

Marinko Tuškanec, dipl. ing. prom., univ. spec. el.

MODELIRANJE PRAĆENJA I ANALIZE NEISPRAVNOSTI RADA SIGNALNO-SIGURNOSNIH UREĐAJA

1. Uvod

Na željezničkoj mreži u Republici Hrvatskoj u posljednjih pet godina bilježi se relativno velik broj neispravnosti signalno-sigurnosnih (SS) uređaja s ujednačenim godišnjim prosjekom. Jedan od osnovnih čimbenika mogućnosti održavanja SS-uređaja jesu mehanizmi praćenja koji uključuju statističko praćenje i analizu neispravnosti u radu uređaja.

Prijašnji način prijave i praćenja podataka o neispravnostima SS-uređaja u HŽ Infrastrukturi kroz pojedinačna dnevna izvješća u tablicama programa MS Excel zahtijevao je veliki utrošak vremena za objedinjavanje i obradu brojnih događaja zaprimljenih iz različitih izvora, pri čemu se za istovrsne događaje, uređaje i komponente uređaja često koristilo različito nazivlje. Stoga su Poslovi upravljanja sigurnošću¹ 2010. pokrenuli inicijativu za izradu aplikacijskog sustava (u nastavku aplikacija SSTK) koji bi omogućio jednostavno i učinkovito praćenje i analiziranje neispravnosti. Početkom 2014. potrebu izrade aplikacije prepoznala je i Uprava te je osnovan projektni tim zadužen da tu zamisao provede u djelo. U izradu aplikacije SSTK bili su uključeni zaposlenici Informatike, Upravljanja održavanjem i obnove elektrotehničkih infrastrukturnih podsustava, Poslova upravljanja sigurnošću te Sektora SS i TK regionalnih jedinica. Aplikacija SSTK je od 1. veljače 2016. u produkcijskome radu, čime je ostvaren preduvjet za izradu svrsishodnih analiza neispravnosti.

2. Neispravnosti u radu SS-uređaja

Neispravnosti u radu SS-uređaja jesu kvar, smetnja, ispad i pogreška.

U izvedbeno-tehničkome pogledu pod kvarom relejnog SS-uređaja podrazumijeva se pojava nepravilnog stanja na sklopovima ili elementima koja može dovesti do pogreške u radu uređaja odnosno ispadanja iz rada. Uz ispravno rukovanje kao preduvjet, ispravno izveden i pravilno održavan uređaj ne bi se smio pokvariti.

Pod shemotehničkim kvarom podrazumijeva se kvar koji nastaje na elementima strujnih krugova uređaja. Pri kvarovima može doći do potpunog uništenja, degradacije ili fizičke istrošenosti pojedinih komponenti uređaja, pri čemu je moguć i nastanak sekundarnih kvarova zbog kojih određeni dio ili cijeli uređaj ispada iz pogona (na primjer, kratki spoj na ožičenju može izazvati pregaranje namota transformatora ili releja). Posljedice kvara uređaja mogu biti:

- smetnje u pravilnome radu uređaja ili
- stanje uređaja koje je opasno za sigurnost prometa.

Smetnja jest nepravilno stanje u kojemu je ometan pravilan rad uređaja, ali se uređaj ne nalazi u stanju opasnom za sigurnost prometa. Do smetnje može doći zbog kvara uređaja ili raznih nepravilnosti u eksploataciji. Pod eksploatacijskom smetnjom podrazumijeva se pojava nepravilnog stanja do kojeg može doći u eksploataciji i kod pravilno izvedenog i održavanog uređaja (na primjer zbog presijecanja skretnice i sličnog).

Primjenom elektroničke tehnologije u područje SS-tehnike uvedeni su nazivi „pogreška“ i „ispad“. Normom HRN EN 50129 definirani su pojmovi kvara, pogreške i ispada za elektroničke SS-uređaje. Kvar je nenormalno stanje koje može dovesti do pogreške u sustavu. Pogreška je odstupanje od projektiranog rješenja koje može rezultirati neispravnošću, a u pravilu je vezana uz programiranje i rad softvera. Ispad je posljedica kvara ili pogreške. Ispad iz rada ili stanje otkaza u radu jest stanje kada uređaj ili njegov dio nisu u funkciji zbog čega rad uređaja nije omogućen.

Svaki relejni i elektronički uređaj projektiran je tako da u slučaju kvara ili ispada iz rada onemogućuje pojavu stanja opasnih za sigurnost prometa (tzv. *fail-safe* izvedba). Moguće pojave opasne za sigurnost jesu: pojava signalnog znaka za brzinu veću od dopuštene za postavljeni vozni put, pojava lažne ili neispravne kontrole položaja skretnice, pojava lažne slobodnosti kontroliranog odsjeka, promjena položaja skretnice ili drugog elementa bez izdane naredbe (osim dinamičke bočne zaštite i puteva proklizavanja), pojava lažnog dobivanja privole ili odjave na određenome uređaju ili dijelu pruge opremljenom uređajem automatskog pružnog bloka (APB) ili međukolodvorske ovisnosti (MO), mogućnost postavljanja dvaju ili više istodobnih voznih puteva koji se sijeku, dodiruju ili preklapaju (osim puta proklizavanja), pojava prijevremenog razrješenja voznog puta i pojava neuključivanja ili prijevremenog isključenja automatskog uređaja za osiguranje željezničko-cestovnog (ŽCP) ili pješačkog prijelaza (PP).

¹ Tadašnji Sustav upravljanja sigurnošću i kontrola nad sigurnim tijekom prometa

S gledišta funkcionalnog podsustava tijekom i upravljanja prometom, osobito reguliranja prometa, u tehnološkome pogledu neispravnosti u radu SS-uređaja podijeljene su na kvarove i smetnje. Kvar jest neispravnost koja onemogućava pravilan rad uređaja, zbog čega dolazi do promjena u redovitome načinu reguliranja prometa. Smetnja jest neispravnost koja ometa pravilan rad uređaja, ali ne utječe na reguliranje prometa.

3. Aplikacija SSTK

Aplikacija SSTK programirana je u programskome jeziku C# (.NET Framework), a baza podataka razvijena je u MS SQL Serveru (Database Engine 2012).

3.1. Struktura i održavanje podataka

Prema značaju i karakteristikama promjenjivosti, podaci su razvrstani u tri osnovne kategorije:

- matični podaci,
- poveznice između matičnih podataka (filteri) i
- transakcijski podaci.

Održavanje sadržaja podataka sukladno iskazanoj korisničkoj potrebi i promjenama na terenu, prijavljivanje neispravnosti i pregled evidencija obavljaju autorizirani poslovni korisnici – radnici HŽ Infrastrukture. Ovlasti i zaduženja podijeljeni u četiri skupine korisnika prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Skupine i ovlasti korisnika aplikacije SSTK u HŽ Infrastrukturi

Autorizirani korisnik	Ovlasti i zaduženja	Organizacijska jedinica
Centralni (globalni) administrator	Održavanje - ažuriranje sadržaja pojedinih kategorija podataka cijele aplikacije, upravljanje autorizacijama korisnika za pristup podacima, pregled, pokretanje izvješća, prijenos svih podataka	Upravljanje održavanjem i obnova elektrotehničkih infrastrukturnih podsustava, Informatika
Regionalni administrator	Ažuriranje matičnih podataka i ovlaštenja korisnika unutar regionalne jedinice, pregled podataka i pokretanje izvješća sukladno dodijeljenom pristupu	Regionalne jedinice HŽ Infrastrukture - Sektori SS i TK
Evidentičar	Unos prijave (po potrebi unos promjene ili brisanje prijave) neispravnosti uređaja, pregled podatka i pokretanje izvješća sukladno dodijeljenom pristupu	Regionalne jedinice HŽ Infrastrukture - Dionice SS i TK
Korisnik	Pregled podataka na razini dionice, sektora ili mreže - sukladno dodijeljenom pristupu i pokretanje izvješća	Radnici svih zainteresiranih organizacijskih jedinica HŽI

Matični podaci jesu skup podataka relativno nepromjenjiva sadržaja i strukture atributa koji ga opisuju kroz određeni vremenski period. S obzirom na složenu strukturu SS-uređaja na željezničkoj mreži Republike Hrvatske, za učinkovitu prijavu, praćenje i analizu neispravnosti u njihovu radu bitno je dobro oblikovati bazu podataka. Matični podaci opisani su u tablici 2.

Produktivna uporaba aplikacije ponajprije ovisi o definiranju poveznica međusobno neovisnih matičnih podataka. Poveznicama između matičnih podataka određuje se kojem je sadržaju jedne vrste matičnog podatka potrebno dodijeliti sadržaj druge vrste matičnog podatka. S obzirom na to da se matični podaci pruga, službenih mjesta, dionica održavanja i njihovih odnosa rijetko mijenjaju, administrator jednokratnim kreiranjem poveznica (tzv. filtera) omogućuje ažurnost tih podataka u duljem razdoblju. Time se kod prijave neispravnosti smanjuje popis mogućih odabira. U aplikaciji SSTK kreirani su sljedeći filteri:

- *Dionice pruga ↔ Lokacija* – svaki kolodvor i međukolodvorski razmak jednoznačno je dodijeljen pružnoj dionici koja može imati više lokacija (veza 1:više)

- *Dionice održavanja ↔ Lokacija* – svaki kolodvor i međukolodvorski razmak jednoznačno je dodijeljen dionici održavanja koja održava uređaje na više lokacija (veza 1:više)

- *Lokacija ↔ Uređaj* – svaki SS-uređaj jednoznačno je dodijeljen kolodvoru ili međukolodvorskom razmaku u kojemu se nalazi; uređaji istog naziva (npr. ŽCP 01) mogu se nalaziti na više različitih lokacija (veza više:više)

- *Lokacija ↔ Uređaj ↔ Naziv elementa osiguranja NEO ↔ Tip uređaja* – svakome su SS-uređaju preko lokacije i naziva uređaja, sklopa i elementa jednoznačno dodijeljeni tipovi (veza više:više)

- *Grupa elementa osiguranja GEO ↔ Opis neispravnosti* – grupiranim sklopovima i elementima uređaja jednoznačno je dodijeljen kratki opis mogućih neispravnosti; pojava istovrsne neispravnosti moguća je kod više različitih grupa sklopova i elemenata (veza više:više)

- *Sklop ↔ Tip uređaja* – sklopovima i elementima dodijeljeni su pripadajući tipovi (veza više:više).

Pod nazivom „transakcija“ podrazumijeva se niz vezanih naredbi koje prevode bazu podataka iz jednoga konzistentnog stanja u drugo, što je uglavnom slučaj kod unosa, izmjene i dopune podataka. Aplikacija SSTK omogućuje rad korisnicima transakcijama koje se dijele na administrativne, operativne i izvještajne.

Tablica 2. Matični podaci aplikacije SSTK

MATIČNI PODACI	OPIS
Regionalne jedinice	Nazivi regionalnih jedinica HŽ Infrastrukture. Održavanje je teritorijalno podijeljeno na ukupno 5 sektora SS i TK unutar 5 regionalnih jedinica (<i>Centar, Sjever, Istok, Zapad i Jug</i>).
Dionice održavanja	Nazivi izvršnih jedinica. U nadležnosti sektora SS i TK je 25 dionica održavanja zaduženih za održavanje SS-uređaja na željezničkoj mreži.
Djelatnici	Imena, prezimena i radna mjesta radnika sektora i dionica SS i TK.
Pruge	Oznake i nazivi pruga sukladno Odluci o razvrstavanju željezničkih pruga.
Dionice pruge	Pruge podijeljene na pružne dionice sukladno Odluci o podjeli željezničke mreže na pružne dionice za praćenje ostvarenog željezničkog prometa i informatičku obradu (130 dionica).
Kolodvori	Nazivi službenih mjesta u kojima se nalaze SS-uređaji / sklopovi / elementi.
Međukolodvorski razmaci	Nazivi međukolodvorskih razmaka u kojima se nalaze SS-uređaji / sklopovi / elementi (neki su podijeljeni na 2 dijela zbog granica održavanja dionica).
Grupe uređaja	Nazivi skupina uređaja (<i>Uređaji za osiguranje službenih mjesta, Uređaji za osiguranje prometa u međukolodvorskom razmaku, Uređaji za osiguranje ŽCP i PP, Uređaji za napajanje - trafo-stanice</i>)
Vrsta uređaja	Globalni nazivi uređaja određeni u cilju lakše pripreme izvješća i praćenja statističkih pokazatelja iskazanih po toj vrsti podatka (<i>Kolodvorski SS uređaji - elektronički, APB uređaji - relejni, Napojni uređaji,...</i>).
Uređaj	Nazivi konkretnih SS-uređaja (<i>ŽCP Staro Pracno, APB 39,...</i>)
Grupa elementa osiguranja - GEO	Nazivi grupiranih sklopova / elemenata (<i>Postavne sprave, Glavni signali, Brojači osovina, Izolirani odsjeci, Polubranici, Kabeli,...</i>)
Naziv elementa osiguranja - NEO	Nazivi konkretnih sklopova i elemenata SS-uređaja (<i>Postavna sprava S 7, Prostorni signal 402, Pružna baliza D2, Izolirani odsjek IC1,...</i>)
Tip uređaja	Nazivi konkretnih sklopova i elemenata SS-uređaja (<i>Postavna sprava S 7, Prostorni signal 402, Pružna baliza D2, Izolirani odsjek IC1,...</i>)
Sklop	Sklopovi i elementi (<i>Grijač skretnice 4,7 m SAN, Senzor ZK24, Motka polubranika, R.G. pružnog bloka (117002-20), Signalna žarulja LED,...</i>)
Proizvođač	Proizvođači SS-uređaja / sklopova / elemenata (<i>ALTPRO, Končar, Vega,...</i>)
Opis neispravnosti	Kratki opis neispravnosti (<i>Lažno zauzeće, Lom motke, Loš spoj, Otuđenje, Neaktivacija, Nema napajanja, Nemoguća promjena smjera,...</i>)
Uzrok neispravnosti	Kratki opis uzroka neispravnosti (<i>Istrošenost, Loše održavanje, Loši vremenski uvjeti, Neispravnost sklopa, Treća osoba, Nepoznat,...</i>)
Način otklanjanja	Kratki opis načina otklanjanja (<i>Popravak, Regulacija, Razrješenje (RV), Taster SP, RESET (TvKv), Samo se otklonilo, Druge službe,...</i>)

3.2. Prijava neispravnosti

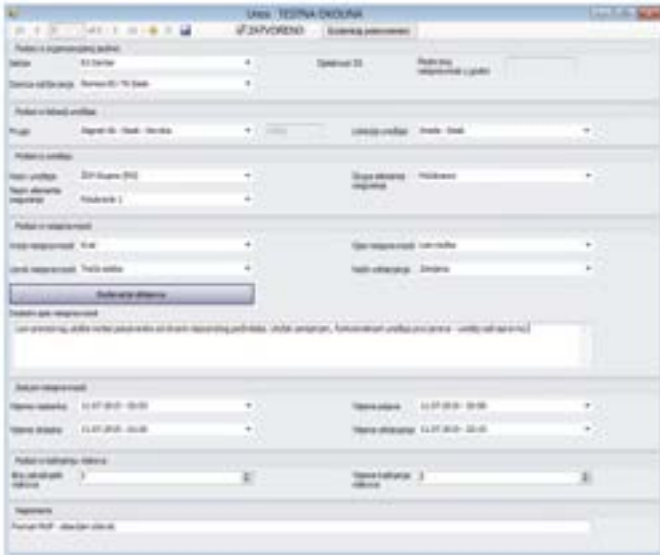
Projektom izrade aplikacije SSTK u HŽ Infrastrukturi predviđeno je da dionice održavanja signalno-sigurnosnih i telekomunikacijskih uređaja dnevno u aplikaciju unose podatke o neispravnostima u radu prometno-upravljačkoga i signalno-sigurnosnoga infrastrukturnog podsustava. Podatke utvrđenim slijedom unosi zaposlenik kojemu su dodijeljene ovlasti evidentičara. Evidentičar može uređivati i mijenjati podatke sve dok ne zatvori unos događaja. Nakon što zatvori unos, odobrenje za izmjenu podataka može tražiti od regionalnog administratora u nadležnome sektoru SS i TK. Za prijavu neispravnosti kreirani su glavni izbornik (slika 1.) i unosna maska s odgovarajućim poljima za unos podataka.



Slika 1. Glavni izbornik aplikacije SSTK

Nakon prijave korisničkim imenom i lozinkom evidentičar odabirom opcije izbornika *Unos događaja SS* može otvoriti prozor unosne maske za SS-uređaje (slika 2.). Glavni izbornik pojedinog autoriziranog korisnika popunjen je onim opcijama koje mu je dodijelio administrator. Podaci koji se unose u aplikaciju SSTK mogu se grupirati u pet skupina:

- podaci o organizacijskoj jedinici i lokaciji uređaja
- podaci o uređajima i neispravnostima
- vremenski podaci
- podaci o kašnjenjima vlakova
- dodatni podaci.



Slika 2. Prozor maske za unos događaja (SS-uređaji)

Za područje pojedine dionice održavanja podatke u pravilu unosi evidentičar, iako tu ovlast ima i regionalni administrator iz Sektora SS i TK. Na temelju ovlasti koje dodjeljuje centralni administrator automatski će se popuniti početni podaci: *Sektor*, *Redni broj neispravnosti u godini* i *Dionica održavanja* (osim ako podatke unosi administrator ili evidentičar koji je ovlašten za unos više od jedne dionice). Odabirom iz padajućih izbornika unose se podaci o lokaciji SS-uređaja. Prvo se u polju *Pruga* odabire naziv pruge, a potom u polju *Lokacija uređaja* odgovarajuće službeno mjesto ili međukolodvorski razmak.

Nakon što su uneseni podaci o lokaciji, odabirom iz padajućih izbornika unose se podaci o uređaju: *Naziv uređaja*, *Grupa elementa osiguranja (GEO)* i *Naziv elementa osiguranja (NEO)*. Zatim se redom odabiru podaci o neispravnosti: *Vrsta neispravnosti*, *Opis neispravnosti*, *Uzrok neispravnosti* i *Način otklanjanja*. Aplikacija SSKT omogućuje i upis teksta u polje *Dodatni opis neispravnosti*. Uneseni podaci moraju biti sukladni podacima evidentiranim u Knjizi neispravnosti telekomunikacijskih uređaja, SS-uređaja i pružnih postrojenja (Pe-20) koja se nalazi u svakom kolodvoru. Ako su pri otklanjanju neispravnosti zamijenjeni jedan ili više sklopova, to je potrebno evidentirati. Klikom na gumb *Dodavanje sklopova* otvara se maska za odabir sklopova i elemenata te za broječani upis količine.

Vremenski podaci vezani uz neispravnost koji se pri prijavi unose slijedno jesu: *Vrijeme nastanka* (vrijeme koje je prometnik vlakova evidentirao u Knjizi Pe-20), *Vrijeme prijave* (vrijeme koje je prometniku vlakova potrebno za prijavu neispravnosti dežurnim radnicima dionice održavanja), *Vrijeme dolaska* (vrijeme pristupanja radnika dionice otklanjanju neispravnosti) i *Vrijeme otklanjanja* (vrijeme otklanjanja neispravnosti u skladu s vremenom u Knjizi Pe-20).

Podatke o kašnjenju vlakova unose regionalni administratori na temelju zaprimljenih dnevnih operativnih izvješća područnih operativa prometnog sektora regionalnih jedinica. U polje *Broj zakašnjelih vlakova* upisuje se ukupni broj vlakova koji su kasnili zbog neispravnosti SS-uređaja, a u polje *Vrijeme kašnjenja vlakova* upisuje se zbroj minuta kašnjenja tih vlakova.

3.3. Preglednici događaja

Preglednici aplikacije SSKT omogućuju detaljan pregled svih prijavljenih događaja, kao i pretraživanje, grupiranje, sortiranje i filtriranje podataka kojima su opisani događaji odnosno neispravnosti u radu uređaja. Glavnim izbornikom mogu se otvoriti dva preglednika događaja za:

- pregled prijavljenih događaja u određenoj razdoblju
- pregled događaja prema učestalosti istovjetnih neispravnosti na uređaju ili komponenti uređaja.

Odabirom opcije *Pregled događaja* iz glavnog izbornika otvara se prozor preglednika s maskom i listom događaja u zadanome razdoblju (slika 3).

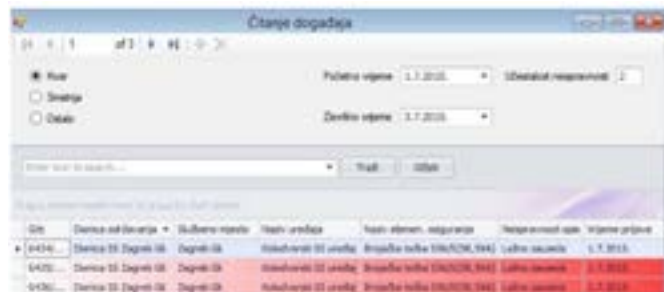


Slika 3. Preglednik prijavljenih događaja (testni podaci)

Po otvaranju prozora preglednika može se kreirati lista događaja za određeno razdoblje. Za filtriranje liste prema vremenskom kriteriju potrebno je definirati početne i završne datume prijave i nastanka neispravnosti te izabrati opciju *Otvori listu* nakon čega će se ispod maske prikazati izabrani događaji. Lista događaja sadrži ukupno 27 stupaca. Premještanjem ili prikriivanjem pojedinih stupaca mogu se oblikovati i pohraniti struktura i redoslijed podataka. Strukturirani predlošci su pri sljedećem pokretanju aplikacije dostupni u izborniku *Odabir načina pregleda*. Aplikacija SSKT programirana je za praćenje neispravnosti koje su trajale dulje od vremena propisanog odredbama Pravilnika o održavanju SS-postrojenja (Pravilnik 400) po kojima neispravnost ne smije trajati dulje od tri sata na međunarodnim prugama, osam sati na regionalnim prugama i deset sati na lokalnim prugama. U slučaju

da neispravnosti traju dulje od propisanog sustav će cijeli redak u listi automatski osjenčati crvenom bojom.

Pregled događaja prema učestalosti koristi se za pregled istovjetnih neispravnosti koje su se pojavljivale na istome SS-uređaju ili komponenti u određenome razdoblju. Na slici 4. prikazan je dio preglednika koji se otvara odabirom opcije glavnog izbornika *Pregled događaja prema učestalosti*.



Slika 4. Preglednik događaja prema učestalosti (testni podaci)

Sustav je programiran tako da, u skladu s odredbama Pravilnika o organizaciji i načinu obavljanja kontrole nad sigurnim tijekom prometa (Pravilnik HŽI-659), označava istovjetne neispravnosti čija se učestalost prati po sljedećim kriterijima:

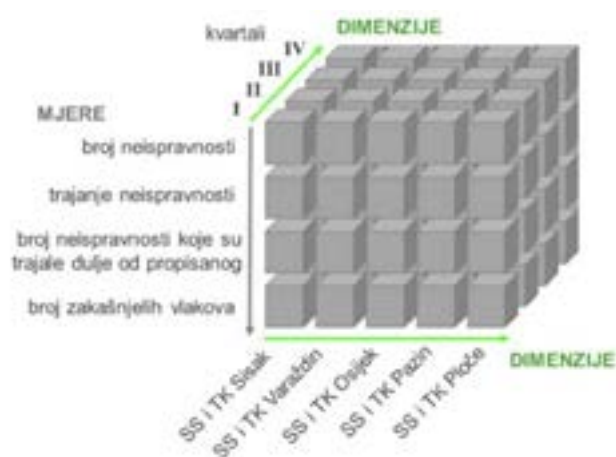
- dva ili više istovjetna kvara na istome uređaju ili elementu u razdoblju od sedam uzastopnih dana
- pet ili više istovjetnih smetnji na istome uređaju ili elementu u razdoblju od sedam uzastopnih dana.

U slučaju kada je učestalost pojavljivanja neispravnosti jednaka ili veća od navedenih kriterija sustav će redak ponovljenog događaja osjenčati crvenom bojom.

3.4. Izvještajni sustav aplikacije SSK

Izvještajni sustav aplikacije SSK korisniku omogućuje kreiranje BI (engl. *Business Intelligence*) izvješća pomoću podataka spremljenih u OLAP (engl. *Online Analytical Processing*) kocki, a ponajprije je namijenjen izradi statističkih izvješća koja prikazuju broj prijavljenih neispravnosti u vremenskoj dimenziji, po organizacijskim jedinicama ili po uređaju, kao i trajanje neispravnosti po tim karakteristikama. Izvještavanje pomoću podataka pohranjenih u OLAP kocki temeljeno je na korištenju alata MS Excel. Kocka sadrži skladišta podataka organizirana u mjere i dimenzije. Mjere određuju što promatramo, a dimenzije po čemu promatramo određenu mjeru. Na primjeru prikazanom na slici 5. mjere kao što su broj ili trajanje neispravnosti promatramo po kvartalima i dionicama održavanja.

Izvješća je moguće strukturirati unaprijed, a potom se promjene mogu pratiti dnevno. Dovoljno je jednom izraditi i spremiti željeni sadržaj i oblik tablica te grafiko-



Slika 5. Primjer OLAP kocke u aplikaciji SSK

na, a potom osvježavati ažurirane podatke koje kocka svakodnevno dohvaća iz aplikacije. Primjer izvješća s brojem prijava po vrstama neispravnosti i osnovnim grupama SS-uređaja na području Dionice SS i TK Karlovac u drugom kvartalu 2015. prikazan je na slici 6. Predočeno izvješće moguće je razraditi, na primjer, po određenome službenome mjestu, grupi uređaja, pojedinome uređaju, elementu ili uzroku neispravnosti.



Slika 6. Primjer izvješća kreiranog u aplikaciji SSK (testni podaci)

4. Modeliranje analize neispravnosti u radu SS-uređaja

Puštanjem aplikacije SSK u produkcijski rad zaposlenicima HŽ Infrastrukture koji sudjeluju u procesu održavanja SS-uređaja i procesu nadzora sustava upravljanja sigurnošću bit će dostupna jedinstvena baza podataka koja će omogućiti brzo i jednostavno praćenje neispravnosti u radu uređaja. Kako bi praćenje neispravnosti bilo korisno za upravitelja infrastrukture, a u konačnici i za cijeli željeznički sustav, mnoštvo podataka neophodno je uobličiti u periodične analize iz kojih će kontinuirano proizlaziti zaključne smjernice za poboljšanje. Na tehnološkim i organizacijskim razinama HŽ Infrastrukture postoje različite potrebe analiziranja

podataka o neispravnostima u određenim periodima. Analize prve, izvršne tehnološke razine održavanja, koju čine dionice održavanja, obuhvaćaju uređaje na pripadajućem području. Druga tehnološka razina koju čine sektori SS-a i TK-a analizira neispravnosti na području pripadajućih dionica održavanja i može provoditi komparativne analize rada dionica. Treća tehnološka razina, koju čini Služba za upravljanje održavanjem i obnovu SS-uređaja, prati i analizira neispravnosti na cijeloj željezničkoj mreži te može provoditi komparativne analize rada sektora SS-a i TK-a te komparativne analize rada dionica.

Analiza neispravnosti bitna je i za proces nadzora nad sustavom upravljanja sigurnošću. S gledišta sigurnosnog kontrolinga koji provode Poslovi upravljanja sigurnošću, analize su usmjerene na neispravnosti kod kojih je ugrožena sigurnost, uzroke neotklonjenih neispravnosti u propisanim rokovima, učestalost istovjetnih neispravnosti i ažurnost izvršnog osoblja od vremena nastanka do otklanjanja neispravnosti.

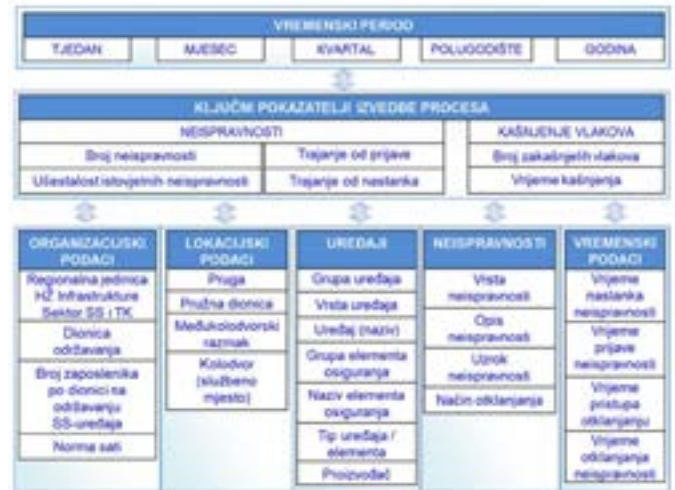
4.1. Izrada modela analize neispravnosti rada SS-uređaja

Na temelju postojećeg stanja tehničke i starosne strukture, pregleda i ocjene čimbenika mogućnosti održavanja SS-uređaja² i mogućnosti aplikacije SSTK izrađen je model analize neispravnosti rada SS-uređaja na željezničkoj mreži Republike Hrvatske. Model se temelji na unaprijed definiranim strukturnim elementima te omogućuje izradu analiza uzimajući u obzir sve elemente odnosno podatke koji zanimaju korisnika ili njihov dio.

Modelom je predloženo i vrednovanje utjecajnih čimbenika, čime je omogućena izvedba komparativnih analiza uređaja različitih generacija ugrađenih na dijelovima mreže s različitim prometnim opterećenjem, kao i usporedba učinkovitosti pojedinih organizacijskih jedinica HŽ Infrastrukture.

Osnovni strukturni elementi analize neispravnosti rada SS-uređaja (slika 7.) jesu vremenski period analize, ključni pokazatelji izvedbe procesa i skupine podataka koji se analiziraju.

Podaci koji se analiziraju razvrstani su u pet skupina: organizacijski podaci, lokacijski podaci, uređaji, neispravnosti i vremenski podaci. Ključni pokazatelji po kojima se sagledavaju skupine ili pojedini podaci vezani su uz neispravnosti i kašnjenja vlakova. Podaci se mogu analizirati po broju i trajanju neispravnosti, broju zakašnjelih vlakova uslijed neispravnosti i vre-



Slika 7. Strukturni elementi modela analize neispravnosti rada SS-uređaja

menu kašnjenja. Promatraju se i prosječne vrijednosti pokazatelja po podatku. Zbog raznolike tehničke strukture uređaja na željezničkoj mreži, podatke je potrebno svoditi na jedinični broj kako bi bili usporedivi.

4.1.1. Određivanje težinskih koeficijenata utjecajnih čimbenika

Osim analiza usmjerenih na razmatranje neispravnosti na dijelu željezničke mreže ili određenome uređaju neophodno je izrađivati komparativne analize u kojima će se uspoređivati pouzdanost i raspoloživost različitih uređaja, sklopova i elemenata, kao i učinkovitost pojedinih dionica održavanja. Na taj način moguće je spoznati niz relevantnih informacija iz kojih će proizlaziti smjernice za poboljšanje procesa upravljanja održavanjem SS-uređaja.

Zbog otežavajućih okolnosti u poslovanju HŽ Infrastrukture kao što je nedostatak financijskih sredstava nije moguće istodobno poboljšati održavanje svih dijelova infrastrukturnog podsustava. Stoga je važno odrediti prioritete odnosno fokusirana područja u određenome planskom periodu. Analizom se utvrđuje kojim je uređajima potrebno posvetiti više pozornosti pri održavanju ili uložiti sredstva u obnovu kako bi se podigla razina pouzdanosti i raspoloživosti. Ako se kao pokazatelj pouzdanosti i raspoloživosti promatra samo broj neispravnosti, doći će se do iskrivljene percepcije i određivanja pogrešnih prioriteta.

S obzirom na to da postojeća verzija aplikacije SSTK ne prepoznaje heterogenost strukture SS-uređaja i prometnog opterećenja na mreži, identificirani su čimbenici koji utječu na objektivnost usporedbe pokazatelja i rezultate analize. Ključni utjecajni čimbenici koje je potrebno uzeti u obzir pri izradi komparativnih analiza jesu starost uređaja, prosječan dnevni broj

² Tuškanec M.: Čimbenici mogućnosti održavanja signalno-sigurnosnih uređaja, Željeznice 21, br. 2/2016

vlakova, opseg manevarskog rada u kolodvorima, prosječan broj uređaja po radniku dionice održavanja iskazan preko norma sati i udaljenost između krajnjih uređaja na području održavanja jedne dionice. U cilju objektivnog sagledavanja rezultata komparativnih analiza utjecajnim čimbenicima dodijeljeni su težinski koeficijenti čije su oznake i raspon prikazani u tablici 3.

Najmanje vrijednosti težinskih koeficijenata najpovoljnije su i iznose 1,00, osim za prosječan broj uređaja po radniku dionice održavanja K_{DO} kod kojega je ta vrijednost 0,7 (zbog eventualnog viška radnika po normativima održavanja). Najveće su vrijednosti najnepovoljnije. Ukupni minimalni K_{min} odnosno maksimalni K_{max} težinski koeficijent dobiveni umnoškom pojedinih minimalnih odnosno maksimalnih težinskih koeficijenata iznose $K_{min} = 0,70$ i $K_{max} = 133,65$. U tablicama od 3.a. do 3.e. nalaze se vrijednosti pojedinih težinskih koeficijenata.

Starosna je struktura SS-uređaja na željezničkoj mreži u Republici Hrvatskoj raznolika i kreće se u rasponu od približno 50 godina. Pri usporedbi pokazatelja u analizi neispravnosti nije ispravno primjenjivati iste kriterije za ocjenu rada novih uređaja i uređaja starijih od 50 godina. Pridruživanjem težinskih koeficijenata starosnim skupinama uređaja (tablica 3.a.) dobit će se objektivniji rezultati pri izvođenju zaključaka analize.

Pogrešno je očekivati da će isti tip SS-uređaja ili njegove komponente, posebno u fazi istrošenosti, raditi jednako pouzdano u uvjetima različitoga prometnog opterećenja. Broj vlakova koji voze na dijelu pruge bitan je čimbenik intenziteta neispravnosti. Što više vlakova vozi određenom dionicom, veća je vjerojatnost pojave više neispravnosti. Pri donošenju zaključaka komparativne analize neispravnosti uređaja na različitim dijelovima mreže treba uzeti u obzir i prometno opterećenje koje može biti iskazano prosječnim dnevnim brojem vlakova. Što je dulji vremenski period analize, to će taj čimbenik biti izraženiji. U tablici 3.b. prikazani su težinski koeficijenti za prosječan dnevni broj vlakova. Osim prosječnoga dnevnog broja vlakova na pojavu neispravnosti može utjecati i opseg manevarskog rada čiji se težinski koeficijenti nalaze u tablici 3.c.

Prosječan broj uređaja po radniku dionice održavanja iskazan norma satima predstavlja broj uređaja pomnožen s godišnjim brojem sati potrebnim za njegovo održavanje. To je važan čimbenik pri izradi analize u kojoj se uspoređuje učinkovitost dionica održavanja SS-uređaja. S obzirom na nerazmjern broj radnika dionica u odnosu na područje održavanja i strukturu uređaja na tim područjima, primjena težinskog koeficijenta prosječnog broja uređaja po radniku dionice (tablica 3.d.) doprinosi objektivnosti analize s organizacijskog aspekta.

Tablica 3. Težinski koeficijenti utjecajnih čimbenika održavanja SS-uređaja

Ključni utjecajni čimbenik	Težinski koeficijent	Način određivanja
starost SS-uređaja	$1,00 \leq K_{SU} \leq 3,00$	empirijski
prosječan dnevni broj vlakova	$1,00 \leq K_{BV} \leq 4,50$	vozni red, PTU
opseg manevarskog rada u kolodvorima	$1,00 \leq K_{MR} \leq 2,00$	empirijski
broj uređaja po radniku dionice održavanja	$0,70 \leq K_{DO} \leq 2,20$	normativi održavanja
udaljenost krajnjih SS-uređaja na dionici	$1,00 \leq K_{UD} \leq 2,25$	km položaj, empirijski

Tablica 3.a. Težinski koeficijenti starosti SS-uređaja K_{SU}

Starost SS-uređaja	Težinski koeficijent K_{SU}
≤ 10 godina	1,00
11-20 godina	1,50
21-30 godina	2,00
31-40 godina	2,50
> 40 godina	3,00

Tablica 3.b. Težinski koeficijenti prosječnoga dnevnog broja vlakova K_{BV}

Prosječan dnevni broj vlakova	Težinski koeficijent K_{BV}
≤ 20	1,00
21-40	1,50
41-60	2,00
61-80	2,50
81-100	3,00
101-120	3,50
>120	4,00
Zagreb Glavni kolodvor	4,50

Tablica 3.c. Težinski koeficijenti manevarskog rada K_{MR}

Opseg manevarskog rada u kolodvorima	Težinski koeficijent K_{MR}
Ne obavlja se ili je zanemarivo mali	1,00
Manji	1,25
Srednji	1,50
Veći	1,75
Zagreb Ranžirni kolodvor	2,00

Teritorijalna rasprostranjenost SS-uređaja na područjima pojedinih dionica održavanja nije jednolika pa je pri usporedbi učinkovitosti održavanja potrebno razmotriti i tu veličinu. S obzirom na postojeću organizacijsku strukturu koja se u većini dionica svodi na jedan interventni tim za otklanjanje neispravnosti, težinski koeficijent (tablica 3.e.) uzima u obzir udaljenost između dviju krajnjih točaka pruge na kojima su ugrađeni uređaji u nadležnosti pojedine dionice. Neujednačena udaljenost dovodi do različitog trajanja neispravnosti na pojedinim dionicama.

4.1.2. Primjer primjene težinskih koeficijenata

Pretpostavljeno je da su mjesečnom analizom neispravnosti rada SS-uređaja na uređaju za osiguranje ŽCP-a A starom sedam godina utvrđena tri kvara uključno-isključnog elementa, a na uređaju ŽCP-a B starom 32 godine utvrđeno je šest kvarova uključno-isključnog elementa. Uređaj A nalazi se u međukolodvorskom razmaku pružne dionice kojom dnevno prometuje 36 vlakova. Kroz kolodvor u kojemu se nalazi uređaj B dnevno prolazi 75 vlakova, a u kolodvoru se obavlja i manevarski rad manjeg opsega. Uređaji A i B nalaze se na području različitih dionica održavanja, pri čemu prosječan broj uređaja po radniku dionice iskazan godišnjim norma satima na području gdje se nalazi uređaj A iznosi 1250 norma sati, a na području uređaja B 1500 norma sati. Udaljenost između krajnjih točaka na kojima su smješteni uređaji na dionici održavanja nadležnoj za uređaj A iznosi 103 kilometra, a na dionici nadležnoj za uređaj B 32 kilometra.

Na temelju navedenih podataka o uređajima za osiguranje ŽCP-ova A i B iz tablica od 3.a. do 3.e. očitane su i u tablicu 4. upisane vrijednosti pojedinih težinskih koeficijenata čijim se umnoškom dobiju ukupni koeficijenti K_A i K_B za oba uređaja.

Iz tablice 4. vidljivo je da ukupni koeficijent za uređaj A iznosi $K_A = 3,37$, a za B $K_B = 10,16$. Odnos koeficijenata iznosi:

$$\frac{K_B}{K_A} = \frac{10,16}{3,37} = 3,01.$$

Uz pretpostavku da se radi o kvarovima na koje nisu utjecali vanjski čimbenici kao što su vremenske i elementarne nepogode ili djelovanje trećih osoba, usporedbom koeficijenata može se zaključiti da je zbog različitih eksploatacijskih radnih uvjeta očekivani broj kvarova uređaja B približno tri puta veći od broja kvarova uređaja A. Iako je u radu uređaja B zabilježeno dvostruko više istovrsnih kvarova nego kod uređaja A, usporedbom težinskih koeficijenata dolazi se do rezultata da je uređaj B pouzdaniji od uređaja A, ali i

Tablica 3.d. Težinski koeficijenti prosječnoga broja uređaja po radniku dionice održavanja K_{DO}

Prosječan broj uređaja po radniku dionice iskazan preko godišnjih norma sati	Težinski koeficijent K_{DO}
≤ 700	0,70
701-1.400	1,00
1.401-2.100	1,30
2.101-2.800	1,60
2.801-3.500	1,90
> 3.500	2,20

Tablica 3.e. Težinski koeficijenti udaljenosti SS-uređaja na području dionica održavanja K_{UD}

Najveća udaljenost između krajnjih SS-uređaja na području dionice održavanja	Težinski koeficijent K_{UD}
1-20 km	1,00
21-40 km	1,25
41-60 km	1,50
61-80 km	1,75
81-100 km	2,00
100-120 km	2,25

Tablica 4. Primjer usporedbe rada SS-uređaja uz primjenu težinskih koeficijenata

SS-uređaj	K_{SU}	K_{BV}	K_{MR}	K_{DO}	K_{UD}	$K = K_{SU} \cdot K_{BV} \cdot K_{MR} \cdot K_{DO} \cdot K_{UD}$
ŽCP A	1,00	1,50	1,00	1,00	2,25	3,37
ŽCP B	2,00	2,50	1,25	1,30	1,25	10,16

do zaključka da se zbog većeg koeficijenta K_{UD} može očekivati dvostruko dulje vrijeme potrebno za otklanjanje kvara na uređaju A, što nepovoljno utječe na razinu raspoloživosti uređaja A. Iz primjera je vidljivo da primjena težinskih koeficijenata koji obuhvaćaju osnovne eksploatacijske i organizacijske uvjete održavanja doprinosi procjeni pouzdanosti, raspoloživosti i mogućnosti održavanja te točnijem određivanju prioriteta i fokusiranih područja u procesu upravljanja održavanjem SS-uređaja.

4.1.3. Slijedne faze modela

Bez obzira na to uključuje li analiza sve strukturne elemente modela ili samo njihov dio, radni koraci u primjeni modela analize neispravnosti rada SS-uređaja uvijek se provode istim slijedom. Slijedne faze modela prikazane slikom 8. jesu:

1. određivanje vremenskog perioda analize,
2. izbor osnovnih pokazatelja po kojima se analiziraju podaci,
3. izbor podataka koji će se analizirati i uspoređivati,

4. strukturiranje tabličnih prikaza i unos podataka,
5. usmjeravanje analize (prepoznavanje prioriternih rezultata odnosno većih odstupanja od uobičajenih i prihvatljivih vrijednosti),
6. identifikacija eventualnih kritičnih točaka (rizika) i
7. zaključna razmatranja s prijedlogom smjernica za poboljšanje.

4.2. Primjena modela analize neispravnosti rada SS-uređaja

Na temelju prijavljenih neispravnosti u radu SS-uređaja na području dvaju sektora SS i TK (A i B) u srpnju 2015. izrađen je jednostavni primjer primjene modela. Pretpostavljeno je da se analizom trebaju odrediti dionice održavanja na kojima je na temelju pokazatelja broja i trajanja neispravnosti uz primjenu težinskih ko-



Slika 7. Slijedne faze modela analize neispravnosti rada SS-uređaja

eficijentna razina pouzdanosti i raspoloživosti uređaja najniža. Zatim je na dionici na kojoj se utvrdi najveći utjecaj kvarova uređaja na redovitost prometa potrebno identificirati eventualne kritične točke i odrediti moguće smjernice poboljšanja. U tablici 5. prikazani su broj i trajanje neispravnosti uređaja na dionicama održavanja A1, A2, B1 i B2.

Iz tablice 5. vidi se da je na području Dionice A1 evidentirano najviše neispravnosti, a mogu se uočiti i znatna kašnjenja vlakova uzrokovana kvarovima uređaja. Dionici A2 potrebno je najviše vremena za otklanjanje neispravnosti. Dionica B2 ima najmanji broj prijave i najbrže otklanja neispravnosti. Ti zaključci daju opći uvid u rad uređaja na promatranome području. Do relevantnih rezultata o pouzdanosti i raspoloživosti uređaja te učinkovitosti održavanja pojedinih dionica dolazi se sagledavanjem eksploatacijskih i organizacijskih uvjeta održavanja iskazanih kroz vrijednosti težinskih koeficijenata. Oni su predočeni u tablici 6., pri čemu su težinski koeficijenti određeni proizvoljno, u skladu sa stvarnim mogućim vrijednostima.

Ako se ukupne vrijednosti broja i trajanja neispravnosti iz tablice 5. podijele s vrijednostima prosječnih težinskih koeficijenata dionica iz tablice 6., dobit će se ekvivalenti broja neispravnosti i trajanja od prijave neispravnosti. Ekvivalent ukupnog broja neispravnosti E_{BN} za Dionicu A1 iznosi:

$$E_{BN} = \frac{N}{K_{A1}} = \frac{90}{17,50} = 5,14$$

pri čemu je

N - broj neispravnosti u promatranome razdoblju i
 K_{A1} - prosječni težinski koeficijent za Dionicu A1.

Ekvivalent trajanja od prijave neispravnosti E_{TP} za Dionicu A1 iznosi:

$$E_{TP} = \frac{K_P}{K_{A1}} = \frac{5624}{17,50} = 321,37$$

pri čemu je

T_P – ukupno trajanje neispravnosti od prijave i
 K_{KC} - prosječni težinski koeficijent za Dionicu A1.

Tablica 5. Broj i trajanje neispravnosti u sektorima SS i TK A i B (srpanj 2015.)

Dionice održavanja u sektorima SS i TK A i B	Ukupni broj neispravnosti	Ukupno trajanje od prijave (h:min)	Prosječno trajanje od prijave neispravnosti (h:min)	Kašnjenja vlakova zbog neispravnosti SS-uređaja	
				Ukupni broj vlakova	Ukupno kašnjenje (min)
SS i TK A1	90	93:44	01:02	34	366
SS i TK A2	67	137:45	02:03	8	15
A ukupno	192	285:18	01:29	49	393
SS i TK B1	45	52:15	01:10	1	2
SS i TK B2	9	9:16	01:02	0	0
B ukupno	83	116:05	01:24	3	34

Tablica 6. Prosječni težinski koeficijenti pojedinih dionica održavanja

Dionica održavanja	K_{SU}	K_{BV}	K_{MR}	K_{DO}	K_{UD}	$K = K_{SU} \cdot K_{BV} \cdot K_{MR} \cdot K_{DO} \cdot K_{UD}$
SS i TK A1	2,50	2,00	1,25	1,60	1,75	17,50
SS i TK A2	2,50	1,50	1,25	1,90	2,00	17,81
SS i TK B1	2,50	1,00	1,00	1,30	2,25	5,85
SS i TK B2	2,00	1,00	1,25	1,30	1,25	4,06

Ekvivalenti za ostale dionice održavanja u tablici 7. izračunani su na prikazani način.

Na temelju ekvivalenata težinskih koeficijenata iz tablice 7. može se usporediti razina pouzdanosti i raspoloživosti SS-uređaja na dionicama održavanja i njihova učinkovitost. Pritom je za razinu pouzdanosti mjerodavan ekvivalent ukupnog broja neispravnosti E_{BN} , a za raspoloživost uređaja i učinkovitost dionice održavanja ekvivalent trajanja od prijave neispravnosti E_{TP} . Na temelju izračuna broja i trajanja neispravnosti može se zaključiti to da je najviša razina pouzdanosti i raspoloživosti uređaja te učinkovitosti održavanja utvr-

đena na Dionici B2. Najniža razina pouzdanosti rada uređaja utvrđena je na području održavanja Dionice B1, a najniža razina raspoloživosti uređaja i učinkovitosti održavanja utvrđena je na području Dionice A2. Primjer je detaljno razrađen u specijalističkome radu.³

Tablica 7. Broj i trajanje neispravnosti izraženi ekvivalentima težinskih koeficijenata

Dionica održavanja	Ekvivalent ukupnog broja neispravnosti E_{BN}	Ekvivalent trajanja od prijave neispravnosti E_{TP}
SS i TK A1	5,14	321,37
SS i TK A2	3,76	464,07
SS i TK B1	6,16	428,86
SS i TK B2	2,22	145,32

Daljnji tijek analize može biti fokusiran na neispravnosti po dionicama održavanja, pri čemu se na temelju uvida u pojedine događaje u aplikaciji SSTK otkrivaju kritične točke odnosno rizici na određenim lokacijama i na određenim komponentama pojedinih uređaja, kao i one neispravnosti koje su u najvećoj mjeri imale negativan utjecaj na redovitost prometa odnosno kašnjenja vlakova.

Model je primjenjiv u analizama različitih razina kojima je moguće obuhvatiti neispravnosti svih ili određenih vrsta/tipova SS-uređaja na cijeloj željezničkoj mreži ili na dijelu željezničke mreže Republike Hrvatske. Zaposlenici HŽ Infrastrukture, čiji je osnovni posao vezan uz upravljanje održavanjem ili nadzor prometno-upravljačkoga i signalno-sigurnosnoga infrastrukturnog podsustava, zasigurno će u praksi izrađivati opsežnije analize za dulje periode koje će obuhvatiti sve aspekte RAMS-komponenti uređaja i rezultirati zaključnim smjericama usmjerenima na njihovo poboljšanje.

5. Zaključna razmatranja

S obzirom na ekonomsko-financijske trendove u državi, temeljne strateške dokumente koji određuju smjer razvoja željezničke infrastrukture i dosadašnja iskustva, ne može se očekivati da će se SS-uređaji na željezničkoj mreži Republike Hrvatske modernizirati i obnoviti u kratkome roku. Zato kontinuirano poboljšavanje procesa upravljanja održavanjem postojećih uređaja dodatno dobiva na važnosti. Preduvjet za kontinuirano poboljšanje bilo kojega procesa jesu uspostavljeni mehanizmi praćenja i analize njegove izvedbe. U slučaju procesa upravljanja održavanjem SS-uređaja mehanizmi praćenja uključuju kontrolu funkcionalnosti i održavanja uređaja te statističko pra-

ćenje i analizu neispravnosti. Broj i trajanje neispravnog stanja uređaja, učestalost istovrsnih neispravnosti te praćenje kašnjenja vlakova uzrokovanih kvarovima uređaja ključni su pokazatelji izvedbe procesa upravljanja održavanjem.

Primjenom aplikacije SSTK unaprijeđen je način praćenja neispravnosti u radu SS-uređaja jer je s jednog mjesta omogućen uvid u neispravnosti svakoga pojedinog uređaja na mreži te je olakšana izrada učinkovitih analiza. Uz pomoć preglednika moguće je na vrlo jednostavan i brz način doći do različitih informacija o neispravnostima SS-uređaja na željezničkoj mreži. To su vremenski podaci o neispravnostima, lokaciji, uređajima i pripadajućim komponentama na kojima su se neispravnosti pojavile, podaci s opisom, vrstom, uzrokom i načinom otklanjanja, organizacijski podaci te podaci koji povezuju pojedine neispravnosti s kašnjenjem vlakova. Mogućnost praćenja učestalosti istovjetnih neispravnosti važan je pokazatelj razine pouzdanosti određenih tipova uređaja i svojevrsni identifikator kritičnih točaka u sustavu koje bi trebale biti fokusirano područje redovitog održavanja. Izvještajni dio aplikacije omogućuje kreiranje BI izvješća uz pomoć podataka spremljenih u OLAP kocki i ponajprije je namijenjen izradi statističkih izvješća koja prikazuju broj prijavljenih neispravnosti u vremenskoj dimenziji, po organizacijskim jedinicama ili po SS-uređajima, kao i trajanje neispravnosti po tim karakteristikama. Dobro strukturirani podaci u statističkim izvješćima vrlo su korisni pri izradi detaljnih analiza neispravnosti.

U budućnosti svakako treba razmišljati o mogućnostima proširenja odnosno nadogradnje aplikacijskog sustava s modulima za elektroenergetski i građevinski infrastrukturni podsustav, a potom i s modulom za obavljanje prometa. U tome pogledu sadašnja aplikacija SSTK ujedno je pilot-projekt i podloga za cjeloviti aplikacijski sustav koji bi u konačnici s jednoga mjesta omogućio uvid u stvarne uzroke kašnjenja pojedinih vlakova, što će u budućim uvjetima poslovanja upravitelja infrastrukture unutar željezničkog sektora biti neophodno. Važno je napomenuti da cijeli projekt mogu provesti zaposlenici HŽ Infrastrukture bez velikih troškova. Ti pokazatelji i zaključci mogli bi biti korisni menadžmentu za donošenje kvalitetnijih odluka jer je projekt izrade aplikacije SSTK pokazao kako unutar poduzeća ima dovoljno stručnog znanja te da za slične aktivnosti u većini slučajeva nije potrebno angažirati vanjske tvrtke.

Predloženi model analize neispravnosti rada SS-uređaja na željezničkoj mreži Republike Hrvatske temelji se na unaprijed određenim strukturnim elementima: vremenskom periodu analize, ključnim pokazateljima po kojima se analiziraju pojedini podaci i skupinama

³ Tuškanec M.: Modeliranje praćenja i analize neispravnosti rada signalno-sigurnosnih uređaja, specijalistički rad

podataka koji se analiziraju. Široki spektar generacija i tipova uređaja na mreži te različiti eksploatacijski i organizacijski uvjeti koji se u praksi pojavljuju unutar procesa upravljanja održavanjem su u izradi dosadašnjih analiza onemogućavali usporedbu pouzdanosti rada i raspoloživosti uređaja te mogućnosti i učinkovitosti održavanja na području pojedinih izvršnih organizacijskih jedinica. Zato su unutar modela definirani osnovni težinski koeficijenti, čime su omogućeni objektivno sagledavanje utjecajnih čimbenika mogućnosti održavanja te izrada komparativnih analiza na temelju kojih se može doći do spoznaje o eventualnim slabostima i do identifikacije kritičnih točaka (rizika) u sustavu. To je predispozicija za kvalitetno planiranje prioritarnih aktivnosti i određivanje fokusiranih područja u provedbi procesa održavanja SS-uređaja.

Ovisno o potrebama korisnika, model je primjenjiv u raznim kombinacijama strukturnih elemenata, sagledavajući skupine raznih podataka o nastalim neispravnostima. Kroz slijedne faze modela izrada analize može se usmjeriti na jedan utjecajni čimbenik mogućnosti održavanja ili na objedinjavanje svih važnih. Primjenom modela analize neispravnosti moguće je uspostaviti učinkovito upravljanje rizicima i tako unaprijediti proces upravljanja održavanjem SS-uređaja na željezničkoj mreži Republike Hrvatske.

Literatura:

- [1] Tuškanec, M.: Modeliranje praćenja i analize neispravnosti rada signalno-sigurnosnih uređaja, specijalistički rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2016.
- [2] Tuškanec, M.: Čimbenici mogućnosti održavanja signalno-sigurnosnih uređaja, *Željeznice* 21, br. 2/2016
- [3] Dnevna Izvješća o neispravnostima prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog infrastrukturnog podsustava, Regionalne jedinice HŽ Infrastrukture, 2011.-2015.
- [4] Hrvatski zavod za norme (HZN): HRN EN 50129:2007
- [5] Pravilnik o tehničkim uvjetima za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni željeznički infrastrukturni podsustav, NN 97/15
- [5] Habuš, V.: Kvar, pogreška, ispad - neki od temeljnih pojmova željezničkih signalno-sigurnosnih uređaja, *Automatizacija u prometu*, Zagreb / Copenhagen, 2005.
- [6] Toš, Z.: Signalizacija u željezničkom prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2013.
- [7] Theeg, G., Vlasenko, S.: *Railway signalling & interlocking*, Eurailpress, Hamburg, 2009.
- [8] Pravilnik o održavanju signalno-sigurnosnih postrojenja, Službeni glasnik ZJŽ 4/85; Službeni vjesnik HŽ 20/91, 7/02 i 7/14
- [9] Uputa o postupku radnika izvršnih služba s kolodvorskim i pružnim signalno-sigurnosnim i telekomunikacijskim uređajima, Službeni vjesnik HŽ 1/03 i 2/07; Službeni vjesnik HŽI 2/13
- [10] Projekt izrade aplikacije za praćenje neispravnosti signalno-sigurnosnih i telekomunikacijskih uređaja (PSSTK) - Specifikacija projektnog zadatka, Projektni tim PSSTK, HŽ Infrastruktura, 2014.
- [11] Uputa za rad s aplikacijom SS_TK, Projektni tim PSSTK, HŽ Infrastruktura, 2015.
- [12] Dnevna Izvješća o radu područnih operativa prometnih sektora,
- [13] Regionalne jedinice HŽ Infrastrukture, 2015.
- [14] Korisnička uputa za rad s produkcijskim kockama BI_PSSTK baze, Projektni tim PSSTK, HŽ Infrastruktura, 2015.
- [15] Grafikoni voznog reda 2014/2015, Služba za vozni red, HŽ Infrastruktura, 2014.
- [16] Prometno-transportna uputa za teretni promet uz vozni red 2014/15 (2. ispravci, izmjene i dopune), HŽ Cargo, 2015.
- [17] Prijedlog normativa održavanja SS-uređaja, Upravljanje elektrotehničkim infrastrukturnim podsustavima, HŽ Infrastruktura, 2012.
- [8] <http://snowplowanalytics.com>, rujan 2015.

UDK: 656.25

Adresa autora:

Marinko Tuškanec, dipl. ing. prom., univ. spec. el.
HŽ Infrastruktura d.o.o.
Mihanovićeve 12, 10000 Zagreb
marinko.tuskanec@hzinfra.hr

SAŽETAK

U radu je prikazana aplikacija SSTK za praćenje neispravnosti rada prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog infrastrukturnog podsustava. Ukratko je prezentiran model analize neispravnosti rada SS-uređaja čijom je primjenom moguće unaprijediti proces održavanja SS-uređaja. Kroz slijedne faze modela moguće je identificirati rizike odnosno eventualne slabosti i „kritične točke“ procesa upravljanja održavanjem SS-uređaja te posljedično djelovanje preusmjeriti na preventivne akcije smanjenja ili izbjegavanja utvrđenih rizika. To je preduvjet za podizanje kvalitete planiranja prioritarnih zahvata na održavanju, obnovi i modernizaciji SS-uređaja na željezničkoj mreži Republike Hrvatske.

Glavne riječi: signalno-sigurnosni uređaji, aplikacija SSTK, težinski koeficijenti

Kategorizacija: pregledni rad

SUMMARY

MODELLING OF TRACKING AND ANALYSIS OF MALFUNCTIONS OF SIGNALLING AND INTERLOCKING DEVICES

The paper presents the SITC application for tracking malfunctions in the operation of the control and command and signalling and interlocking infrastructure subsystem. An analysis model for the malfunction of SI devices was presented briefly, in the application of which the process of SI device maintenance can be improved. Through ensuing model phases, it is possible to identify risks, i.e. potential weaknesses and "critical points" of the SI-device maintenance management process, and redirect the subsequent effects to preventative action of reduction or avoidance of determined risks. This is a precondition for raising the quality of planning priority interventions on maintenance, renewal and modernization of SI devices on the railway network of the Republic of Croatia.

Key words: signalling and interlocking devices, SITC application, weight factor

Categorization: review article