

PRIMENA FAZI ARITMETIKE U ODREĐIVANJU POUZDANOSTI E-MAIL SERVISA

Ranko Nedeljković, Dragana Drenovac, Slobodan Mitrović
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

Sadržaj: *Analiza stabla otkaza (fault tree analysis – FTA) zasnovana je na verovatnoći otkaza osnovnih događaja koji se karakterišu klasičnim raspodelema verovatnoća. U ovom radu umesto mere verovatnoće koristi se mera mogućnosti osnovnih događaja, a analiza koja se sprovodi je fazi FTA. Mogućnosti otkaza osnovnih elemenata predstavljene su trouglastim fazi brojevima. U radu je analizirana mogućnost otkaza čitavog sistema kao događaja na najvišem nivou. Predložena analiza ilustrovana je na primeru određivanja pouzdanosti e-mail servisa Saobraćajnog fakulteta.*

Ključne reči: *drvo otkaza, fazi broj, analiza pouzdanosti*

1. Uvod

U vezi sa razvojem savremene tehnike poseban značaj dobila su mnogobrojna pitanja povećanja efektivnosti rada složenih tehničkih sistema. Osnovni zahtev koji se postavlja pred tehničkim sistemom je da radi bez otkaza u predviđenom veku trajanja. Tako se od automobila zahteva da prevozi putnike i robu bez zastoja. Pojam pouzdanosti elemenata od kojih su sastavljeni tehnički sistemi neposredno je povezan s kvalitetom tih elemenata. Kvalitet elemenata je skup svojstava koji određuje stepen pogodnosti u eksploataciji. Pod pouzdanošću tehničkog elementa podrazumeva se sposobnost tog elementa da zadrži kvalitet u određenim uslovima eksploatacije. Pod otkazom se podrazumeva delimičan ili potpun gubitak radnih svojstava.

U ovom radu posmatran je e-mail servis Saobraćajnog fakulteta i analizirana njegova pouzdanost u smislu mogućnosti pristupa tom servisu. Analiza je izvršena na osnovu stabla otkaza u kome su na najnižem nivou osnovni događaji koji ne zavise od drugih događaja, a na svakom narednom nivou događaj je rezultat logičke veze određenog broja događaja na nižem nivou. Na vrhu se nalazi otkaz čitavog sistema.

U radu je prikazan način da se analizira pouzdanost sistema u situaciji kada o nekim događajima ima vrlo malo podataka ili ih nema uopšte. Tada je pogodan koncept teorije mogućnosti. Umesto diskretnih (crisp) brojnih vrednosti kojima bi verovatnoće pojedinih događaja bile određene, u radu su mogućnosti otkaza događaja predstavljene fazi brojevima. Kao rezultat analize, dobijena je mogućnost otkaza čitavog sistema. U konkretnom slučaju to je otkaz koji posmatrani e-mail server može dati klijentskom entitetu.

U radu je predložen i pravac daljeg istraživanja koji se odnosi na određivanje težinskih indeksa osnovnih događaja. Time je određen fazi značaj (važnost) osnovnih događaja i može da posluži za rangiranje osnovnih događaja. Time bi se moglo utvrditi koliko je za sistem kritičan otkaz svakog pojedinačno osnovnog događaja, što može da posluži u ranoj fazi konstrukcije složenih sistema.

2. Fazi brojevi i fazi aritmetika

Fazi broj se definiše kao fazi skup \tilde{A} koji poseduje sledeće osobine:

1. $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$, za $\forall x \in (-\infty, c] \cup [d, \infty)$, $c < d$
2. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ je strogo rastuća funkcija na intervalu $[c, a]$ i strogo opadajuća na intervalu $[b, d]$ za $c \leq a \leq b \leq d$
3. $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$, za $\forall x \in [a, b]$, gde je $a \leq b$

Fazi broj \tilde{A} je trouglasti fazi broj ako je njegova funkcija pripadnosti definisana kao:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a_1, x \geq a_3 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & a_2 \leq x \leq a_3 \end{cases} \quad (1)$$

gde je $0 \leq a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq 1$.

Trojka (a_1, a_2, a_3) može se koristiti da se označi opisani fazi broj.

Fazi broj može biti definisan i intervalom poverenja koji je okarakterisan odgovarajućim stepenom uverenosti α , $\forall \alpha \in [0, 1]$.

$$\tilde{M} = [a_m^\alpha, b_m^\alpha, c_m^\alpha] = [(b_m - a_m)\alpha + a_m, b_m, -(c_m - b_m)\alpha + c_m] \quad (2)$$

Za dva fazi broja $\tilde{M} = [a_m^\alpha, b_m^\alpha, c_m^\alpha]$ i $\tilde{N} = [a_n^\alpha, b_n^\alpha, c_n^\alpha]$ osnovne aritmetičke operacije definišu se na sledeći način:

$$\tilde{M} + \tilde{N} = [a_m^\alpha + a_n^\alpha, b_m^\alpha + b_n^\alpha, c_m^\alpha + c_n^\alpha] \quad (3)$$

$$\tilde{M} * \tilde{N} = [a_m^\alpha * a_n^\alpha, b_m^\alpha * b_n^\alpha, c_m^\alpha * c_n^\alpha] \quad (4)$$

$$\tilde{M} - \tilde{N} = [a_m^\alpha - a_n^\alpha, b_m^\alpha - b_n^\alpha, c_m^\alpha - a_n^\alpha] \quad (5)$$

$$\tilde{M} / \tilde{N} = [a_m^\alpha / c_n^\alpha, b_m^\alpha / b_n^\alpha, c_m^\alpha / a_n^\alpha] \quad (6)$$

3. Fazi operatori

Koristeći algebarske operacije nad trouglastim fazi brojevima mogu se izvesti fazi operatori fazi NE (FNOT), fazi I (ANDF) i fazi ILI (ORF) koji odgovaraju operatorma Bulove algebre NE, I i ILI, respektivno.

Neka su $\tilde{p}_1, \tilde{p}_2, \dots, \tilde{p}_n$ funkcije raspodele mogućnosti n osnovnih događaja a \tilde{p}_y funkcija raspodele mogućnosti rezultujućeg događaja. Fazi I definiše se kao

$$\tilde{p}_y = \text{ANDF}(\tilde{p}_1, \tilde{p}_2, \dots, \tilde{p}_n) = \prod_{i=1}^n \tilde{p}_i \quad (7)$$

ako je $\tilde{p}_i = (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3})$, $i = 1, 2, \dots, n$ (za $\alpha=0$)

$$\tilde{p}_y = \text{ANDF}(\tilde{p}_1, \tilde{p}_2, \dots, \tilde{p}_n) = \prod_{i=1}^n \tilde{p}_i = \prod_{i=1}^n (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}) = \left(\prod_{i=1}^n a_{i1}, \prod_{i=1}^n a_{i2}, \prod_{i=1}^n a_{i3} \right) \quad (8)$$

Fazi ILI definiše se kao:

$$\begin{aligned} \tilde{p}_y = \text{ORF}(\tilde{p}_1, \tilde{p}_2, \dots, \tilde{p}_n) &= 1 - \prod_{i=1}^n (1 - (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3})) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - a_{i3}, 1 - a_{i2}, 1 - a_{i1}) = \\ &= 1 - \left(\prod_{i=1}^n (1 - a_{i3}), \prod_{i=1}^n (1 - a_{i2}), \prod_{i=1}^n (1 - a_{i1}) \right) \end{aligned} \quad (9)$$

Ako je \tilde{p}_i funkcija raspodele mogućnosti fazi događaja i , generalizovani Bulov operator NE definiše se kao

$$\text{FNOT } \tilde{p}_i = 1 - \tilde{p}_i = 1 - (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}) = (1 - a_{i3}, 1 - a_{i2}, 1 - a_{i1}) \quad (10)$$

4. Opis problema

E-mail servisi predstavljaju set esencijalnih servisa za razmenu elektronskih poruka. Bazirani su na upotrebi različitih protokola, od kojih su najpoznatiji SMTP¹, POP², IMAP³, kao i set protokola za implementaciju *Microsoft Exchange*, kao i *Lotus Notes/Domino* servera i dr. Ovaj rad pruža osvrt na protokole koji su predmet ove analize.

SMTP servis je baziran na upotrebi SMTP protokola (IETF RFC 821, 974, 1869, 2821, 5321) čija je funkcija upravljanje prenosom e-mail porukama. Ovaj protokol je konekciono orjentisan, što znači da koristi TCP protokol (TCP port 25) na transportnom sloju. Primena ovog protokola može biti na nivou klijenta, kao i na nivou servera.

POP servis je baziran na upotrebi jedne od verzija POP protokola - v1 (IETF RFC 918), v2 (IETF RFC 937) i v3 (IETF RFC 1081, 1225, 1460, 1725, 1939), koja je i najpopularnija verzija poznata pod oznakom *POP3*. Njegova namena je vezana za klijentski prijem e-mail poruka na osnovu autentifikacije korisnika. Funkcioniše po principu *download-and-delete*, tj. klijent će nakon uspešne autentifikacije preuzeti, a zatim i ukloniti poruke sa servera. Ipak, postoji i opcija za mogućnost čuvanja poruka na serveru.

Ovaj rad analizira verovatnoću otkaza koje posmatrani e-mail server može dati klijentskom entitetu. Klijentski entitet može biti e-mail klijent korisnika sistema (korisnik pristupa svojim računarom uz upotrebu e-mail klijentskog programa, poput Outlook Express-a, Eudore, Thunderbird...) ili drugi e-mail server koji namerava da izvrši određenu e-mail transakciju.

5. Numerički primer

U ovom radu slučajevi u kojima je došlo do otkaza prema e-mail klijentu korisnika će biti imenovani kao „*korisnik*“, a otkazi prema drugom serveru će biti imenovani kao „*server*“.

Posmatrani e-mail server opslužuje e-mail klijente korisnika upotrebom POP3 protokola komunikacije (za prijem poruka), dok u slučaju slanja poruka upotrebom navedenih

¹ SMTP – *Simple Mail Transfer Protocol*

² POP - *Post Office Protocol*

³ IMAP - *Internet Message Access Protocol*

e-mail klijenata ili transakcija sa drugim e-mail serverima se koristi SMTP protokol. Shodno navedenom, otkazi koji se u ovom domenu razmatraju su slučajevi koji mogu nastupiti upravo upotrebom ovih protokola.

Otkazi koji mogu nastupiti prema e-mail klijentu korisnika se mogu klasifikovati na sledeći način

E1 - Neispravno korisničko ime ili šifra

E2 - Pokušaj pristupa sistemu upotrebom identifikatora korisničkog naloga koji ima vrednost manju od 100 (u operativnim sistemima tipa UNIX/BSD/LINUX). Na ovaj način klijent želi iskoristiti jedan od „sistemskih naloga“ na serveru, tj. pokušava „prevariti“ sistem, radi zloupotrebe. Sistem je podešen da ne prima ovakav tip pristupa, zbog čega nastaje otkaz.

E3 - slanje poruke upotrebom klijentskog e-mail programa uz upotrebu lokalnog e-mail naloga, ali upotrebom internet veze koja ne pripada lokalnom sistemu. Na ovaj način posmatrani server prepoznaje transakciju kroz tzv. „relay access“ pristup, što se smatra nedozvoljenim tipom transakcije.

E4 - Isteklo vreme sesije, koje može nastati usled preopterećenosti klijentskog računara, pri čemu je klijentski e-mail program podešen da prijavi slučaj „session timeout“ posle definisanog vremenskog intervala (default vrednost je najčešće 1min.), ili u slučaju kada je POP datoteka na serveru oštećena (slučaj POP EOF).

E5 - Klijentski program pokušava da započne POP3 sesiju uz upotrebu korisničkog naloga za koji je već, u tom trenutku, započeta sesija, što nije dozvoljeno, usled čega nastaje otkaz.

E6 - Server koji pokušava započeti SMTP transakciju nema regularan DNS zapis, zbog čega biva odbijen nakon negativnog odgovora na proveru identiteta kroz reversni DNS upit.

E7 - Server koji pokušava započeti SMTP transakciju nema ispravnu HELO identifikaciju, zbog čega biva odbijen.

E8 - Server pokušava isporučiti poruku na adresu nepostojećeg korisnika u okviru destinacionog internet domena, zbog čega transakcija biva odbijena (User unknown in local recipient table).

E9 - Server pokušava isporučiti poruku sa adresom primaoca koja ima nepostojeći destinacionog internet domen, zbog čega transakcija biva odbijena.

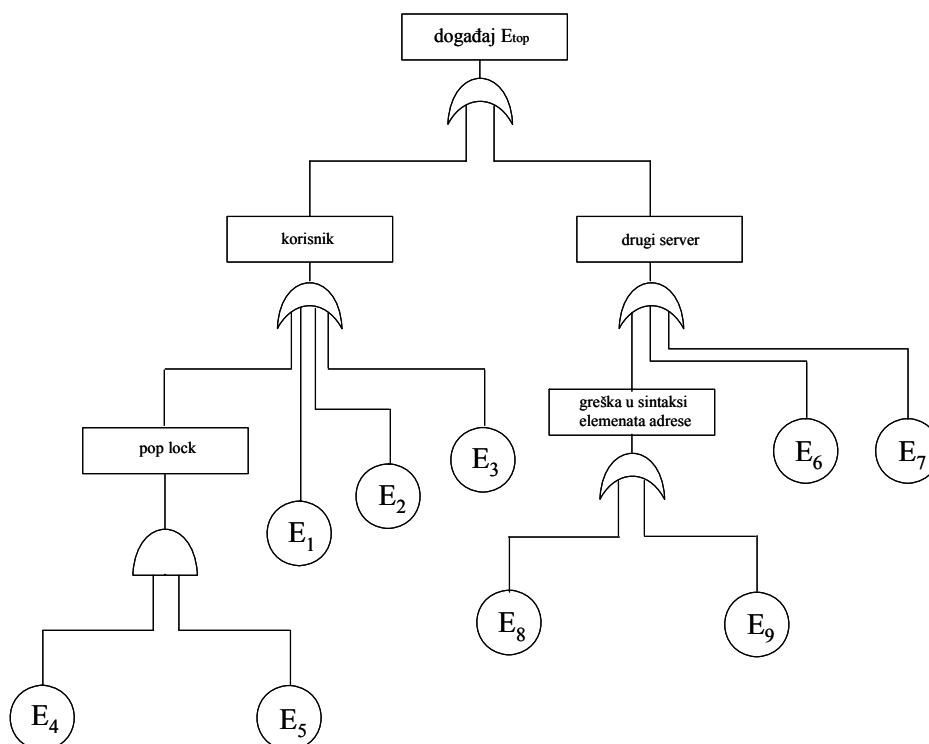
Stablo otkaza prikazano je na slici 1.

Pouzdanost sistema zavisi od pouzdanosti njegovih krajnjih komponentata i njihovih međusobnih veza. Analiza stabla otkaza je pristup «odozgo nadole» (top-down) u kome veze između komponentata pokazuju kako njihov otkaz utiče na rad sistema.

Iako ima mnogo simbola koji se koriste za konstrukciju stabla otkaza, najčešći su krug i pravougaonik. Krugom se obeležavaju događaji na najnižem nivou čiji otkaz ne zavisi od bilo koje druge komponente. Pravougaonik služi da predstavi komponente čiji su otkazi posledica kombinacije koji im prethode. Za povezivanje događaja istog nivoa koriste se izlazi (gates). OR izlaz se koristi u slučaju kada se otkaz javlja ako se realizuje bar jedan od ulaznih događaja koji predstavljaju otkaze. U slučaju slabla otkaza to znači da će komponenta roditelj sa ovim izlazom otkazati ako otkaze bar jedna komponenta dete. Kada se otkaz javlja onda ako se svi ulazni otkazi dogode uvodi se AND izlaz.

Svakom događaju pridružuje se pouzdanost određene komponente. Potrebno je poznavati te vrednosti za osnovne događaje (događaje na najnižem nivou). Određivanje verovatnoća otkaza ostalih komponentata vrši se na osnovu povezanosti osnovnih komponentata.

Podaci o otkazima novih komponentata ili ne postoje ili ih je malo. Tada je moguće da ekspert izvrši procenu vrednosti za pouzdanost u vidu jednog broja, što se smatra zahtevnim zadatkom, ili da se koristi fazi pristup.



Slika 1. Stablo otkaza opisanog problema

Na osnovu dostupnih podataka i procene eksperta određeni su fazi brojevi koji predstavljaju meru mogućnosti da se pojedini osnovni događaj realizuje. Podaci su dati u tabeli 1.

Tabela 1. Dodela fazi brojeva osnovnim događajima

osnovni događaji	fazi brojevi dodeljeni događajima		
	a - donja granica	b - sredina fazi broja	c - gornja granica
E1	0,02243166	0,238280598	0,45125899
E2	0,01215089	0,060001112	0,10034689
E3	0,00123458	0,002335539	0,00623145
E4	0,10231455	0,591336262	0,82301589
E5	0,00198756	0,005254963	0,00934658
E6	0,01215089	0,060779625	0,12034689
E7	0,00198756	0,005282767	0,00934658
E8	0,00849725	0,017516543	0,02121568
E9	0,00934742	0,01921259	0,02203458

Na osnovu brojnih vrednosti i stabla otkaza dobija se da je mogućnost otkaza čitavog sistema izražena fazi brojem (0.0662, 0.3589, 0.5939).

Pravac daljeg istraživanja može biti analiziranje koliko je svaki osnovni događaj pojedinačno kritičan za otkaz celog sistema. Doprinos svakog osnovnog događaja otkazu čitavog sistema u analizi stabla otkaza naziva se važnost (značaj) tog događaja. Važnost osnovnog događaja meri se fazi težinskim indeksom, koji se određuje eliminisanjem tog

dogadaja iz stabla otkaza. Potrebno je odrediti mogućnost otkaza sistema p_{sys} i mogućnost otkaza sistema iz kog je isključen k-ti osnovni događaj $p_{sys(k)}$. Na osnovu ovih vrednosti određuje se težinski indeks $W(p_{sys}, p_{sys(k)})$ koji predstavlja rastojanje između dva fazi broja p_{sys} i $p_{sys(k)}$. Razlika tih brojeva upućuje na stepen poboljšanja sistema eliminisanjem k -tog događaja. Formiranjem niza događaja prema njihovo doprinosu otkazu čitavog sistema može se uočiti događaj sa najvećim značajem, poboljšati njegova pouzdanost i time povećati pouzdanost čitavog sistema.

6. Zaključak

Cilj ovog rada bio je da se prikaže način da se analizira pouzdanost rada sistema u situaciji kada o nekim događajima ima vrlo malo podataka ili ih nema uopšte. Tada se, umesto koncepta teorije verovatnoće, koristi koncept teorije mogućnosti. Deo analize je stablo otkaza u kome su osnovni događaji, koji ne zavise od drugih događaja, povezani logičkim vezama do krajnjeg događaja – otkaza sistema. Umesto diskretnih (crisp) brojnih vrednosti, u radu su mogućnosti otkaza događaja predstavljene fazi brojevima. Kao rezultat analize, dobijena je mogućnost otkaza sistema pod čime se podrazumeva otkaz koji posmatrani e-mail server može dati bilo kom drugom klijentskom entitetu.

Pravac daljeg istraživanja može biti određivanje fazi značaja (važnosti) osnovnih događaja preko težinskog indeksa i rangiranje događaja na osnovu tih vrednosti. Time bi se moglo utvrditi koliko je za sistem kritičan otkaz nekog osnovnog događaja. Ta analiza je važna u ranoj fazi konstrukcije složenih sistema, kako bi se otkrili nedostaci i sprečilo ubrzavanje pojave otkaza nekih događaja koji bi ubrzali pojavu otkaza celog sistema.

Literatura

- [1] Tyagi S.K, Pandey D., Tyagi R., “Fuzzy set theoretic approach to fault tree analysis”, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, Vol. 2, No. 5, 2010, pp. 276-283
- [2] Cheong C. W., Hui Lan A. L., Web Access Failure Analysis – Fuzzy Reliability Approach, *International Journal of The Computer, the Internet and Management* Vol. 12 no.1 (January – April, 2004) pp 65 – 73
- [3] Ragheb M., Probabilistic and possibilistic fault tree analysis, 2008 Available: <https://netfiles.uiuc.edu/mragheb>
- [4] Sule, D. R., Watkins T. K. Evaluation of fault tree using fuzzy logic analysis, Available: www.iienet.org/uploadedfiles/IIE/Technical.../ResearchConf5-01-2059.pdf
- [5] Klir G.J. Yuan B., *Fuzzy sets and fuzzy logic, theory and applications*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1995.

Abstract: *Fault tree analysis (FTA) is based mainly on failure probability on basic events, which uses classical probability distributions for the failure probability of basic events. In the present paper the probabilistic consideration of basic events is replaced by possibilities, thereby leading to fuzzy fault tree analysis. Triangular fuzzy numbers are used to represent the failure possibility of basic events. The proposed techniques are illustrated by taking an example of e-mail service of The Faculty of Traffic and Transport Engineering.*

Keywords: *fault tree, fuzzy number, reliability analysis*

E-MAIL SERVICE RELIABILITY ANALYSIS USING FUZZY ARITHMETIC

Ranko Nedeljković, Dragana Drenovac, Slobodan Mitrović