zadovoljavaju najmanje tri uvjeta [1]:

- količinu (engl. Volume): velika količina podataka koja se prikuplja, obrađuje i stavlja na raspolaganje za analizu
- brzinu (engl. Velocity): kontinuirano prikupljanje velike količine podataka u realnome vremenu
- raznolikost (engl. Variety): podaci su dostupni u različitim oblicima i izvorima, a zapravo su najčešće nestrukturirani.

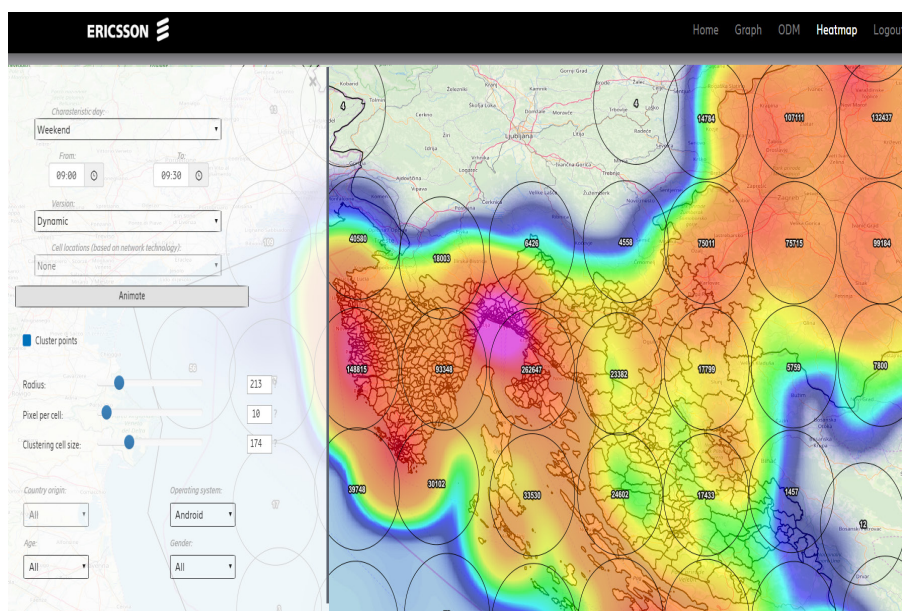
S pojavom masovnih skupova podataka pojavila se i nova disciplina, znanost o podacima (engl. Data Science). Znanost o podacima bavi se metodama, algoritmima i sustavima uz čiju se pomoć stvaraju nova znanja iz strukturiranih i nestrukturiranih podataka. Ona uključuje prikupljanje, održavanje, obradu i analizu podataka. To je interdisciplinarno područje koje obuhvaća različite domene istraživanja i primjene, a uključuje razmatranje velikih količina podataka, inovativnih logika i dubokog učenja te računarstva visokih performansi.[2]

Potencijal toga područja prepoznala je i Europska unija, koja je, motivirana sve većim količinama podataka i tehnološkim promjenama, godine 2019. donijela Europsku strategiju za podatke, čiji je cilj omogućiti Europi da postane najprivlačnije, najsigurnije i najdinamičnije svjetsko gospodarstvo vođeno podacima, odnosno omogućiti joj da iskoristi potencijal podataka kako bi donosila bolje odluke i poboljšala živote svih svojih građana. U Strategiji je navedeno i to da su podaci pokretač gospodarskoga razvoja te temelj mnogih novih proizvoda i usluga, pokretač produktivnosti i poboljšanja resursne učinkovitosti u svim gospodarskim sektorima. Oni su ključan resurs u razvoju proizvoda i usluga. Dostupnost podataka vrlo je važna za treniranje sustava umjetne inteligencije, gdje proizvodi i usluge brzo prelaze s prepoznavanja uzoraka i davanja uvida na sofisticiranije prognostičke tehnike i samim time na donošenje boljih odluka. Dio Strategije posvećen je i prometu te kaže da treba poticati zajednički europski prostor za podatke o mobilnosti koji Europu stavlja na čelo razvoja inteligentnoga prometnog sustava, uključujući povezane automobile i druge načine prijevoza. Takav podatkovni prostor olakšat će pristup podacima te njihovo okupljanje i dijeljenje iz postojećih i budućih baza podataka o prometu i mobilnosti. Promet i mobilnost u središtu su rasprave o razmjeni podataka, a to je područje u kojemu EU ima mnogo prednosti. Odnosi se na automobilski sektor, u kojemu povezani automobili uvelike ovise o podacima, te na druge vrste prijevoza. Digitalizacija i podaci o svim vrstama prijevoza i logistici bit će ključna sastavnica daljnjega rada na „europskome

prometnom sustavu”, posebno u predstojećoj „strategiji pametnoga i održivoga prometa”. To će uključivati aktivnosti u svim prometnim sektorima te one vezane uz logističke i putničke ekosustave za intermodalnu razmjenu podataka.

U usporedbi s tradicionalnim načinima prikupljanja i obrade podataka korištenje masovnih skupova podataka i znanosti o podacima ima nekoliko ključnih prednosti. Prikupljanje i obrada podataka, u pravilu, generiraju masivnu količinu podataka, obuhvaćaju znatno veći uzorak te najčešće obuhvaćaju sve uključene dionike, dok se tradicionalnim metodama određuje minimalni statistički uzorak koji u apsolutnim brojevima predstavlja znatno manji broj obuhvaćenih osoba ili ispitanika. Metode prikupljanja podataka koje su predložene i u Europskoj strategiji poput ručnoga opažanja u velikoj mjeri ovise o ljudskome čimbeniku koji ima mogućnost pogreške, pri čemu se ispitanici izlažu i osobnoj opasnosti jer opažanja obavljaju neposredno uz prometnicu. Korištenje masovnih skupova podataka uklanja tu mogućnost jer je ljudski čimbenik u prikupljanju podataka u većoj mjeri zamijenjen računalnim sustavima. Tradicionalna mjerenja najčešće su točkastoga tipa, odnosno mjeri se na određenome segmentu prometne mreže ili prometnoga sustava, te zahtijevaju veliku količinu (najčešće ljudskih) resursa, pri čemu tek nakon mjerenja i prikupljanja podataka slijedi dugotrajan i pogreškama podložan proces digitalizacije i obrade podataka. Korištenjem znanosti o podacima nad masovnim skupovima podataka ovaj se

problem adresira tako da je moguće obuhvatiti znatno veće područje obuhvata, a sama obrada podataka može početi odmah pri njihovom prikupljanju, odnosno i tijekom prikupljanja. Time se znatno skraćuje vrijeme potrebno za obradu (posljedično se smanjuju i resursi), a povećava razina točnosti zbog slijednoga i automatiziranoga procesa. Najvažnije je napomenuti to da primjena znanosti o podacima omogućava lako ponovljiva mjerenja, što omogućava kontinuirano praćenje stanja ili učinka poduzetih mjera, što kod tradicionalnih metoda nije moguće, a ako i jest, ono je iznimno resursno i troškovno zahtjevno. To ujedno rezultira prihvaćanjem novih metoda u segmentu prometnoga inženjerstva, čija primjena znatno raste.



Slika 1. Analitika masovnih skupova anonimiziranih podataka iz mreža mobilnih operatera u cilju planiranja prometa

Izvor: Laboratorij za znanost o podacima Fakulteta prometnih znanosti i Ericsson Nikola Tesle [3]

3. Primjena suvremenih tehnologija u željeznicama

Suvremeni informacijsko-komunikacijski sustavi zajedno s korištenjem novih izvora podataka te znanosti o podacima na željeznici primjenjivi su u šest segmenata unutar kojih je moguće identificirati korisničke slučajeve. To su:

1. Automatizacija upravljanja vlakovima (engl. Automated Train Operation – ATO): Primjena u tome segmentu rezultirat će većom razinom operativne učinkovitosti, energetske učinkovitosti, iskoristivosti pružnih kapaciteta smanjivanjem potrebnoga sigurnosnog razmaka između vlakova te točnosti vremena polazaka ili dolazaka vlakova u odnosu na planirana (smanjenje kašnjenja). Primjeri su:
 - precizno pozicioniranje vlaka radi detekcije potencijalnih prepreka na pruzi, udaljeno upravljanje vlakovima i automatizirano upravljanje vlakovima
 - pružanje podrške u prijenosu videozapisa u stvarnome vremenu kod samoupravljivih vlakova (ATO verzije 3 i 4)
 - podrška za buduće inačice sustava European Train Control System (ETCS)
 - automatizacija procesa manevriranja.
2. Sustavi za informiranje putnika (engl. Passenger Information Systems): Primjena u tome segmentu omogućava povećanje razine kvalitete usluge koja se pruža putnicima i povećanje razine zadovoljstva putnika korištenjem željezničkih usluga kroz seriju područja primjene koje predputno i putno informiranje dižu na kvalitetniju razinu. Primjeri su:
 - pametna povezanost različitih načina prijevoza preko putničke aplikacije
 - bolje informacije o statusu vlaka i dostupnosti sjedala u stvarnome vremenu
 - bežična povezivost putnikovih uređaja sa zaslonima u vlaku
 - videonajave na putničkim uređajima.
3. Pametni željeznički kolodvori: Cilj primjene u tome segmentu jest modernizirati željezničke kolodvore primjenom digitalnih i komunikacijskih tehnologija koje će omogućiti veću razinu sigurnosti, pojednostavljanje operacija s putnicima i općenitu optimizaciju rada i uštedu energije. Primjeri su:
 - pametan sustav videonadzora kao preduvjet za upravljanje u hitnim slučajevima te reagiranje na incidente
 - automatizirano praćenje koji bi omogućio siguran ulazak putnika u vlakove i njihov izlazak iz vlakova
 - kontrola kolodvorskih objekata, uključujući kante za smeće, automate, dizala, rasvjetu, pokretne stube i ventilaciju korištenjem koncepta interneta stvari (engl. Internet of Things – IoT)
 - pametni sustavi za distribuciju električne energije i pametni sustavi za upravljanje operacijama vlakovima na kolosijecima.
4. Pametno održavanje željeznica (engl. Smart Rail Maintenance): Cilj primjene u tome segmentu jest pojednostavniti operacije, povećati razinu sigurnosti te objediniti zasebna (silosoidna) vertikalna rješenja novim sustavima koji omogućavaju integraciju i automatizaciju održavanja pokretnih entiteta (lokomotive, vagoni i drugo), željezničke infrastrukture (pruge, prateći objekti) i ostalih resursa u funkciji željezničkog prometa. Primjeri su:
 - održavanje primjenom rješenja temeljenih na proširenoj stvarnosti (engl. Augmented Reality)
 - automatsko otkrivanje nedostataka na infrastrukturi
 - prediktivna analitika i održavanja sustava
 - korištenje daljinski upravljanih bespilotnih letjelica za nadzor.
5. Sustavi za podršku upravljanju (engl. Management Support Systems): Cilj primjene u tome segmentu jest učiniti poslovne procese u funkciji željeznica učinkovitijima te omogućiti povećanje razine automatizacije i kontinuiranu optimizaciju kroz sljedeća područja primjene:
 - objedinjeno upravljanje glavnim sustavima upravljanja
 - informacije o prometu i putničkim tokovima u stvarnome vremenu
 - automatizirana obrada karata
 - korištenje digitalnih blizanaca radi dinamičke simulacija rada vlakova i infrastrukture.
6. Pametna infrastruktura (engl. Smart Infrastructure): Primjena u tome segmentu omogućava povećanje razine učinkovitosti i sigurnosti podržavanjem slučajeva upotrebe čija je svrha digitalizacija kompletne željezničke infrastrukture. Primjeri su:
 - povezani željeznički prijelazi i implementacija sustava automatiziranih upozorenja
 - sustavi za automatsko otkrivanje opasnosti
 - upravljanje prometom u stvarnome vremenu

- besprijeckorna percepcija stanja vozila i prateće infrastrukture preko više senzorskih sustava koji uključuju kamere, radar, lidar i drugo.

4. Nacionalna pristupna točka za razmjenu informacija o multimodalnome prijevozu

Informacije pružatelja usluga željezničkoga prometa razmjenjivat će se s ostalim dionicima u sustavu prijenosa, pa tako i s putnicima, preko nacionalnih pristupnih točaka. Nacionalna pristupna točka (NPT) jest digitalno sučelje u kojemu su podaci zajedno s odgovarajućim metapodacima dostupni korisnicima za ponovnu uporabu ili u kojemu su izvori tih podataka i njihovi metapodaci dostupni za ponovnu uporabu korisnicima. Pristupna točka može biti u obliku repozitorija, registra, internetskoga portala ili sličnoga, ovisno o vrsti podataka. U skladu s EU-ovim preporukama i direktivama [4], države članice trebale bi objediniti postojeće javne i privatne pristupne točke u jednu točku iz koje bi se omogućio pristup svim vrstama relevantnih i raspoloživih podataka koji su obuhvaćeni područjem primjene tih specifikacija. Informacijsko-komunikacijski sustav koji je u funkciji nacionalne pristupne točke ponajprije je zamišljen kao posrednik u prijenosu podataka (engl. Data Broker) te ima zadaću povezati izvore informacija i korisnike informacija na siguran i kontroliran način. Glavni cilj sustava jest omogućiti povezivost niske latencije među uređajima, poslovnim aplikacijama, izvorima informacija, posrednicima, korisnicima i krajnjim korisnicima. Sustav omogućava stvaranje novih usluga u području inteligentnih prijevoznih sustava koje se definiraju u otvorenome, sigurnome i standardiziranome okružju.

Direktiva 2010/40/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 7. srpnja 2010. o okviru za uvođenje inteligentnih prometnih sustava u cestovnome prometu i za veze s ostalim vrstama utvrdila je šest prioriternih mjera (područja):

- A. pružanje multimodalnih putnih informacija u cijeloj Europskoj uniji
- B. pružanje prometnih informacija u cijeloj Europskoj uniji u realnome vremenu
- C. podaci i postupak za pružanje korisnicima, gdje je to moguće, besplatnih osnovnih općih prometnih informacija u vezi s cestovnom sigurnosti
- D. usklađeno osiguravanje interoperabilnoga sustava eCall u cijeloj Europskoj uniji

- E. pružanje usluga informiranja o sigurnim i zaštićenim parkirališnim mjestima za kamione i gospodarska vozila
- F. pružanje usluga rezervacije sigurnih i zaštićenih parkirališnih mjesta za kamione i gospodarska vozila.

U Republici Hrvatskoj u tijeku je uspostava nacionalne pristupne točke, a u skladu s prioriternim područjem B (pružanje usluga prometnih informacija u cijeloj Europskoj uniji u realnome vremenu), C (podaci i postupak pružanja korisnicima, gdje je to moguće, besplatnih osnovnih općih prometnih informacija u vezi s cestovnom sigurnosti) i E (pružanje usluga informiranja o sigurnim i zaštićenim parkirališnim mjestima za kamione i gospodarska vozila).

Uz pretpostavku da je, u pravilu, željeznički promet uglavnom okosnica multimodalnoga prijevoza putnika, pogotovo unutar aspekta integriranoga putničkoga prijevoza, jasno je zašto je tema nacionalne pristupne točke za multimodalni prijevoz zanimljiva baš željezničkome sektoru. Premda nacionalna pristupna točka za multimodalni prijevoz još uvijek nije uspostavljena u RH, poznati su zahtjevi za funkcionalnim karakteristikama kako bi bila u skladu s očekivanjima Delegirane uredbe.

Pristupna točka treba imati mogućnost obrade i pohrane podataka te distribucije podataka trećim stranama preko odgovarajućih komunikacijskih i aplikativnih sučelja [5]:

- sučelja za programiranje aplikacija (API) koja omogućuju pristup statičnim podacima o putovanjima i prometu preko nacionalne pristupne točke moraju biti javno dostupna kako bi se korisnici i krajnji korisnici mogli prijaviti i dobiti pristup
- sučelja za povezivanje postojećih informacijskih sustava radi razmjene izračunanih ruta. Preporuča se da se za pružanje informacija o putovanjima prilikom distribuiranoga planiranja putovanja upotrebljava europska tehnička specifikacija pod naslovom „Inteligentni prijevozni sustavi – javni prijevoz – otvorena sučelja za programiranje aplikacija za distribuirano planiranje putovanja 00278420”

Pristupna točka treba imati mogućnost kreiranja više korisničkih profila za razne dionike, korisnike i krajnje korisnike, povezivanja s vanjskim izvorima podataka, upravljanja poslovnim i operativnim procesima, dijeljenja resursa sustava među različitim tipovima dionika ili korisnika koji su logički i funkcionalno potpuno neovisni te naplate korištenja podataka (ako je potrebno). Također

treba imati mogućnost publikacije podataka u standardiziranim formatima, i to:

- za statičke podatke:
 - za cestovni prijevoz standarda definiranih u članku 4. Delegirane uredbe (EU) 2015/962
 - za druge načine prijevoza jedne od sljedećih normi i tehničkih specifikacija: NeTeX CEN/TS 16614 i naknadnih verzija, tehničkih dokumenata utvrđenih u Uredbi (EU) br. 454/2011 i njihovih naknadnih verzija, tehničkih dokumenata koje je pripremila IATA ili bilo kojih strojno čitljivih formata potpuno kompatibilnih i interoperabilnih s tim normama i tehničkim specifikacijama
 - za prostornu mrežu zahtjeva utvrđenih u članku 7. Direktive 2007/2/EZ.
- za dinamičke podatke:
 - za cestovni prijevoz norme definirane u člancima 5. i 6. Delegirane uredbe (EU) 2015/962;
 - za druge načine prijevoza SIRI CEN/TS 15531 i naknadne verzije, tehničke dokumente utvrđene u Uredbi (EU) br. 454/2011 ili bilo koji strojno čitljivi format potpuno kompatibilan i interoperabilan s tim normama ili tehničkim dokumentima.
- Pristupna točka treba imati mogućnost implementacije (minimalnih) nacionalnih podatkovnih profila, i to:
 - za statičke informacije – relevantni statični podaci o putovanjima i prometu koji su primjenjivi na NeTeX i DATEX II predstavljaju se u sklopu minimalnih nacionalnih profila
 - za dinamičke informacije - važni podaci o putovanjima i prometu koji su primjenjivi na SIRI i DATEX II predstavljaju se u sklopu minimalnih nacionalnih profila koje su utvrdile države članice te koji su dostupni preko nacionalne pristupne točke.
- Pristupna točka treba imati podršku za rad s usklađenim nizom interoperabilnih formata za razmjenu podataka i protokole koji se temelje na postojećim tehničkim rješenjima i normama za različite vrste prijevoza:
 - U sklopu pružanja informacija o multimodalnim putovanjima postoji nekoliko važnih postojećih normi i tehničkih specifikacija koje obuhvaćaju ceste (DATEX II), željeznicu (tehnički dokumenti TAP-TSI B1, B2, B3, B4, B8, B9), zračni promet (IATA SSIM) i osnovne prostorne podatke (INSPIRE).
 - Što se tiče razmjene statičnih podataka o voznim redovima kao što su javni prijevoz, prijevoz

autobusom na duge linije i pomorski prijevoz, uključujući trajekt, za važne podatke u nacionalnoj pristupnoj točki trebala bi se upotrebljavati norma za razmjenu podataka CEN NeTeX CEN/TS 16614 koja se temelji na osnovnome konceptualnom modelu razmjene podataka Transmodel EN 12896: Verzija 2006. i sljedeće ažurirane verzije ili bilo koji strojno čitljivi format u cijelosti usklađen s dogovorenim rasporedom.

6. Zaključak

Digitalizacija jest ključna za konkurentnost željezničke industrije i zato je postala jedan od prioriteta kojima se dionici u sustavu željeznica bave kako bi iskoristili tehnološke mogućnosti za unaprjeđenje operativnih procesa odnosno kvalitete pružene usluga prijevoza. Suvremeni informacijsko-komunikacijski sustavi fokusirani su upravo na primjenu u različitim poslovnim vertikalama, pri čemu prijevoz općenito, posebno ekološki prihvatljiv željeznički prijevoz, ima veliku ulogu. Suvremeni željeznički sustavi u velikoj će mjeri primjenjivati komunikacijske tehnologije najnovijih generacija uparene s novim izvorima podataka i primjenom znanosti o podacima (uključujući strojno učenje, umjetnu inteligenciju) kako bi optimizirali svoje procese te pružili putnicima konkurentnu, pouzdanu, sigurnu i atraktivnu prijevoznu uslugu. Digitalizacija procesa na željeznicama, potaknuta primjenom mobilnih komunikacijskih mreža i informacijsko-komunikacijskih sustava, generira dovoljnu količinu podataka na temelju kojih je moguće ekstrahirati one koji su važni za unaprjeđenje operativnih i poslovnih procesa dionika u željezničkome sustavu odnosno za pružanje kvalitetnih informacijama korisnicima željezničkih usluga.

Literatura:

- [1] OECD/ITF, Big Data and Transport, Oecd/Itf, p. 66, 2015.
- [2] K. E. Zannat and C. F. Choudhury, Emerging Big Data Sources for Public Transport Planning: A Systematic Review on Current State of Art and Future Research Directions, J. Indian Inst. Sci., vol. 99, no. 4, pp. 601–619, 2019.
- [3] M. Šošarić, M. Jakovljević, O. Lale, K. Vidović, and S. Vojvodić, Sustainable Urban Mobility Boost Smart Toolbox, in Proc of 1st International Conference Public Transport & Smart Mobility Innovative solutions for smart urban mobility, 2020.
- [4] The European Commission, Regulations - Commission Delegated Regulation (EU) 2017/1926, Off. J. Eur. Union, no. May, 2017.
- [5] M. Mandžuka, Sadko; Vidović, Krešimir; Šošarić, Marko; Pavić, Nacionalna pristupna točka za pružanje informacija o multimodalnim putovanjima, in Proc of 28th Telecommunications Forum TELFOR 2020, 2020, p. 4.

UDK: 654:656.2

Adresa autora:

dr. sc. Krešimir Vidović, dipl. ing. prom.
Ericsson Nikola Tesla, Krapinska 45, Zagreb
e-pošta: kresimir.vidovic@ericsson.com

Mičo Dujak, dipl. ing. prom.
Ericsson Nikola Tesla, Krapinska 45, Zagreb
e-pošta: mico.dujak@ericsson.com

SAŽETAK:

SUVREMENE KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI DIGITALIZACIJE ŽELJEZNICE

Suvremene komunikacijske tehnologije kao i općeniti razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologija nositelji su digitalizacije poslovanja željezničkoga sektora. Njihova je primjena predviđena u čitavome nizu aplikacija koje je moguće podijeliti u šest područja. Riječ je o unaprijeđenima sustava za automatizaciju upravljanja vlakovima, sustavima za informiranje putnika, sustavima za pametne željezničke kolodvore, sustavima za održavanje na željeznicama te o unaprijeđenim sustavima za podršku upravljanju i pametnu infrastrukturu. U radu je dan pregled najvažnijih dostignuća u području komunikacija (mobilne komunikacijske tehnologije pete generacije) i u području znanosti o podacima te detaljniji opis područja primjene novih tehnologija na željeznicama. Jedan od prvih projekata koji će u tome smislu zaživjeti u Hrvatskoj jest nadolazeća uspostava nacionalne pristupne točke za multimodalna putovanja, čije su funkcionalne mogućnosti definirane u zasebnome poglavlju.

Ključne riječi: informacijsko-komunikacijske tehnologije, željeznica, multimodalna putovanja, informacije o multimodalnome prijevozu

Kategorizacija: stručni rad

SUMMARY:

MODERN COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE FUNCTION OF RAILWAYS DIGITIZATION

Modern communication technologies, as well as the general development of information and communication technologies, are the carriers of digitalization in the railway sector. Their implementation is envisaged in a number of applications, which can be divided into six areas. These include improved train management automation systems, passenger information systems, smart train station systems, railway maintenance systems, and improvements to management support systems and smart infrastructure. This paper will provide an overview of the most important achievements in the communications field (fifth generation mobile communication technologies), then achievements in the segment of data science and a more detailed description of the field of application of new technologies in railways. One of the first projects which will come into being in Croatia in this regard is the upcoming establishment of a national access point for multimodal travel, the functional possibilities of which are defined in a separate chapter.

Key words: information and communication technologies, railways, multimodal travel, information on multimodal transport

Categorization: professional paper



STRAIL – prestižan sustav

- ◆ nova 1.200 mm unutarnja ploča poboljšana stabilnost
- ◆ vlaknima ojačana struktura, doprinosi rješavanju pitanja stalnih povećanja opterećenja
- ◆ brza i lagana ugradnja, lagano rukovanje > smanjenje troškova



STRAILway > plastični prag s mogućnošću reciklaže

- ◆ ekološki prihvatljiv zahvaljujući korištenju sekundarnih sirovina
- ◆ mogućnost obrade kao drveni prag (napr. piljenje, glodanje, blanjanje)
- ◆ preostali materijala nakon obrade – 100% pogodan za reciklažu



KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG

STRAIL sustav za željezničko cestovne prijelaze | STRAILastic sustav za prigušenje buke u kolosijeku | STRAILWAY plastični pragovi
D-84529 Tittmoning, Obb. // Goellstr. 8 // telefon +49|8683|701-0 // fax -126 // info@strail.de