



# Testiranje softvera

ETF BEOGRAD, 2019/2020.

VEŽBE #3, ASISTENT: DR DRAŽEN DRAŠKOVIĆ



# Metod uzročno-posledičnog grafa

*CAUSE-EFFECT GRAPH*

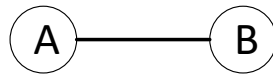
# Metod uzročno-posledičnog grafa

- ▶ Osnovni koraci u ovoj metodi:
  - ▶ Specifikacija programa se podeli u radne delove koji se nezavisno testiraju.
  - ▶ Određuju se uzroci i posledice u specifikaciji. Uzroci su u suštini klase ekvivalencije ulaznih uslova. Posledice su efekti na ponašanje programa koje ti ulazni uslovi imaju, tj. akcija programa koju oni izazivaju.
  - ▶ Na osnovu semantičke analize specifikacije kreira se uzročno-posledični graf.
  - ▶ Ovako kreiran graf se dopunjuje ograničenjima. To su one kombinacije između uzroka koje su nemoguće.
  - ▶ Graf se jednim metodološkim postupkom prevodi u tabelu odlučivanja.
  - ▶ Test primeri se generišu iz kolona tabele odlučivanja.

# Metod uzročno-posledičnog grafa

► Konstrukcija grafa:

IDENTIFIKACIJA



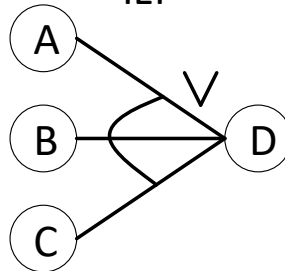
IF A THEN B

NEGACIJA



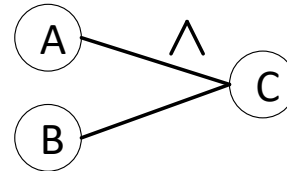
IF NOT(A) THEN B

ILI



IF (A or B or C)  
THEN D

I



IF (A and B)  
THEN C

# Ograničenja

- ▶ *Exclusive* (E, srp. ekskluzija) - najviše jedan od povezanih čvorova A i B može imati vrednost 1.  
**Nije dozvoljeno da više od jednog čvora ima vrednost 1.**
- ▶ *Inclusive* (I, srp. inkluzija) - bar jedan od povezanih čvorova A, B ili C mora imati vrednost 1.  
**Nije dozvoljena kombinacija da svi čvorovi imaju vrednost 0.**
- ▶ *One and only one* (O, srp. jedan i samo jedan) - jedan, i samo jedan, od povezanih čvorova A i B **mora imati vrednost 1.**
- ▶ *Requires* (R, srp. zavisnost) - da bi čvor A imao vrednost 1, i čvor B mora imati vrednost 1 ( $A \rightarrow B$ ).  
**Nije dozvoljena kombinacija  $A=1 \rightarrow B=0$ , ostale su dozvoljene.**
- ▶ Moguće ograničenje među posledicama:  
*Masks* (M, srp. maskiranje) - ako je završni čvor A na vrednosti 1, završni čvor B mora imati vrednost 0.  
**Ovo znači da ako maskiramo  $A \rightarrow B$ , B može imati vrednost 1, samo ukoliko A nema vrednost 1.**

# Zadatak 1 - Novčane transakcije

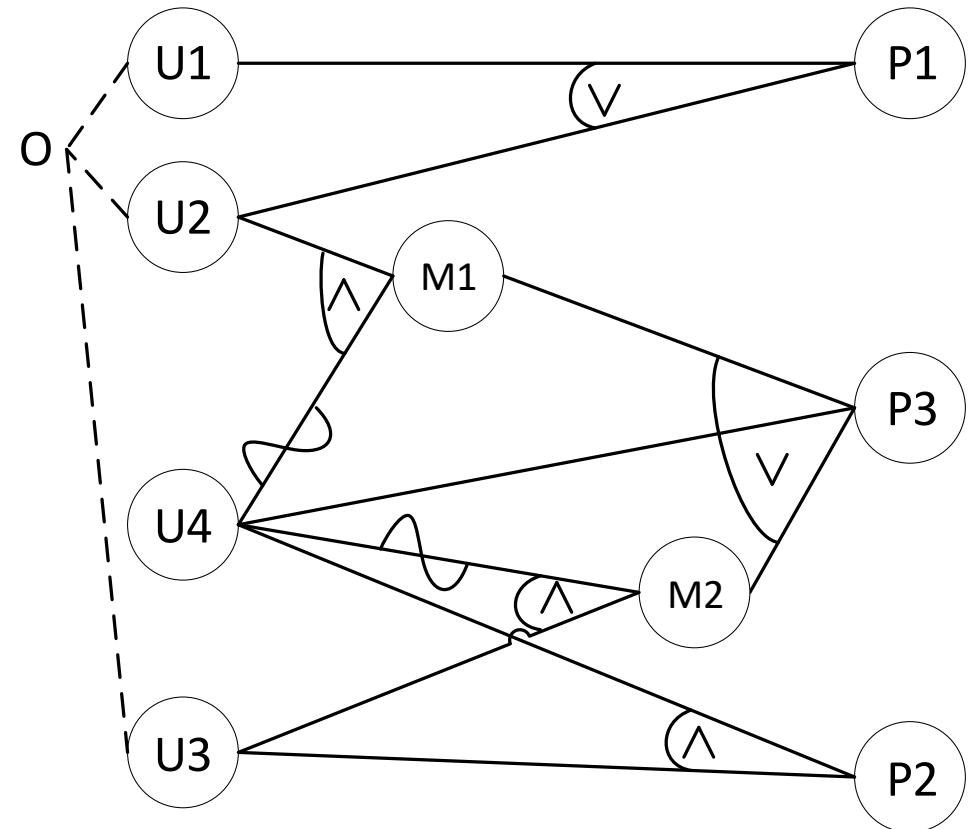
- ▶ Razmotrimo funkciju koja obrađuje podizanje novca. Ulazi funkcije su *količina novca* koja se podiže, *tip računa* i *trenutno stanje računa*, dok su izlazi *ново stanje računa* i *kod akcije*. Tip računa može biti poštanski (P) ili klasični (C). Kod akcije može biti:

Kod	Objašnjenje
D & L	obradi podizanje novca i pošalji pismo
D	samo obradi podizanje novca
S & L	blokiraj račun i pošalji pismo
L	samo pošalji pismo

- ▶ Specifikacija funkcije data je u nastavku:  
Ukoliko ima dovoljno novčanih sredstava na računu ili bi novo stanje bilo u granicama dozvoljenog minusa, podizanje novca se obrađuje. Ukoliko bi podizanje novca dovelo do prekoračenja dozvoljenog minusa, podizanje novca nije moguće, dodatno ukoliko je u pitanju poštanski račun, vrši se privremeno blokiranje istog. Pismo se šalje za sve obavljene transakcije u slučaju poštanskog računa, kao i za ne-poštanski račun ukoliko nema dovoljno novčanih sredstava (tj. račun više nije u plusu).

# Zadatak 1 - Novčane transakcije - rešenje (1)

- ▶ Uzroci:
  - ▶ U1) Količina novca koji se podiže je korektna (i novo stanje će biti u plusu).
  - ▶ U2) Količina novca koji se podiže je korektna (i novo stanje će biti u dozvoljenom minusu).
  - ▶ U3) Količina novca koji se podiže nije korektna, jer prevazilazi mogući dozvoljeni minus.
  - ▶ U4) Račun je poštanski
- ▶ Šta predstavljaju međučvorovi M1 i M2?
- ▶ Posledice:
  - ▶ P1) Obrada podizanja novca (D)
  - ▶ P2) Privremeno blokiranje računa (S)
  - ▶ P3) Slanje pisma (L)



# Zadatak 1 - Novčane transakcije - rešenje (2)

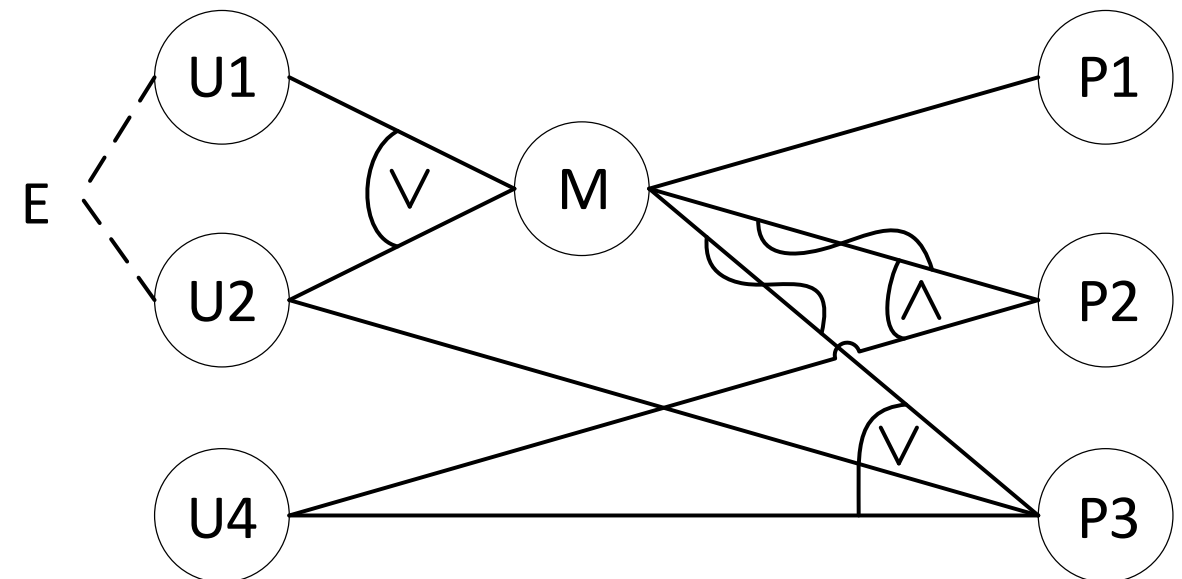
Zbog O (*one and only one*) između U1-U2-U3, broj test primera se sa  $2^4=16$  kombinacija, svodi na 6 kombinacija:

Test primeri:	1	2	3	4	5	6
U1: Količina novca korektna, novo stanje u plusu	F	F	F	F	T	T
U2: Količina novca korektna, novo stanje u dozvoljenom minusu	F	F	T	T	F	F
U3: Količina novca nije korektna, jer prevazilazi dozvoljeni minus	T	T	F	F	F	F
U4: Račun poštanski	F	T	F	T	F	T
P1: Obrada podizanja novca	F	F	T	T	T	T
P2: Privremeno blokiranje računa	F	T	F	F	F	F
P3: Slanje pisma	T	T	T	T	F	T



# Zadatak 1 - Novčane transakcije - rešenje (3)

- ▶ Ako bismo izbacili uzrok U3, i zatim uveli između uzročnih čvorova U1 i U2, ograničenje E (ekskluzija), mogli bismo dobiti ovakav manji graf, sa istim posledicama, pri čemu bismo U3 dobili kao negaciju međučvora M.
- ▶ Posledice ostaju iste kao u prethodnom, a imamo i manji broj međučvorova.



# Zadatak 1 - Novčane transakcije - rešenje (4)

Test primeri:	1	2	3	4	5	6	7	8
U1: Količina novca korektna, novo stanje u plusu	F	F	F	F	T	T	T	T
U2: Količina novca korektna, novo stanje u dozvoljenom minusu	F	F	T	T	F	F	T	T
U4: Račun poštanski	F	T	F	T	F	T	F	T
P1: Obrada podizanja novca	F	F	T	T	T	T	*	*
P2: Privremeno blokiranje računa	F	T	F	F	F	F	*	*
P3: Slanje pisma	T	T	T	T	F	T	*	*

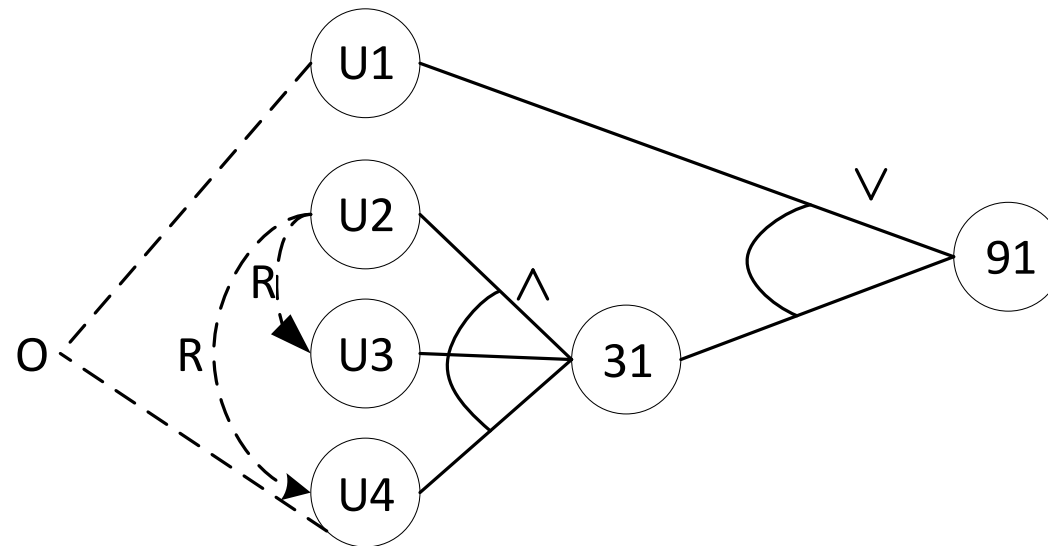
# Zadatak 1 - Novčane transakcije - rešenje (5)

- ▶ Testovi prikazani u nastavku se zahtevaju ukoliko se želi postizanje 100% pokrivenosti uzroka-posledica (kako su kombinacije 7 i 8 nemoguće usled ograničenja između U1 i U2 za njih nisu generisani test primeri).

Test primeri	UZROCI				POSLEDICE	
	Tip računa	Prekoračen limit	Tekuće stanje	Iznos zaduženja	Novo stanje	Kod akcije
TP-1	C	€ 100	-€ 70	€ 50	-€ 70	L
TP-2	P	€ 1 500	€ 420	€ 2 000	€ 420	S&L
TP-3	C	€ 250	€ 650	€ 800	-€ 150	D&L
TP-4	P	€ 750	-€ 500	€ 200	-€ 700	D&L
TP-5	C	€ 1 000	€ 2 100	€ 1 200	€ 900	D
TP-6	P	€ 500	€ 250	€ 150	€ 100	D&L

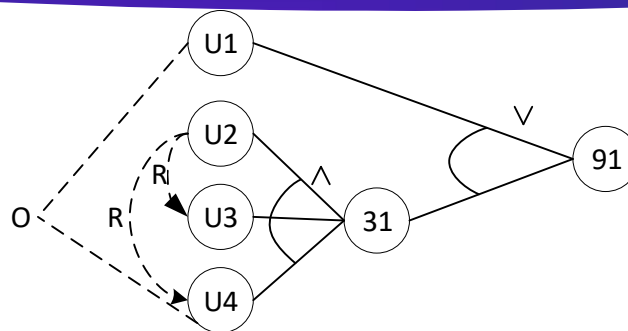
## Zadatak 2 - Tabela odlučivanja po Majersu

- ▶ Odrediti tabelu odlučivanja za dati uzročno-posledični graf sa 4 uzroka (U1, U2, U3, U4) i jednom posledicom (91). Koristiti Majersovu tehniku.



# Zadatak 2 - Rešenje (1)

Uzroci				Ograničenja
U1	U2	U3	U4	
0	0	0	0	U1 - O - U4
0	0	0	1	
0	0	1	0	U1 - O - U4
0	0	1	1	
0	1	0	0	U1 - O - U4
0	1	0	1	U2 - R → U3
0	1	1	0	U1 - O - U4
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	U1 - O - U4
1	0	1	0	
1	0	1	1	U1 - O - U4
1	1	0	0	U2 - R → U3, U2 - R → U4
1	1	0	1	U1 - O - U4
1	1	1	0	U2 - R → U4
1	1	1	1	U1 - O - U4



$$\frac{91}{\forall 1} \rightarrow \frac{1}{0} \quad \frac{31}{\forall 1} \rightarrow \frac{1 \ 2 \ 3 \ 4}{0 \ 1 \ 1 \ 1}$$

$$\frac{31}{\forall 1} \rightarrow \frac{2 \ 3 \ 4}{1 \ 1 \ 1}$$

$$1 \ \forall 0 \rightarrow \frac{1 \ 2 \ 3 \ 4}{1 \ 0 \ 0 \ 0}$$

$$\begin{array}{l} \text{---} 1 \ 0 \ 0 \ 1 \text{---} \\ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\ \text{---} 1 \ 0 \ 1 \ 1 \text{---} \end{array} \begin{array}{l} U1-O-U4 \\ \\ U1-O-U4 \end{array}$$

$$\frac{31}{\forall 0} \rightarrow \frac{2 \ 3 \ 4}{0 \ 0 \ 0}$$

$$\begin{array}{l} 0 \ 0 \ 1 \\ 0 \ 1 \ 0 \\ 0 \ 1 \ 1 \\ \text{---} 1 \ 0 \ 0 \text{---} \\ \text{---} 1 \ 0 \ 1 \text{---} \\ \text{---} 1 \ 1 \ 0 \text{---} \end{array} \begin{array}{l} \\ \\ \\ U2-R-U3 \\ U2-R-U3 \\ U2-R-U4 \end{array}$$

## Zadatak 2 - Rešenje (2)

Čvor uzrok / posledica	Test primeri		
	TP1	TP2	TP3
U1	0	1	1
U2	1	0	0
U3	1	0	1
U4	1	0	0
91	1	1	1

# Zadatak 3 - Premija osiguranja

## \* Tehnika senzitivizacije putanja \*

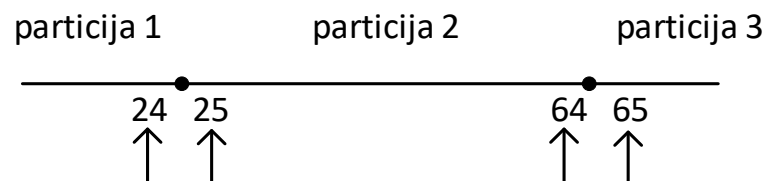
- ▶ Pravila izračunavanja premije osiguranja kola u nekoj osiguravajućoj kući su sledeća:
  - ▶ P-100 Za muškarce između 25 i 64 godine, premija je \$1000.
  - ▶ P-101 Za muškarce mlađe od 25 godina, premija je \$3000.
  - ▶ P-102 Za sve starosti 65 godina i više, premija je \$1500.
  - ▶ P-103 Za žene mlađe od 65 godina, premija je \$500.
- ▶ Primeniti metod uzročno-posledičnog grafa na gornji skup zahteva za softver koji računa premije osiguranja. Koristiti tehniku senzitivizacije putanja za određivanje tabele odlučivanja.

## Zadatak 3 - Premija osiguranja - rešenje (1)

- ▶ Identifikujemo sve uzroke i sve posledice:

Uzroci	Posledice
1. Pol je muški	100. Premija je \$ 1000
2. Pol je ženski	101. Premija je \$ 3000
3. Godine su < 25	102. Premija je \$ 1500
4. Godine su $\geq 25$ i < 65	103. Premija je \$ 500
5. Godine su $\geq 65$	

- ▶ Postoje ograničenja O (jedan i samo jedan) između uzroka 1 i 2, zato što osoba može biti tačno jednog pola. Takođe, isto ograničenje O postoji između uzroka 3, 4 i 5, zato što su godine jedne osobe isključive i postoje tačno tri opsega:



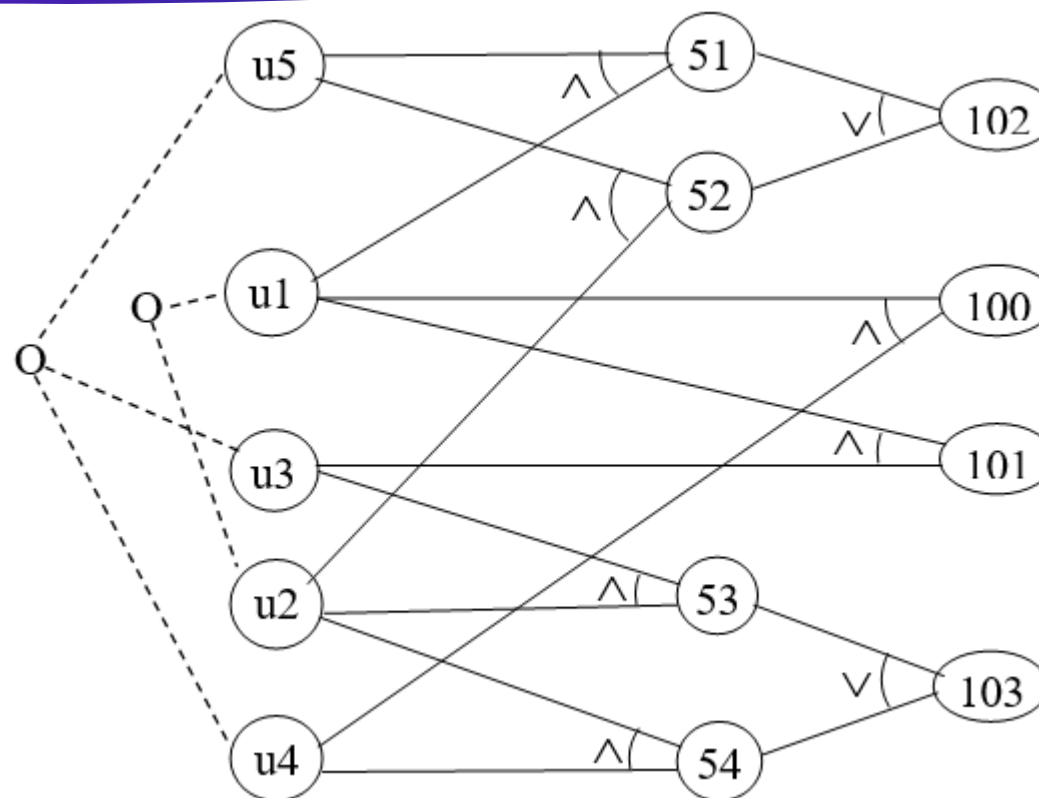


## Zadatak 3 - Premija osiguranja - rešenje (2)

Uzroci	Posledice
1. Pol je muški	100. Premija je \$ 1000
2. Pol je ženski	101. Premija je \$ 3000
3. Godine su < 25	102. Premija je \$ 1500
4. Godine su $\geq 25$ i < 65	103. Premija je \$ 500
5. Godine su $\geq 65$	

Da li je moglo bez nekog od ovih uzročnih čvorova?

- Pol muški (~ pol ženski), ako je ograničenje O
- Neki opseg godina da se dobije od preostala dva?



## Zadatak 3 - Premija osiguranja - rešenje (3)

- ▶  $CauseSet(100) = \{u1, u4\}$
- ▶ Senzitivizacija posledice 100 na uzrok u1:  
mora  $u4=1$ , daje kombinacije TP1 i TP2, za  $u1=0$  i  $u1=1$  respektivno.  
Zbog ograničenja među uzrocima, ostali uzroci imaju fiksne vrednosti.
- ▶ Senzitivizacija posledice 100 na uzrok u4: mora  $u1=1$ ,  
što daje kombinacije TP3 i TP2, za  $u4=0$  i  $u4=1$  respektivno.  
Uzrok u2 je fiksiran na  $\text{not}(1)$ , ali uzroci u3 i u5 nisu definisani u TP3.  
Kada se konstrukcija tabele završi, treba im dodeliti slučajne vrednosti.
- ▶ TP4 za maksimum nula za  $CauseSet(100)$ .  
Kombinacija za maksimum jedinica za  $CauseSet(100)$ ,  
dakle da uzrok u1 i uzrok u4 imaju vrednost 1, to je već TP2.

Čvor	TP1	TP2	TP3	TP4
u1	0	1	1	0
u2	1	0	0	1
u3	0	0	X	X
u4	1	1	0	0
u5	0	0	X	X
100	0	1	0	0
101	0	0	X	0
102	0	0	X	X
103	1	0	0	X

## Zadatak 3 - Premija osiguranja - rešenje (4)

- ▶  $CauseSet(101) = \{ u1, u3 \}$
- ▶ Senzitivizacija posledice 101 na uzrok u1 i uzrok u3 daje sledeće kombinacije (kolona sa TP8 je za maksimum nula u uzročnom skupu, a kolona sa TP6 za maksimum jedinica):

Čvor	TP5	TP6	TP7	TP8
u1	<b>0</b>	<b>1</b>	1	0
u2	1	0	0	1
u3	1	1	<b>0</b>	0
u4	0	0	X	X
u5	0	0	X	X
100	0	0	X	0
101	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	0
102	0	0	X	X
103	1	0	0	X

## Zadatak 3 - Premija osiguranja - rešenje (5)

- ▶  $CauseSet(102) = \{ u1, u2, u5 \}$
- ▶ Senzitivizacija posledice 102 na uzrok u1: uzrok u5=1, a međučvor 52=0, što znači da je u2=0. Za u1=0 dobija se kombinacija TP9.
- ▶ Senzitivizacija posledice 102 na uzrok u1 kada je u1=0 otpada, jer treba da je u2=0 što ne može istovremeno kada je u1=0 (usled ograničenja u1-O-u2). Iz istog razloga otpada senzitivizacija posledice 102 na uzrok u2, za u2=0.
- ▶ Senzitivizacija posledice 102 na uzrok u5: Imamo dve putanje od u5 ka posledici 102. Za senzitivizaciju treba da izaberemo jednu. Ako uzmemo onu preko međučvora 51, onda uzrok u1=1, a uzrok u2=0.
- ▶ Za u5=0 dobija se kombinacija TP12, a za u5=1, već imamo kombinaciju TP9.
- ▶ Kombinacija za maksimum nula u uzročnom skupu je TP12 (jer u1-O-u2), a kombinacija za maksimum jedinica u skupu poklapa se sa TP9 ili TP10.

Čvor	TP9	TP10	TP11	TP12
u1	1	0	1	1
u2	0	1	0	0
u3	0	0	0	X
u4	0	0	0	X
u5	1	1	1	0
100	0	0	0	X
101	0	0	0	X
102	1	1	1	0
103	0	0	0	0

## Zadatak 3 - Premija osiguranja - rešenje (6)

- ▶  $CauseSet(103) = \{ u2, u3, u4 \}$
- ▶ Kod senzitivizacije posledice 103 na uzrok u2 biramo jednu od putanja od uzroka u2 ka posledici 103, preko međuvora 53 ili međuvora 54. Neka je to gornja, preko međuvora 53.
- ▶ Senzitivizacija 103 na u2, u3 i u4 daje sledeće kombinacije:

Čvor	TP13	TP14	TP15	TP16	TP17
u1	0	1	0	0	1
u2	<b>1</b>	<b>0</b>	1	1	0
u3	1	1	<b>0</b>	0	0
u4	0	0	0	<b>1</b>	0
u5	0	0	1	0	1
100	0	0	0	0	0
101	0	1	0	0	0
102	0	0	1	0	1
103	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	0

# Zadatak 3 - Premija osiguranja - rešenje (7)

Čvor	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7	TP8	TP9	TP10	TP11	TP12	TP13	TP14	TP15	TP16	TP17
u1	<b>0</b>	<b>1</b>	1	0	<b>0</b>	<b>1</b>	1	0	<b>1</b>	0	1	1	0	1	0	0	1
u2	1	0	0	1	1	0	0	1	0	<b>1</b>	0	0	<b>1</b>	<b>0</b>	1	1	0
u3	0	0	X	X	1	1	<b>0</b>	0	0	0	0	X	1	1	<b>0</b>	0	0
u4	1	1	<b>0</b>	0	0	0	X	X	0	0	0	X	0	0	0	<b>1</b>	0
u5	0	0	X	X	0	0	X	X	1	1	<b>1</b>	0	0	0	1	0	1
100	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	0	0	0	X	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0
101	0	0	X	0	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	0	0	0	0	X	0	1	0	0	0
102	0	0	X	X	0	0	X	X	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	0	0	0	1	0	1
103	1	0	0	X	1	0	0	X	0	0	0	0	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	0

## Zadatak 3 - Premija osiguranja - konačno rešenje

Uzrok / Posledica	Test primeri					
	TP-1	TP-2	TP-3	TP-4	TP-5	TP-6
u1	0	1	0	0	1	<b>1</b>
u2	<b>1</b>	<b>0</b>	1	1	0	0
u3	1	1	<b>0</b>	0	0	0
u4	0	0	0	<b>1</b>	0	1
u5	0	0	1	0	1	0
100	0	0	0	0	0	<b>1</b>
101	0	1	0	0	0	0
102	0	0	1	0	1	0
103	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	0	0