

ANALIZA RIZIKA I FMEA METODA

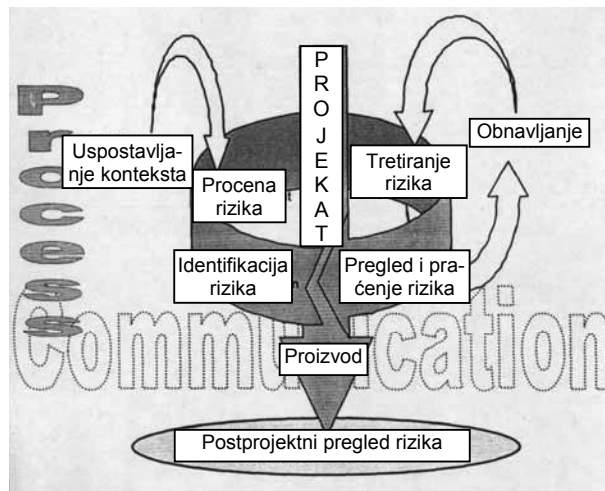
Mr Vladimir Popović,
Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Rizik je povezan sa svim projektima, kao i sa svim procesima i odlukama kroz životni vek projekta. Rizik stoga treba da bude upravljani u svim fazama projekta, a proces menadžmenta rizikom treba da bude integrisan i u procese menadžmenta projektom i u procese koji su vezani za proizvod. Možemo reći da je rizik kombinacija učestanosti ili verovatnoće pojavljivanja i posledica određenog "opasnog" događaja. U ovom radu su prikazane mogućnosti poboljšanja jedne od najčešće korišćenih klasičnih metoda analize otkaza – FMEA metode, i to direktnim uključivanjem analize rizika u ovu metodu. U praksi nam je potrebna velika količina energije, vremena i novca da sprovedemo FMEA analizu jednog kompleksnog sistema, te se stoga ulažu veliki naponi u pronalaženje modifikovanih, ubrzanih načina za implementaciju ove metode, vodeći pri tome računa da ne izgubimo smisao i koncept analize. Jedan od načina efikasnije primene ove metode je modifikacija FMEA procesa, određivanjem uticaja i frekvencije pojavljivanja svakog otkaza. Pokazane su određene nedoslednosti FMEA metode, a koje su vezane za RPN vrednost. Ovo je ilustrovano na primeru analize nosećih konstrukcija autobusa, sa posebnim osvrtom na komparaciju rezultata dobijenih tradicionalnom i modifikovanom metodom.

Ključne reči: analiza rizika, FMEA metoda

MENADŽMENT RIZIKOM

Menadžment rizikom je sistematska primena politike (pravila) menadžmenta, procedura i prakse u cilju uspostavljanja konteksta, identifikacije, analize, ocene, procene, tretiranja i praćenja rizika, kao i izveštavanja o riziku, na način koji omogućava organizaciji da minimizira troškove i poveća svoje mogućnosti na najekonomičniji način /9/. Za nas je posebno interesantna primena menadžmenta rizikom na projekat. Svaki projekat uključuje rizik. Faktori rizika koji utiču na projekat su veoma raznoliki i uključuju tehničke, tržišne, političke, ekonomske, zakonske i druge aspekte. Osnovni cilj je upravljanje rizikom na sistematski i dosledan način. Da bi izvukli maksimum, aktivnosti menadžmenta rizikom se započinju u najranijoj fazi projekta i nastavljaju kroz naredne faze. Koncept procesa menadžmenta rizikom projekta je prikazan na Slici 1 /9/.



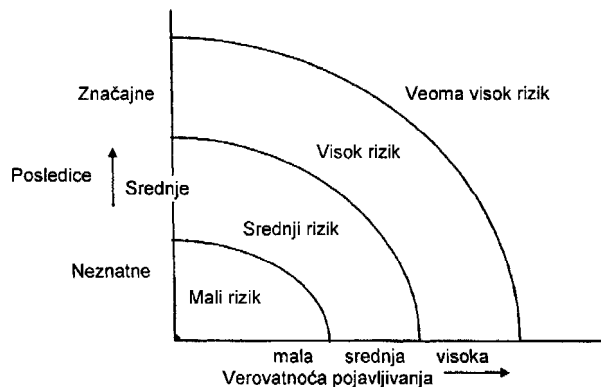
Slika 1. Koncept menadžmenta rizikom projekta

Proces menadžmenta rizikom projekta počinje uspostavljanjem konteksta (okruženja) u kojem je projekat preduzet. Ovo uključuje identifikaciju zainteresovanih strana, razumevanje ciljeva i izlaza iz projekta i definisanje područja i granica aktivnosti menadžmenta rizikom za svaki pojedinačni projekat. Moramo definisati veze i preklapanja sa drugim projektima, kao i organizaciona i strateška ograničenja u okviru kojih projekat egzistira. Ciljeve projekta, koji

treba da budu dostignuti da bi zadovoljili zahteve projekta i korisnika, treba identifikovati u svim fazama projekta i treba ih koristiti da bi se pomoglo u identifikovanju i rangiranju rizika. Takođe, moramo razmotriti kriterijume za prihvatljivost i mogućnosti tolerancije rizika. Ovi kriterijumi se koriste za ocenjivanje rizika u kasnijim fazama projekta.

Sledeći korak u procesu menadžmenta rizikom je identifikacija rizika. Ovaj zadatak je fundamentalan za proces menadžmenta rizikom. Svrha identifikacije rizika je pronalaženje i karakterizacija rizika, koji može uticati na ostvarivanje ciljeva odobrenog projekta ili neke njegove faze. Efektivan menadžment rizikom je u osnovi zavisn od identifikacije rizika. Stoga, ona treba da bude sistematski proces. U većini slučajeva, identifikacija rizika se oslanja na predviđanje i interpretaciju anticipiranih oblasti problema. Identifikacija rizika treba da uključi uticaj rizika na sve ciljeve projekta. Ovi ciljevi obično uključuju troškove, vreme i kvalitet. Oni, takođe, mogu uključiti i druge ciljeve - statutarnu i zakonsku usaglašenost, sigurnost funkcionisanja, odgovornost, bezbednost, zdravlje i okolinu. Pretpostavke koje su napravljene na početku projekta mogu biti izvor rizika i njihova validnost treba da bude periodično testirana. Rizik može biti nasleđen od prethodnih faza projekta. U prelaznim fazama projekta, poželjno je definisati one rizike koji se prenose u sledeću fazu projekta.

Svrha procene rizika je analiza i ocena identifikovanih rizika da bi odredili da li je potreban određen tretman. Analiza rizika identifikuje ograničenja i stvarne granice rizika, identifikuje sve vrste zavisnosti i određuje verovatnoću pojavljivanja i uticaje otkaza na ustanovljene ciljeve. Analiza rizika može biti izvršena kvalitativno ili kvantitativno. Preliminarna kvalitativna analiza može biti sprovedena u ranim fazama životnog ciklusa projekta, kada postoji malo podataka ili oni nisu pouzdani, dok kvantitativna analiza može biti primenjena ako i kada postoji mnoštvo dostupnih podataka. Dijagrami, kao što je primer prikazan na Slici 2 /9/, mogu biti korišćeni da prikazemo rizik.



Slika 2. Dijagram rizika

Ocena rizika uključuje poređenje nivoa rizika sa kriterijumima mogućnosti tolerancije rizika i definisanje početnih prioriteta za tretiranje rizika. Neke rizike možemo prihvatiti bez tretiranja. Svrha tretiranja rizika je da identifikuje i implementira aktivnosti koje će učiniti rizik prihvatljivim. Ovo može uključiti aktivnosti da bi se:

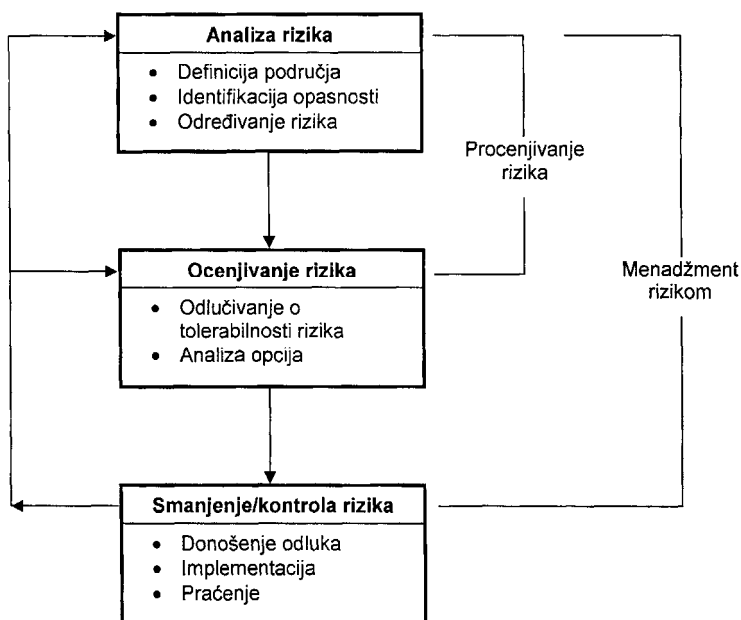
- u potpunosti izbegao rizik;
- smanjila verovatnoća pojavljivanja rizika;
- smanjile rezultujuće posledice ukoliko bi se ta pojava desila;
- preneo ili podelio rizik;
- zadržao rizik i sačinili planovi za oporavak od posledica.

Samo tretiranje rizika može proizvesti nove rizike, koje takođe treba razmatrati. Opcija tretiranja rizika, ili kombinacija opcija, treba da budu izabrani razmatranjem troškova tretiranja ili oporavka od rizika, i sve to povezano sa potencijalnim prednostima koje proističu od implementacije ovih opcija tretiranja. Rizici su međusobno povezani i imaju zavisnost i od drugih rizika, tako da mora postojati balansiranje između različitih opcija tretiranja koje treba razmotriti. Rizik koji je preostao nakon primene neke od opcija treba razmotriti da bi videli da li je on u granicama tolerancije. Ako suma rizika nije prihvatljiva, treba razmotriti poništavanje projekta ili mogućnost daljeg sprovođenja tretiranja.

Struktura menadžmenta rizikom

Proces menadžmenta rizikom uključuje mnogo različitih elemenata od početne identifikacije i analize rizika, do ocenjivanja njegove mogućnosti tolerancije i identifikacije potencijalnih opcija smanjenja rizika, kroz izbor, implementaciju i praćenje adekvatnih kontrolnih mera i mera za smanjenje rizika.

Ovo je uprošćeno ilustrovano na Slici 3 /8/.



- Koliko je verovatno da se to dogodi (pomoću analize učestanosti)?
- Kakve su posledice (pomoću analize posledica)?

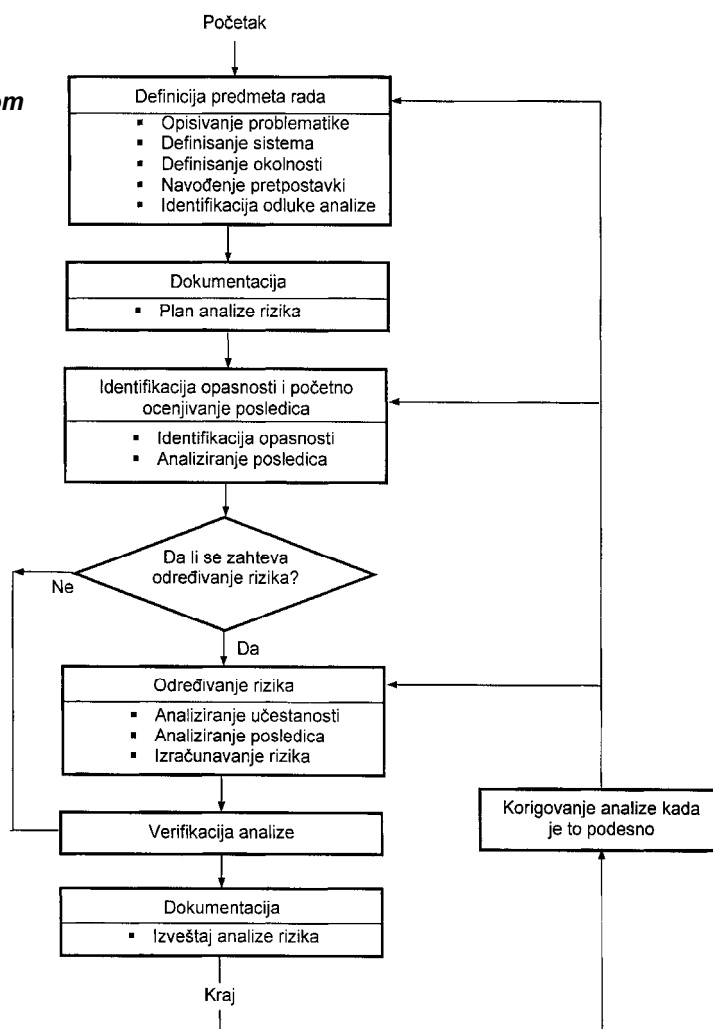
Koncept rizika uvek ima dva elementa: učestanost ili verovatnoću sa kojom se opasni događaj javlja i posledice opasnog događaja. Možemo reći i da je analiza rizika sistematska upotreba dostupnih informacija u cilju identifikacije opasnosti, da bi odredili rizik po pojedinca ili grupu ljudi, imovinu ili okolinu. Algoritam procesa analize rizika je prikazan na Slici 4 /8/.

Slika 3. Pojednostavljene relacije između analize rizika i drugih aktivnosti menadžmenta rizikom

Analiza rizika

Analiza rizika je strukturiran proces koji identifikuje i verovatnoću i opseg nepovoljnih posledica koje proističu iz nekih datih aktivnosti, kapaciteta ili sistema. U ovom kontekstu nepovoljne posledice su svako oštećenje ljudi, imovine ili okoline. Analiza rizika pokušava da odgovori na tri fundamentalna pitanja:

- Šta može krenuti pogrešno (pomoću identifikacije opasnosti)?



Slika 4. Proces analize rizika

FMEA METODA

Kao što je poznato, *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)* – analiza oblika i posledica otkaza je važan alat koji nam obezbeđuje integraciju pouzdanosti u proces projektovanja nekog sistema. Pomoću FMEA metode možemo identifikovati: specificirane i nespecificirane zahteve korisnika vezane za projektovanje sistema, kako se otkazi mogu javiti, ozbiljnost posledica takvih otkaza, kao i verovatnoću pojavljivanja otkaza. Sa ovim prethodno definisanim faktorima, možemo fokusirati proces projektovanja na ključne probleme sistema i mogućnosti njegove implementacije u okruženju. Osnovna ideja je prebacivanje tradicionalne FMEA, kao post-inženjerske aktivnosti, koja služi za proveru sistema, u fazu razvoja projekta. Iz prethodnog, jasno proizilazi direktna povezanost FMEA metode sa analizom rizika. Modifikacijom FMEA metode koja je izložena u narednom odeljku, ova povezanost je ojačana i potencirana na još eksplicitniji način.

Modifikacija FMEA metode

U ovom radu je analiziran deo voznog parka Gradskog saobraćajnog preduzeća Beograd, s posebnim osvrtom na noseću konstrukciju autobusa. Predmet analize bilo je 59 vozila istog proizvođača ("Ikarbus" - Beograd) /5/. Svi posmatrani autobusi su bili starosti 8 ili 9 godina. U prethodnom periodu generalni remont karoserije je izveden na 16 vozila (ili 27.12%). Vozila su praćena 6 meseci i za to vreme je zabeleženo 102 otkaza karoserije, od

kjih 68 otpada na samu rešetkastu konstrukciju. Ovih 68 otkaza su razvrstani na sledeći način (Tabela 1):

Oblik otkaza	br. otkaza
Prednji prepust	21
Zona prednje osovine	3
Zona pogonske osovine	2
Zona oslanjanja motora	2
Nosač upornih poluga	16
Nosač pneumatskih oslonaca	7
Nelocirano	17

Tabela 1. Podela otkaza prema obliku otkaza

Rezultat FMEA analiza je, uglavnom, RPN broj (Risk Priority Number). Ovaj broj je matematički proizvod vrednosti ozbiljnosti posledica nekog oblika otkaza (S), vrednosti pojavljivanja otkaza (O) i vrednosti otkrivanja otkaza (D):

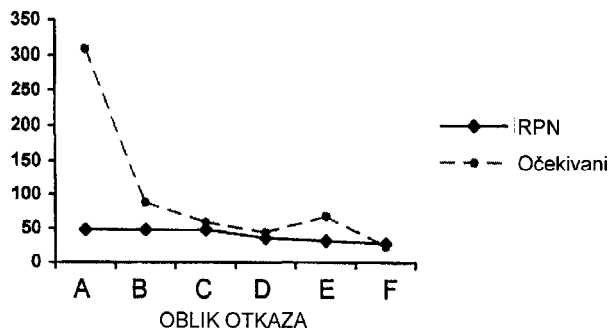
$$RPN = S * O * D \quad (1)$$

On se koristi da pomogne u identifikaciji najvećih rizika, i da nam pokaže put za korektivne aktivnosti. Pogledom na jednačinu (1) otkrivamo da je RPN metod za procenu rizika previše uprošćen. Pomenute tri vrednosti nemaju jednaku težinu u odnosu jedna prema drugoj, kada se radi o riziku. Ova iskrivljenost je posledica nelinearne prirode pojedinačnih skala vrednosti. Kao rezultat, neke varijante S-O-D proizvoda daju RPN koji je manji od nekih drugih kombinacija, ali sa više rizika. Visoka vrednost ozbiljnosti posledica nekog oblika otkaza zahteva posebnu pažnju, naročito kada je u paru sa visokom vrednošću pojavljivanja otkaza.

Oblik otkaza	Verovatnoća pojavljivanja (po vozilu)	Očekivani troškovi (po otkazu) (\$)	Ukupni očekivani troškovi	O	S	RPN
Prednji prepust (A)	0.3088	1000	308.8	8	6	48
Zona prednje osovine (B)	0.0441	2000	88.2	6	8	48
Zona pogonske osovine (C)	0.0294	2000	58.8	6	8	48
Zona oslanjanja motora (D)	0.0294	1500	44.1	6	6	36
Nosač upornih poluga (E)	0.2712	250	67.8	8	4	32
Nosač pneumatskih oslonaca (F)	0.1186	200	23.72	7	4	28

Tabela 2. Uporedni pregled očekivanih troškova i broja prioriternih rizika za šest različitih oblika otkaza iz Tabele 1

U Tabeli 2. je dat uporedni pregled očekivanih troškova (koji su dobijeni kao proizvod verovatnoće pojave otkaza i troškova tog otkaza) i broja prioritarnog rizika za šest različitih oblika otkaza koji su dati u Tabeli 1 /5/. Vrednosti pojavljivanja otkaza (O) i ozbiljnosti posledica otkaza (S) su usvojene prema AIAG preporukama /7/. Prilikom izračunavanja RPN broja u Tabeli 2, kao pretpostavka je uzeto da vrednost otkrivanja otkaza (D) iznosi 1, tj. pretpostavka da ćemo predmetne otkaze sigurno uočiti. Ovo je urađeno iz razloga da nam ova vrednost ne bi skrenula pažnju sa centralnog problema - vrednosti S i O. Zatim su na Slici 5. uporedno prikazani RPN broj i očekivani troškovi, u funkciji oblika otkaza.



Slika 5. Uporedni prikaz RPN broja i očekivanih troškova

Nedoslednosti tradicionalne FMEA metode

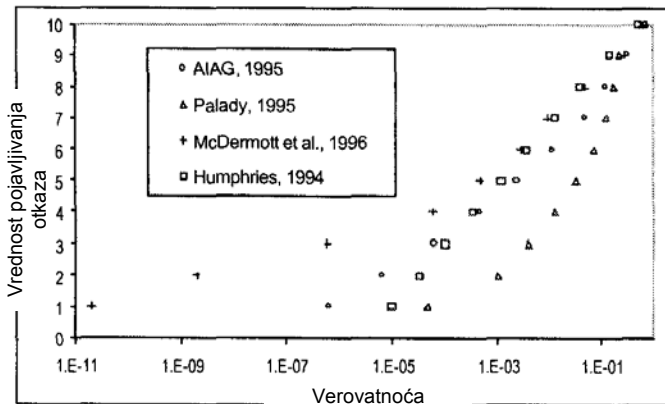
Jedan od najvećih nedostataka tradicionalne FMEA metode je određivanje vrednosti otkrivanja otkaza (D). Postoje dve osnovne definicije vrednosti otkrivanja otkaza. Prva se odnosi na kvalitet procesa jedne organizacije. Ova definicija kvantitativno izražava koliko je verovatno da kontrole kompanije otkriju oblik otkaza tokom razvoja proizvoda. Postoji nekoliko zbunjujućih pitanja povezanih sa ovom definicijom: Ako kontrola projekta otkrije oblik otkaza, da li to znači da će on biti sprečen? Kako možemo kvantifikovati kompetentnost kvaliteta procesa? Kontrole korišćene od strane organizacije mogu pomoći identifikaciji potencijalnih otkaza (na primer: pregled projekta, ocenjivanje pouzdanosti, modeliranje, ispitivanje) i proračunavanju verovatnoće otkaza. Međutim, procena efektivnosti čitavog napora uloženo u razvoj veoma je teška i visoko subjektivna.

Druga definicija vrednosti otkrivanja otkaza je povezana sa mogućnošću otkrivanja otkaza kada je proizvod isporučen korisniku. Kada je proizvod "u opticaju", otkrivanje odražava verovatnoću da će se otkaz javiti u jednom obliku (rano otkrivenom) nasuprot drugom (neotkrivenom, sve do pojave katastrofalnog otkaza). Na primer, FMEA nam može dati curenje ulja koje rezultuje otkazom motora, sa malom vrednošću otkrivanja (lako za otkrivanje), usled upadljive lampice za ulje. Samim tim, broj prioritarnog rizika daće mali prioritet veoma čestom curenju ulja koje je lako za uočavanje, čak i ako je ovo jedan od najskupljih otkaza tokom životnog ciklusa vozila.

Postojanje različitih definicija za otkrivanje otkaza traži odgovor na pitanje koja od tih definicija meri doprinos riziku. Očigledno je da vrednost otkrivanja otkaza treba ili redefinisati kao uslovnu verovatnoću ili je zanemariti u FMEA proceduri u potpunosti. Neka alternativna vrednovanja rizika preporučuju korišćenje samo kombinacije pojavljivanja otkaza i ozbiljnosti posledica otkaza u cilju davanja prioriteta riziku (SAE, 1994; Palady, 1995), čime je vrednost otkrivanja otkaza očigledno zanemarena.

Nedosledne vrednosti su dodeljene RPN elementima

Brojčane vrednosti korišćene za interpretaciju pojavljivanja otkaza, ozbiljnost posledica i otkrivanje otkaza nemaju neko specijalno značenje, tako da se njihove osnovne definicije razlikuju. Slika 6. /3/ prikazuje četiri preporučena odnosa između vrednosti pojavljivanja otkaza i verovatnoće.



Slika 6. Odnos vrednosti pojavljivanja otkaza i verovatnoće

Vrednost pojavljivanja otkaza 5 može odgovarati vrednost verovatnoće otkaza koja pokriva nekoliko redova veličina (od oko 0.1 do 0.001 – Slika 6). Vrednost ozbiljnosti posledica otkaza nije povezana sa nekom standardnom merom. Ove vrednosti od 1 do 10 mogu samo obezbediti relativno rangiranje posledica ili "opasnosti" za specifičnu FMEA. Otkrivanje otkaza nije direktno povezana sa verovatnoćom ili nekom drugom standardnom merom (sa izuzetkom nekih priručnika za FMEA procesa). Nadalje, otkrivanje otkaza ima nekoliko različitih definicija, što je već diskutovano.

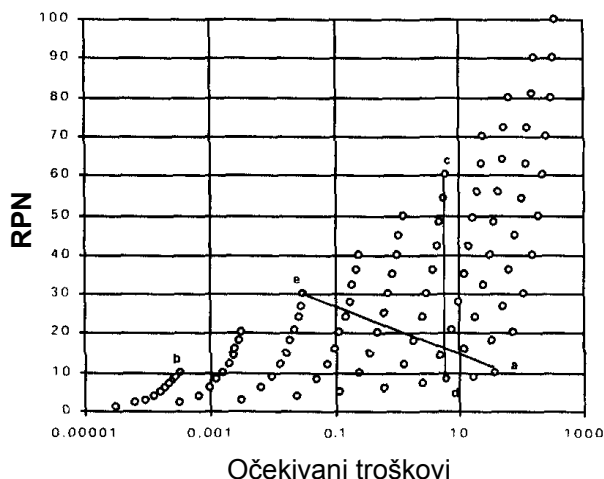
Komparacija: RPN - očekivani troškovi

U ovom odeljku smo dali detaljno poređenje RPN broja i očekivanih troškova, kao jedinice za merenje rizika. Pretpostavljamo da postoji merna jedinica za troškove koja neprekidno meri posledice, a ovi troškovi se sagledavaju u odnosu na skalu ozbiljnosti posledica sa vrednostima 1-10. Druge merne jedinice mogu biti alternativa troškovima, kao što su nivo toksičnosti, smrtnost, itd., pod uslovom da je veličina mere smisljena. Specifični primeri funkcije troškova su prikazani u Tabeli 3 /3/. U ovom primeru, postavlja se da je vrednost otkrivanja otkaza jednaka 1 za sve otkaze. Pretpostavićemo da je "verovatnoća otkrivanja" uključena u vrednost "verovatnoće pojavljivanja".

Linearan odnos		Eksponecijalan odnos		Hibridni odnos	
S	Troškovi (\$)	S	Troškovi (\$)	S	Troškovi (\$)
1	50	1	10	1	20
2	100	2	50	2	100
3	150	3	200	3	400
4	200	4	700	4	1000
5	250	5	2500	5	2000
6	300	6	10000	6	3500
7	350	7	35000	7	6000
8	400	8	130000	8	10000
9	450	9	500000	9	15000
10	500	10	2000000	10	20000

Tabela 3. Primeri tablica troškovi-ozbiljnost posledica (S)

Ovaj primer koristi standardan odnos verovatnoća - pojavljivanje otkaza i linearan odnos troškovi - ozbiljnost posledica (iz Tabele 3). Ove dve tabele daju 100 parova {verovatnoća, trošak} i njima odgovarajućih parova {pojavljivanje otkaza, ozbiljnost posledica}. Možemo izračunati broj prioritarnog rizika (O x S) i očekivane troškove za svih 100 kombinacija otkaza.



Slika 7. RPN u odnosu na očekivane troškove za 100 parova verovatnoće i troškova

Postoji jedan do više odnosa između RPN i očekivanih troškova (Slika 7) /3/; tačkice ne obrazuju liniju koja monotono raste kao što smo mi to možda očekivali. Rezultati otkrivaju neke interesantne činjenice:

- Otkazi sa istim RPN imaju različite očekivane troškove

Tačke a i b na Slici 7. prikazuju širok opseg očekivanih troškova povezanih sa jednom vrednošću RPN (Tabela 4).

Scen.	Verovov.	Troškovi po otkazu (\$)	Očekivani trošak (\$)	O	S	RPN (OxS)
a	0.75	50	37.50	10	1	10
b	6.66x10 ⁻⁷	500	0.00033	1	10	10

Tabela 4. RPN može imati različite očekivane troškove

- Otkazi sa istim očekivanim troškovima imaju različite RPN

Za ovaj niz podataka, očekivani trošak od 6.25\$ ima opseg RPN od 8 do 60 (Tabela 5).

Scen.	Verovov.	Troškovi po otkazu (\$)	Očekivani trošak (\$)	O	S	RPN (OxS)
d	0.125	50	6.25	8	1	8
c	0.0125	500	6.25	6	10	60

Tabela 5. Očekivani trošak može imati različite RPN vrednosti

Ova situacija je prikazana na Slici 7. preko tačaka c i d.

- RPN i očekivani trošak daju suprotne prioritete

Postoje situacije gde su dati konfliktni prioriteti preko RPN i očekivanih troškova (tačke a i e na Slici 7, Tabela 6).

Scen	Verov.	Trošak po otkazu (\$)	Oček. Trošak (\$)	O	S	RPN (OxS)
a	0.75	50	37.50	10	1	10
e	6.66×10^{-5}	500	0.033	3	10	30

Tabela 6. Suprotstavljeni prioritet RPN i očekivanih troškova

Ova situacija može voditi "kratkovidim" odlukama kada određujemo prioritet riziku. Rezultat dobijen u Tabeli 6. odgovara rezultatima koje smo dobili za slučaj noseće konstrukcije autobusa (Tabela 2).

Za linearne funkcije troškova smo pokazali da je broj prioritetnog rizika nedosledna mera rizika u poređenju sa očekivanim troškovima. Dve metode neće proizvesti isti prioritet rizika za dati niz otkaza. *Korišćenje vrednosti otkrivanja otkaza će samo još povećati razlike u prioritetima između očekivanih troškova i RPN.*

Na kraju ovog odeljka potrebno je skrenuti pažnju na još jednu kontradiktornost koja je vezana za RPN broj. U literaturi možemo pronaći dosta različitih preporuka vezanih za RPN broj i korektivne mere, koje u skladu sa njim treba preduzimati. Ovde ističemo jedan karakterističan primer /2/:

- **1 < RPN < 18** rizik je minoran - nema potrebe za bilo kakvim merama,
- **18 < RPN < 64** rizik je osrednji - potrebno je izvršiti određene validacije i ocenjivanja delova projekta u cilju smanjenja RPN vrednosti,
- **64 < RPN** rizik je veliki - potrebne su velike revizije projekta.

Ako uporedimo ove vrednosti sa vrednostima i rezultatima do kojih smo došli na osnovu Tabela 4, 5 i 6, zaključujemo da nikako ne smemo slepo primenjivati ove preporuke, kao i da je donošenje odluka na bazi očekivanih troškova, odnosno rizika, neophodno.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom radu sam želeo da skrenem pažnju na određenu nedoslednost RPN vrednosti, naročito u komparaciji sa očekivanim troškovima (Slika 5). Evidentno je da RPN vrednost i očekivani troškovi daju različite prioritete istim oblicima otkaza, što moramo obavezno imati u vidu prilikom donošenja odluka. Poseban problem prilikom korišćenja RPN vrednosti je to što vrednost otkrivanja otkaza ne meri precizno učešće u riziku. U cilju preciznijih i validnijih rezultata, vrednost otkrivanja otkaza možemo tretirati kao uslovnu verovatnoću, ili je eventualno potpuno zanemariti.

Prednosti tradicionalne FMEA su: skale od 1 do 10 su nam bliske i jednostavne za primenu; postoji veliki broj baza podataka i FMEA softvera i procedura koje koriste RPN. Bitni nedostaci tradicionalne FMEA, a posmatrano sa aspekta problema koji je razmatran u ovom radu, su: vrednosti O, S i D su opšti brojevi, a njihove definicije variraju; množenje rednih skala (od 1 do 10) ne daje meritorne rezultate za različite oblike otkaza.

Prednosti modifikovane FMEA, uvođenjem očekivanih troškova, su: verovatnoća i troškovi imaju univerzalna značenja, definicije su dosledne; pravila za manipulaciju verovatnoćom su dobro utvrđena - FMEA podsistema koja koristi verovatnoću može biti lakše integrisan u FMEA sistema; procenjena skala odnosa sadrži više informacija od procenjenih rednih skala; FMEA može biti korišćena za odluke zasnovane na troškovima; korišćenje standardnih mernih jedinica olakšava razmenu FMEA podataka; možemo uključiti neizvesnost u verovatnoću i troškove; troškovi se mogu odraziti na koncept teorije upotrebljivosti (korisnosti); mnoge formalne procedure mogu biti korišćene da bi formirali uzročne lance i njihove verovatnoće, kao što su Bajesove mreže. Nasuprot prethodnom, bitni nedostaci modifikovane FMEA su: troškovi i verovatnoća su teški za procenjivanje bez postojanja velikih baza podataka; postoji određena averzija prema korišćenju procene verovatnoće i troškova.

Naredna istraživanja uključuju: a) validaciju upotrebljivosti modifikovane FMEA kroz više studija slučaja, i b) korišćenje ocenjivanja otkaza baziranog na očekivanim troškovima u cilju efikasnijeg projektovanja sistema. Akcenat

treba staviti na uključivanje analize rizika u projektovanje (unapred), što bi nam otvorilo nove mogućnosti u menadžmentu rizikom, i eventualno omogućilo stvaranje jedne nove metode analize otkaza, koja bi delimično proistekla iz FMEA metode.

LITERATURA

- /1/ Blanchard B., Fabrycky W.: System Engineering and Analysis, Prentice Hall Inc., New Jersey, USA, 1998.
- /2/ Crowe D., Feinberg A.: Design for Reliability, CRC Press LLC, Boca Raton, USA, 2001.
- /3/ Kmenta S., Ishii K.: Scenario - Based FMEA: A Life Cycle Cost Perspective, 2000 ASME Design Engineering Technical Conferences, Baltimore, USA, 2000.
- /4/ Popović V., Vasić B.: Analiza rizika i očekivanih troškova primenom FMEA metode, XXX Simpozijum o operacionim istraživanjima SYM-OP-IS 2003, Herceg-Novi, 2003.
- /5/ Popović V., Vasić B., Mitić S.: Implementation of FMEA Method in Bus Superstructure Design Process, Conference "Computer-Simulation in Automotive Engineering", Grac, Austrija, 2003.
- /6/ Todorović J.: The Risk Concept in Automotive Engineering, XIX Međunarodni naučno-stručni skup "Nauka i motorna vozila", Beograd, 2003.
- /7/ --- www.aiag.org/
- /8/ --- standard IEC 300-3-9: Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9: Risk analysis of technological systems
- /9/ --- standard IEC 62198: Project risk management - Application guidelines

RISK ANALYSIS AND FMEA METHOD

Risk is associated with every project and with each process and each decision throughout the life of a project. Risk should therefore be managed at each stage of the project and the risk management process should be incorporated with both the project management processes and the product-related processes. We could say that risk is a combination of frequency or occurrence probability and the consequence of a specific hazardous event. In this paper we have presented improvement possibilities of one of the most widely used classical failure analysis methods - FMEA method, by direct inclusion of risk analysis into this method. In practice we need a great deal of energy, time and money to carry out FMEA analysis of a complex system. Therefore, a great deal of effort is being made in finding the modified, accelerated ways for this method implementation, bearing in mind not forgetting the meaning and the concept of the analysis. One of the ways of this method more efficient application is FMEA process modification, by determining the influence and the occurrence frequency of each failure. Certain inconsistencies of FMEA method, which are related to RPN value, have been shown. This is illustrated on the example of bus support structure analysis, with special reference to the comparison of the results obtained by the traditional and modified method.

Key words: risk analysis, FMEA method