

UDC: 681.51:004.7

INFO M: str. 11-17

**RAZVOJ DIJAGNOSTIČKOG SISTEMA ZA PUTNE PRELAZE  
SA RAČUNARSKIM UPRAVLJAČKIM SISTEMIMA  
DEVELOPMENT OF A DIAGNOSTIC SYSTEM FOR COMPUTER  
CONTROLLED LEVEL CROSSING SYSTEMS**

Tatjana A. Lutovac, Dejan N. Lutovac

**REZIME:** U radu je opisano rešenje dijagnostičkog sistema za registrovanje, očitavanje i analizu redovnih događaja, smetnji i kvarova za železničke putne prelake sa računarskim upravljačkim sistemima. Na osnovu uočenih osnovnih nedostataka postojećih dijagnostičkih sistema i registratora događaja dat je predlog za otklanjanje jednog broja nedostataka. Time je omogućen efikasniji sistem održavanja i registrovanja događaja. Predložena je standardizacija redovnih događaja, smetnji i kvarova u skladu sa savremenim zahtevima različitih železničkih uprava i načina memorisanja dijagnostičkih podataka. Razvijen je softver za lokalno i daljinsko očitavanje i obradu podataka pomoću računara.

**KLJUČNE REČI:** železnički putni prelaki, računarski sistemi upravljanja u realnom vremenu, aplikativni softver, standardizacija, dijagnostika, održavanje.

**ABSTRACT:** A diagnostic system for recording, reading and analysing regular events, disruptions and failures of computer-controlled railway level crossing systems is described in the paper. A brief overview of the main disadvantages of existing diagnostic solutions is provided. Based on an in-depth assessment of the shortfalls of existing diagnostic systems and event recorders, the proposed approach purports to resolve some of the highlighted disadvantages, allowing for considerably improved maintenance and event recording. The suggested standardisation of regular events, disruptions and failures is consistent with state-of-the-art requirements of different railway administrations. A method for memorising diagnostic data is also proposed. PC-based software for local and remote data reading and processing is developed and implemented.

**KEY WORDS:** railway level crossing systems, computer-based system, real-time control, application software, standardization, diagnostics, maintenance.

#### UVOD

Za bezbednost i normalno funkcionisanje saobraćaja na železničkom putnom prelazu izezetno je značajno održavanje ispravnog stanja signalno-sigurnosnih uređaja koji obezbeđuju ovaj železnički sistem. Blagovremena i tačna dijagnostika stanja signalno-sigurnosnih uređaja je od posebnog značaja. Dijagnostika obuhvata prepoznavanje i memorisanje svih relevantnih događaja, koji se mogu javiti na uređajima, a koji su od vitalnog značaja za funkcionisanje putnog prelaza. Pod događajem se podrazumevaju: redovni događaji, smetnje i kvarovi. Redovni događaji su sve aktivnosti koje su od interesa za praćenje rada sistema, kao što su upravljački nalozi i promene stanja upravljanih elemenata. Pod smetnjom se podrazumeva tehnička neispravnost koja ne ugrožava bezbednost saobraćaja na putnom prelazu, a pod kvarom se podrazumeva tehnička neispravnost koja ugrožava bezbednost saobraćaja na putnom prelazu [1].

Dijagnostički sistemi za putne prelake razvijali su se i unapređivali prateći osnovne osobine i mogućnosti upravljačkih sistema za obezbeđenje putnih prelaza. Postoje dve tehnološke generacije upravljačkih sistema za obezbeđenje putnih prelaza: relejni i digitalni (računarski).

Dijagnostika kod relejnih upravljačkih sistema je realizovana hardverski, uz upotrebu preostalih kontakata signalnih relea (koji nisu iskorišćeni za realizaciju radnih funkcija) i indikacionih svetiljki. Proizvođači relejnih upravljačkih sistema su na različite načine realizovali svoje dijagnostičke sisteme. Zajednička osobina svih realizacija je da pružaju osnovne, veoma skromne, dijagnostičke poruke.

Primena računara za realizaciju upravljačkih sistema za putne prelake stvorila je preduslove da se unapredi koncept održavanja. Najznačajnije osobine računara, u tom pogledu, su: programabilnost radnih funkcija putem softvera, upotreba dijagnostičkih i samodijagnostičkih programa, kao i mogućnost prenosa dijagnostičkih podataka. Međutim, kod postojećih sistema, ove pogodnosti do sada nisu dovoljno iskorišćene.

Kod prve generacije računarskih sistema za upravljanje putnim prelazima, korišćeni su hardverski realizovani dijagnostički moduli (kartice). Realizovane su samo najosnovnije dijagnostičke poruke, jer se za smeštaj dijagnostičkih podataka koristio veoma mali deo memorije, a veliki deo memorije je bio neophodan za izvršavanje radnih funkcija. Dijagnostički podaci su se prikazivali na indikacionim displejima u formi koja nije bila direktno razumljiva, već je zahtevala obimna uputstava za tumačenje.

Kod novijih računarskih upravljačkih sistema, umesto dijagnostičkih kartica, sve češće se koriste posebni terminali za održavanje, realizovani na bazi mikroracunara sa sopstvenom memorijom, koji čitaju podatke sa magistrale podataka računarskog upravljačkog sistema. Ovakava realizacija omogućila je povećanje broja i vrste dijagnostičkih podataka, usled većeg memorijskog prostora, ali zahteva poznavanje interne logike upravljačkog sistema kako bi se izdvojili dijagnostički podaci. Svaki terminal za održavanje predstavlja posebno rešenje, jer odražava specifičnosti proizvođača računarskih upravljačkih

sistema. Pored toga, dijagnostički podaci se i dalje predstavljaju u obliku koji nije direktno razumljiv, već su potrebna obimna uputstva za njihovo tumačenje.

Ovakva realizacija dijagnostičkih sistema za računarske upravljačke sisteme je bila uslovljena i ekonomskim razlozima. Da bi računarski upravljački sistemi bili po ceni konkurentni relejnim, prvobitni cilj je bio samo zamena svih funkcija relejnih sistema, uključujući i dijagnostiku. Inicijalna cena sistema često je bila presudna za nabavku od strane železničkih uprava, tako da su sve prateće funkcije, uključujući i dijagnostiku, minimalizovane.

Poslednjih godina poseban značaj se daje pouzdanosti i raspoloživosti železničkih sistema kroz njihov ukupan životni vek ("CENELEC" železnički standardi, [2], [3], [4]), tako da efikasno održavanje dobija važnu ulogu naročito u smislu postizanja ekonomičnosti sistema. Sve prisutniji su i zahtevi železničkih uprava da se metodi dijagnostike unaprede radi efikasnijeg održavanja. Praksa je pokazala da dijagnostički sistem može značajno da utiče na smanjenje troškova održavanja sistema za obezbeđenje putnog prelaza.

Da bi računarski sistem za upravljanje putnim prelazom mogao u potpunosti da izvršava zadatke za koje je projektovan, potrebno je minimizovati vreme ispada pojedinih komponenata sistema i time povećati raspoloživost sistema. Iz tog razloga je izuzetno važno da se koristi efikasan dijagnostički sistem, koji omogućava brzu detekciju otkaza i što bržu opravku ili zamenu otkazale komponente. Maksimalan vremenski period opravke, ili zamene komponente, se zadaje propisima konkretne železničke uprave. Na primer, najčešće se zahteva da maksimalno vreme opravke, koje uključuje i vreme pristupa lokaciji, ne treba da bude duže od 30 minuta. Ovako strogi zahtevi nameću potrebu za dobrim softverom za podršku održavanju. U poslednje vreme, važan zahtev koje železničke uprave postavljaju proizvođačima računarskih putnih prelaza je obezbeđivanje kvalitetnog dijagnostičkog sistema.

U ovom radu je predloženo rešenje sistema za napredniju dijagnostiku, registrovanje događaja i podršku održavanju putnih prelaza sa računarskim upravljanjem. Predloženo rešenje sistema za dijagnostiku, registrovanje događaja i podršku održavanju (**sistem SD&ER** – "Service, Diagnostic and Event Recording") realizovano je i implementirano i nalazi su u primeni (od 2005. godine) na više putnih prelaza na mreži pruga Železnica Srbije [7].

#### **NEDOSTACI POSTOJEĆIH DIJAGNOSTIČKIH SISTEMA ZA PUTNE PRELAZE SA RAČUNARSKIM UPRAVLJAČKIM SISTEMIMA**

Postojeći dijagnostički sistemi za putne prelaze se računarskim upravljanjem ne omogućavaju dovoljno efikasno održavanje. Za tumačenje dijagnostičkih indikacija, odnosno dijagnostičkih poruka, potrebna je obimna dokumentacija, a samim tim, zahteva se i opsežna obuka osoblja za održavanje. Stoga su utvrđivanje vrste i lokacije otkaza, kao i vreme opravke dugotrajani, a kompletan postupak održavanja je nedovoljno efikasan.

Kada se dijagnostički softver implementira direktno na računarskim upravljačkim sistemima, ili nezavisnim računarskim terminalima koji su priključeni na magistralu podataka računarskog upravljačkog sistema, onda nije moguća upotreba savremenih softverskih paketa. Ovo je posledica realizacije upravljačkih sistema pomoću mikroracunara (najčešće PLC opšte ili specijalne namene) koji imaju 8-mo bitnu ili 16-to bitnu magistralu podataka, čije su mogućnosti ograničene, kako u pogledu memorijskog prostora, tako i u pogledu korišćenja komercijalnih softverskih paketa. Zbog toga dijagnostički softver ne omogućava direktno upotrebljive (već samo šifrovane) poruke za održavanje koje sadrže podatke o vremenu dešavanja, lokaciji i vrsti otkaza i informaciju o komponenti koju treba popraviti ili zameniti. Takođe, dijagnostički sistem ne daje detaljna uputstva kao ni crteže strujnih kola koji su potrebni za servisiranje na licu mesta.

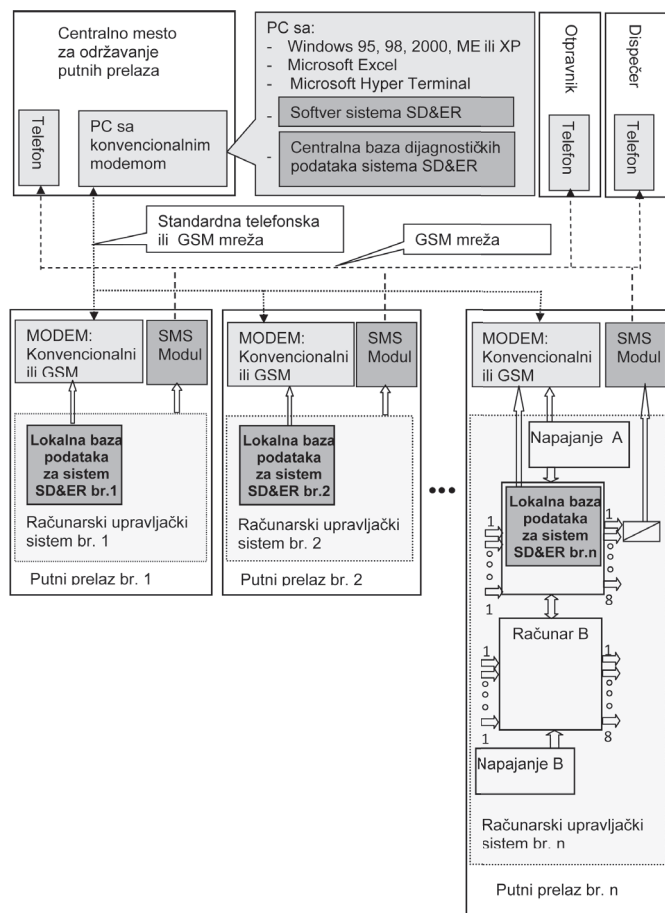
Otkaze (smetnje i kvarove) treba saopštiti osoblju za održavanje neposredno po njihovoj detekciji, kako bi se bez odlaganja započeo proces opravke. Iz tog razloga, u železničkoj stanici koja je nadležna za putni prelaz, postoje indikacije smetnje i kvara na putnom prelazu. Ovo nije slučaj za putne prelaze koji se nalaze na otvorenoj pruzi i koji su opremljeni kontrolnim signalima (indikatori ispravnosti sistema za obezbeđenje putnog prelaza). Mašinovođa preko pojma kontrolnog signala otkriva kvar na putnom prelazu i prenosi informaciju otpravniku vozova u sledećoj železničkoj stanici. U stanici se prijava registruje i obaveštava se osoblje za održavanje. Kod ovih putnih prelaza se ne saopštava stanje smetnje, a stanje kvara se otkriva i saopštava sa kašnjenjem. U ovom slučaju vreme detekcije smetnje i kvara je značajno produženo, naročito za pruge sa manjom frekvencijom saobraćaja, čime su značajno smanjene mogućnosti za efikasno održavanje.

Računarski upravljački sistemi tokom svog redovnog rada detektuju redovne događaje, smetnje i kvarove. Podaci o ovim događajima su prisutni u različitim fazama procesiranja, a proizvođači računarskih upravljačkih sistema po svom nahodanju memorišu one događaje koji će se koristiti u svrhu dijagnostike. Ne postoji standardizacija događaja, kao ni standardizacija formata u kome se oni memorišu, jer svaki proizvođač realizuje dijagnostički sistem na svoj način. Tako su dijagnostički sistemi i podaci zavisni od računarskog upravljačkog sistema. Ovim je, železničkoj upravi koja koristi različite računarske upravljačke sisteme, onemogućeno da izvrši unifikaciju dijagnostičkih sistema, kako u pogledu specifikacije događaja, tako i u pogledu načina očitavanja dijagnostičkih podataka.

U sledećoj glavi dajemo opis SD&ER sistema.

#### **SISTEM SD&ER**

Arhitektura razvijenog i implementiranog SD&ER sistema predstavljena je šemom na Slici 1



Slika 1. – Arhitektura SD&ER sistema

SD&ER sistem se sastoji iz centralnog i lokalnog dela.

Centralni deo SD&ER sistema se nalazi na mestu koje određuje korisnik - konkretna železnička uprava. Sastoji od PC-a i modema za komunikaciju sa putnim prelazima, softvera SD&ER sistema i centralne baze podataka. Na PC-u se takođe koriste i komercijalni softverski paketi: Microsoft Windows sa Hyper terminalom i Microfoft Excel).

Centralna baza podataka sadrži podatke o svakom putnom prelazu i to: identifikaciju prelaza i registrovane događaje (redovne događaje, smetnje i kvarove) sa datumom i vremenom njihovog dešavanja (dan, mesec, godina, sat, minut i sekund), kao i odgovarajuća uputstva za održavanje (za smetnje i kvarove). Podaci iz centralne baze podataka se koriste za podršku održavanju (preventivnu i interventnu u slučaju detekcije smetnje ili kvara), kao i za preventivnu i postincidentnu analizu registrovanih događaja u slučaju vanrednog događaja.

Pored SD&ER softvera na PC-u se nalazi i dokumentacija za podršku održavanju, koja obuhvata: montažni projekat, šeme kolosečne situacije, plan kablova i uputstva za instalaciju, rukovanje i održavanje za računarski upravljački sistem i spoljašnje elemente (kontrolni i putni signali, elektromotorne sprave polubranika sa motkama, uključni-isključni elementi, interfejsni uređaji i slično).

Lokalni deo SD&ER sistema se nalazi na putnom prelazu. Čine ga lokalna baza dijagnostičkih podataka, konvencionalni

ili GSM modem (za komunikaciju sa centralnim delom) i SMS modul za slanje SMS poruka (smetnja, kvar, lom motke) ovlašćenom osoblju (otpravnik vozova, dispečer, osoblje za održavanje).

Jedna od ideja, pri razvoju sistema, je bila da se iskoriste podaci o redovnim događajima, smetnjama i kvarovima koje u okviru svog normalnog rada već prikuplja i memoriše postojeći lokalni računarski sistem za upravljanje putnim prelazom. Po prirodi sigurnosnog delovanja, signalno-sigurnosni softver računarskog upravljačkog sistema vrši permanentne provere stanja svih relevantnih elemenata putnog prelaza u realnom vremenu, otkriva njihove otkaze i garantuje visoku pouzdanost prikupljenih dijagnostičkih podataka.

Da bi sistem SD&ER mogao da koristi dijagnostičke podatke različitih proizvođača računarskih sistema (neusaglašeni u pogledu broja i označavanja redovnih događaja, smetnji i kvarova) predložena je i izvršena sistematizacija i standardizacija dijagnostičkih podataka. U sledećem poglavlju dajemo kratak pregled predložene sistematizacije.

**SISTEMATIZACIJA REDOVNIH DOGAĐAJA, SMETNJI I KVAROVA PUTNIH PRELAZA**

Sistematizacija i standardizacija relevantnih redovnih događaja, smetnji i kvarova, koji su od interesa za rad putnog prelaza, izvršena je na osnovu:

- pravilnika železničkih uprava [1],
- funkcionisanja putnog prelaza za različite slučajeve primene [7], [8],
- osnovnih signalnih principa [9],
- arhitekture i načina rada računarskih sistema za upravljanje putnim prelazima i
- iskustva iz projektovanja, ispitivanja, puštanja u rad i održavanja relejnih i računarskih upravljačkih sistema za putne prelope u različitim železničkim upravama.

U tabelama 1, 2 i 3, dati su primeri sistematizacije i definisanja redovnih događaja, smetnji i kvarova. Tabele za smetnje i kvarove sadrže i dodatnu kolonu sa opisom otkaza i kratkim uputstvom za opravku. Za svaku tabelu (redovni događaji, smetnje i kvarovi) predviđeno je maksimalno 256 kodova, to jest podataka. Ovaj broj je određen empirijski, a u skladu je i sa 8-mo bitnom, odnosno 16-to bitnom arhitekturom računarskih sistema koji se koriste za upravljanje putnim prelazima. Na primer, za primenu na mreži Železnica Srbije, definisali smo 69 redovnih događaja, 24 smetnje i 40 kvarova [7].

Tabela 1. – Primer specifikacije redovnih događaja

REDOVNI DOGAĐAJI	
Kod	Opis redovnog događaja
1	Zauzeta uključna tačka U1
2	Oslobodena uključna tačka U1
3	Zauzeta uključna tačka U3
...	...

Tabela 2. – Primer specifikacije smetnji sa uputstvima za opravke

SMETNJE		
Kod	Opis smetnje	Uputstvo za otklanjanje smetnje
1	Pregorelo vlakno svetiljke S1 / S3 putnih signala	Proveriti svetiljke S1 / S3 putnih signala i izvršiti zamenu neispravnih svetiljki
2	Pregorelo vlakno svetiljke S2 / S4 putnih signala	Proveriti svetiljke S2 / S4 putnih signala i izvršiti zamenu neispravnih svetiljki
3	Pregorelo vlakno svetiljke bele kontrolnog signala KS1	Proveriti svetiljku bele kontrolnog signala KS1 i izvršiti zamenu neispravne svetiljke
...	...	...

Tabela 3. – Primer specifikacija kvarova sa uputstvima za opravke

KVAROVI		
Kod	Opis kvara	Uputstvo za otklanjanje kvara
1	Lom motke polubranika	Zameniti polomljenu motku
2	Neispravna svetiljka S1 / S3 putnih signala	Utvrđiti koja od svetiljki S1 / S3 putnih signala je neispravna i zameniti je
3	Neispravna svetiljka S2 / S4 putnih signala	Utvrđiti koja od svetiljki S2 / S4 putnih signala je neispravna i zameniti je
...	...	...

Pored sistematizacije, zbog ograničenih memorijskih resursa računarskih upravljačkih sistema, svakom događaju jednoznačno je pridružen prirodni broj, čime je omogućeno da se svaki događaj jednoznačno predstavi kodom u bazama podataka sistema SD&ER.

Predložena generalizacija i kodiranje redovnih događaja, smetnji i kvarova omogućava korišćenje SD&ER sistema za različite sisteme računarskih putnih prelaza i za različite železničke uprave.

### LOKALNA BAZA DIJAGNOSTIČKIH PODATAKA

Podaci o redovnim događajima, smetnjama i kvarovima, koje u okviru svog normalnog rada, prikuplja i memoriše lokalni računarski upravljački sistem do sada su bili dostupni samo specijalizovanom dijagnostičkom sistemu koji izrađuje proizvođač samog računarskog upravljačkog sistema. Da bi ovi podaci bili eksterno dostupni sistemu SD&ER, od svakog računarskog upravljačkog sistema se zahteva da podatke o događajima upiše u posebnu bazu – to jest, u lokalnu bazu dijagnostičkih podataka sistema SD&ER, na sledeći način: za svaki registrovani događaj u odgovarajuću datoteku se upisuju datum, vreme nastanka i odgovarajući kod događaja (prema sistematizaciji i specifikaciji sistema SD&ER). Lokalna baza podataka sistema SD&ER se smešta u slobodni deo postojeće RAM memorije računarskog upravljačkog sistema i dostupna je sistemu SD&ER samo za čitanje. Ova baza se sastoji iz tri

datoteke, za redovne događaje, smetnje i kvarove. Događaj se u datoteci predstavlja jednoznačno pomoću tri reči od po 2 bajta. Format zapisa događaja je dat u Tabeli 4.

Tabela 4. – Format zapisa događaja

bit: reč:	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
n	Mesec				Minut				Sekund							
n+1	Dan						Sat									
n+2	Godina						Kod događaja									

Upisivanje događaja u datoteke se vrši po redosledu njihovog nastanka. Kada se datoteka popuni, novi događaji se upisuju preko postojećih tako što se najstariji događaji brišu.

Veličina lokalne baze dijagnostičkih podataka je ograničena raspoloživim memorijskim prostorom upravljačkog računara, a takođe je uslovljena frekvencijom dešavanja redovnih događaja, smetnji i kvarova, kao i frekvencijom njihovog očitavanja.

Sistem SD&ER dozvoljava dimenzionisanje baze podataka u skladu sa zahtevima konkretne železničke uprave. Na primer, lokalna baza podataka sistema SD&ER, koji je implementiran na računarskom sistemu LCLC-DL2000 (Siemens) [7] za upravljanje putnim prelazima na mreži pruga Železnica Srbije, zauzima oko 8 Kb i sadrži sledeće datoteke:

- Datoteka za kvarove (85 događaja),
- Datoteka za smetnje (85 događaja),
- Datoteka za redovne događaje (1190 događaja).

Važno je istaći da se kod železničkih sigurnosnih uređaja koristi tehnologija koja se prethodno dokazala u opštoj industrijskoj praksi i koja ima visoku pouzdanost. Od računarskih upravljačkih sistema se zahteva da imaju visok nivo integriteta sigurnosti (SIL 1 do SIL 4) u skladu sa CENELEC standardima [2], [3] i [4]. Iz tog razloga se koriste računarski sistemi koji su starije tehnološke generacije, sa skromnijim mogućnostima u pogledu brzine rada i raspoloživog memorijskog prostora. Zbog toga se za izradu upravljačkih programa ovih sistema koriste specijalizovani softverski paketi, koji su prilagođeni hardveru i u velikoj meri standardizovani, ali nemaju na raspolaganju napredne mogućnosti viših programskih jezika. Takođe, nema mogućnosti korišćenja savremenih softverskih metoda za kompresiju podataka u lokalnoj bazi dijagnostičkih podataka. Iz tog razloga je predložena minimalna lokalna baza podataka sa jednostavnom kodiranom strukturom događaja, dok je centralna baza podataka na serverskom računaru praktično neograničena i direktno razumljiva i upotrebljiva, jer je kreirana pomoću SD&ER softvera i komercijalnih softverskih paketa u grafičkom korisničkom interfejsu.

### SMS DIJAGNOSTIČKI MODUL

Da bi se za putne prelaze, koji se nalaze na otvorenoj pruži i nisu opremljeni indikacionom uređajima za saopštavanje smetnji i kvarova, otklonio problem neblagovremene detekcije smetnje i kvara, realizovan je SMS dijagnostički modul, koji vrši dojavu detektovane smetnje i kvara putem odgovara-

jućih SMS poruka. Za realizaciju se koristi komercijalni GSM modul, koji ima tri digitalna ulaza koja su programski povezana sa tri SMS poruke čije tekstove definiše korisnik. Modul obezbeđuje i slanje SMS poruka na tri mobilna broja koja specificira korisnik. Za korišćenje ovog modula neophodno je da postoji pokrivenost lokacije mobilnom mrežom.

SMS modul SD&ER sistema se povezuje na računarski sistem za upravljanje putnim prelazom pomoću slobodnih kontakata odgovarajućih interfejs relea (postojeća relea ili njihova ponavljajuća relea, ukoliko nema slobodnih kontakata). Šema povezivanja je tipska (nezavisna od računarskog upravljačkog sistema) i čini deo montažnog projekta.

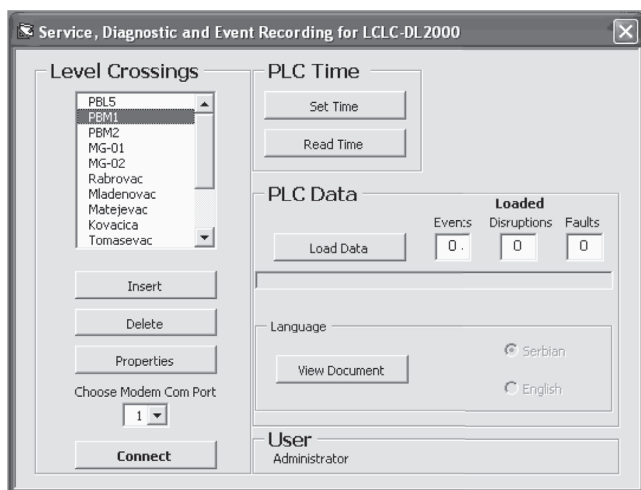
Ovim je omogućeno da se pravovremeno, neposredno po detekciji, prenese poruka (na sva tri broja istovremeno, odnosno svim relevantnim subjektima istovremeno) o detektovanoj smetnji ili kvaru, nezavisno od frekvencije saobraćaja, tako da se mogu preduzeti aktivnosti održavanja bez kašnjenja.

### SOFTVER SD&ER SISTEMA SA CENTRALNOM BAZOM PODATAKA

Softver SD&ER je instaliran na PC-u i izvršava se pod Windows operativnim sistemom. Za realizaciju softvera korišćen je Visual Basic i Microsoft Excel. Softver SD&ER sistema:

- omogućava autorizaciju pristupa sa administracijom korisnika,
- omogućava uspostavljanje komunikacije sa izabranim putnim prelazom,
- vrši očitavanje dijagnostičkih podataka iz lokalne baze podataka izabranog putnog prelaza,
- vrši analizu i obradu dijagnostičkih podataka,
- vrši ažuriranje centralne baze podataka,
- generiše odgovarajuća uputstava za održavanje,
- vrši dvojezični (engleski ili srpski) prikaz dijagnostičkih podataka na ekranu.

Posle aktiviranja SD&ER softvera na PC-u i autorizacije pristupa (ime i lozinka) korisniku je dostupan glavni prozor za interaktivnu komunikaciju, koji je prikazan na Slici 2.



Slika 2. – Glavni prozor za interaktivnu komunikaciju

Na delu prozora, označenog sa "Level Crossings", moguće je uneti ime putnog prelaza ("Insert"), podesiti parametre za komunikaciju ("Properties") ili izbrisati ime putnog prelaza ("Delete"). Izborom opcije "Connect" uspostavlja se komunikacija se izabranim putnim prelazom. Za komunikaciju sa računarskim upravljačkim sistemom se koristi klasičan serijski port (RS 232), koji je podržan i od strane PC računara. U zavisnosti od tipa računarskog upravljačkog sistema, na PC računaru se koriste odgovarajući komercijalni komunikacioni protokoli i drajveri (na primer, Teleservice za Siemens računarske sisteme).

Po uspostavljenju vezi sa računarskim upravljačkim sistemom vrši se očitavanje podataka ("Load Data") i smeštaj podataka na hard disk PC računara. Broj prenetih podataka, odnosno događaja prikazuje se na ekranu (Loaded: Events, Disruptions or Faults). Po završenom prenosu podataka korisnik dobija odgovarajuću poruku, a SD&ER softver automatski započinje analizu i obradu učitanih podataka.

Analiza i obrada podataka obuhvata sledeće: proveru vremena na putnom prelazu i utvrđivanje razlike u odnosu na tekuće vreme na PC-u, prepoznavanje novih događaja sa putnog prelaza u odnosu na postojeće u centralnoj bazi podataka, pretvaranje vremena novih događaja u realno vreme sa PC-a. Na osnovu koda program automatski prepoznaje odgovarajući događaj i pronalazi odgovarajuću instrukciju za održavanje. Novi događaji se upisuju u centralnu bazu podataka, a korisnik se informiše porukom da su novi podaci upisani i da ih može pregledati.

Po završenoj analizi korisnik ima mogućnost izbora opcije "View Document", čime na ekranu dobija kompletnu prezentaciju očitanih i analiziranih podataka, kao što je prikazano na slici 3.

SD&ER softver obavlja i jednostavnu statističku analizu registrovanih događaja, koja omogućava planiranje i praćenje vremena potrebnog za otklanjanje kvarova i smetnji, vrste i količine rezervnih delova, kao i ukupnih troškova godišnjeg održavanja putnih prelaza u celokupnom životnom veku.

### PREDNOSTI SD&ER SISTEMA

Ulazni podaci za sistem i softver SD&ER su podaci koje u toku svog redovnog rada detektuje računarski upravljački sistem putnog prelaza. Time se obezbeđuje verodostojnost i pouzdanost dijagnostičkih podataka.

Sistem SD&ER automatski obrađuje prikupljene dijagnostičke podatke i korisnicima daje direktne opise otkaza i direktne instrukcije za potrebne aktivnosti opravke, čime se značajno skraćuje vreme detekcije otkaza i omogućava povećanje efikasnosti održavanja u celini.

Podaci iz baza podataka sistema SD&ER se takođe mogu koristiti i za analizu performansi sistema i njegovih komponenta u cilju preventivnog održavanja. Mogu se uočiti trendovi ponašanja, odnosno kritična vremenska trajanja, u slučaju izvršavanja određenih funkcija, koja vode ka dostizanju uslova za pojavu smenje, odnosno kvara. U tom slučaju moguće

User: Administrator			Putni Prelaz: PBM1					ID: PM-1	
REGISTROVANI KVAROVI									
R.B.	Dan	Mesec	Godina	Sat	Min	Sec	Kod	Opis kvara	Uputstvo za otklanjanje kvarova
1	11	9	2005	10	37	25	256	Upotrebljen taster TVK	Registrowanje upotrebe tastera TVK
2	1	11	2005	14	38	31	12	Prekoraceno vreme dizanja motke 1/3	Proveriti strujno kolo motora 1/3 i izvršiti opravku odnosno podešavanje vremena podizanja
3	1	11	2005	14	50	30	256	Upotrebljen taster TVK	Registrowanje upotrebe tastera TVK
4	2	12	2005	8	35	3	1	Lom motke polubranika	Zameniti polomljenu motku
5	2	12	2005	9	58	37	256	Upotrebljen taster TVK	Registrowanje upotrebe tastera TVK
6	25	1	2006	6	22	44	8	Zauzeti isključni elementi I2A i I2B kada putni prelaz nije uključen	Proveriti uzrok zauzeća isključnih elementa I2A i I2B i izvršiti odgovarajuću opravku
7	25	1	2006	8	29	35	256	Upotrebljen taster TVK	Registrowanje upotrebe tastera TVK
8	5	3	2006	15	3	15	2	Neispravna svetiljka S1 / S3 putnih signala	Utvrditi koja od svetiljki S1 / S3 putnih signala je neispravna i zameniti je
9	5	3	2006	16	28	0	256	Upotrebljen taster TVK	Registrowanje upotrebe tastera TVK
10									
11									
12									
13									

Slika 3. – Primer registrovanih i analiziranih kvarova za putni prelaz: PBM1

je vršiti preventivno podešavanje preformansi komponenata kako bi se one dovele u optimalno stanje i time izbegla pojava očekivane smetnje odnosno kvara. Takođe je moguća i analiza ponašanja relevantnih subjekata u železničkom saobraćaju (otpravnik vozova, mašinovođa, osoblje za održavanje, signalno-sigurnosni uređaji putnog prelaza, itd.) kod normalnog odvijanja saobraćaja, kao i u slučaju vanrednih događaja. U ovom smislu se dijagnostički sistem može koristiti i kao registrator događaja.

Registrowanje događaja podrazumeva pravljenje fizičkog zapisa koji sadrži podatke o vrsti događaja (redovni događaj, smetnja ili kvar), elementu na kojem se desio događaj i vremenu nastanka događaja (dan, mesec, godina, sat, minut i sekund). Registrowanje događaja prvenstveno služi za analizu i pronalaženje uzroka otkaza u cilju opravke. U slučaju eventualne nezgode na putnom prelazu (vanredni događaj), registrovani događaji se koriste u cilju utvrđivanja odgovornosti relevantnih učesnika (otpravnik vozova, mašinovođa, služba održavanja i uređaji za obezbeđenje putnog prelaza), kao i za preventivnu analizu grešaka napravljenih od strane relevantnih subjekata, u cilju smanjenja potencijalnih nezgoda.

Preteča savremenom registratoru događaja (takozvana "crna kutija") su hardverski realizovani brojači, koji registruju komande potencijalno opasne za bezbednost saobraćaja. Operater je u obavezi da za svaku takvu komandu (registrovani broj) napiše obrazloženje i time opravda davanje upravljačkog naloga. Međutim, kod ovih sistema veoma je teško uspostaviti

korelaciju sa stanjem uređaja koje je prethodilo registrovanoj aktivnosti. Dodatni problem je pouzdano utvrđivanje tačnog vremena kada je data opisana komanda.

Registratori događaja novije generacije su realizovani kao nezavisni računarski sistemi koji sakupljaju podatke preko relejnog interfejsa (za relejne putne prelaze) ili sa magistrale podataka (za računarski upravljanje putne prelaze). Ovim je povećan broj događaja koji se mogu registrovati, uz upotrebu dodatnog računarskog sistema, ali uz povećane troškove. Ostalo je ograničenje u pogledu potrebe za poznavanjem softvera i hardvera računarskog upravljačkog sistema. Pored toga ovi sistemi nisu realizovani kao sigurnosni sistemi i koriste sopstveni softver, što zahteva obimna testiranja i provere da bi se garantovala verodostojnost i pouzdanost registrovanih događaja.

Sistem SD&ER objedinjuje dijagnostički sistem i registrator događaja. Sistem SD&ER omogućava centralno upravljanje održavanjem i centralno registrowanje događaja, po analogiji sa centralnim sistemom upravljanja saobraćajem. Dijagnostički podaci sa svih prelaza su dostupni na jednom mestu, što omogućava daljinsku, odnosno bržu detekciju otkaza, efikasnije servisiranje i redukuje potrebu za osobljem za održavanje.

Prednost sistema SD&ER mogu se sagledati na primeru putnog prelaza sa kontrolnim signalima na otvorenoj pruzi između dve železničke stanice (Tip IV, Uptstvo 412, ZJŽ, [7]).

Kod ovakvih putnih prelaza se stanje kvara na putnom prelazu saopštava mašinovođi preko kontrolnog signala (indikator ispravnosti sistema za obezbeđenje putnog prelaza). Informaciju o kvaru mašinovođa saopštava otpravniku vozova u sledećoj železničkoj stanici. U stanici se prijava registruje i obaveštava se osoblje za održavanje. U zavisnosti od rastojanja između putnog prelaza i železničke stanice, frekvencije saobraćaja i propisane brzine vozova na tom delu pruge, kvar se prijavljuje sa kašnjenjem od desetak minuta do nekoliko sati. Sistem SD&ER omogućava momentalno prenos informacije o otkrivenom kvaru.

Takođe, stanje smetnje na ovakvim putnim prelazima se otkriva samo prilikom periodičnih kontrola (reda veličine 3 do 6 meseci). Primenom sistema SD&ER, stanja smetnje i kvara saopštavaju se bez kašnjenja svim relevantnim subjektima (otpravnik vozova, osoblje za održavanje i dispečer), što omogućava preventivno održavanje i direktno smanjuje broj kvarova.

### ZAKLJUČAK I PRAVCI DALJEG RADA

Predložena standardizacija i kodiranje redovnih događaja, smetnji i kvarova omogućavaju opštu primenu SD&ER sistema za različite sisteme računarskih putnih prelaza i za različite železničke uprave.

Sistem SD&ER je nezavisan od hardvera korišćenog računarskog upravljačkog sistema. Dovoljan uslov za funkcionisanje sistema SD&ER je da postojeći računarski upravljački sistem putnog prelaza prikupljene dijagnostičke podatke zapiše u lokalnu bazu sistema SD&ER u formi koju zahteva ovaj sistem.

SD&ER sistem informacije o otkazima (smetnje i kvarovi) saopštava osoblju za održavanje neposredno po detekciji otkaza. Širok spektar smetnji i kvarova koji se detektuju uz direktne instrukcije za opravku skraćuju proces defektaže i doprinose efikasnijoj opravci.

Na osnovu načina registrovanja redovnih događaja, smetnji i kvarova SD&ER sistem se može koristiti i kao registrator događaja. Registrovani događaji pružaju i mogućnost primene preventivnog održavanja u cilju smanjenja broja smetnji i kvarova.

Sistem SD&ER obezbeđuje daljinsko prikupljanje registrovanih događaja tako da su dijagnostički podaci sa svih prelaza dostupni na jednom, centralnom mestu. Time je omogućeno centralno upravljanje održavanjem i korišćenje centralnog registratora događaja.

Na osnovu izloženog, sistem SD&ER omogućava bržu detekciju otkaza, efikasnije servisiranje i redukuje potrebu za osobljem za održavanje. Efikasnije održavanje povećava raspoloživost sistema za obezbeđenje putnog prelaza čime se doprinosi povećanoj bezbednosti saobraćaja preko putnog prelaza.

Pravci daljeg razvoja sistema SD&ER su brojni. Softver treba proširiti novim statističkim i analitičkim metodama za automatsko sužavanje skupa mogućih otkaza. Dodatna analiza

podataka iz centralne baze podataka može rezultovati automatskim izdavanjem zahteva za nabavku potrebnih rezervnih delova. Takođe, moguće je implementirati proceduru koja određuje optimalan skup mera i postupaka za otklanjanje otkaza, čime bi se usmerile i skratile aktivnosti vezane za opravke.

### ZAHVALNICA

Rad je delimično finansiran od strane Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru projekta TR 32023.

### LITERATURA

- [1] UPUTSTVO 412 - Uputstvo o opremanju putnih prelaza u nivou električnim uređajima za osiguranje, Zajednica Jugoslovenskih Železnica, ZJŽ br. 241 / 1-97, Beograd 1997.g.
- [2] CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) EN 50126: *Railway Applications, The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)*, 1997.
- [3] CENELEC EN 50128: *Railway Applications, Software for Railway Control and Protection Systems*, Brussels, November 1997.
- [4] CENELEC EN 50129: *Railway Applications, Safety Related Electronic Systems for Signalling*, Brussels, June 1997.
- [5] D. N. Lutovac, T. A. Lutovac, "Towards an Universal Computer Interlocking System", *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, Vol. 11, No.1, (1998), pp. 25-49.
- [6] D. N. Lutovac, T. A. Lutovac, "Dijagnostika i registrovanje redovnih i vanrednih događaja univerzalnog računarskog signalno-sigurnosnog sistema", *Proceedings of JUZEL - The 6th International Scientific Conference of Railway Experts*, Vrnjačka Banja, 4 - 8 October 1999, pp. 1-6.
- [7] D. N. Lutovac, T. A. Lutovac, "Low cost computer-based level crossing system", *Proceedings of JUZEL - The 7th International Scientific Conference of Railway Experts*, Vrnjačka Banja, 4 - 6 October 2000, pp. 200-203.
- [8] Railway Control Systems, "Red book of IRSE", Chapter 6 – *Level Crossings*, pp. 134–182, A&C Black (Publishers) Limited, London, 1991.
- [9] Railway Signaling – A treatise on the recent practice of British Railways, "Green book of IRSE", Edited by O. S. Nock, A&C Black (Publishers) Limited, London, 1992.



Dr Tatjana A. Lutovac, docent, Elektrotehnički fakultet Beograd.

email: tlutovac@eunet.rs

Oblasti interesovanja: automatsko rezonovanje, primena matematičke logike u računarstvu, neklasične logike, teorija dokaza.



Dr Dejan N. Lutovac, Tehnički menadžer centra za putne prelaze, Siemens d.o.o. Beograd.

email: dejan.lutovac@siemens.com

Oblasti interesovanja: upravljanje u realnom vremenu pomoću računara, signalno-sigurnosni sistemi za železnicu, sigurnosna analiza sistema.