Unapređenje procene rizika implementacije digitalizacije na železnici primenom SWOT – FMEA metode

NIKOLA LJ. KNEŽEVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

DRAGANA V. MACURA, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

NIKOLA D. MILUTINOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

Pregledni rad

UDC: 005.591.6:656.2

005.52:005.33

DOI: 10.5937/tehnika2002245K

Digitalizacija predstavlja svetski trend koji nalazi primenu u svim sferama poslovanja. U slučaju železničkog saobraćaja i transporta, uvođenje digitalizacije vodi ka vidnom porastu udela i nivoa konkurentnosti ovog vida saobraćaja na transportnom tržištu. Da bi ovaj proces bio uspešno implementiran u postojeći železnički sistem, potrebno je sprovesti odgovarajuća ispitivanja i analize opravdanosti. U ovom radu predložena je primena SWOT analize za identifikovanje karakteristika elemenata digitalizacije. Posle identifikovanja potencijalnih pretnji za proces digitalizacije, sprovedena je ocena rizika upotrebom FMEA metode.

Ključne reči: digitalizacija, železnica, SWOT analiza, ocena rizika, FMEA metoda

1. UVOD

Upravljanje rizikom predstavlja proces u kojem se vrši identifikacija i evaluacija rizika kojima je sistem izložen, kao i selekcija i implementacija adekvatnih metoda za upravljanje rizikom. Drugim rečima, upravljanje rizikom je sistemski pristup koji, s jedne strane, nastoji da identifikuje i proceni sve rizike, kao i da upozna organizaciju sa uzrocima i posledicama (efektima) rizika. Ciljevi upravljanja rizikom su donošenje odgovarajućih odluka i primena aktivnosti kojima se smanjuje verovatnoća i/ili posledica neželjenih događaja.

Analiza, odnosno procena rizika predstavlja prvi korak u procesu upravljanja rizikom i sastoji se od:

- Identifikacije rizika,
- Kvantifikacije rizika i
- Analize rizika.

Navedena tri koraka se koriste radi ocenjivanja, tj. određivanja prioriteta svih potencijalnih rizika i to kako sa aspekta verovatnoće nastajanja, tako i sa stanovišta ozbiljnosti gubitaka koji mogu nastati samom

pojavom rizika.

Samo upravljanje rizikom, pre svega, je niz aktivnosti koje predstavljaju planiranje odgovarajućih odgovora na situacije pojave rizika. U slučajevima pojave rizika, kada on nije bio prethodno planiran, prvo se vrši njegova ocena, a nakon toga se ide ka utvrđivanju mogućih akcija, odnosno ublažavanju rizika kroz predstavljanje izbora adekvatne strategije za upravljanje rizikom u skladu sa definisanim ciljevima i u zavisnosti od postojećih ograničenja.

Imajući u vidu značaj identifikovanja potencijalnih rizičnih situacija i pre njihovog nastanka u ovom radu prikazan je jedan pristup za procenu rizika koji je baziran na integraciji SWOT i FMEA metoda. Takođe, u okviru rada prikazana je i primena ove, integrisane metode na primeru procene rizika implementacije digitalizacije na železnici. SWOT analiza je iskorišćena za kvalitativno identifikovanje faktora koji imaju uticaj na digitalizaciju železnice. Nakon toga, potencijalne pretnje, identifikovane SWOT analizom, su FMEA metodom rangirane na osnovu nivoa ozbiljnosti, verovatnoće realizacije i verovatnoće detekcije.

Rad je organizovan na sledeći način: Pojam i osnovne postavke FMEA metode date su u drugom delu rada. U trećem delu prikazana je SWOT analiza digitalizacije na železnici, a u četvrtom poglavlju je izvršena ocena rizika primenom FMEA metode. Poslednje, peto poglavlje sadrži zaključna razmatranja.

Adresa autora: Nikola Knežević, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305
e-mail: n.knezevic@sf.bg.ac.rs

Rad primljen: 08.04.2020.

Rad prihvaćen: 13.04.2020.

2. FMEA METODA

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) metoda za ocenu rizika razvijena je sredinom šezdesetih godina dvadesetog veka u SAD u okviru programa svemirskih istraživanja. Danas FMEA metoda ima veoma široku primenu za identifikovanje potencijalnih nedostataka u različitim delatnostima u proizvodnom sektoru [10], automobilske industriji [6], metalurgiji [2], proizvodnji hrane [7, 9], u oblasti prevoza putnika [5], zdravstvu [8], kao i u oblasti trgovine [3] i e-trgovine [12]. Nuchpho i ostali (2014.) su dali pregled primene FMEA metode sa tradicionalnim RPN pristupom u poređenju sa drugim metodama višekriterijumske optimizacije i to pre svega TOPSIS, DEA/Fuzzy DEA, AHP/Fuzzy AHP i dr.

Integraciju SWOT i FMEA metode prikazali su [11] sa ciljem unapređenja izbora korektivnih akcija u uslovima postojanja većeg broja dostupnih alternativa.

FMEA metoda predstavlja alat koji služi za otkrivanje potencijalnih neuspeha u što ranijoj fazi životnog ciklusa proizvoda, procesa ili projekta. Ova metoda pomaže u oceni rizika na osnovu tri faktora vezana za posmatrani rizik:

- Ozbiljnost (Severity) - nivo uticaja i nastale štete usled realizacije neželjenog događaja,
- Verovatnoća realizacije neželjenog događaja (Occurrence), i
- Verovatnoća detekcije (Detection) - koliko se je jednostavno prepoznaje i primećuje realizacija neželjenog događaja da bi se na vreme reagovalo.

Osnovna ideja FMEA metode u procesu procene rizika je određivanje tzv. RPN (Risk Priority Number) broja, odnosno Broja prioriteta rizika. RPN broj se određuje tako što se za svaku rizičnu situaciju procenjuje nivo sva tri faktora (ozbiljnost, verovatnoća realizacije i verovatnoća detekcije) i na osnovu toga im se dodeljuju ocene na skali od 1 do 10 (tabela 1).

Tabela 1. Ocene za FMEA analizu

	Ozbiljnost	Verovatnoća	Detekcija
1	Zanemarljiva	Zanemarljiva	Zanemarljivo laka
2	Vrlo niska	Vrlo niska	Vrlo laka
3	Niska	Niska	Laka
4	Srednje niska	Srednje niska	Srednje laka
5	Srednja	Srednja	Srednja
6	Srednje visoka	Srednje visoka	Srednje teška
7	Visoka	Visoka	Teška
8	Vrlo visoka	Vrlo visoka	Vrlo teška
9	Kritična	Kritična	Kritično teška
10	Katastrofalna	Katastrofalna	Katastrofalno teška

Množenjem ovih ocena dobijaju se konačne vrednosti RPN, na osnovu kojih se vrši rangiranje rizika. RPN u iznosu do 50 ukazuje na nizak rizik i daje mu se nizak prioritet pri rangiranju.

Ako je RPN između 50 i 200 potrebno je identifikovati akcije za redukciju ili eliminaciju rizika. RPN vrednosti iznad 200 označavaju katastrofalne rizike koji imaju najviši prioritet pri upravljanju rizikom.

Kompletan postupak FMEA metode se sprovodi kroz deset koraka:

- Proučiti proces,
- Definirati moguće načine otkaza (Failure Mode) unutar procesa,
- Definirati moguće efekte svakog otkaza (Potential Failure Effects),
- Odrediti ozbiljnost (Severity) svakog efekta otkaza,
- Odrediti verovatnoću realizacije (Occurance) svakog efekta otkaza,
- Odrediti verovatnoću detekcije (Detection) svakog efekta otkaza,
- Izračunati „Broj prioriteta rizika“ tzv. RPN,
- Sortirati rizike prema RPN,
- Definirati aktivnosti za umanjene kritičnih otkaza
- Izračunati nove RPN sa umanjanim ili uklonjenim kritičnim otkazima.

Primena FMEA metode u procesu procene rizika daje više prednosti, koje se ogledaju kroz postojanje višestrukog izbora za ublažavanje rizika, veću sposobnost validacije i verifikacije promena, kao i povećanu efikasnost u prepoznavanju i ispravljanju propusta u procesu rada.

3. SWOT ANALIZA DIGITALIZACIJE ŽELEZNICE

Pri uvođenju digitalizacije u železničkom saobraćaju potrebno je naznačiti da postoji razlika kod primene na putnički i teretni saobraćaj. Iako je očigledno da digitalizacija ima veći uticaj na putnički saobraćaj (prvenstveno zbog fokusa na korisnika železničkih usluga i poboljšanje nivoa usluga), ne treba zanemariti uticaj koji digitalizacija ima i na teretni saobraćaj. Uvođenje telematike i monitoring železničkih teretnih kola bi značajno poboljšali nivo usluge, uz poboljšanje kapaciteta (skraćeno vreme u ranžirnim stanicama i jednostavnije digitalno „olistavanje“ kola), a samim tim povećanje obima rada i na kraju veći prihod za železnicu.

Elementi digitalizacije na železnici predstavljaju gradivne jedinice, koje zajedno kompletiraju i optimizuju proces digitalizacije. Po UIC-u (Union internationale des chemins de fer - Međunarodna železnička unija), elementi digitalizacije su [4]:

- transportni podaci (data),
- poboljšano iskustvo korisnika,
- pokrivenost železničke mreže internetom,
- internet of things (IoT),
- cyber-security.

Za ispravno razumevanje pojma digitalizacije potrebno je poznavati njegove najbitnije elemente. UIC je u sklopu dizajniranja svoje internet platforme definisala sve elemente koje je potrebno uklopiti u novi sistem digitalizovanih železnica. Transportni podaci, koji će postojati u mnogo većem obimu nego danas, će biti koristan alat za analizu tržišta i adaptaciju aktera na promene i novine. Da bi digitalizacija u potpunosti bila prisutna na železnici, bitno je da postoji povezanost na internet na celoj železničkoj mreži. Ova povezanost će omogućiti umrežavanje elemenata na mreži putem Internet of things pa će na taj način biti moguće dobiti trenutne informacije o funkcionisanju svih elemenata. Kod svakog pristupa internetu biće potrebno obezbediti odgovarajuću zaštitu od zloupotrebe u smislu Cyber security. Sve ovo će dovesti do boljeg funkcionisanja novog, digitalnog, železničkog sistema i kao proizvod će imati poboljšanje iskustva korisnika [1].

U radu su osim navedenih elemenata (Big data, Internet of things, Cyber security i pokrivenost železničke mreže internetom) analizirani i: Maintenance 4.0. (digitalno održavanje sredstava i postrojenja), kao i Wagon 4.0. (digitalno praćenje i uvid u stanje teretnih železničkih kola).

Tabela 2. SWOT analiza digitalizacije

SWOT grupe	SWOT Faktori
Snage	Povećanje konkurentnosti železnice na transportnom tržištu, Povećanje kapaciteta mreže, Poboljšanje iskustva korisnika, Brže i jednostavnije održavanje železničkih sredstava, Šira slika o tržištu, Jednostavnije planiranje putovanja „door to door“, Širi društveni i ekonomski rast.
Slabosti	Potreba za regulacijom platformi i podataka, Otežana implementacija usled različitih nivoa interoperabilnosti železničkih uprava, Bezbednost podataka ako ne postoji odgovarajući sistem zaštite istih, Fondovi potrebni za uvođenje digitalizacije, Nivoi tehničke opremljenosti infrastrukture određenih železničkih uprava, Vreme potrebno za implementaciju usled prirodne inertnosti železničkog sistema.

SWOT grupe	SWOT Faktori
Mogućnosti	Povezivanje operativnih procedura, inovacija, korporativnih funkcija i ulazaka novih aktera na tržište, Elektronska kupovina usluga, Brza razmena znanja i informacija, Sistemi za preventivno održavanje i monitoring sredstava, Inovativni biznis modeli, Bolja saradnja među akterima na tržištu, Crowd-sourcing.
Pretnje	Pojava usluga kao što su BlaBlaCar i Uber i time zamena usluga masovnog tranzita i redukcija profita ostvarenih od kupovine karata, Mogućnost da internet platforme preuzmu rasteći udeo vrednosti koja je stvorena u celom sistemu ili erodiranje te vrednosti, Izostajanje finansijske obaveze novih igrača na tržištu prema upravljaču infrastrukture, Štetni uticaj 5G mobilne telefonije na ljude i životnu sredinu, Interna zloupotreba podataka, Eksterni napadi, Operativni životni vek sredstava u smislu njihove prilagodljivosti tehnološkim promenama i budućim izazovima.

Na osnovu svih navedenih karakteristika digitalizacije na železnici identifikovani su SWOT faktori u okviru svake SWOT grupe: snage, slabosti, mogućnosti i pretnje. (tabela 2). U radu je pored SWOT analize celokupnog procesa digitalizacije (tabela 2) data i analiza njenih elemenata da bi se dobila što šira slika (tabele 3-8)

Tabela 3. SWOT analiza Big data

SWOT grupe	SWOT Faktori
Snage	Velik obim transportnih podataka će biti koristan alat za analizu tržišta i adaptaciju aktera na promene i novine, Poboljšano iskustvo korisnika prevoza u putničkom i teretnom saobraćaju, Bolje poslovanje.
Slabosti	Potreba za potpunom povezanosti železničke mreže na internet, Potreba za sistemom obrade i skladištenja velike količine podataka u realnom vremenu.
Mogućnosti	Integracija podataka u sistem mobilnosti, Prilagođavanje usluge korisniku usled elektronske kupovine usluga, Data mining, edge computing i razvoj sličnih trendova.
Pretnje	Zloupotreba podataka i eksterni napadi.

Tabela 4. SWOT analiza pokrivenosti železničke mreže internetom

SWOT grupe	SWOT faktori
Snage	Vreme reakcije priključenih aparata manji od jedne milisekunde, Uvođenje interneta u vozove, Brz prenos velike količine podataka, Jednostavnija komunikacija osoblja međusobno i sa dispečerskim i rezervacionim centrom.
Slabosti	Visoki troškovi eksproprijacije zemljišta, Merenje pokrivenosti na celoj mreži zahteva fondove i vreme.
Mogućnosti	5G mobilna telefonija prenosi i do 1000 puta veći opseg podataka nego mreža 4G, Stalni razvoj komunikacionih tehnologija.
Pretnje	Zloupotreba podataka i eksterni napadi.

Tabela 5. SWOT analiza Internet of things

SWOT grupe	SWOT faktori
Snage	Efikasnije funkcionisanje aktera na tržištu, Poboljšanje nivoa usluge, Bolji proces donošenja odluka, Digitalizacija svih elemenata na železničkoj mreži, Jednostavnije prikupljanje podataka, Ušteda u vremenu i novcu na dugoročnom planu.
Slabosti	Skupa implementacija senzora, Postavljanje IoT senzora na sve uređaje, postrojenja i elemente železničke mreže zahteva mnogo vremena.
Mogućnosti	Monitoring celokupnog procesa poslovanja i cele mreže sa centralnog mesta upravljanja. Uvođenje platformi za praćenje svih elemenata železničkog sistema, Razvoj digitalnih i komunikacionih tehnologija.
Pretnje	Fizička zaštita senzora od stranog uticaja.

Tabela 6. SWOT analiza Maintenance 4.0

SWOT grupe	SWOT Faktori
Snage	Povećan nivo bezbednosti sistema, Smanjenje kašnjenja vozova, Povećanje kapaciteta sistema, Praćenje krive otkaza svih elemenata na železničkoj mreži u realnom vremenu, Jednostavnije i jeftinije održavanje.
Slabosti	Usled strogih regulativa uvođenje novih tehnologija mora da se izvrši na celom voznom parku i ostalim sredstvima, Skupa implementacija koja zahteva mnogo vremena.

SWOT grupe	SWOT Faktori
Mogućnosti	Reaktivno održavanje sredstava prestaje da postoji, Planiranje održavanja se sprovodi na optimalan način, Uvođenje naprednih modela održavanja sredstava.
Pretnje	Uticaj na uvođenje ovakvih platformi ima i infrastruktura kao i vremenski uslovi i mesto ugradnje.

Tabela 7. SWOT analiza Wagon 4.0

SWOT grupe	SWOT Faktori
Snage	Efektivniji monitoring svih teretnih kola na mreži, Uštede u vremenu, Jednostavnija organizacija "last mile" dela putovanja robe, Direktno izveštavanje korisnika o stanju robe u realnom vremenu i poboljšanje nivoa usluge.
Slabosti	Usled strogih regulativa uvođenje novih tehnologija mora da se izvrši na celom voznom parku, Skupa implementacija koja zahteva mnogo vremena.
Mogućnosti	Uvođenje novih baznih modela zasnovanih na sposobnosti da se prikupe podaci i novim komunikacionim kanalima, Uklanjanje potrebe za tehnologijom ranžiranja.
Pretnje	Zaštita informacija o pošiljci od eksternih napada.

Tabela 8. SWOT analiza Cyber security

SWOT grupe	SWOT faktori
Snage	Zaštita informacija od eksternih napada, Detekcija opasnosti na osnovu IDS (<i>Intrusion detection system</i>), Povećanje bezbednosti sistema.
Slabosti	Potreba za konstantnim napretkom tehnologija detekcije opasnosti usled novih vidova napada, Teško je preventivno delovati usled svakodnevne pojave novih virusa i hakerskih tehnika.
Mogućnosti	Razvoj novih metoda i tehnologija u oblasti <i>Cyber security</i> .
Pretnje	Interna zloupotreba podataka, Stvaranje monopola na osnovu ekskluzivnog posjedovanja podataka.

4. PROCENA RIZIKA IMPLEMENTACIJE DIGITALIZACIJE NA ŽELEZNICI FMEA METODOM

Na osnovu izvršene SWOT analize identifikovano je sedam glavnih pretnji po proces digitalizacije na železnici i to:

- Pojava usluga kao što su BlaBlaCar i Uber i time zamena usluga masovnog tranzita i redukcija profita ostvarenih od kupovine karata. Sa smanjenjem broja putnika u železničkom sektoru može doći do smanjenja frekvencije transporta, a time bi se dalje smanjivao broj putnika i ciklus bi se ponavljao,
- Mogućnost da internet platforme preuzmu rastući udeo vrednosti koja je stvorena u celom sistemu ili erodiranje te vrednosti. Sa obzirom da internet platforme predstavljaju sopstvenu ekonomiju, potrebno je formulisati regulatorni okvir pod kojim bi platforme funkcionisale,
- Izostajanje finansijske obaveze novih igrača na tržištu prema upravljaču infrastrukture. Pošto subvencije predstavljaju jedan od glavnih izvora

fundiranja infrastrukture, bitno je omogućiti da novi igrači na tržištu (platforme, peer-to-peer provajderi i drugi) doprinesu direktno fundiranju postojeće infrastrukture,

- Štetni uticaj 5G mobilne telefonije na ljude i životnu sredinu. 5G će u suštini povećati izloženost radio-talasima visoke frekvence i mnogi naučnici smatraju da su štetni po ljude i životnu sredinu,
- Interna zloupotreba podataka,
- Eksterni napadi,
- Operativni životni vek sredstava u smislu njihove prilagodljivosti tehnološkim promenama i budućim izazovima. S obzirom na to da su prisutne stalne promene u napretku tehnologije, potrebno je projektovati sisteme tako da za vreme svog životnog veka mogu da se prilagode sa što manje izmena ovim promenama kao i da se štite od novih vrsti napada.

U sledećem koraku izvršena je ocena identifikovanih rizika, na osnovu kojih je dobijen RPN broj svake pretnje kao i njen relativni rang (tabela 9.).

Tabela 9. Ocena rizika FMEA metodom sa rangiranjem pretnji

	Ozbiljnost	Verovatnoća	Detekcija	RPN	Rang
Pojava usluga kao što su BlaBlaCar i Uber i time zamena usluga masovnog tranzita i redukcija profita ostvarenih od kupovine karata	5	4	2	40	6
Mogućnost da internet platforme preuzmu rastući udeo vrednosti koja je stvorena u celom sistemu ili erodiranje te vrednosti	7	3	2	42	5
Izostajanje finansijske obaveze novih igrača na tržištu prema upravljaču infrastrukture	7	2	2	28	7
Štetni uticaj 5G mobilne telefonije na ljude i životnu sredinu	5	4	8	160	2
Interna zloupotreba podataka	9	2	7	126	3
Eksterni napadi	9	4	5	180	1
Operativni životni vek sredstava u smislu njihove prilagodljivosti tehnološkim promenama i budućim izazovima	5	3	4	60	4

Na osnovu sprovedene ocene rizika, koji nose pretnje po proces digitalizacije identifikovane SWOT analizom, četiri pretnje imaju RPN koji iznosi između 50 i 200. Ovakva ocena RPN-a ukazuje na potrebu za umanjavanjem rizika i njegovim efikasnijim upravljanjem. Rangiranjem ovih pretnji se definiše redosled po kojem se treba posvetiti definisanim pretnjama tako da se prvo rizik kod najviše rangirane pretnje redukuje, a zatim postepeno i kod ostalih.

Operativni životni vek sredstava u smislu njihove prilagodljivosti tehnološkim promenama i budućim izazovima je pretnja sa RPN-om u iznosu od 60. Verovatnoća da operativni vek sredstava ne bude

adekvatan i da sama sredstva nisu adaptabilna na promene koje nosi tehnološka revolucija je niska-3, ozbiljnost je ocenjena kao srednja-5, usled mogućnosti da metode stranih uticaja i napada postanu veće nego što sredstva mogu da „isprate“, a verovatnoća detekcije ovakvog događaja je ocenjena sa 4-srednje laka. Ekspertska je ocenjena da je potrebno povećati svest kod kompanija koje projektuju sredstva na železnici tako da se može bolje predvideti koji nivo prilagodljivosti je potreban.

Interna zloupotreba podataka je ozbiljan problem sa kojim će se možda suočiti železnički operatori i upravljači infrastrukturom kao i ostale kompanije u

lancu železničkog sistema. RPN ocena ove pretnje iznosi 126. Verovatnoća da se ovakav događaj realizuje je ocenjena kao vrlo niska-2 usled lojalnosti zaposlenih koja je prisutna u sklopu ovih kompanija. Ozbiljnost događaja je kritična-9, a teško ga je detektovati-7, jer zaposleni imaju autorizovani pristup podacima pa se teško ulazi u trag zloupotrebi podataka. Predlaže se uvođenje sistema za nadzor rada zaposlenih u smislu evidencije njihove upotrebe podataka i podizanje zadovoljstva zaposlenih da bi se svaka mogućnost ovakvog događaja redukovala.

Štetni uticaj 5G mobilne telefonije na ljude i životnu sredinu predstavlja ekološku pretnju po uvođenje digitalizacije ali usled ograničene količine istraživanja za ozbiljnost je dodeljena srednja ocena-5. Verovatnoća se iz istih razloga ocenjuje sa srednje niskom-4. Ocena RPN-a od 160 se dobija usled vrlo teške detekcije i slabe responzivnosti na ovu pretnju-8. Ova visoka ocena se dodeljuje jer će biti moguće oceniti stvarnu veličinu štetnog uticaja 5G mobilne telefonije tek posle nekoliko generacija. Predlažu se dalja istraživanja u ovom polju da bi se stekao potpun uvid u ozbiljnost ove pretnje.

Eksterni napadi su pretnja koja je ocenjena kao najkritičnija, sa RPN ocenom od 180. Verovatnoća napada je srednje niska-4, a mogućnost detekcije na vreme je srednja-5. Ozbiljnost ovakvog događaja je kritična-9, jer se radi o namernom napadu, a u zavisnosti od sposobnosti napadača može doći do katastrofalnih posledica po regulisanje i bezbednost železničkog saobraćaja. Danas je Cyber security jedna od glavnih tema svetskih istraživanja a mnoge kompanije već stvaraju inovacije u ovom polju. Ovo predstavlja možda i najbitniji element kod uspešnog uvođenja digitalizacije, tako da je potrebno koristiti stalni napredak tehnologije da bi se izbegle u budućnosti sve pretnje koje mogu dovesti do redukcije bezbednosti i kompromitovanja podataka.

5. ZAKLJUČAK

Upravljanje rizikom predstavlja proces donošenja odluka kojima se prevazilaze krizne situacije u poslovanju ili realizaciji konkretnih poslovnih poduhvata. Efikasan metod za procenu rizika u velikoj meri olakšava proces upravljanja rizikom.

FMEA metoda prikazana u ovom radu omogućava da se na osnovu nivoa ozbiljnosti uticaja i nastale štete usled realizacije neželjenog događaja, verovatnoće realizacije, kao i verovatnoća detekcije neželjenog događaja izvrši klasifikacija svih rizičnih situacija i da se omoguću preduzimanje akcija koje će da ih spreče ili ublaže njihov uticaj.

Najveća prednost FMEA metode ogleda se u njenoj jednostavnosti, čime se obezbeđuje da se u

relativno kratkom vremenskom periodu izvrši analiza potencijalnih rizičnih situacija. S druge strane, jedan od njenih glavnih nedostataka je taj što se ona bazira, pre svega, na pojedinačne rizične situacije, a zanemaruje njihove eventualne kombinacije. U poslednje vreme ovo se prevazilazi kombinovanjem FMEA metode sa drugim metodama, kao npr. sa SWOT analizom, što je i prikazano u ovom radu, ili sa određenim metodama višekriterijumske optimizacije.

LITERATURA

- [1] *A Roadmap for Digital Railways*, UIC, CER, CIT and EIM
- [2] Bevilacqua M, Ciarapica F.E, Giacchetta G. and Marchetti B, Overview on the application of ISO/TS 16949: 2009, in a worldwide leader company in the production of stainless steel tubes for automotive exhaust systems, *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 7, No. 4, pp.410–439, 2011.
- [3] Chuang P. T, Incorporating disservice analysis to enhance to enhance perceived service quality, *Industrial Management and Data Systems*, Vol. 110, No. 3, pp.368–391, 2010.
- [4] *Digital railway developments progress paper version 4*, UIC Communications Department, June 2017.
- [5] Jeegadeshnan C, Arunachalam, V. P, Devadasan, S. R. and Srinivasan P. S. S, Design and development of modified service FMEA, *International Journal of Service and Operations Management*, Vol. 3, No. 1, pp.111–126, 2007.
- [6] Khorshidi H. A, Gunawan I. and Esmaeilzadeh F, Implementation of SPC with FMEA in less developed industries with a case study in car battery manufactory, *International Journal of Quality and Innovation*, Vol. 2, No. 2, pp.148–157, 2013.
- [7] Mariajayaprakash A. and Senthilvelan T, Failure detection and optimization of sugar mill boiler using FMEA and Taguchi method, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 30, pp.17–26, 2013
- [8] Ookalkar A. D, Joshi A. G. and Ookalkar D. S, Quality improvement of haemodialysis process using FMEA, *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 26, No. 8, pp.817–830, 2009.
- [9] Ozilgen S, FMEA for confectionary manufacturing in developing countries: Turkish delight production as case example, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 32, No. 3, pp.505–514, 2012

- [10] Sharma R. K, Kumar D, Kumar P, Systematic failure mode and effect analysis using fuzzy linguistic modeling, *Int. J. Qual. Reliab. Manage.*, 22 (9), 886–1004, 2005.
- [11] Sutrisno A, Kwon H. M, Gunawan I, Eldridge S, Lee T. R, *Integrating SWOT analysis into the FMEA methodology to improve corrective action decision making.* 17. 104-126, 2016.
- [12] Waterworth A. and Eldridge S, The development of an e-commerce FMEA, *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 8, No. 3, pp.247–264, 2011.

SUMMARY

IMPROVEMENT OF THE RISK ASSESSMENT OF THE IMPLEMENTATION OF RAILWAY DIGITALIZATION USING SWOT - FMEA METHOD

Digitalization is a worldwide trend with application in all areas of business. In the case of rail transport and transport, the digitalization leads to a significant increase in the railway modal share and railway level of competitiveness in the transport market. In order to successfully implement railway digitalization into existing rail system, proper testing and feasibility analysis must be carried out. This paper proposes the application of SWOT analysis to identify the characteristics of digitalization elements. After identifying potential threats to the digitalization process, a risk assessment was conducted using the FMEA method.

Key words: *Digitalization, Rail, SWOT analysis, Risk assessment, FMEA method*