

ПРИМЕР 1:

Конструисати стабло отказа за случај судара два аутомобила на раскрсници са укрштањем путева различите важности и одредити вероватноћу судара. Познато је:

$P(G_1) = 0.01$ – вероватноћа да ће се на главном путу, на раскрсници, наћи возило;

$P(G_2)$ – вероватноћа да возач аутомобила на споредном путу није зауставио возило;

$P(G_3)$ – вероватноћа да возач није зауставио возило због своје грешке;

$P(G_4)$ – вероватноћа да возач није могао да заустави возило (техничка грешка);

$P(G_5) = 0.1$ – вероватноћа да је возач пребрзо возио;

$P(G_6) = 0.1$ – вероватноћа да је возач био уморан;

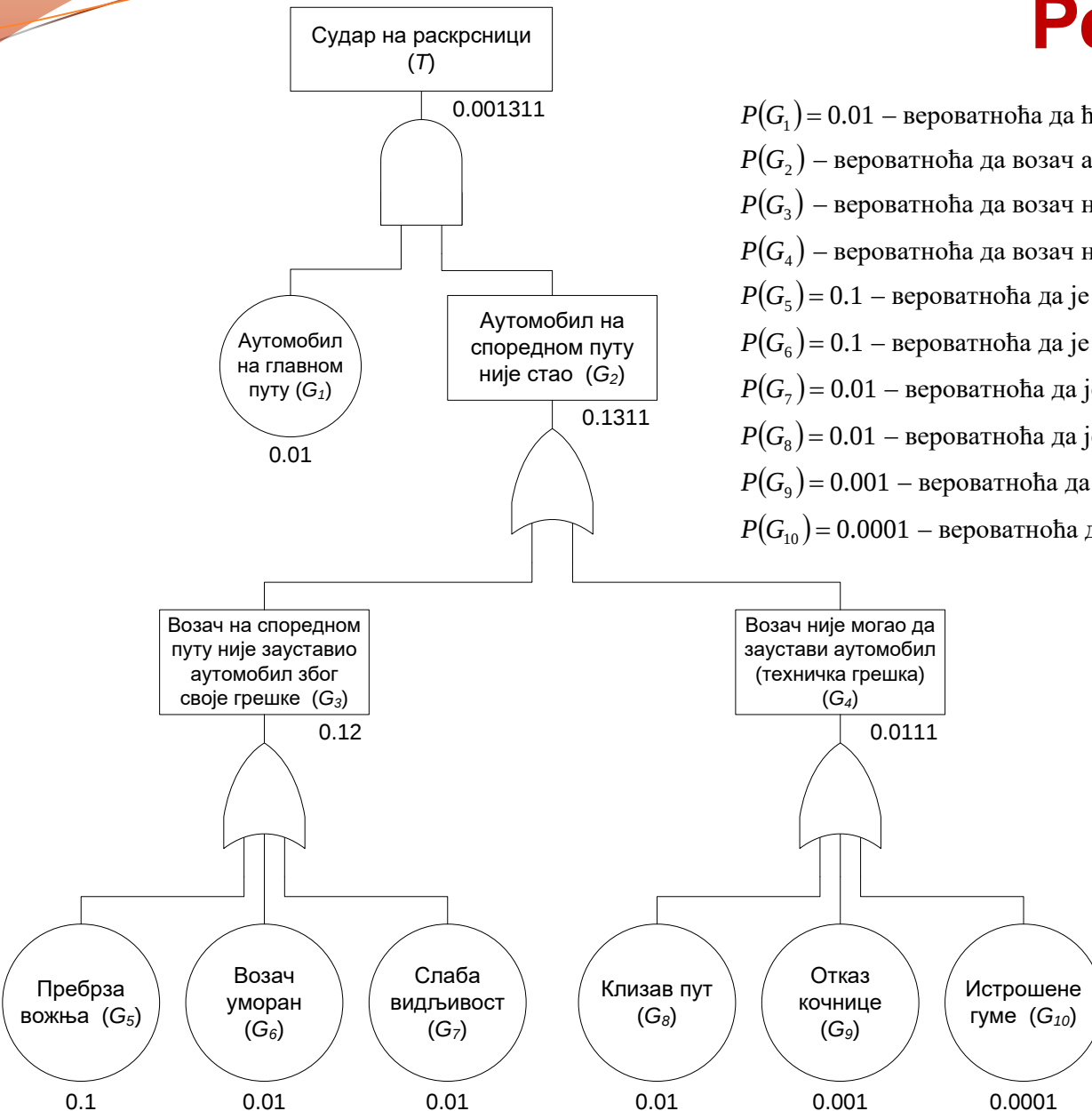
$P(G_7) = 0.01$ – вероватноћа да је била слаба видљивост;

$P(G_8) = 0.01$ – вероватноћа да је пут био клизав;

$P(G_9) = 0.001$ – вероватноћа да су отказале кочнице;

$P(G_{10}) = 0.0001$ – вероватноћа да су гуме истрошене (старе).

Решење:



- $P(G_1) = 0.01$ – вероватноћа да ће се на главном путу, на раскрсници, наћи возило;
 $P(G_2)$ – вероватноћа да возач аутомобила на споредном путу није зауставио возило;
 $P(G_3)$ – вероватноћа да возач није зауставио возило због своје грешке;
 $P(G_4)$ – вероватноћа да возач није могао да заустави возило (техничка грешка);
 $P(G_5) = 0.1$ – вероватноћа да је возач пребрзо возио;
 $P(G_6) = 0.1$ – вероватноћа да је возач био уморан;
 $P(G_7) = 0.01$ – вероватноћа да је била слаба видљивост;
 $P(G_8) = 0.01$ – вероватноћа да је пут био клизав;
 $P(G_9) = 0.001$ – вероватноћа да су отказале кочнице;
 $P(G_{10}) = 0.0001$ – вероватноћа да су гуме истрошене (старе).

Решење:

Вероватноћа судара је:

$$P(G_3) = 1 - (1 - P(G_5))(1 - P(G_6))(1 - P(G_7))$$

$$P(G_3) = 1 - (1 - 0.1)(1 - 0.01)(1 - 0.01) = 0.12$$

$$P(G_4) = 1 - (1 - P(G_8))(1 - P(G_9))(1 - P(G_{10}))$$

$$P(G_4) = 1 - (1 - 0.01)(1 - 0.001)(1 - 0.0001) = 0.011$$

$$P(G_2) = 1 - (1 - P(G_3))(1 - P(G_4))$$

$$P(G_2) = 1 - (1 - 0.12)(1 - 0.011) = 0.13$$

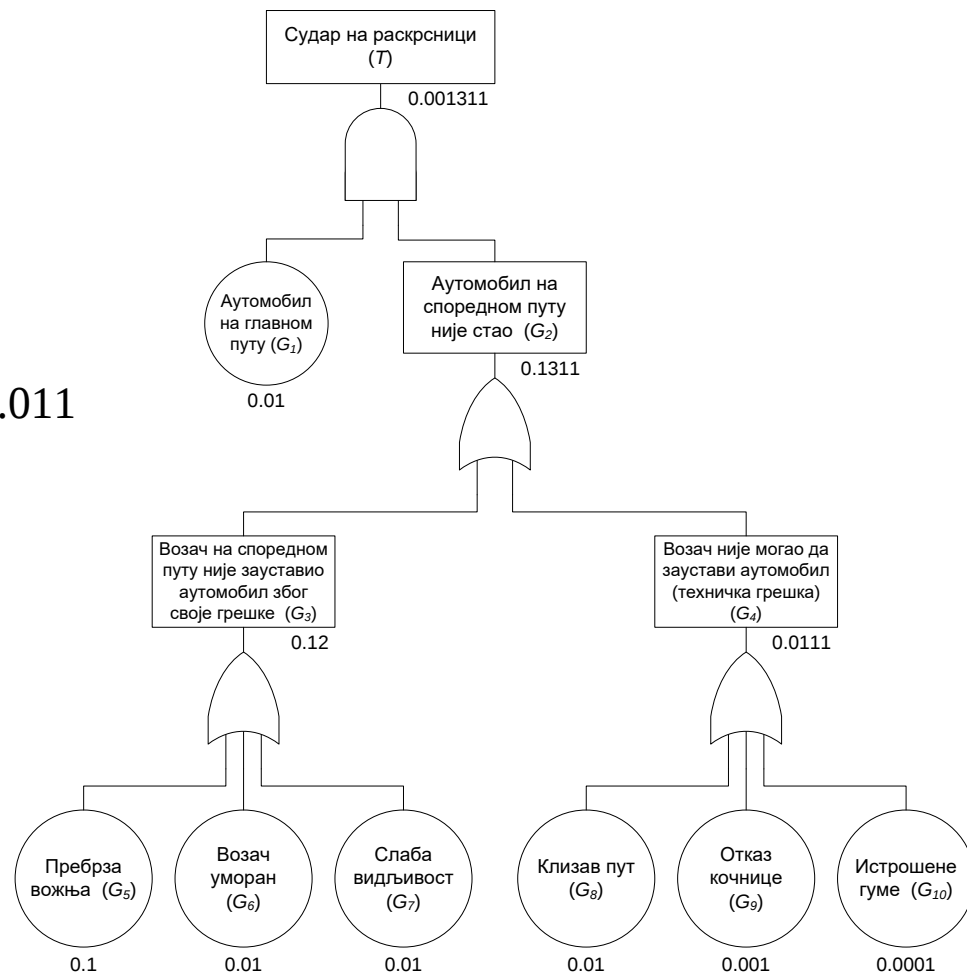
$$P(T) = P(G_1) \cdot P(G_2) = 0.01 \cdot 0.13 = 0.0013$$

НАПОМЕНА: За вероватноће $P_i \leq 0.1$ могу се користити и следећи изрази:

$$P(G_3) = P(G_5) + P(G_6) + P(G_7)$$

$$P(G_4) = P(G_8) + P(G_9) + P(G_{10})$$

$$P(G_2) = P(G_3) + P(G_4)$$



ПРИМЕР 2:

За систем чије је стабло отказа приказано на слици (наредни слајд):

1. нацртати блок дијаграм поузданости;
2. одредити вероватноћу реализације вршног догађаја на основу стабла отказа;
3. одредити минимални скуп пресека матричним поступком;
4. одредити минимални скуп стаза аналитичким поступком;
5. одредити допринос сваког минималног скупа стаза реализацији вршног догађаја;

Основни догађаји имају вероватноће отказа

$$Psijalica : Ps_1 = 0.01; Ps_2 = 0.05; Ps_3 = 0.1; P_B = P_{prekidaca} = 0.2;$$

$$P_D = P_{osiguraca} = 0.3; P_E = P_{napajanja} = 0.7;$$

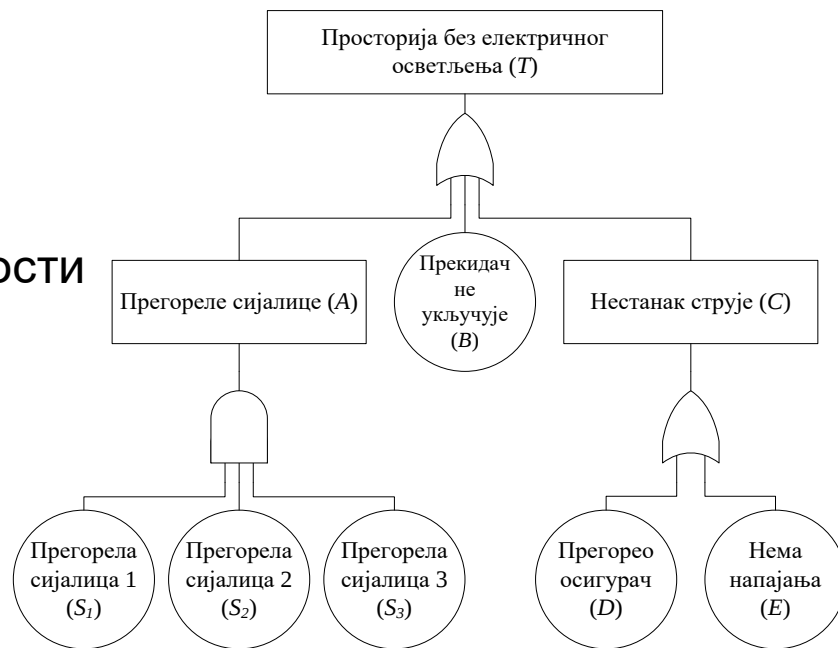
ПРИМЕР 2:



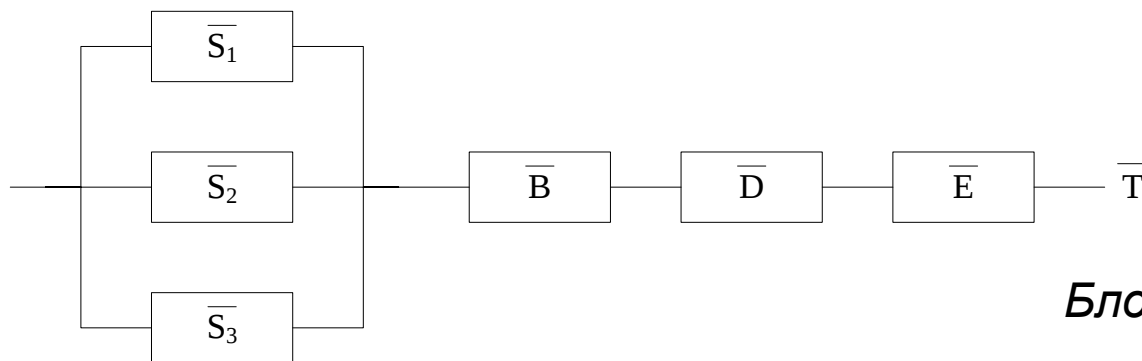
Решење:

1. Нацртати блок дијаграм поузданости

Да би смо нацртали блок дијаграм поузданости неопходно је да стабло отказа трансформишемо у стабло успеха. Ова трансформација се врши тако што се $/$ капије замене IL капијама, IL капије $/$ капијама, а догађаји супротним догађајима.



Стабло отказа



Блок дијаграм поузданости

Догађаји (њихове ознаке) у блок дијаграму поузданости треба та буду надвучени.

Решење:

2. Вероватноћа реализације вршног догађаја на основу стабла отказа

$$T = A + B + C$$

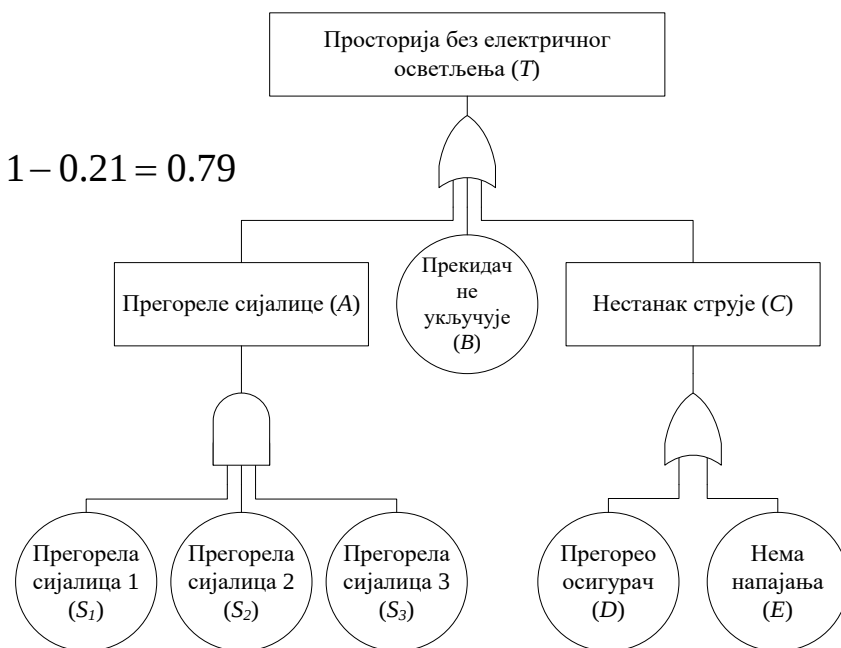
$$A = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

$$P_A = 0.01 \cdot 0.05 \cdot 0.1 = 0.00005$$

$$C = D + E$$

$$P_C = 1 - (1 - P_D)(1 - P_E) = 1 - (1 - 0.3)(1 - 0.7) = 1 - (0.7 \cdot 0.3) = 1 - 0.21 = 0.79$$

$$T = A + B + C$$



$$P_T = 1 - (1 - P_A)(1 - P_B)(1 - P_C) = 1 - (1 - 0.00005)(1 - 0.2)(1 - 0.79) = 1 - (0.99995 \cdot 0.8 \cdot 0.21) = 1 - 0.168 = 0.832$$

Решење:

3. Минимални скуп пресека матричним поступком

MSP

T		



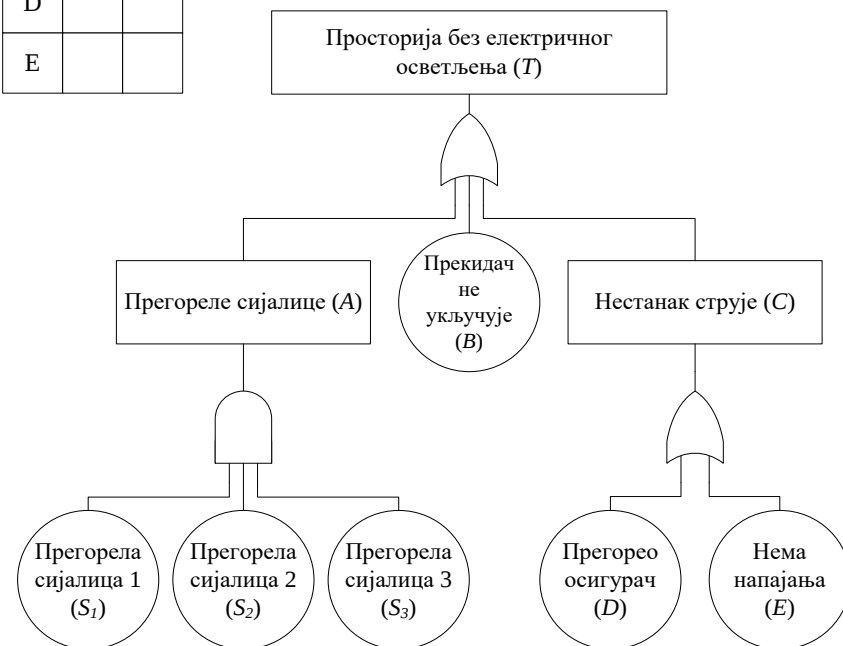
A		
B		
C		



S1	S2	S3
B		
C		



S1	S2	S3
B		
D		
E		



Решење:

4. Минимални скуп стаза аналитичким поступком

MSS:

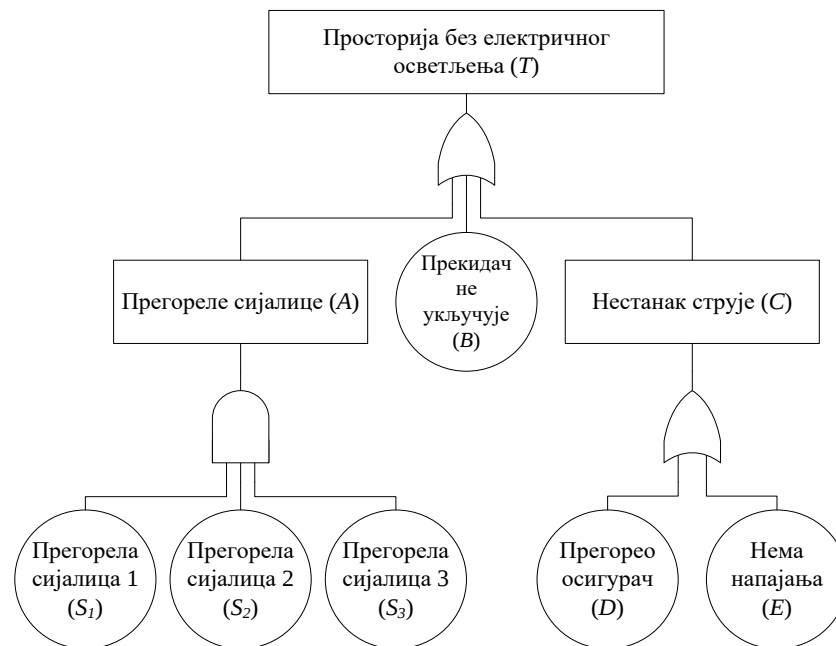
$$T = A \cdot B \cdot C$$

$$A = S_1 + S_2 + S_3$$

$$C = D \cdot E$$

$$T = (S_1 + S_2 + S_3) \cdot B \cdot D \cdot E$$

$$T = S_1 BDE + S_2 BDE + S_3 BDE$$



Догађаји (њихове ознаке), приликом формирања МСС, треба да буду надвучени.

Решење:

5. Допринос минималног скупа стаза реализацији вршног догађаја

Вероватноћа реализације вршног догађаја на основу минималног скупа стаза $T = S_1BDE + S_2BDE + S_3BDE$

$$P_T = P_{S1}P_BP_DP_E + P_{S2}P_BP_DP_E + P_{S3}P_BP_DP_E$$

$$P_T = 0.99 \cdot 0.8 \cdot 0.7 \cdot 0.3 + 0.95 \cdot 0.8 \cdot 0.7 \cdot 0.3 + 0.9 \cdot 0.8 \cdot 0.7 \cdot 0.3$$

$$P_T = 0.166 + 0.159 + 0.151 = 0.476$$

$$P_T = 0.48$$

Допринос минималног скупа стаза реализацији вршног догађаја

$$I_{S1} = \frac{S_1BDE}{P_T} = \frac{P_{S1}P_BP_DP_E}{P_T} = \frac{0.99 \cdot 0.8 \cdot 0.7 \cdot 0.3}{0.48} = \frac{0.17}{0.48} = 0.35$$

$$I_{S2} = \frac{S_2BDE}{P_T} = \frac{P_{S2}P_BP_DP_E}{P_T} = \frac{0.95 \cdot 0.8 \cdot 0.7 \cdot 0.3}{0.48} = \frac{0.16}{0.48} = 0.33$$

$$I_{S3} = \frac{S_3BDE}{P_T} = \frac{P_{S3}P_BP_DP_E}{P_T} = \frac{0.9 \cdot 0.8 \cdot 0.7 \cdot 0.3}{0.48} = \frac{0.15}{0.48} = 0.32$$

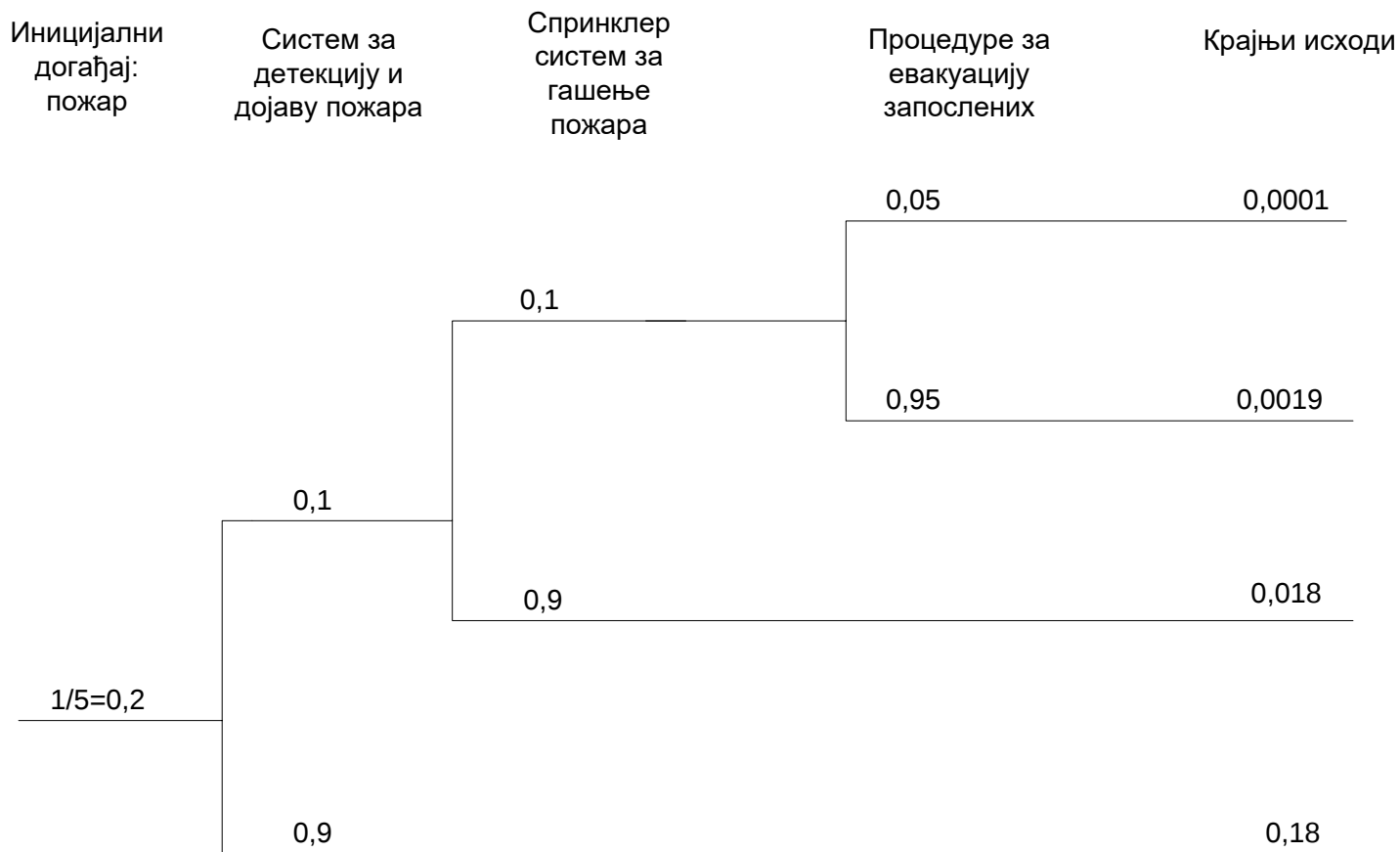
ПРИМЕР 3:

Систем заштите од пожара у једном производном погону чине: систем за детекцију и дојаву пожара, спринклер систем за гашење пожара и процедуре за евакуацију запослених у случају пожара. За дати погон познато је:

1. учесталост избијања пожара у погону једном у пет година;
2. вероватноћа рада без отказа система за детекцију и дојаву пожара 0,90;
3. вероватноћа рада без отказа спринклер система за гашење пожара 0,90;
4. вероватноћа правилног извршавања процедуре за евакуацију запослених у случају пожара 0,95;

Нацртати **комплетно стабло догађаја** за случај иницијалног догађаја „пожар“ и одредити вероватноће свих догађаја.

Решење:



$$P_I = 0,2 \cdot 0,9 = 0,18$$

$$P_{III} = 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,95 = 0,0019$$

$$P_{II} = 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,9 = 0,018$$

$$P_{IV} = 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,05 = 0,0001$$

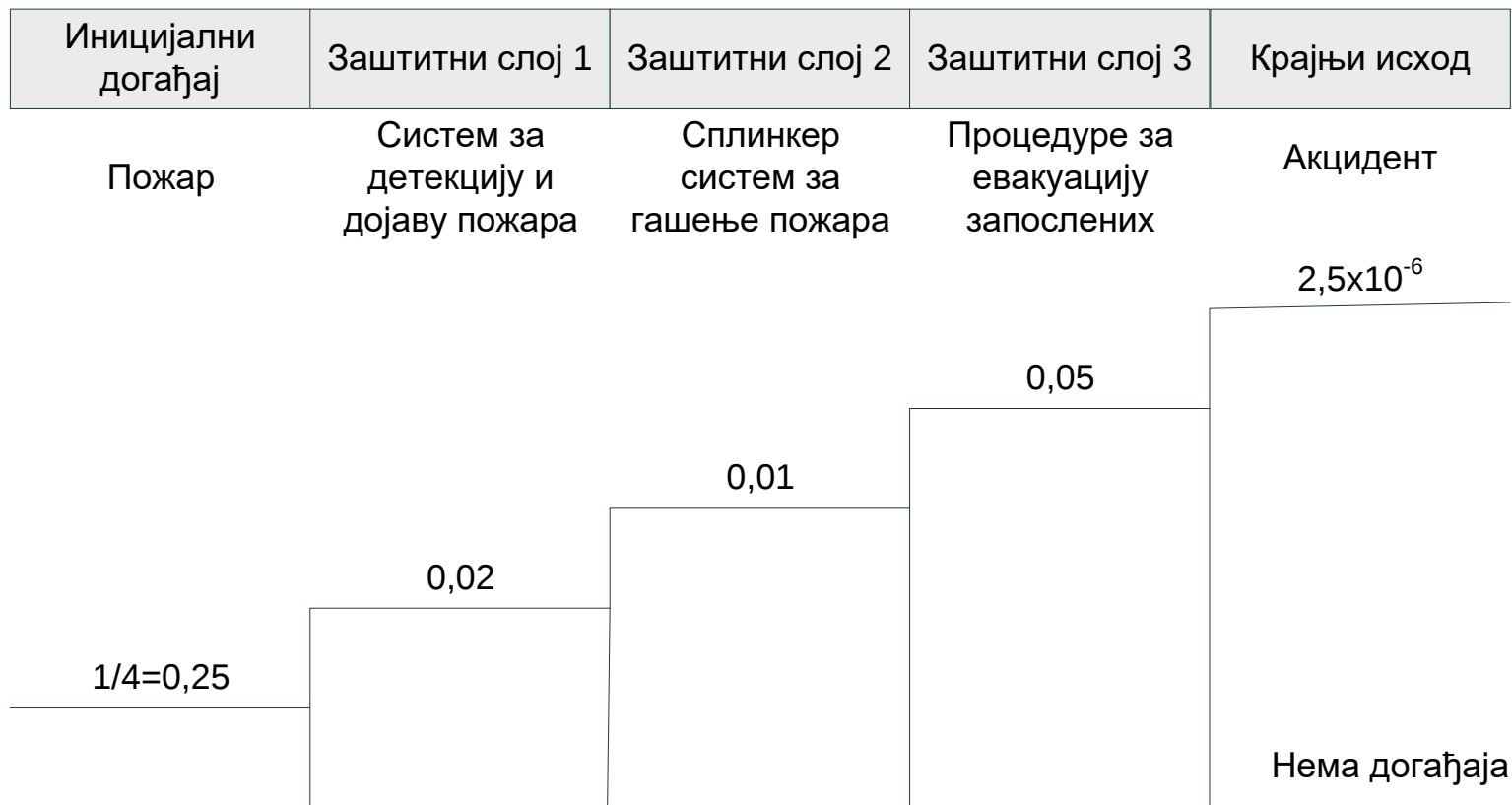
ПРИМЕР 4:

Систем заштите од пожара у једном производном погону чине: систем за детекцију и дојаву пожара, спринклер систем за гашење пожара и процедуре за евакуацију запослених у случају пожара. За дати погон познато је:

1. учесталост избијања пожара у погону једном у четири године;
2. вероватноћа отказа система за детекцију и дојаву пожара 0,02;
3. вероватноћа отказа спринклер система за гашење пожара 0,01;
4. вероватноћа неправилног извршавања процедуре за евакуацију запослених у случају пожара 0,05;

Одредити вероватноћу најгорег сценарија.

Решење:



Вероватноћа најгорег сценарија је:

$$0,25 \cdot 0,02 \cdot 0,01 \cdot 0,05 = 0,0000025 = 2,5 \cdot 10^{-6}$$

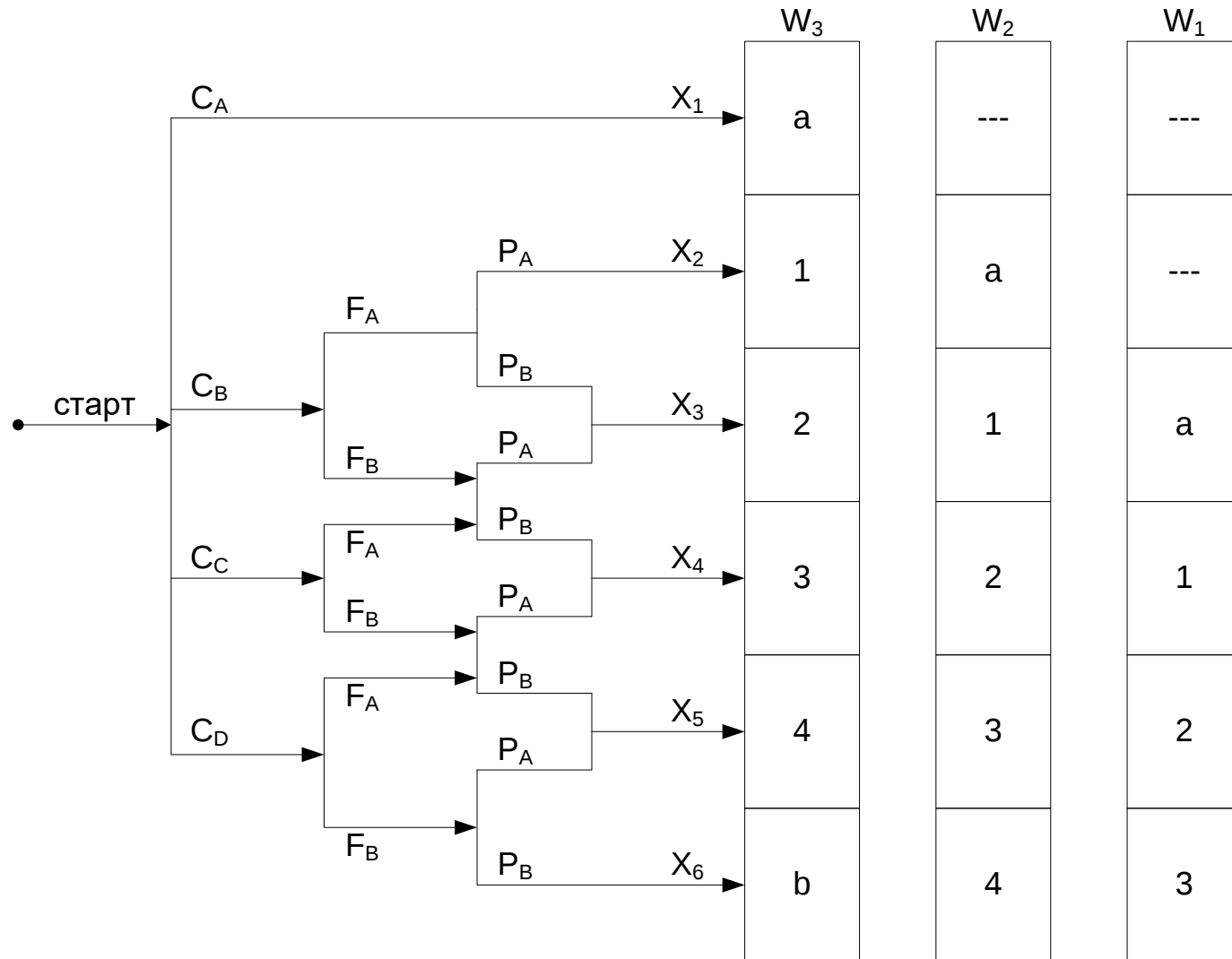
ПРИМЕР 5:

Тим за процену ризика користи **метод графика ризика** за избор *S/L*. За анализирани случај утврђено је следеће:

1. случај се дешава једном у 2 године;
2. запослени се ретко налазе у зони претпостављених ефеката;
3. последице су веће штете које могу бити брзо отклоњене без тежих накнадних ефеката по околину;
4. време од момента када руковалац прими упозорење о опасном стању процеса и појаве акцидента је 30 минута (довољно за предузимање свих неопходних акција).

Одредити ниво *S/L* и фактор редукције ризика (*RRF*) за облик рада по захтеву и модификовати ниво *S/L* добијен методом графика ризика, ако у систему постоји један независни заштитни слој који може да спречи развој иницијалног догађаја. Одредити *RRF*.

ПРИМЕР 5:



Учесталост догађаја: случај се дешава једном у 2 године

$$W=1/2=0.5.$$

Коначна вредност *SIL* налази се у колони

W_3

Категорија последица: последице су веће штете које могу бити брзо отклоњене без тежих накнадних ефеката по околину;

C_c

Категорија запоседнутости простора: запослени се ретко налазе у зони претпостављених ефеката

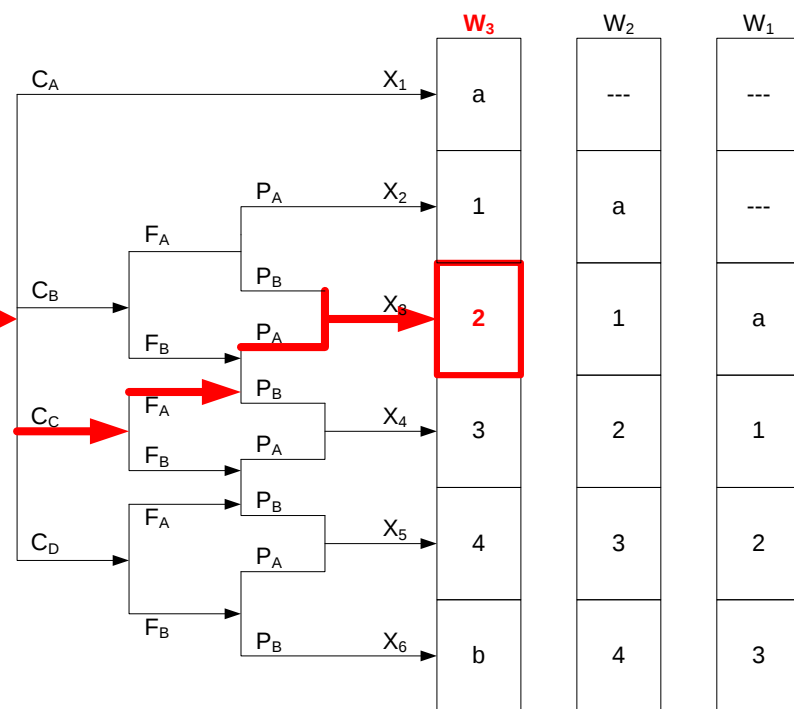
F_A

Вероватноћа избегавања опасности: време од момента када руковалац прими упозорење о опасном стању процеса и појаве акцидента је 30 минута (довољно за предузимање свих неопходних акција)

P_A

Решење је хоризонтала X_3 која у пресеку са колоном W_3 даје резултат ***SIL2***.

Решење:



Решење:

За израду задатка неопходни су и следећи подаци.

Нивои интегритета заштите за начин рада по захтеву

Нивои интегритета заштите - <i>SIL</i>	Опсег вероватноће отказа по захтеву - PFD_{avg}	Опсег фактора редукције ризика - <i>RRF</i>
4	$\geq 10^{-5}$ до $< 10^{-4}$	10000 – 100000
3	$\geq 10^{-4}$ до $< 10^{-3}$	1000 – 10000
2	$\geq 10^{-3}$ до $< 10^{-2}$	100 – 1000
1	$\geq 10^{-2}$ до $< 10^{-1}$	10 – 100

Нивои интегритета заштите за континуални начин рада

Нивои интегритета заштите - <i>SIL</i>	Опсег учесталости опасних отказа (1/h)	Опсег вредности средњег времена до отказа (год.)
4	$\geq 10^{-9}$ до $< 10^{-8}$	10000 – 100000
3	$\geq 10^{-8}$ до $< 10^{-7}$	1000 – 10000
2	$\geq 10^{-7}$ до $< 10^{-6}$	100 – 1000
1	$\geq 10^{-6}$ до $< 10^{-5}$	10 – 100

Решење:

- а) Одредити ниво *SIL* и фактор редукције ризика (*RRF*) **за облик рада по захтеву**

SIL2 је 10^{-2} до 10^{-3} , а *RRF* је 100 до 1000.

- б) модификовати ниво *SIL*, ако у систему постоји један независни заштитни слој

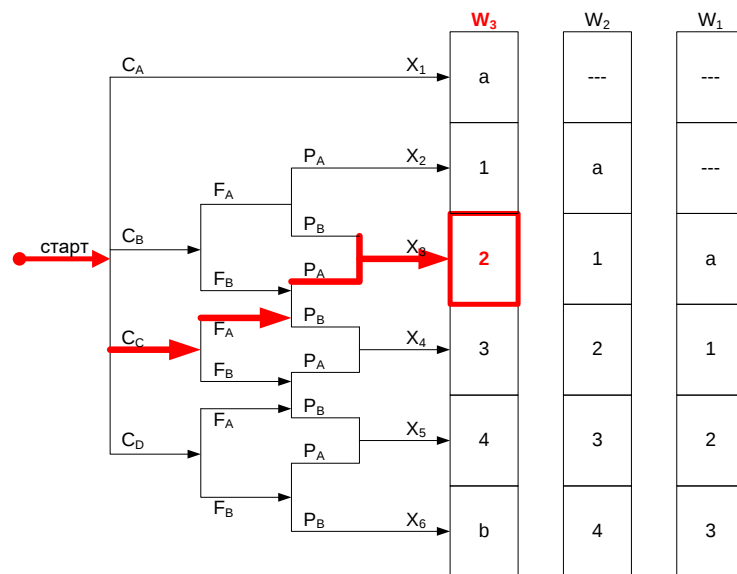
Број заштитних слојева се користи за поправак било категорије вероватноће, било самог *SIL*.

Категорија учесталости догађаја је W_3 .

Ако постоји један заштитни слој који може да спречи инцидент, категорија треба да се промени у W_2 .

W_3 доводи до селекције *SIL2*, постојање једног заштитног слоја условљава да се *SIL2* преведе у *SIL1* (10^{-1} до 10^{-2}).

RRF је 10 до 100.



Нивои интегритета заштите - <i>SIL</i>	Опсег вероватноће отказа по захтеву - <i>PFD_{avg}</i>	Опсег фактора редукције ризика - <i>RRF</i>
4	$\geq 10^{-5}$ до $< 10^{-4}$	10000 – 100000
3	$\geq 10^{-4}$ до $< 10^{-3}$	1000 – 10000
2	$\geq 10^{-3}$ до $< 10^{-2}$	100 – 1000
1	$\geq 10^{-2}$ до $< 10^{-1}$	10 – 100