



Savremeni menadžment i
mrežna organizacija preduzeća

Upravljanje kvalitetom i rizikom poslovnih procesa – deo III

Prof. Dr Vesna Spasojević Brkić



FTA analiza – Analiza stabla otkaza

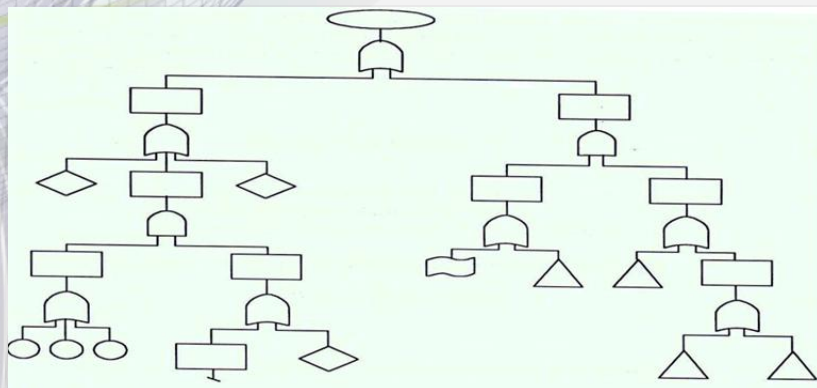
- Deduktivna metoda za grafičko prikazivanje odnosa izmedju specifičnih događaja koji utiču na vršni događaj.
- Pojam vršnog događaja (top event) – neželjeni događaj
- Logički dijagrami se formiraju pomoću i/ili kapija i standardizovanih simbola događaja i prenosa.
- Jedna od najpogodnijih metoda za analizu otkaza nekog sistema je analiza stabla otkaza (FTA-Fault Tree Analysis).
- FTA koristi dijagram u obliku drveta kako bi pokazao uzročno posledične veze izmedju jednog, neželjenog događaja (otkaza), i različitih uzroka koji su do njega doveli.



Koraci analize stabla otkaza

1. Definisanje ciljeva i granica sistema
2. Odredjivanje vršnog događaja
3. Sistematsko prikupljanje podataka o sistemu
4. Konstrukcija stabla otkaza
5. Kvalitativna i kvantitativna ocena stabla
6. Preporuke i alternative za odlučivanje.

FTA analiza – Analiza stabla otkaza



Bulove aksiome i zakoni (komutativnost, asocijativnost, distributivnost, idempotencija, apsorpcija):

$$P \cdot Q = Q \cdot P$$

$$P + Q = Q + P$$

$$P \cdot (Q \cdot R) = (P \cdot Q) \cdot R$$

$$P + (Q + R) = (P + Q) + R$$

$$P \cdot (Q + R) = (P \cdot Q) + (P \cdot R)$$

$$P + (Q \cdot R) = (P + Q) \cdot (P + R)$$

$$P \cdot P = P$$

$$P + P = P$$

$$P + (P \cdot Q) = P$$

$$P \cdot (P + Q) = P$$

SIMBOL	NAZIV	OPIS
	VRŠNI (TOP) DOGADJAJ	Događaj koji se želi sprečiti (da se ne dogodi) ili događaj koji se želi postići.
	OPŠTI DOGADJAJ	Događaj koji se javlja kao posledica logičke kombinacije ulaznih događaja, koji deluju kroz logičku kapiju.
	OSNOVNI DOGADJAJ	Događaj koji ne zahteva dalje razvijanje. Nezavisan događaj koji se koristi samo kao ulaz u logičku kapiju.
	NERAZVIJENI DOGADJAJ	Događaj koji nije razvijen do sopstvenog uzroka, zbog nepostojanja raspoloživih informacija ili sredstava ili niskog rizika.
	NORMALNO OČEKIVANI DOGADJAJ	Događaj koji se prirodno očekuje tokom normalnog funkcionisanja sistema.
	"I" KAPIJA (PROLAZ)	Logička operacija kod koje svi ulazni događaji moraju da se dogode da bi se izazvali izlazni događaji.
	"ILI" KAPIJA (PROLAZ)	Logička operacija kod koje se izlazni događaj dešava pod uslovom da se desio samo jedan ili više ulaznih događaja.
	OSNOVNI PRENOS	Osnovni prenos koristi se radi preglednijeg obeležavanja da se jedan događaj, ili podstruktura stabla prenese sa jednog mesta na drugo.



Kvantitativna ocena stabla otkaza za nepopravljive elemente

ILI kapija:

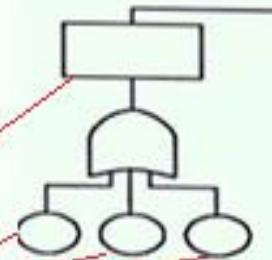
$$D_0 = D_1 + D_2 + D_i + D_i + \dots D_n \quad \text{za } i = 1, 2, \dots, n$$

gde je:

D_0 – događaj na izlazu iz ILI kapije

D_i – i -ti događaj na ulazu u ILI kapiju

N – broj događaja (otkaza) na ulazu u ILI kapiju



Verovatnoća pojave događaja D_0 - $P(D_0)$ na izlazu iz ILI kapije je:

$$P(D_0) = 1 - \prod_{i=1}^{i=n} [1 - P(D_i)] \quad \text{za } i = 1, 2, \dots, n$$

pri čemu je

$P(D_i)$ – verovatnoća pojave događaja koji ulaze u ILI kapiju



Kvantitativna ocena stabla otkaza za nepopravljive elemente

I kapija:

$$D_{0I} = D_1 \cdot D_2 \cdot \dots \cdot D_i \cdot \dots \cdot D_n$$

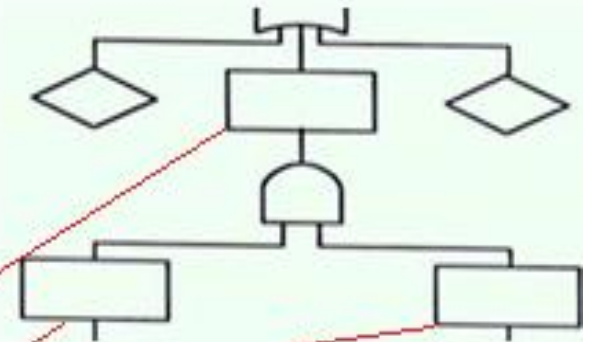
za $i = 1, 2, \dots, n$

gde je:

D_{0I} – događaj na izlazu iz I kapcije

D_i – i -ti događaj na ulazu u I kapiju

n – broj događaja (otkaza) na ulazu u I kapiju



Verovatnoća pojave događaja D_{0I} - $P(D_{0I})$ na izlazu iz I kapije je:

$$P(D_{0I}) = \prod_{i=1}^{i=n} P(D_i)$$

pri čemu je sa $P(D_i)$ označena verovatnoća pojave događaja koji ulaze u I kapiju.

Kvantitativna ocena stabla otkaza za popravljive elemente

ILI kapija:

$$U_0 = 1 - \prod_{i=1}^{i=n} (1 - U_i)$$

gde je: U_0 – neraspoloživost događaja na izlazu iz ILI kapije
 U_i – neraspoloživost i -tog događaja na ulazu u ILI kapiju

pri čemu se neraspoloživost određuje kao odnos:

$$U_i = 1 - A_U = 1 - \frac{\mu_i}{\mu_i + \lambda_i} = \frac{\lambda_i}{\mu_i + \lambda_i}$$

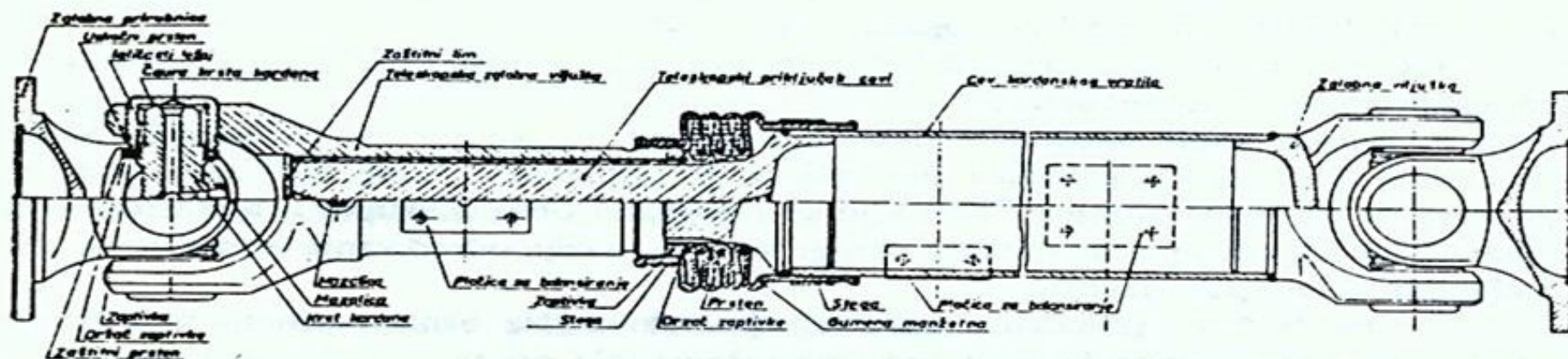
gde su: λ_i – intezitet otkaza
 μ_i – intezitet opravke i -tog elementa sistema,

pod uslovom da je zakon raspodele VREMENA U RADU i vremena U OTKAZU eksponencijalni.

I kapija:

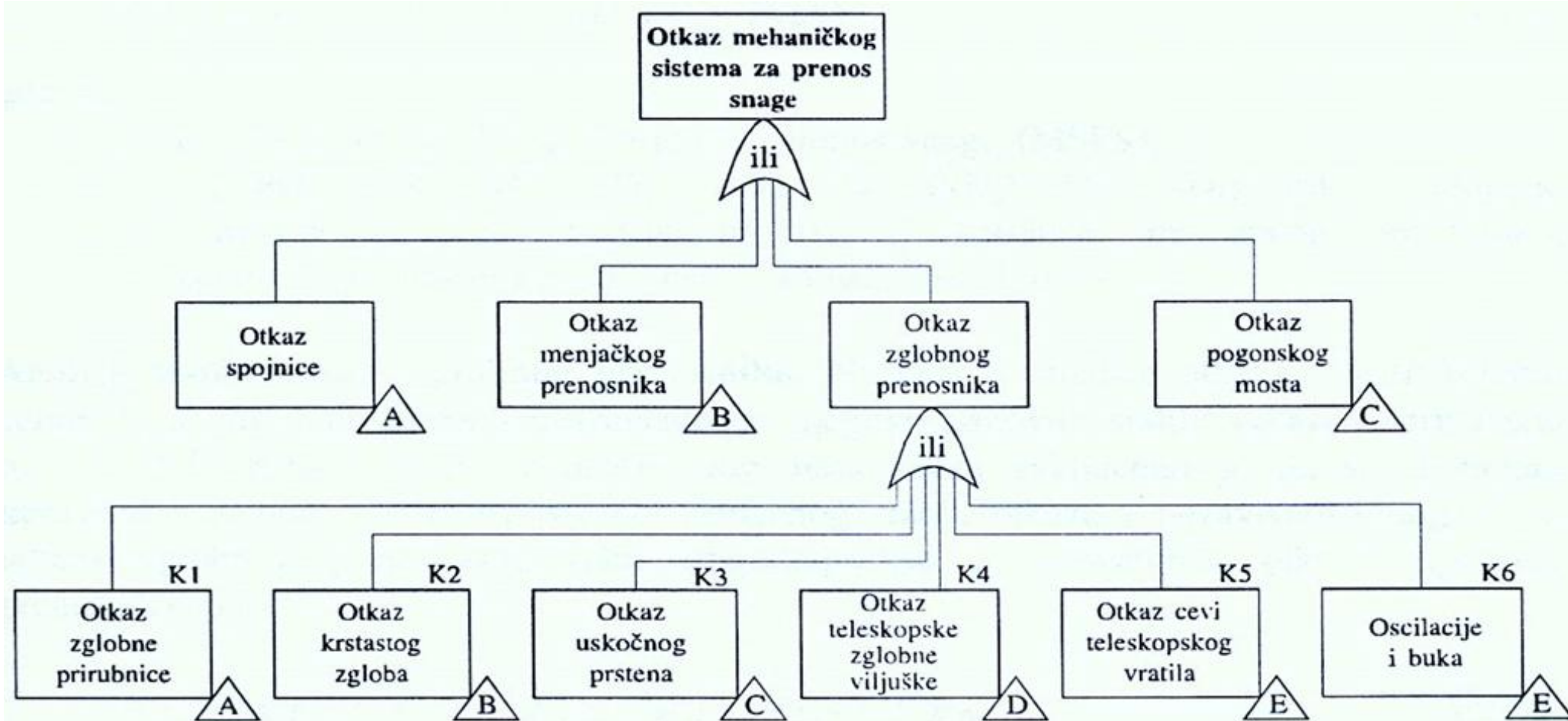
$$U_{0I} = \prod_{i=1}^{i=n} U_i$$

gde su: U_{0I} – neraspoloživost događaja na izlazu iz I kapije
 U_i – neraspoloživost i -tog događaja na ulazu u I kapiju
 n – broj događaja (otkaza) na ulazu u I kapiju





Primer FTA – otkaz sistema za prenos snage



Sl. 5.9. Osnovno stablo otkaza mehaničkog sistema za prenos snage i podсистема-zglobnog prenosnika



Primer FTA – otkaz sistema za prenos snage

Analiza stabla otkaza mehaničkog sistema za prenos snage. U skladu sa definisanim otkazima sklopova i elemenata zglobnog prenosnika, u okviru primene FTA metode, odnosno definisanja vršnog događaja, tj. otkaza zglobnog prenosnika određen je vršni događaj – "Otkaz MSPS". "Otkaz MSPS" (D_3) dogodiće se ako otkaze spojnica, ili zglobni prenosnik, ili menjački prenosnik, ili pogonski most. Na osnovu ovoga konstruisano je osnovno stablo otkaza kao na slici 5.9 i sprovedena kvalitativna ocena stabla otkaza mehaničkog sistema za prenos snage. Događaj - "Otkaz MSPS" u analitičkom obliku glasi:

$$D_S = D_1 \cup D_2 \cup D_3 \cup D_4 \quad (5.47)$$

Na osnovu ovih događaja verovatnoća otkaza MSPS prema zakonu o zbiru verovatnoća događaja, je:

$$\begin{aligned} P(D_S) &= P(D_1 \cup D_2 \cup D_3 \cup D_4) = \\ &= \sum_{i=1}^4 P(D_i) + \sum_{i=1}^{4-1} \sum_{i=i+1}^4 P(D_i)P(D_{i+1}) + \sum_{i=1}^{i+1} \sum_{i=i+1}^{i+2} \sum_{i=i+2}^4 P(D_i)P(D_{i+1})P(D_{i+2}) + \prod_{i=1}^4 P(D_i) = \end{aligned} \quad (5.48)$$

Medjutim kako su ovi događaji-otkazi podsistema MSPS međusobno nezavisni i isključivi, "verovatnoća otkaza MSPS" glasi,

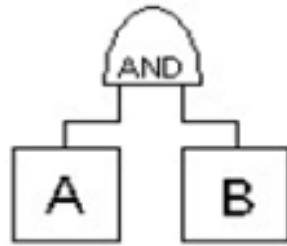
$$P(D_S) = P(D_1 \cup D_2 \cup D_3 \cup D_4) = \sum_{i=1}^4 P(D_i) \quad (5.49)$$

gde je:

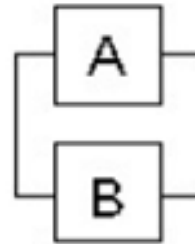
- D_S , otkaz mehaničkog sistema za prenos snage (MSPS),
- D_i , $P(D_i)$, D_1 , $P(D_1)$, D_2 , $P(D_2)$, D_3 , $P(D_3)$, D_4 , $P(D_4)$, otkaz, odnosno verovatnoća otkaza podsistema (i), tj. spojnice, menjačkog prenosnika, zglobnog prenosnika i pogonskog mosta, respektivno.



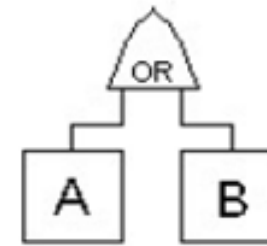
Analogija sa blok dijagramom



Slika 5: FTD
A AND B



Slika 6: RBD
A || B



Slika 7: FTD
A OR B



Slika 8: RBD
A -> B

Veza tri alata RCM

