



# VREDNOVANJE PROJEKATA U OBLASTI INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA

*Prof. Dr Ivan Mihajlović*

*Univerzitet u Beogradu - Mašinski fakultet u Beogradu*

*Kabinet:*

[Imihajlovic@mas.bg.ac.rs](mailto:Imihajlovic@mas.bg.ac.rs)



# Sadržaj predmeta

- Definicija projekta
- Životni ciklus projekta – stadijumi projekta
- Generisanje i selekcija projektne ideje – neekonomksa analiza
- Iniciranje projekta – Business Case (Poslovni slučaj)
- **Planiranje projekta – Studija izvodljivosti – uključujući vrednovanje i evaluaciju projekata zasnovanu na finansijskim parametrima**
- Planiranje projekata - Planiranje organizacione strukture
- Planiranje projekta – Primena MS Project softvera



## PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Izvodljivost vremenskih planova:** U delu studije izvodljivosti koja se bavi vremenskim planovima uglavnom se analiziraju vremenski rokovi/rokovi predviđeni za predloženi projekat, koji uključuju analizu optimističkog i pesimističkog vremena, koji će timovima trebati da završe planirani projekat, imajući u vidu njihova trenutna opterećenja. Navedena analiza ima veliki uticaj na organizaciju jer projekat može propasti ukoliko se ne može završiti na vreme, što višestruko negativno utiče na krajni uspeh poslovanja kompanije/preduzeća.



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

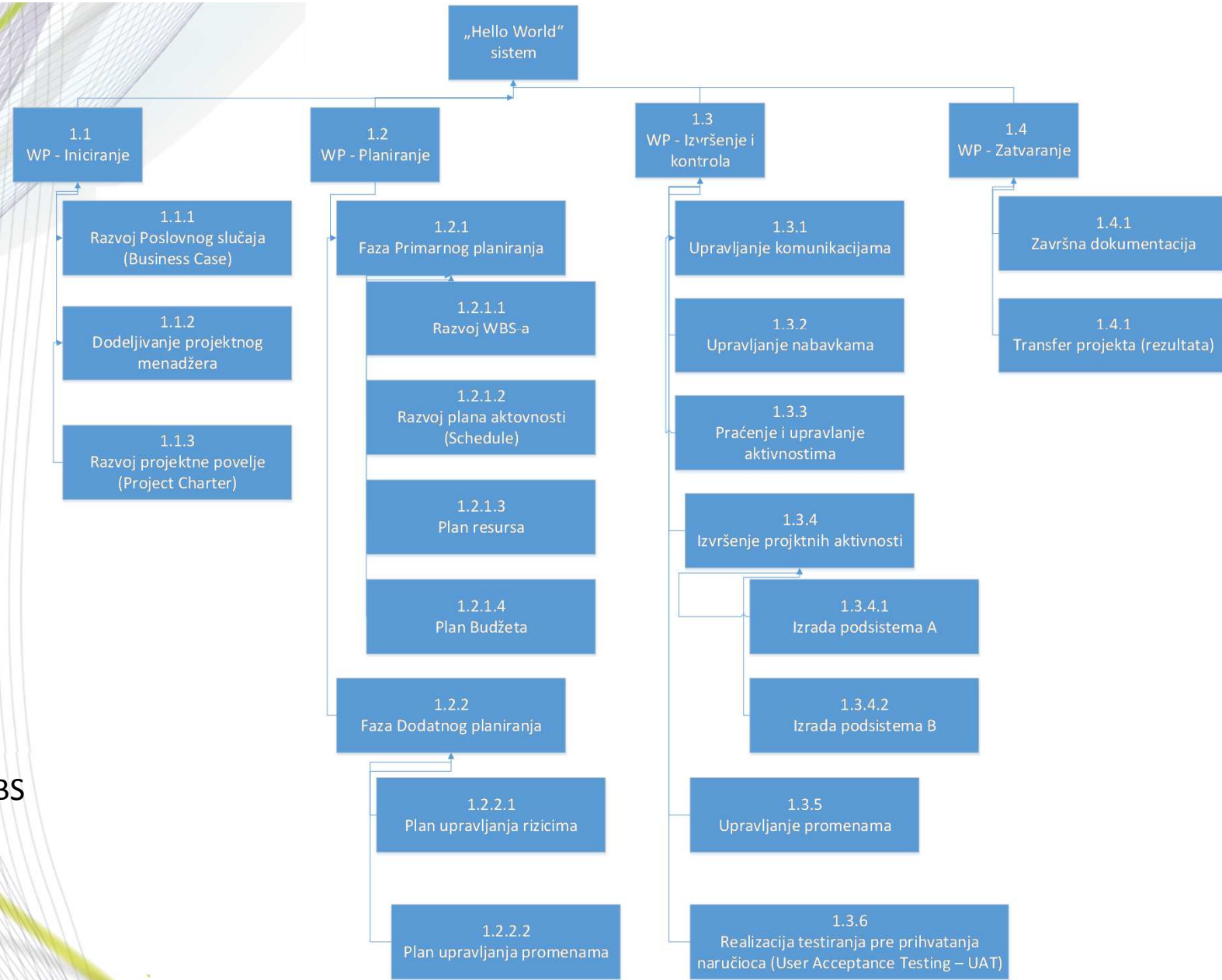
- Upravljanje vremenom na projektu uključuje procese potrebne da bi se projekat pravovremeno završio. Faze u okviru procesa upravljanja vremenom na projektu uključuju:
  - **Definisanje aktivnosti** – proces određivanja akcija koje treba sprovesti kako bi se realizovali ishodi projekta
  - **Slaganje/raspoređivanje aktivnosti** – proces određivanja i dokumentovanja odnosa između projektnih aktivnosti
  - **Procena resursa za aktivnosti** – proces procene vrste i količine materijala, izbor ljudi, opreme ili određivanje novca potrebnog za svaku aktivnost
  - **Procena trajanja aktivnosti** – proces određivanja broja radnih sati potrebnih za izvršenje svake aktivnosti uz pomoć planirani resursa
  - **Razvoj termin plana** – proces analize redosleda, trajanja, potrebnih resursa i vremenskih ograničenja kako bi se razvio termin plan projekta
  - **Kontrola termin plana** – proces nadgledanja statusa projekta u cilju ažuriranja napretka projekta i upravljanja promenama osnove termin plana.





## PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Definisanje aktivnosti** je proces određivanja detaljnih akcija koje treba sprovesti kako bi se realizovali ciljevi projekta. Proces dekompozicije rada na projektu – na međusobno povezane aktivnosti naziva se proces WBS (Work Breakdown Structure).
- U okviru dekompozicije ukupnog rada na projektu, najčešće se ukupan projekt deli na međusobno povezane radne pakete (WP) a potom se vrši dalja dekompozicija radnih paketa do nivoa pojedinačnih aktivnosti.

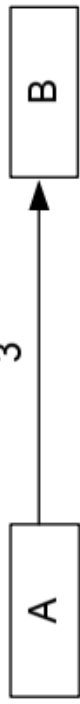
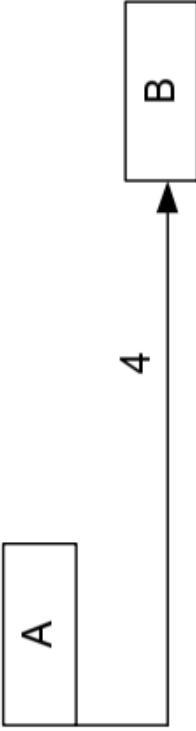
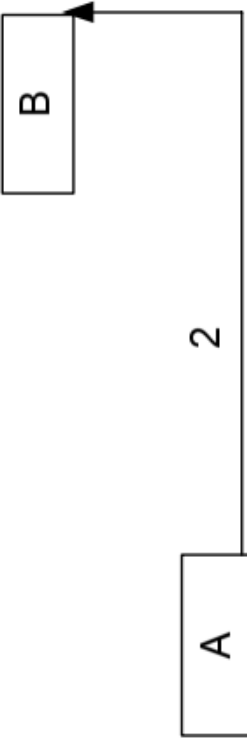



Primer WBS



## PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Slaganje/raspoređivanje aktivnosti** predstavlja proces određivanja odnosa između pojedinih aktivnosti. Aktivnosti se slažu koristeći logičke odnose. Svaka aktivnost, osim prve i poslednje, povezana je sa najmanje jednom prethodnom i jednom narednom aktivnošću. Ponekad je neophodno da postoji rani start i/ili kašnjenje aktivnosti kako bi se omogućilo kreiranje realnog termin plana projekta. Raspoređivanje aktivnosti može da se uradi primenom adekvatnih softverskih alata (MS Project i slično) ili ručno.
- Alati koji se mogu koristiti kod raspoređivanja aktivnosti su CPM (Critical Path Method), PDM (Precedence Dependency Method).

Tip veze	Grafčki prikaz	Objašnjenje
Kraj na početak (finish to start)		Aktivnost B ne može početi dok ne prođe 3 v.j. od završetka aktivnosti A
Početak na početak (start to start)		Aktivnost B može početi tek nakon 4 v.j. od početka aktivnosti A
Kraj na kraj (Finish to finish)		Aktivnost B se ne može završiti dok ne prođu dve v.j. od kraja aktivnosti A
Početak na kraj (start to finish)		Aktivnost B se ne može završiti dok ne prođe jedna v.j. od početka aktivnosti A





## PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Procena resursa za aktivnosti** predstavlja proces procene vrste i količine materijala, ljudi, opreme ili novca potrebnog za svaku aktivnost. Proces proračuna resursa aktivnosti se koordinira sa procesom procene troškova – odnosno sa budžetom projekta.
- Kod ovog dela pripreme projekta, iskustvo i znanje članova projektnog tima često nije dovoljno već je neophodno angažovanje procene od strane stručnjaka koji se angažuju kao eksterni konsultanti.



## PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Procena trajanja aktivnosti** je proces određivanja broja radnih sati potrebnih za izvršenje svake aktivnosti uz pomoć planiranih resursa. Proračun trajanja aktivnosti koristi informacije iz definisanih aktivnosti u okviru radnih paketa (iz WBS-a), potrebnih vrsta resursa, raspoloživosti resursa.
- Pošto je procena trajanja aktivnosti najčešće skopčana sa velikom neizvesnošću, u cilju analize većeg broja scenarija – može se koristiti metoda PERT (Program Evaluation and Review Technique).

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Razvoj termin plana** je proces analize redosleda, trajanja, potrebnih resursa i vremenskih ograničenja aktivnosti u cilju ostvarenja definisanih ciljeva projekta. Razvoj prihvatljivog termin plana projekta je obično iterativni proces. On definiše planirani datum za početak i kraj projektnih aktivnosti, kao i ključne događaje. Tokom realizacije projekta može doći i do naknadnog usaglašavanja i revizije definisanih termin planova, shodno promeni raspoloživosti resursa i/ili eventualnim kašnjenjima u realizaciji pojedinih aktivnosti projekta.
- Jeda od alata koji se može koristiti u razvoju termin planova je metod kritičnog puta, u kombinaciji sa metodama mrežnog planiranja.
- **Kontrola termin plana** je proces praćenja i nadgledanja statusa projekta u cilju ažuriranja napretka projekta i upravljanja promenama osnovnog – polaznog termin plana.

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Navedeni alati koji se koriste kod izrade i razvoja termi planova, uključujući CPM, PDM i PERT svi spadaju u grupaciju alata takozvanog **mrežnog planiranja**.
- Tehnika primene mrežnog planiranja se sastoji iz zasebnih faza analize:
  - analiza strukture
  - analiza vremena
  - analiza troškova i
  - raspodela resursa
- Analiza strukture se uvok izvodi, dok se ostale faze rade prema potrebi.
- Analiza vremena se ne može izvršiti dok se ne izvrši analiza strukture a analiza troškova i resursa povezana je sa analizom vremena.



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Analiza strukture**, tj., određivanje tehnološke i logičke međuzavisnosti aktivnosti u mrežnom planiranju predstavlja početnu i osnovnu fazu rada.
- U realizaciji ove faze mrežnog planiranja moraju učestvovati odgovarajući menadžeri i tehnolozi posmatranog projekta.
- Ovo nije rutinski posao, mada na prvi pogled izgleda jednostavno, treba mu posvetiti veliku pažnju jer greške napravljene ovoj fazi projekta mogu uticati na rezultate rada u svim ostalim fazama primene mrežnog planiranja u projektu.

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

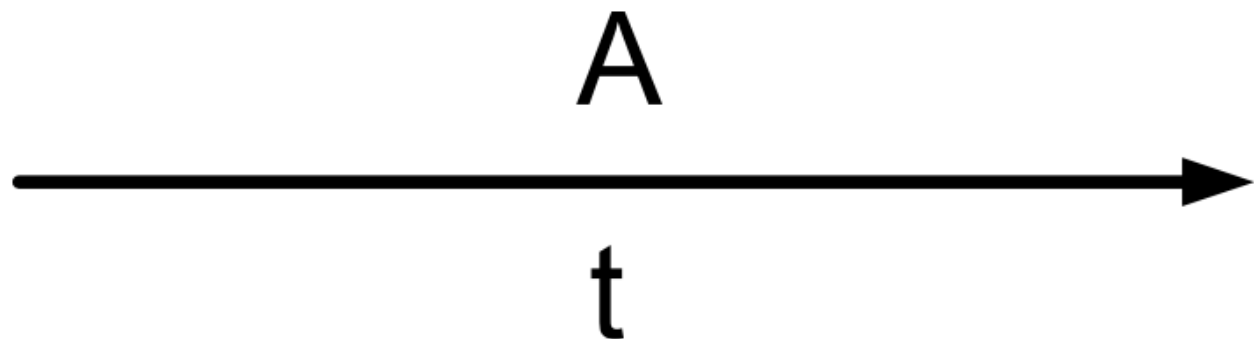
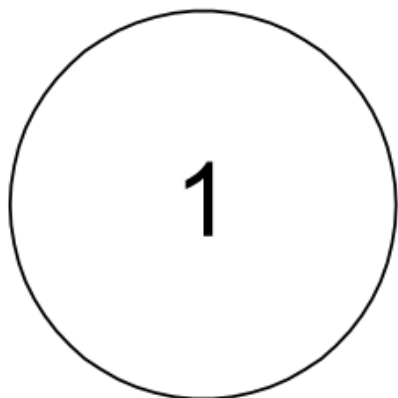
- **Primer 7.1.** Za aktivnosti, date u tabeli 7.1. nacrtati mrežni dijagram. Simbol (zvezdica) na preseku reda i kolone, u matrici međuzavisnosti aktivnosti, znači da aktivnost iz reda prethodi aktivnosti iz kolone, odnosno da aktivnost navedena u koloni sledi aktivnost navedenu u redu.
- *Tabela 7.1. Matrica međuzavisnosti aktivnosti*

Razmatrana aktivnost \ Prethodna aktivnost	A	B	C	D	E
A				*	*
B				*	
C					*
D					
E					

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- *Rešenje:*

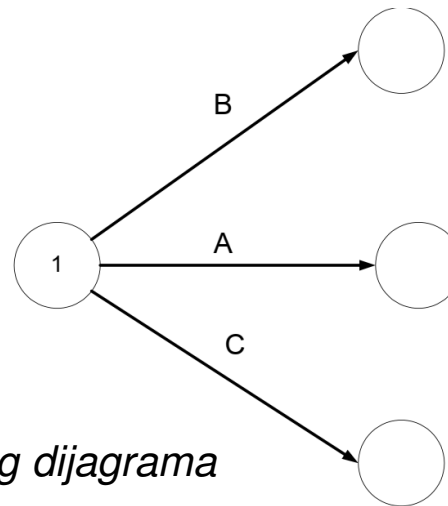
Događaji na mrežnom dijagramu su označeni krugom u kome je upisan broj događaja, dok su aktivnosti označene strelicom. Iznad strelice su naznačene oznaka aktivnosti a ispod strelice dužina trajanja aktivnosti, kao što je dato na slici 7.1.



*Slika 7.1. Oznake događaja i aktivnosti*

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Za numerisanje događaja biće upotrebljeno uzastopno numerisanje događaja po metodi Fulkersona, koje će biti objašnjeno na datom primeru.
- Prethodno je potrebno konstruisati mrežni dijagram datog primera.
- Očigledno je da aktivnosti A,B i C nemaju prethodne aktivnosti, te se mogu posmatrati kao početne aktivnosti koje izlaze iz prvog numerisanog događaja (događaja 1), Slika 7.2.

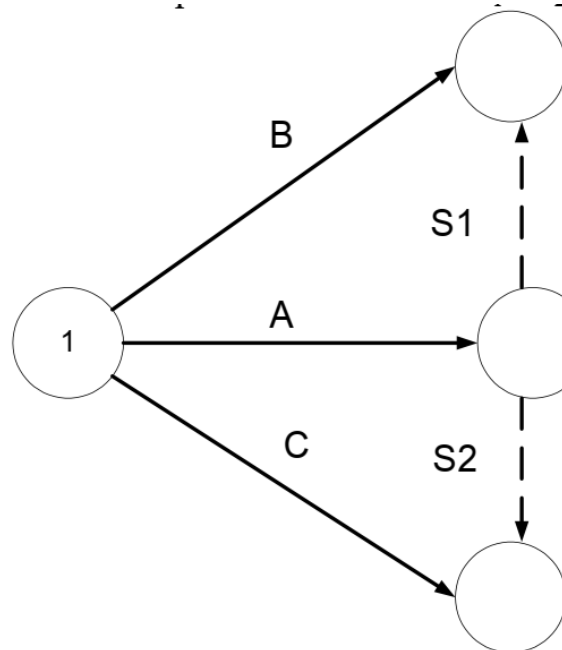


*Slika 7.2. Prvi korak konstrukcije mrežnog dijagrama*



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

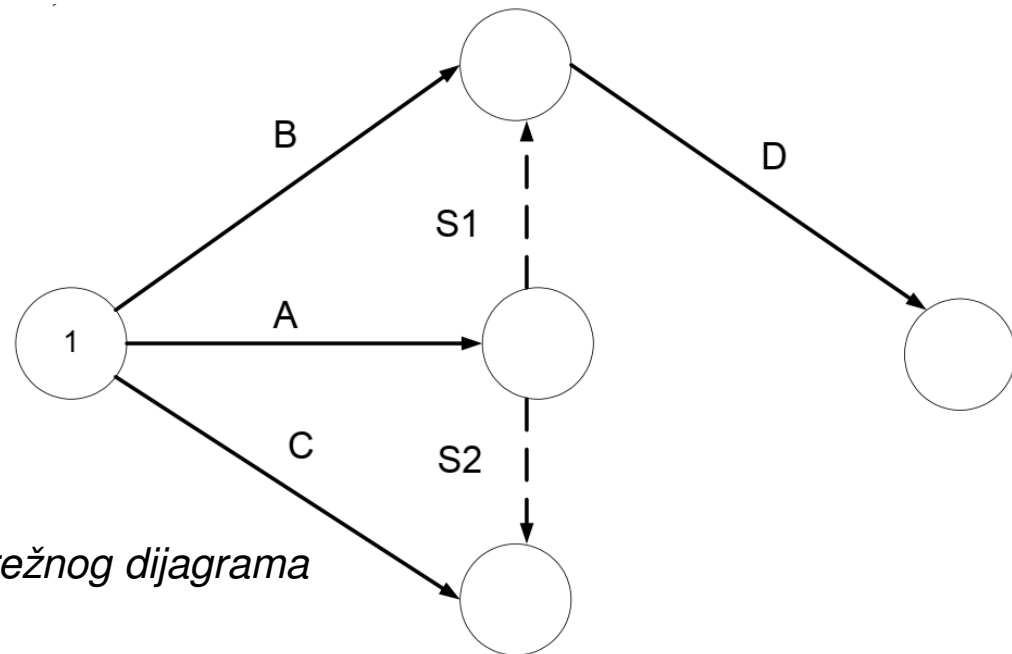
- Obzirom da aktivnost A prethodi dvema aktivnostima D i E, potrebno je uvesti dve prividne aktivnosti S1 i S2, slika 7.3.



*Slika 7.3. Drugi korak konstrukcije mrežnog dijagrama*

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

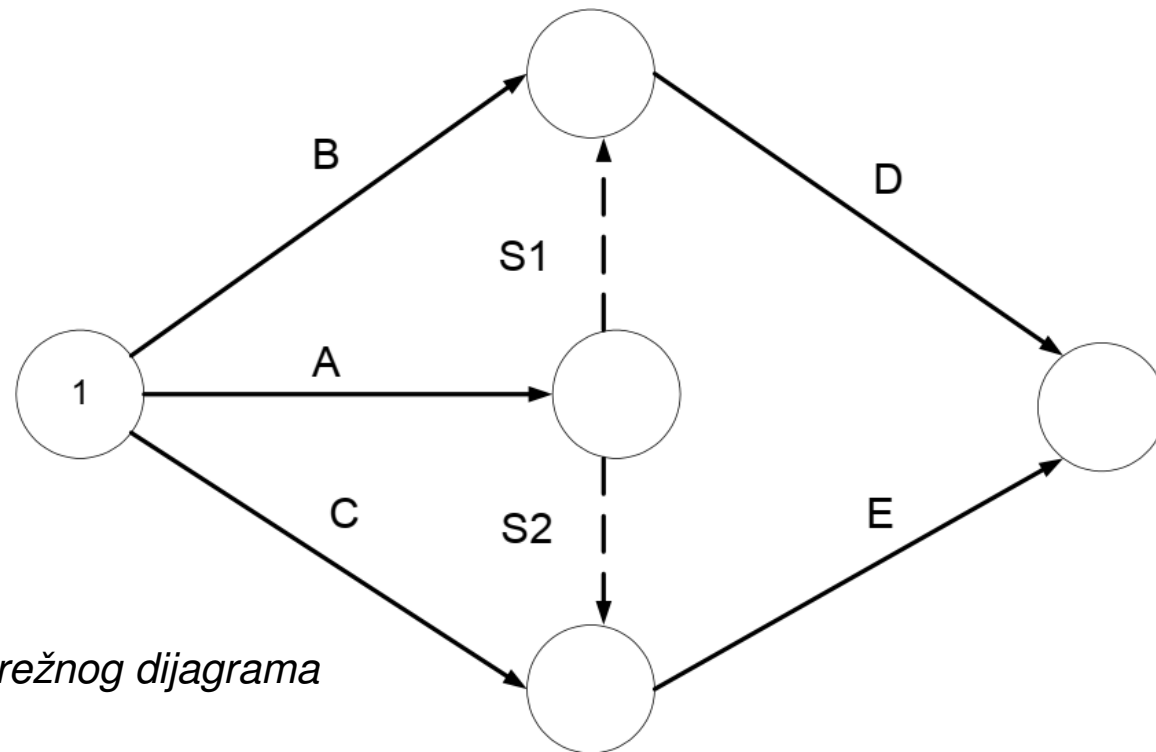
- Obzirom da aktivnosti D prethode aktivnosti A i B, onda se ova aktivnost uvodi iza događaja gde se završavaju događaj B i događaj A (posredstvom S1), slika 7.4



*Slika 7.4. Treći korak konstrukcije mrežnog dijagrama*

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

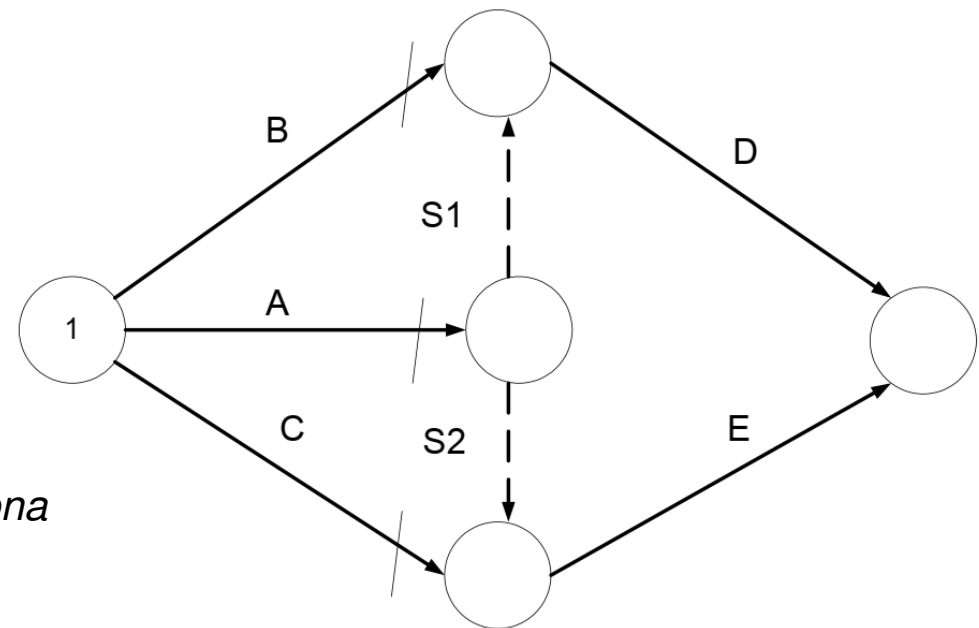
- Potom, aktivnost E, kojoj prethodi aktivnost C i A, se ucrtava iz događaja kojim se završavaju aktivnosti C i A (preko S2), Slika 7.5.



Slika 7.5. Četvrti korak konstrukcije mrežnog dijagrama

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Sada je potrebno izvršiti numerisanje događaja, primenom pravila Fulkersona: Iz skupa celih pozitivnih brojeva  $[1, n]$ , u prvom koraku najmanji se dodeljuje početnom događaju projekta (što je već dodeljeno događaju 1).
- U drugom koraku se obeležavaju sve aktivnosti koje izlaze iz numerisanog događaja (prekriženom crticom u blizini strelice), slika 7.6

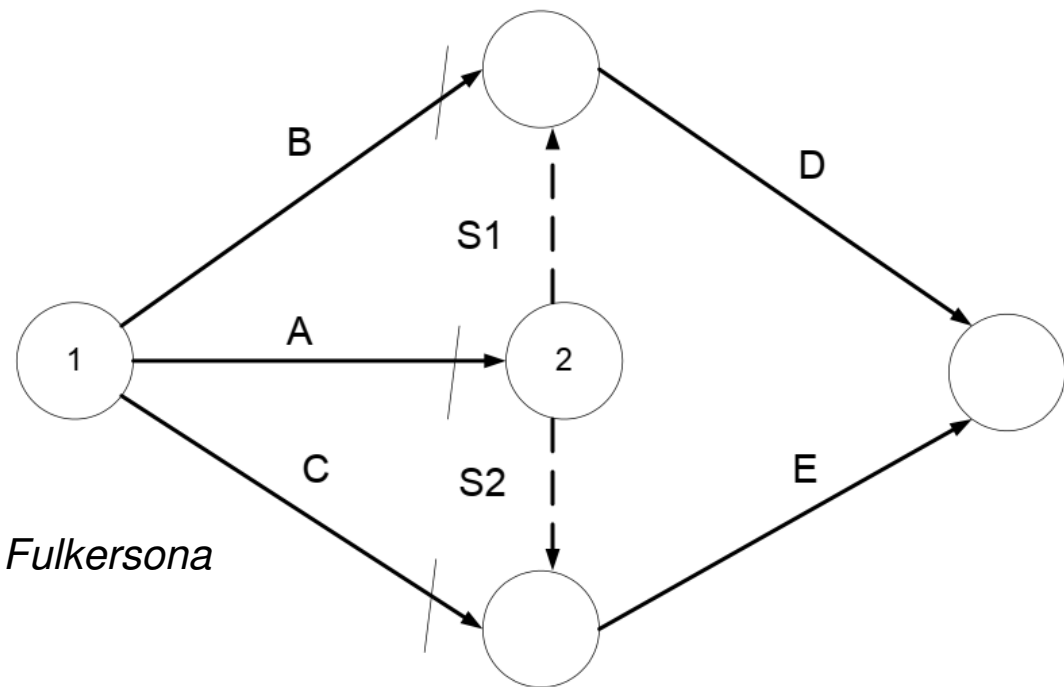


*Slika 7.6. Drugi korak primene pravila Fulkersona*



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

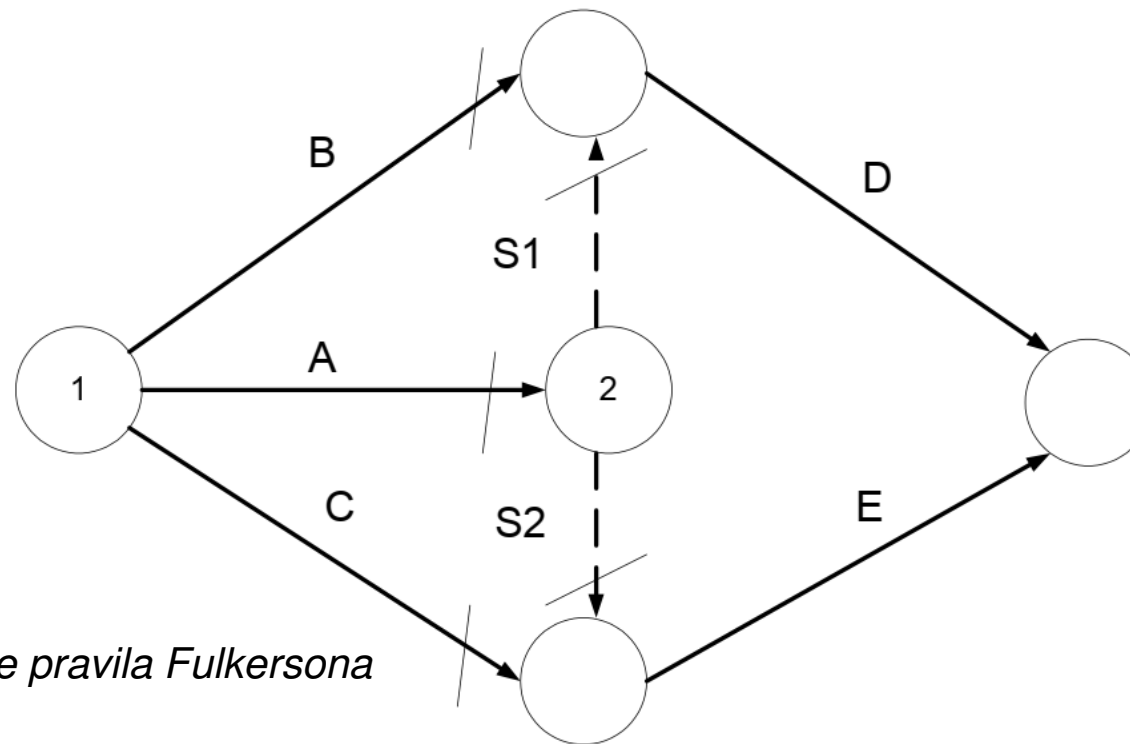
- U trećem koraku se mogu numerisati završni događaji prekrivenih aktivnosti A,B i C.
- Završni događaji aktivnosti B i C imaju manje pravo na numeraciju od završnog događaja aktivnosti A, jer u njih ulaze i neprekrivene (pomoćne) aktivnosti S1 i S2, slika 7.7.



*Slika 7.7. Treći korak primene pravila Fulkersona*

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

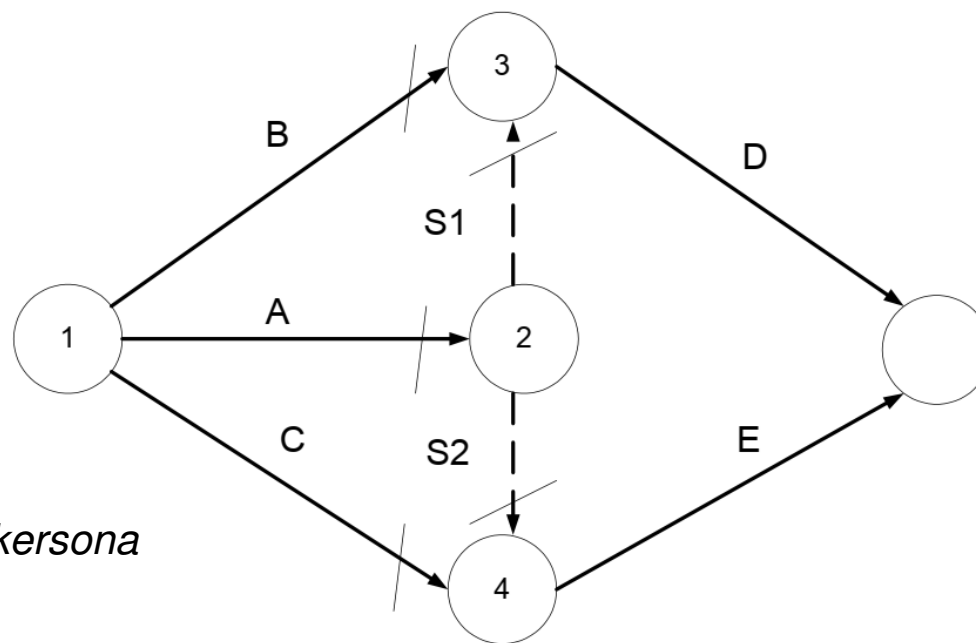
- U narednom koraku mogu se prekrižiti aktivnosti S1 i S2, jer one izlaze iz novonumerisanog događaja 2, Slika 7.8.



Slika 7.8. Četvrti korak primene pravila Fulkersona

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- U narednom koraku moguće je numerisati zavrne događaje novoobeležениh aktivnosti S1 i S2. To su završni događaji aktivnosti B i S1 i aktivnosti C i S2.
- Oba događaja su stekla pravo na numeraciju. Poželjno je da brojevi događaja rastu s leva na desno i odozgo nadole, na mrežnom dijagramu, Slika 7.9.



Slika 7.9. Peti korak primene pravila Fulkersona

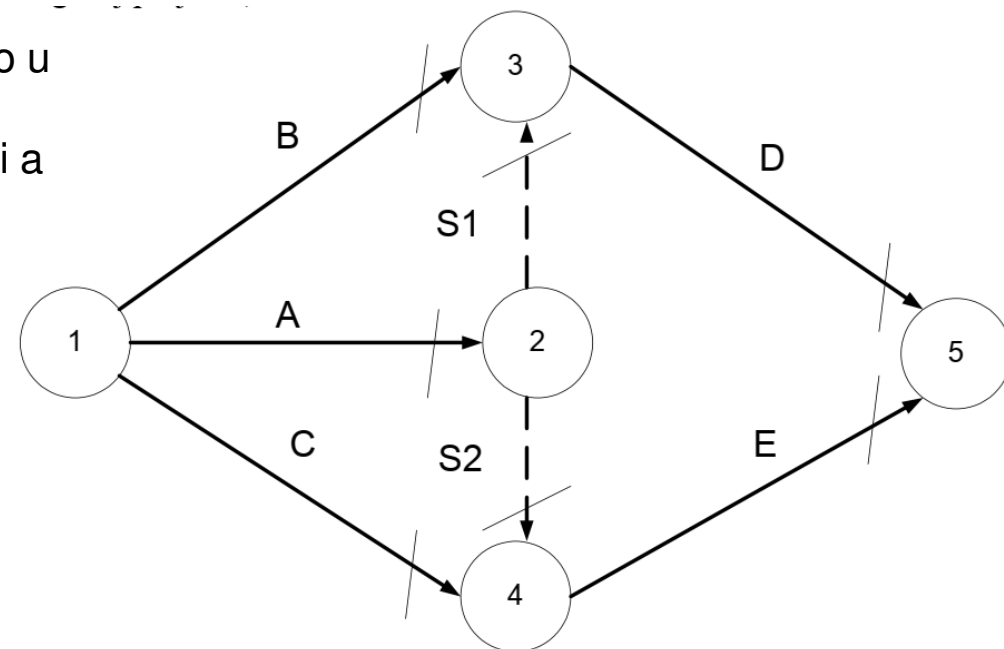
# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- U završnom koraku je potrebno obeležiti aktivnosti D i E i numerisati krajnji događaj projekta, slika 7.10.

**Napomena:** Početni događaj projekta prepoznaju se po tome što u njega ne ulaze aktivnosti, nego samo izlaze (događaj 1).

Nasuprot tome, u završni događaj projekta samo ulaze aktivnosti a ne izlaze (događaj 5).

Početne, ili nezavisne, aktivnosti projekta nemaju simbola u kolonama matrice međuzavsnosti aktivnosti (aktivnosti A,B i C). Završne aktivnosti projekta nemaju simbola u redovima matrice (aktivnosti D i E).



Slika 7.10. Završni korak primene pravila Fulkersona



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Primer 7.2.** Nacrtati mrežni dijagram projekta, čija je šema međuzavisnosti aktivnosti data tabelom 3.2. Izvršiti uzastopno rastuće numerisanje koristeći pravilo Fulkersona.
- *Tabela 7.2. Polazna matrica međuzavisnosti aktivnosti*

Prethodne \ Razmatrane	A	B	C	D	E	F
A				*	*	
B					*	*
C						*
D						
E						
F						

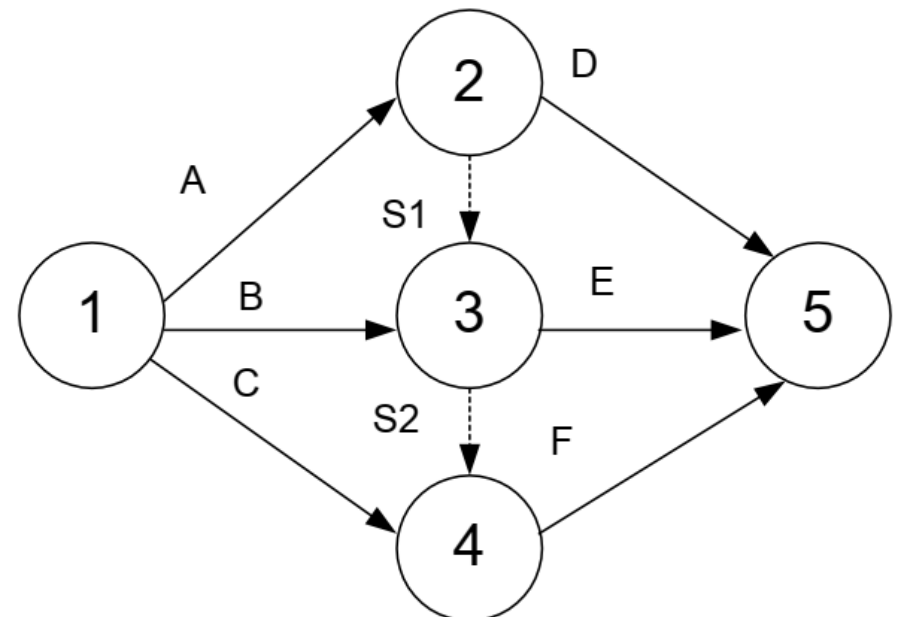
# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- *Rešenje:* Ukoliko bi se primenilo logičko razmišljanje, kao i u prethodnim primerima, mogao bi da se konstruiše sledeći dijagram, slika 7.11., na kome su polazne aktivnosti A, B i C, dok su krajnje aktivnosti D, E i F.

Međutim, **rešenje na slici 7.11. nije tačno.** Na dijagramu je očigledno da aktivnosti E prethode aktivnosti A i B (što je i potrebno na osnovu tabele 7.2), međutim aktivnosti F prethode A, B i C a potrebno je da joj prethode samo B i C.

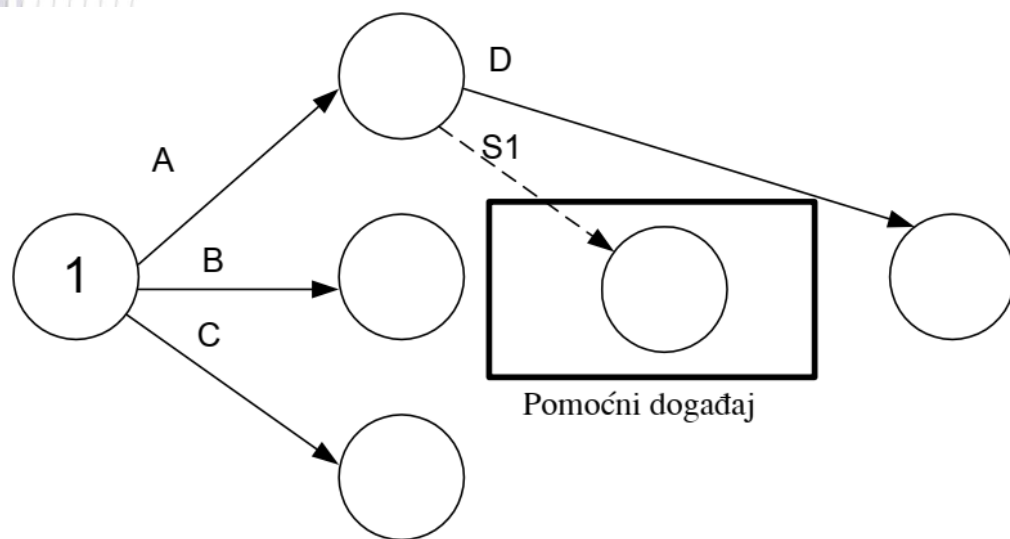
Očigledno je da u ovom slučaju treba, na neki način, premestiti aktivnost S1 koja dovodi aktivnost A kao prethodnu aktivnosti F.

Ovaj problem se najlakše rešava tako što se uvodi pomoćni događaj, kao početni događaj aktivnosti E, Slika 7.12.



Slika 7.11. Polazni mrežni dijagram razmatranog primera

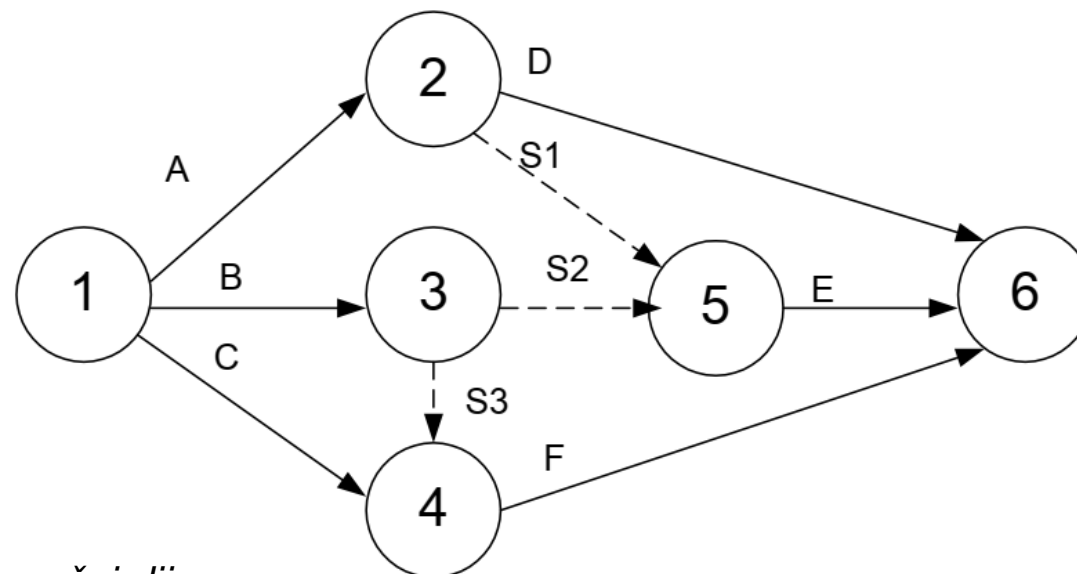
# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA



*Slika 7.12. Transformacija mrežnog dijagrama*

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Sledeće je potrebno rasporediti aktivnosti E i F, prema matrici međuzavisnosti aktivnosti, što deje sledeći konačni mrežni dijagram, slika 7.13.

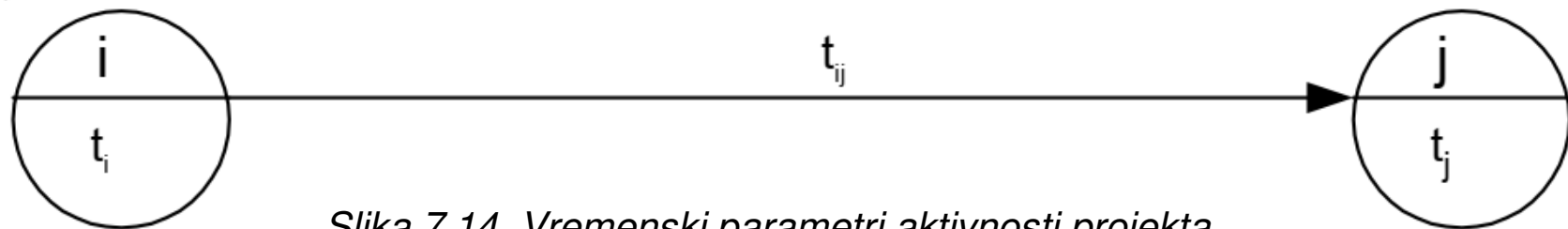


*Slika 7.13. Konačni mrežni dijagram*



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Analiza vremena i troškova** - *metoda kritičnog puta – (CPM)*
- Vreme trajanja aktivnosti  $A_{ij}$ , obeležava se sa  $t_{ij}$ , pri čemu indeks «i» označava broj početnog događaja, a indeks «j» broj završnog događaja aktivnosti.
- Odakle je očigledno da događaj označava vremenski trenutak u kome može početi neka aktivnost, ali i trenutak njenog završetka.
- Ukoliko se sa  $t_i$  obeleži trenutak zbivanja početnog događaja aktivnosti  $A_{ij}$ , a sa  $t_j$ -trenutak zbivanja završnog događaja, onda za svaku aktivnost imamo sledeće vremenske parametre, Slika 7.14.



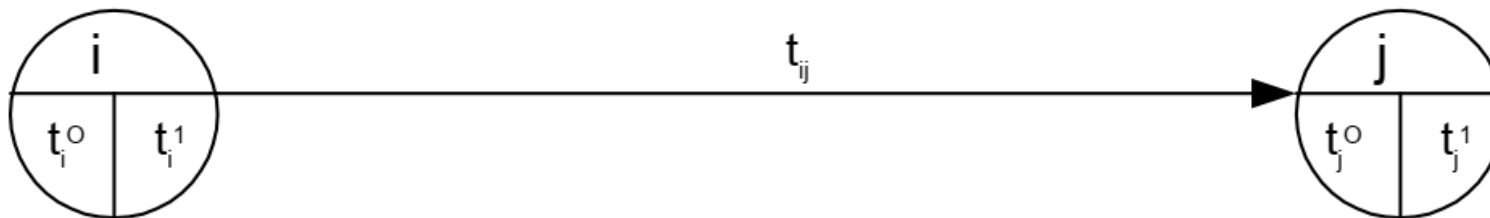
Slika 7.14. Vremenski parametri aktivnosti projekta

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Vreme  $t_{ij}$  je polazni podatak o trajanju aktivnosti  $A_{ij}$ , dok se  $t_j$  određuje na osnovu relacije:  $t_j = t_i + t_{ij}$
- Obzirom da trenutak početka posmatrane aktivnosti ne mora biti jednak trenutku završetka prethodne aktivnosti, to će se za svaku aktivnost određivati najraniji početak i završetak aktivnosti kao i najkasniji početak i završetak aktivnosti, pri čemu su oznake:
  - $t_i^0$  - najraniji mogući početak aktivnosti  $A_{ij}$
  - $t_i^1$  - najkasniji mogući početak aktivnosti  $A_{ij}$
  - $t_j^0$  - najraniji mogući završetak aktivnosti  $A_{ij}$
  - $t_j^1$  - najkasniji dozvoljeni završetak aktivnosti  $A_{ij}$

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Na osnovu definisanih oznaka, vremenski parametri aktivnosti projekta su dati na slici 7.15



*Slika 7.15. Kompletni vremenski parametri koji definišu aktivnosti projekta*

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Postupak određivanja navedenih vremenskih parametara započinje tako što se najpre odrede vremena najranijeg završetka, odnosno najranijeg početka, aktivnosti.
- Za svaku aktivnost koja polazi iz početnog događaja  $D_1$  usvaja se da je vreme najranijeg početka  $t_1^0 = 0$ . Vreme njenog završetka je  $t_j^0 = t_i^0 + t_{ij}$ .  
Ukoliko je  $D_{ij}$  završni događaj za više aktivnosti koje nemaju isto trajanje, onda taj događaj može nastupiti tek posle završetka aktivnosti sa najdužim vremenom trajanja:

$$t_j^0 = \max_i (t_i^0 + t_{ij}) \quad (7.1)$$



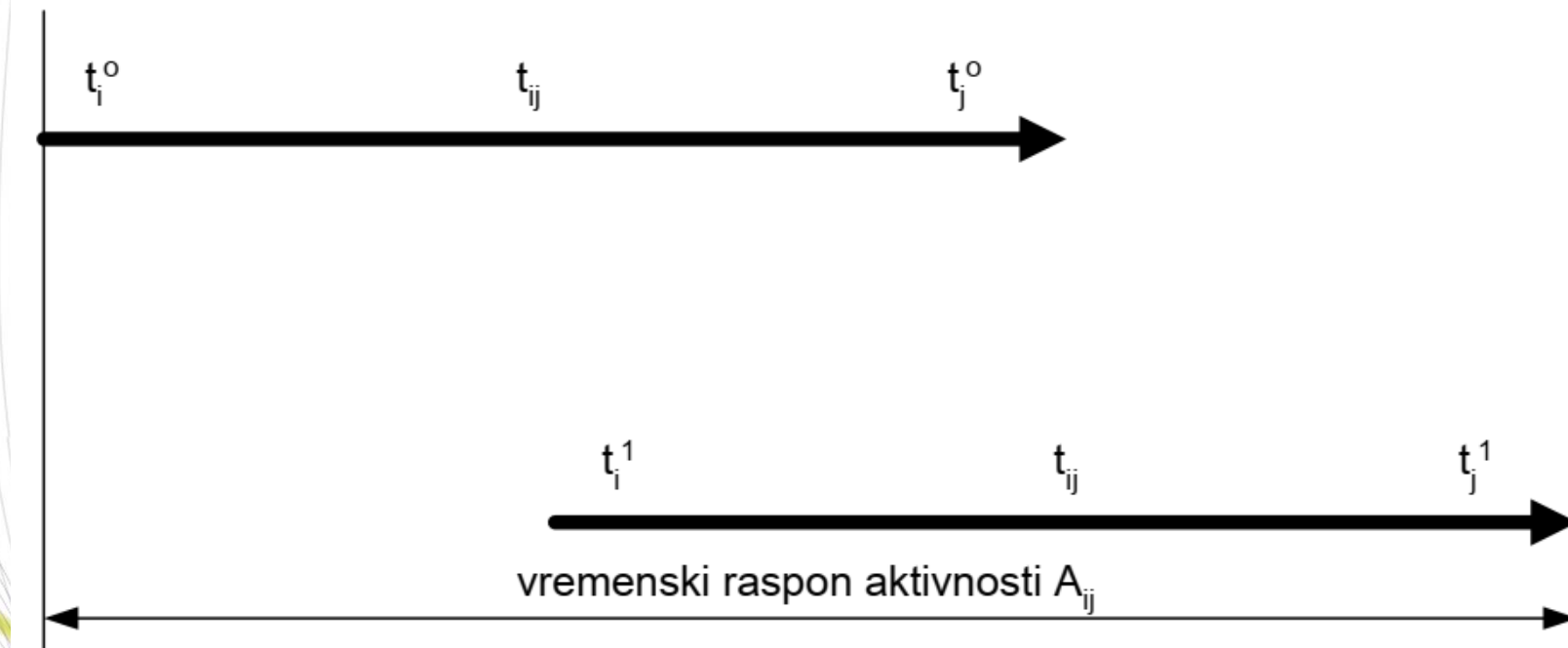
# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Korišćenjem jednačine 7.1., određuje se najraniji završetak svake naredne aktivnosti. Na taj način se dobija i vreme nastupanja završnog događaja projekta, koje je istovremeno najraniji mogući završetak projekta  $t_n^0$ .
- Ukoliko je poznat planirani rok završetka celog projekta (T), on će biti ostvaren samo ukoliko je  $t_n^0 \leq T$ . Ukoliko se desi da je  $t_n^0 > T$ , projekat ne može biti završen u planiranom roku, pa je potrebno izvršiti skraćivanje trajanja pojedinih aktivnosti do postizanja planiranog roka.
- Kada se izračuna vreme najranijeg mogućeg završetka projekta  $t_n^0$ , pri čemu ono zadovoljava uslov  $t_n^0 \leq T$ , nema nikakvih razloga da to ne bude i vreme najkasnijeg završetka projekta, odakle sledi da je  $t_n^0 = T = t_n^1$ .
- Time počinje postupak izračunavanja vremena najkasnijih početaka aktivnosti. Ovaj postupak teče suprotno od prethodnog.
- Polazi se od završnog događaja projekta i ide prema početnom događaju. Vreme kada aktivnost najkasnije mora početi, da bi se završila do svog najkasnijeg završetka dobija se kao:

$$t_i^0 = \min_j (t_j^1 - t_{ij}) \quad (7.2)$$

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Sva četiri definisana vremenska podatka se mogu predstaviti na sledeći način, slika 7.16.



*Slika 7.16. Odnos najranijih i najkasnijih početaka i završetka aktivnosti*

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Izvršenje bilo koje aktivnosti se može pomerati samo u razmaku između najranijeg početka  $t_i^0$  i najkasnijeg završetka  $t_j^1$ .
- Navedeni vremenski raspon se naziva raspoloživo vreme trajanja aktivnosti ili maksimalno dozvoljeno trajanje aktivnosti.
- Sam postupak izračunavanja vremenskih parametara može se obavljati na više načina. Najčešće se primenjuju tri postupka:
  - Proračun vremena pomoću mrežnog dijagrama,
  - Proračun vremena pomoću matrice međuzavisnosti aktivnosti i
  - Mašinski (uz upotrebu računara).

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Primer 7.3.** Ukoliko je spisak aktivnosti i njihova međusaobna zavisnost, kao i trajanje, dat u tabeli 7.3, konstruisati matricu međuzavisnosti aktivnosti i mrežni dijagram a potom izvršiti analizu vremena projekta po CPM metodi.

*Tabela 7.3. Polazni podaci o projektu*

aktivnost	A	B	C	D	E	F	G	H
zavisni od	/	/	A	A	B,C	B,C	D,E	D,E,F
traje	10	12	2	9	6	5	7	3



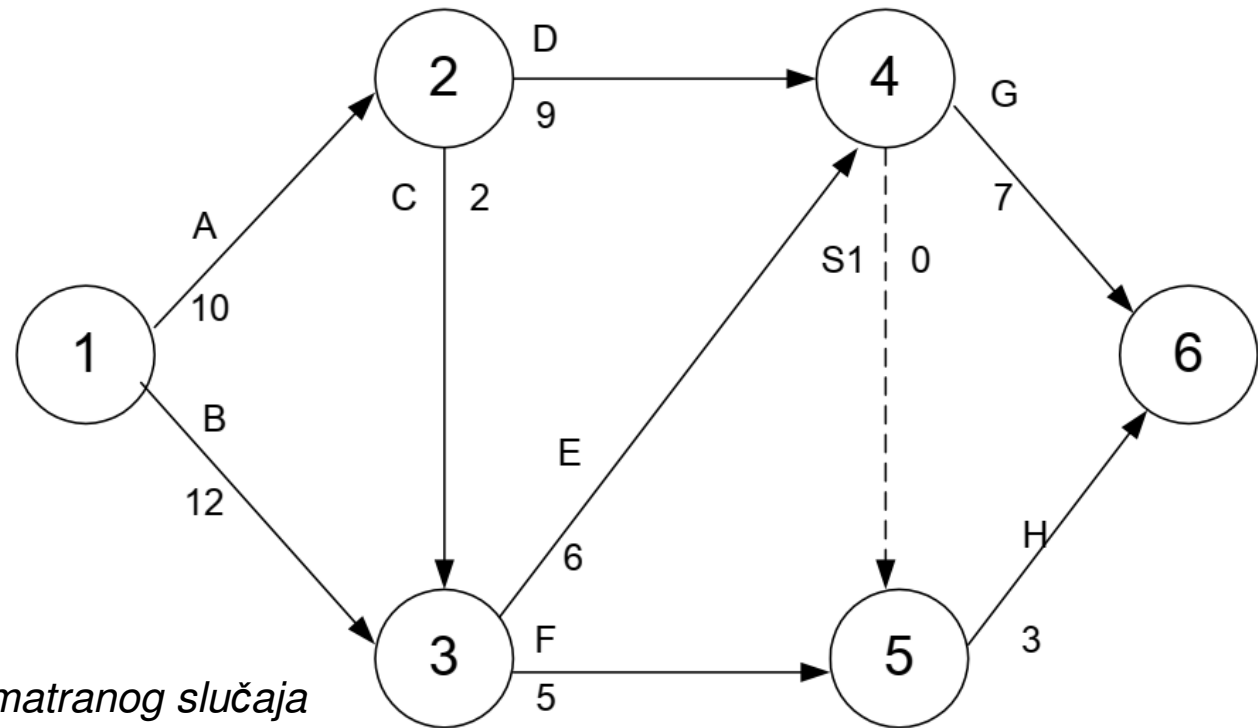
# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- *Rešenje:*  
Na osnovu tablele 7.3. moguće je konstruisati sledeću matricu međuzavisnosti aktivnosti, Tabela 7.4.
- *Tabela 7.4. Matrica međuzavisnosti aktivnosti*

Razmatrana \ Prethodna	A	B	C	D	E	F	G	H
A			X	X				
B					X	X		
C					X	X		
D							X	X
E							X	X
F								X
G								
H								
trajanje	10	12	2	9	6	5	7	3

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Na osnovu prethodne tabele moguće je konstruisati sledeći mrežni dijagram, slika 7.17.



Slika 7.17. Polazni mrežni dijagram razmatranog slučaja

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Sledeći korak je analiza vremena razmatranog projekta, koja se radi na sledeći način:

- **Određivanje najranijeg početka aktivnosti**

Koristeći jednačinu 7.1. moguće je izvršiti sledeći proračun:

$$t_1^0 = 0$$

$$t_2^0 = \max(t_1^0 + t_{12}) = 0 + 10 = 10$$

$$t_3^0 = \max[(t_1^0 + t_{13}); (t_2^0 + t_{23})] = \max [(0 + 12); (10 + 2)] = \max (12, 12) = 12$$

$$t_4^0 = \max[(t_2^0 + t_{24}); (t_3^0 + t_{34})] = \max [(10 + 9); (12 + 6)] = \max (19, 18) = 19$$

$$t_5^0 = \max[(t_4^0 + t_{45}); (t_3^0 + t_{35})] = \max [(19 + 0); (12 + 5)] = \max (19, 17) = 19$$

$$t_6^0 = \max[(t_4^0 + t_{46}); (t_5^0 + t_{56})] = \max [(19 + 7); (19 + 3)] = \max (26, 22) = 26$$

Prema tome, vreme najranijeg mogućeg završetka projekta je  $t_n^0 = t_6^0 = 26$  dana. Usvajamo da je to i vreme najkasnije dozvoljenog završetka, odnosno  $t_6^0 = t_6^1 = 26$ .

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- *Određivanje najkasnijeg početka aktivnosti:*

Koristeći jednačinu 7.2. moguće je izvršiti sledeći proračun:

$$t_5^1 = \min [(t_6^1 - t_{56})] = \min [(26 - 3)] = 23$$

$$t_4^1 = \min [(t_6^1 - t_{46}); (t_5^1 - t_{54})] = \min [(26 - 7); (23 - 0)] = 19$$

$$t_3^1 = \min [(t_4^1 - t_{34}); (t_5^1 - t_{53})] = \min [(19 - 6); (23 - 5)] = 13$$

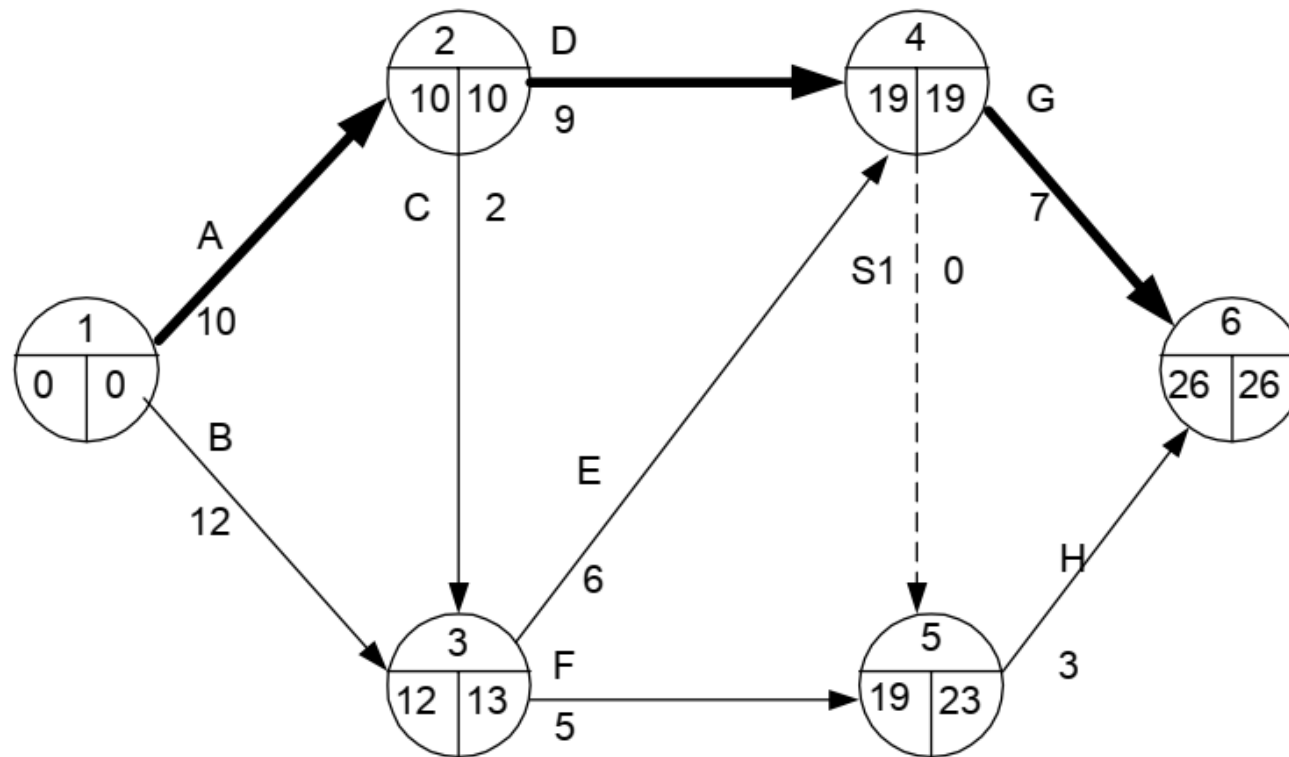
$$t_2^1 = \min [(t_4^1 - t_{24}); (t_3^1 - t_{32})] = \min [(19 - 9); (13 - 2)] = 10$$

$$t_1^1 = \min [(t_2^1 - t_{12}); (t_3^1 - t_{13})] = \min [(10 - 10); (13 - 12)] = 0$$

Na ovaj način završena analiza vremena unosi se u mrežni dijagram na način prikazan na slici 7.18.



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA



Slika 7.18. Konačni mrežni dijagram razmatranog slučaja

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Određivanje kritičnog puta**

Put koji ima najveću dužinu trajanja, od početnog do završnog događaja projekta, naziva se kritični put. U mrežnom dijagramu može postojati jedan ili više kritičnih puteva, pri čemu i veštačke aktivnosti ( $S_i$ ) mogu pripadati kritičnom putu. Kritični put, kao najduži put, predstavlja najkraće vreme za koje se može završiti ceo projekat.

Sve aktivnosti koje se nalaze na kritičnom putu nazivaju se kritičnim aktivnostima.

Kritični događaji imaju jednaka najranija i najkasnija vremena odigravanja, odnosno:  $t_i^0 = t_i^1$  i  $t_j^0 = t_j^1$ .

Kritični put na dijagramu prikazanom na slici 7.18. je:  $A_{12}(A) - A_{24}(D) - A_{46}(G)$ , odnosno, njegovo trajanje je:  $t_{12} + t_{24} + t_{46} = 10 + 9 + 7 = 26$  dana, što je istovremeno i najkraće moguće vreme za završetak celog projekta.

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Analiza troškova**
- Pored analize strukture i vremena može se mrežnim planiranjem izvršiti i analiza troškova Projekta. Takođe, pored normalnog trajanja aktivnosti – aktivnosti se mogu realizovati i po usiljenom principu (ubrzani rad i angažovanje većeg broja jedinica resursa). Usiljena realizacija aktivnosti je obično praćena i većim troškovima.



- **Primer 7.4.** Na primeru izgradnje novog proizvodnog postrojenja izvršiti optimizaciju troškova projekta uz primenu tehnika mrežnog planiranja. U tabeli 7.5 data je lista aktivnosti, normalno vremensko trajanje pojedinih aktivnosti i troškovi realizacije ovih aktivnosti. U tabeli su takođe data i usiljena vremena. Usiljena vremena se postižu angažovanjem dodatnih ljudi, dodatne opreme i uopšte dodatnih resursa. Ipak, kod usiljenih vremena se javljaju i povećani troškovi, koji su za takav rad potrebni.

- *Tabela 7.5. Polazni parametri projekta*

Aktivnosti			Trajanje (vr.jed.)		Direktni troškovi	
Redni broj	Naziv	Zavisi od	Normalno	Usiljeno	Normalni	Usiljeni
1	Izrada projekta i ugovaranje izgradnje	/	2	2	200	200
2	Izgradnja građevinskih objekata	1	8	6	5000	6000
3	Dopremanje tehnološke opreme	1	2	2	150	150
4	Ugradnja instalacija	2	3	2	2000	2500
5	Montaža tehnološke opreme	3	4	3	1500	1900
6	Ugradnja specijalnih postrojenja	4	1	1	500	500
7	Tehnička kontrola	5,6	2	2	400	400

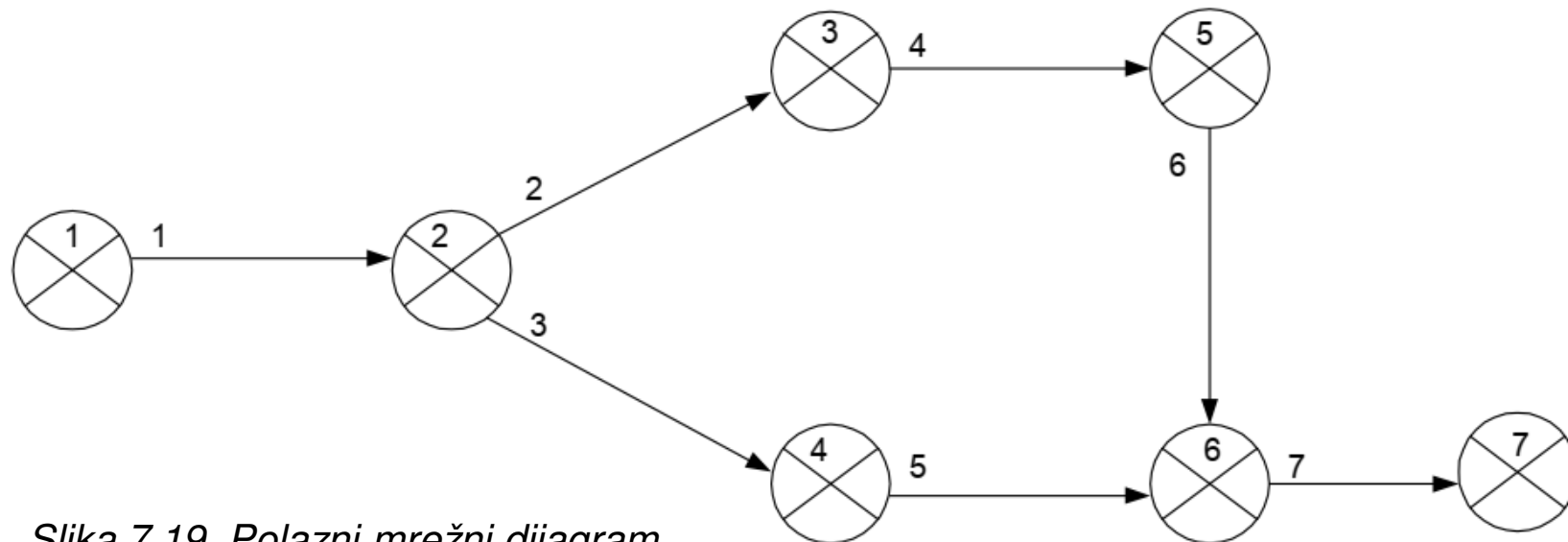


# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Potrebno je:
  - a) Nacrtati mrežni dijagram i numerisati ga rastućim uzastopnim numerisanjem po pravilu Fulkersona,
  - b) Izvršiti analizu vremena pri normalnom trajanju aktivnosti,
  - c) Izvršiti analizu vremena pri usiljenom trajanju aktivnosti,
  - d) Odrediti direktne troškove projekta pri normalnom i usiljenom trajanju aktivnosti i jedinični priraštaj direktnih troškova za svaku aktivnost,
  - e) Uspostaviti optimalan odnos vremena i troškova projekta.

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- *Rešenje:*
  - a) Mrežni dijagram razmatranog projekta:



Slika 7.19. Polazni mrežni dijagram

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- b) Analiza vremena pri normalnom trajanju aktivnosti:

$$t_1^0 = 0$$

$$t_2^0 = \max(t_1^0 + t_{12}) = 0 + 2 = 2$$

$$t_3^0 = \max[(t_2^0 + t_{23})] = \max [(2 + 8)] = 10$$

$$t_4^0 = \max[(t_2^0 + t_{24})] = \max [(2 + 2)] = 4$$

$$t_5^0 = \max[(t_3^0 + t_{35})] = \max [(10 + 3)] = 13$$

$$t_6^0 = \max[(t_5^0 + t_{56}); (t_4^0 + t_{46})] = \max [(13 + 1); (4 + 4)] = \max (14; 8) = 14$$

$$t_7^0 = \max[(t_6^0 + t_{67})] = (14 + 2) = 16$$

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Najkasnije nastupanje aktivnosti, prema jednačini 7.2:

$$t_7^0 = t_7^1 = 16$$

$$t_6^1 = \min [(t_7^1 - t_{67})] = \min [(16 - 2)] = \min (14) = 14$$

$$t_5^1 = \min [(t_6^1 - t_{56})] = \min [(14 - 1)] = \min (13) = 13$$

$$t_4^1 = \min [(t_6^1 - t_{46})] = \min [(14 - 4)] = \min (10) = 10$$

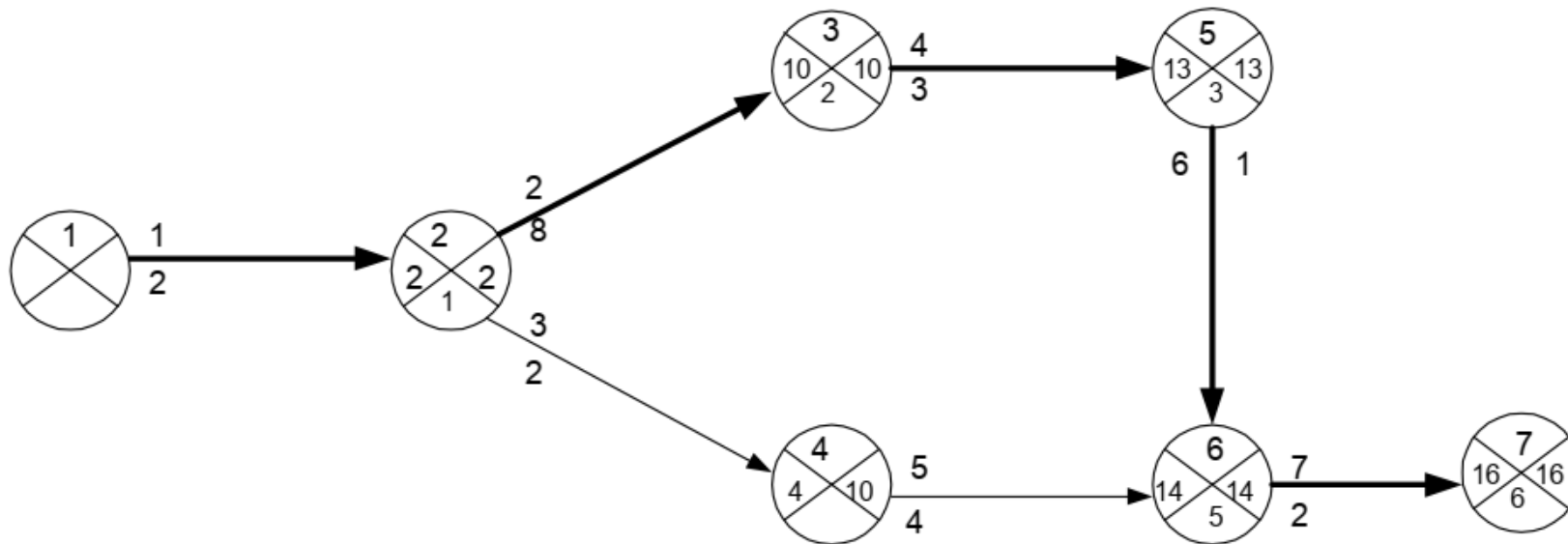
$$t_3^1 = \min [(t_5^1 - t_{35})] = \min [(13 - 3)] = 10$$

$$t_2^1 = \min [(t_3^1 - t_{23}); (t_4^1 - t_{24})] = \min [(10 - 8); (10 - 2)] = \min (2; 8) = 2$$

$$t_1^1 = \min [(t_2^1 - t_{12})] = \min [(2 - 2)] = 0$$



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA



*Slika 7.20. Analiza vremena pri normalnom trajanju aktivnosti*

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- c) Analiza vremena pri usiljenom trajanju aktivnosti

$$t_1^0 = 0$$

$$t_2^0 = \max(t_1^0 + t_{12}) = 0 + 2 = 2$$

$$t_3^0 = \max[(t_2^0 + t_{23})] = \max [(2 + 6)] = 8$$

$$t_4^0 = \max[(t_2^0 + t_{24})] = \max [(2 + 2)] = 4$$

$$t_5^0 = \max[(t_3^0 + t_{35})] = \max [(8 + 2)] = 10$$

$$t_6^0 = \max[(t_5^0 + t_{56}); (t_4^0 + t_{46})] = \max [(10 + 1); (4 + 3)] = \max (11; 7) = 11$$

$$t_7^0 = \max[(t_6^0 + t_{67})] = (11 + 2) = 13$$

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Najkasnije nastupanje aktivnosti, prema jednačini 7.2:

$$t_7^0 = t_7^1 = 13$$

$$t_6^1 = \min [(t_7^1 - t_{67})] = \min [(13 - 2)] = \min (11) = 11$$

$$t_5^1 = \min [(t_6^1 - t_{56})] = \min [(11 - 1)] = \min (10) = 10$$

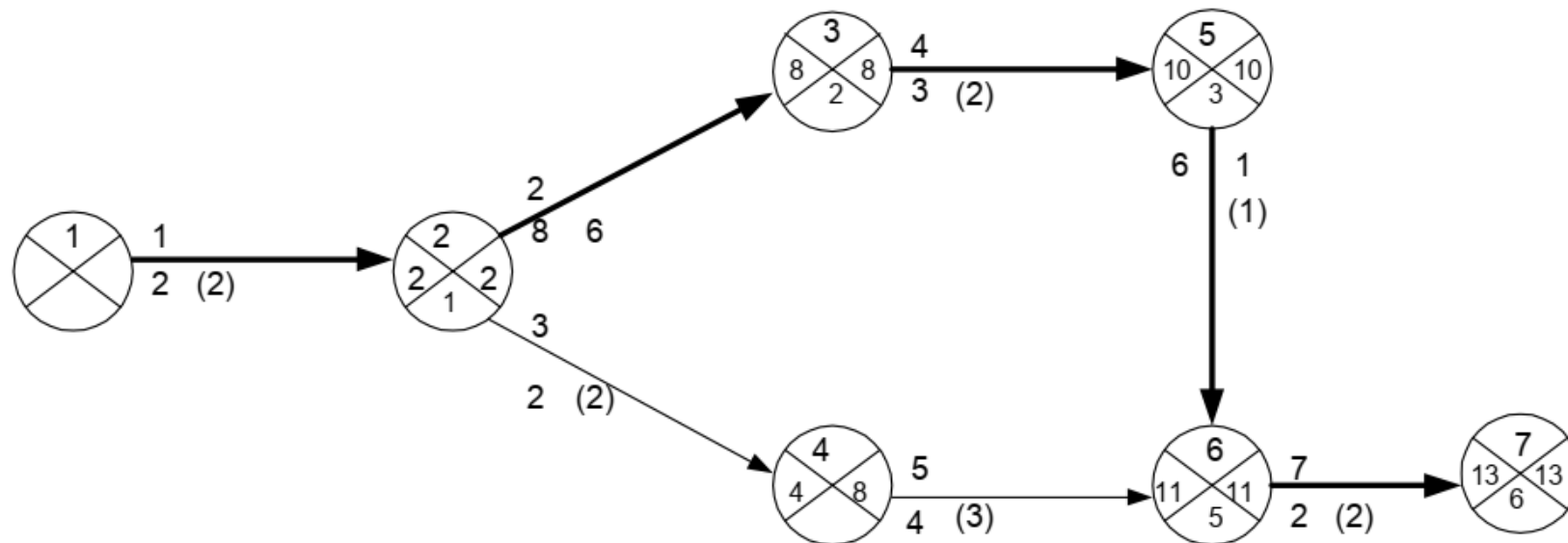
$$t_4^1 = \min [(t_6^1 - t_{46})] = \min [(11 - 3)] = \min (8) = 8$$

$$t_3^1 = \min [(t_5^1 - t_{35})] = \min [(10 - 2)] = 8$$

$$t_2^1 = \min [(t_3^1 - t_{23}); (t_4^1 - t_{24})] = \min [(8 - 6); (8 - 2)] = \min (2; 6) = 2$$

$$t_1^1 = \min [(t_2^1 - t_{12})] = \min [(2 - 2)] = 0$$

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA



*Slika 7.21. Analiza vremena pri uslijenom trajanju aktivnosti*



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

d) Direktni troškovi pri normalnom trajanju aktivnosti su:

$$\Sigma C_n = 200 + 5000 + 150 + 2000 + 1500 + 500 + 400 = 9750$$

Direktni troškovi pri usiljenom trajanju aktivnosti su:

$$\Sigma C_u = 200 + 6000 + 150 + 2500 + 1900 + 500 + 400 = 11650$$

- Priraštaj direktnih troškova za jedinicu skraćenja vremena odvijanja aktivnosti - (jedinični direktni troškovi aktivnosti)- određuju se, uz pretpostavku da linearno rastu pri skraćenju trajanja aktivnosti od normalnog do usiljenog, na osnovu izraza:

$$\Delta C = \left| \frac{C_u - C_n}{t_u - t_n} \right|$$

$\Delta C$ -jedinični direktni troškovi aktivnosti,

$C_u$ -direktni troškovi aktivnosti pri usiljenom trajanju,

$C_n$ -direktni troškovi aktivnosti pri normalnom trajanju,

$t_u$ -usiljeno trajanje aktivnosti

$t_n$ -normalno trajanje aktivnosti

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

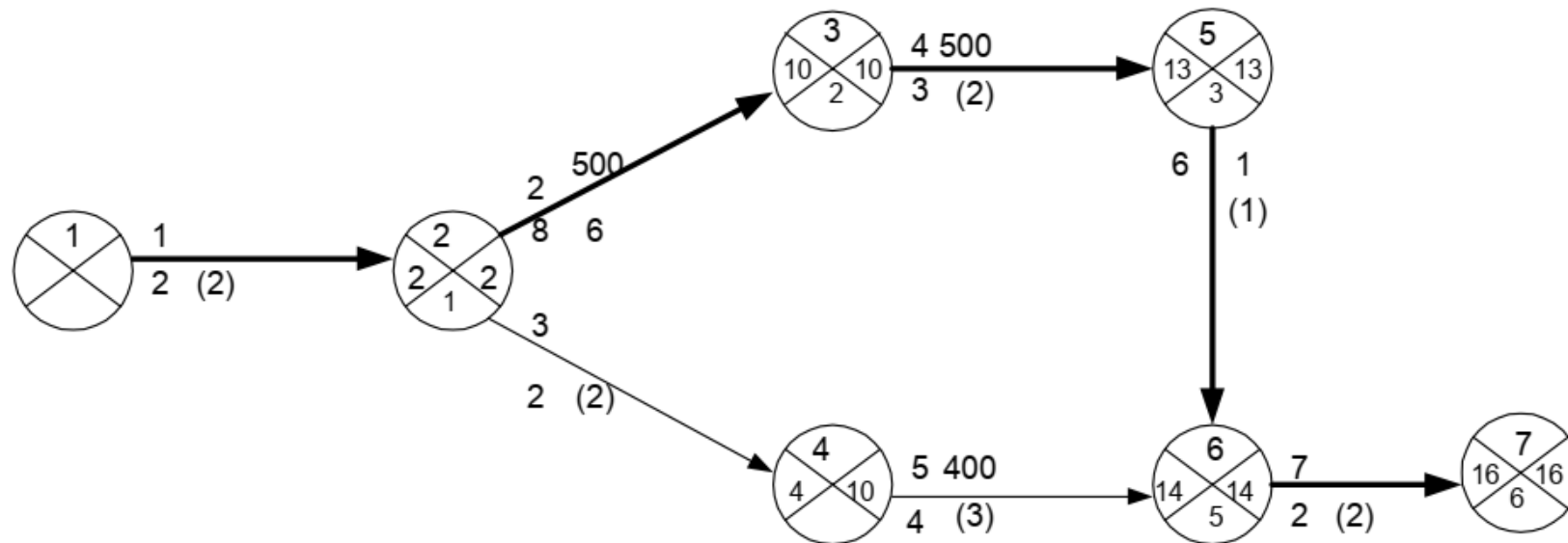
- Proračun jediničnog priraštaja direktnih troškova, korišćenjem prethodne jednačine dat je u tabeli 7.6.

*Tabela 7.6. Jedinični priraštaj direktnih troškova*

Aktivnost	$\Delta C_i$	Jedinični priraštaj
1	$\Delta C_1 =$	/
2	$\Delta C_2 =$	500
3	$\Delta C_3 =$	/
4	$\Delta C_4 =$	500
5	$\Delta C_5 =$	400
6	$\Delta C_6 =$	/
7	$\Delta C_7 =$	/

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Konačni mrežni dijagram prikazan je na slici 7.22.



Slika 7.22. Konačni mrežni dijagram razmatranog projekta

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- e) Da bi se skratilo ukupno vreme realizacije projekta, uz najmanje povećanje troškova, najpre treba vršiti skraćivanje aktivnosti koje se nalaze na kritičnom putu. Metod se odvija iterativnim postupkom dok se ne iscrpe mogućnosti za skraćivanje pojedinih aktivnosti.

- **1. Iteracija:**

Najpre se vrši skraćivanje aktivnosti (2) sa normalnog na usiljeno trajanje.

$$\Delta t_1 = 8 - 6 = 2$$

što dovodi do skraćenja trajanja projekta za:

$$T_1 = T_n^{(1)} - \Delta t_1 = 16 - 2 = 14$$

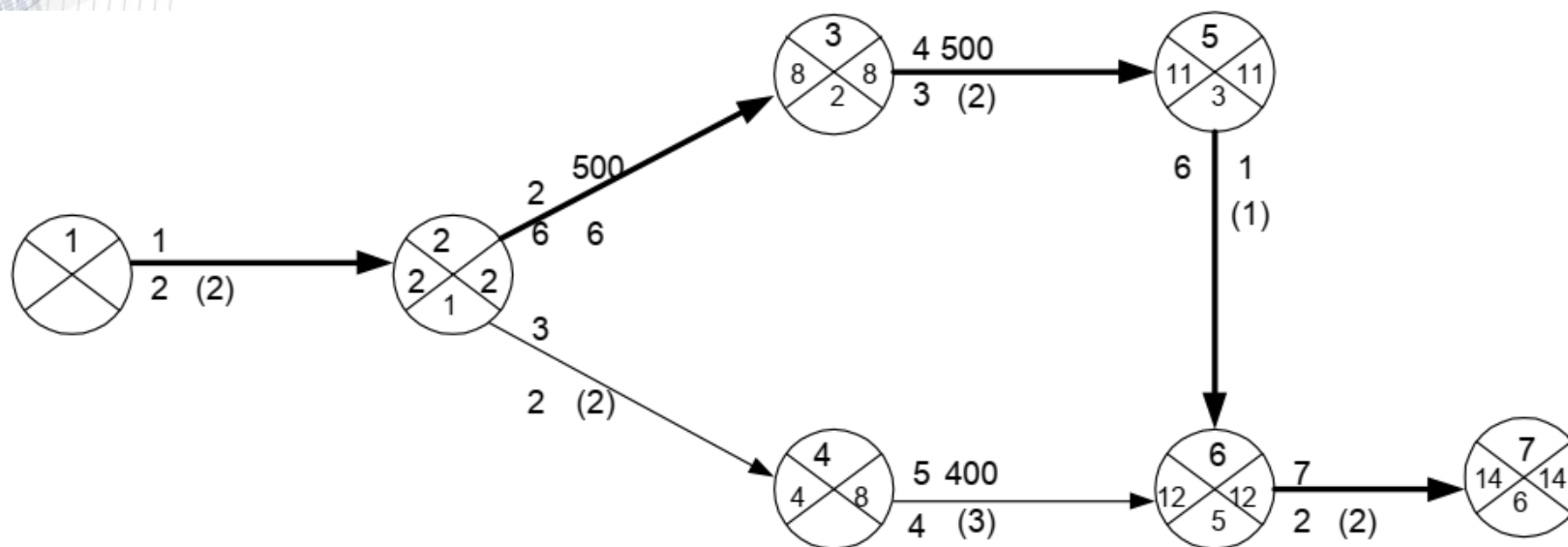
Promena troškova projekta je:

$$C_1 = \sum C_n + \Delta t_1 \cdot \Delta C_2 = 9750 + 2 \cdot 500 = 10750$$

- Rezultat prve iteracije je prikazan na slici 7.23



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA



Slika 7.23. I iteracija

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **2. Iteracija**

U ovoj iteraciji skraćuje se trajanje aktivnosti (4), koja je na kritičnom putu.

$$\Delta t_2 = 3 - 2 = 1$$

što dovodi do skraćanja trajanja projekta za:

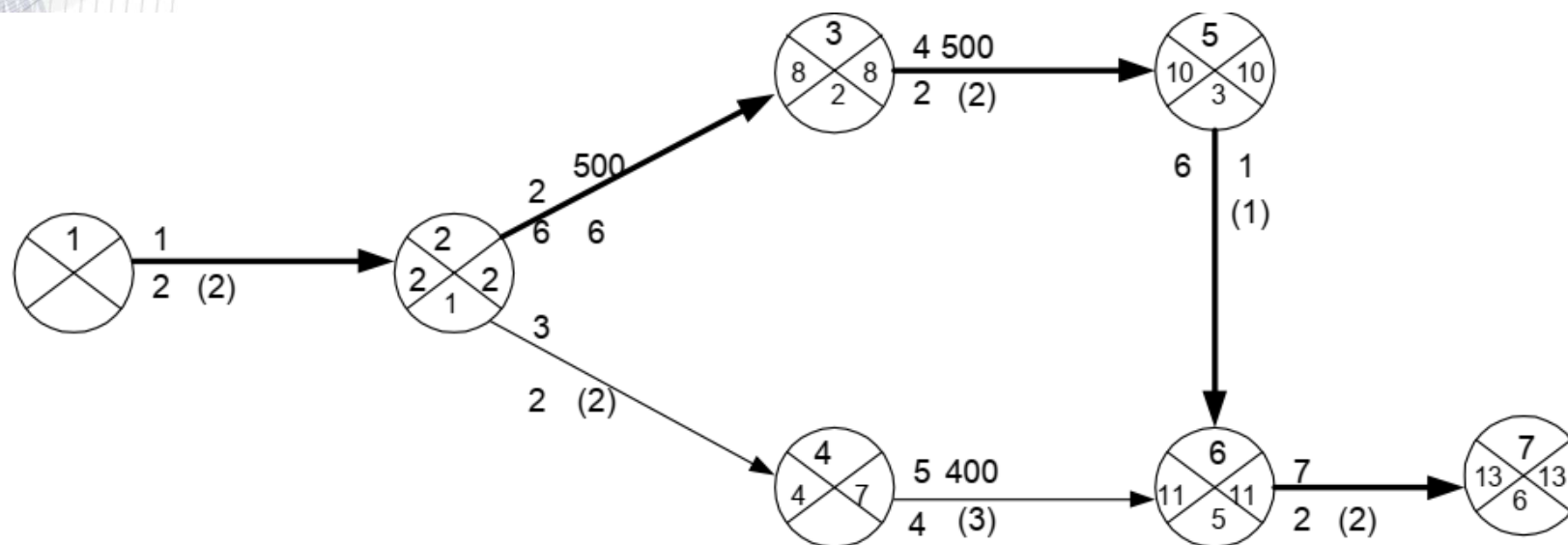
$$T_2 = T_1 - \Delta t_2 = 14 - 1 = 13$$

Promena troškova projekta je:

$$C_2 = C_1 + \Delta t_2 \cdot \Delta C_4 = 10750 + 1 \cdot 500 = 11250$$

- Rezultat druge iteracije je prikazan na slici 7.24.

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA



Slika 7.24. II iteracija

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Ovim je završen postupak skraćivanja vremena realizacije projekta, odnosno optimizacija vremena i troškova projekta. Sve aktivnosti na kritičnom putu imaju usiljeno trajanje, te dalje skraćivanje (npr. aktivnosti 5) nema smisla.
- Skraćivanje aktivnosti 5 ne vodi ka skraćivanju ukupnog vremena trajanja projekta, ali bi povećalo ukupne troškove projekta.
- Vreme od 13 dana je najkraće moguće vreme realizacije projekta, koje se postiže sa najmanjim povećanjem troškova od 1500 nj.



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- ***Analiza vremena po PERT metodi***
- Najznačajnija razlika između CPM i PERT je u tome što PERT metoda uzima u obzir nesigurnost u proceni vremena trajanja pojedinih aktivnosti.
- Polazi se od toga da nije moguće unapred precizno odrediti trajanje pojedinih aktivnosti, pa se ono primenjuje uz primenu statističkih metoda. Zato se za PERT metodu kaže da je stohastička metoda.
- Zbog tih karakteristika ova metoda je našla primenu uglavnom kod istraživačkih i razvojnih projekata.
- Kod PERT metode za svaku aktivnost u okviru projekta utvrđuju se tri različite procene vremena trajanja:

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Optimističko vreme trajanja aktivnosti ( $a_{ij}$ ) je ono vreme koje se može ostvariti pod posebno povoljnim uslovima. Malo je realna mogućnost da se aktivnost izvrši za ovo vreme, ali je ono teoretski moguće.  
Najverovatnije vreme izvršenja aktivnosti ( $m_{ij}$ ) je vreme koje bi se najčešće javljalo kad bi se aktivnost više puta izvodila, pod istim uslovima. Verovatnoća izvršenja neke aktivnosti za ovo vreme je najveća.  
Pesimističko vreme izvršenja aktivnosti ( $b_{ij}$ ) je vreme koje bi bilo potrebno da se aktivnost izvede pod naročito nepovoljnim uslovima (katastrofe i slična nepredvidiva dejstva se isključuju). To je najduže vreme za izvršenje određene aktivnosti.  
Očigledno je da za ove procene mora da važi uslov:  $a_{ij} \leq m_{ij} \leq b_{ij}$ .

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- ***Određivanje očekivanog vremena izvršenja aktivnosti i varijanse***  
Na osnovu  $a_{ij}$ ;  $m_{ij}$  i  $b_{ij}$  izračunavaju se očekivana vremena izvršenja aktivnosti  $(t_e)_{ij}$ , prema:

$$(t_e)_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6} \quad (7.3)$$

- Varijansa trajanja aktivnosti:

$$(\sigma^2)_{ij} = \left( \frac{b_{ij} - a_{ij}}{6} \right)^2 \quad (7.4)$$

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Može se opaziti da optimističko i pesimističko vreme trajanja aktivnosti figuriše s faktorom jedan, dok najverovatnije vreme figuriše s faktorom četiri.
- Zbog toga će očekivano vreme  $(t_e)_{ij}$  biti u blizini  $m_{ij}$  ili će se poklopiti s njim.
- Varijansa trajanja aktivnosti kod PERT metode predstavlja meru nesigurnosti procene trajanja aktivnosti, odnosno meru grubosti definicije polaznih podataka  $(a, m$  i  $b)$  za svaku aktivnost.
- Ukoliko je varijansa manja, utoliko su polazni podaci precizniji i rasipanja su manja.
- Kod određivanja polaznih podataka treba nastojati da  $b_{ij}$  ne bude mnogo veće od  $a_{ij}$ , kako bi se povećala tačnost svih ocena koje se dobijaju kao rezultat vremenske obrade mrežnog dijagrama.
- Moguće je, za određene projekte, unapred odrediti potrebnu preciznost polaznih podataka i to definisanjem određene konačne vrednosti varijanse.



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Određivanje vremena nastupanja događaja**

Naredna etapa u analizi vremena po PERT metodi sastoji se u određivanju najranijeg i najkasnijeg vremena nastupanja svakog događaja u mrežnom dijagramu.

- Najranije vreme nastupanja događaja ( $T_e$ ) predstavlja najraniji trenutak kada se može odigrati određeni događaj, dok najkasnije vreme nastupanja događaja ( $T_l$ ) predstavlja najkasniji rok do koga se može odvijati određeni događaj kako se konačni rok završetka projekta ne bi menjao.
- Vremena nastupanja događaja izračunavaju se prema sledećim relacijama:

$$(T_e)_j = \max_i \{ (T_e)_i + (t_e)_{ij} \}$$

pri čemu je:  $(T_e)_1 = 0$ ;  $j=2,3,\dots,n$

$$(T_l)_j = \min_j \{ (T_l)_j - (t_e)_{ij} \}$$

gde je:  $(T_l)_n = (T_e)_n$ ;  $i = n-1; n-2; \dots; 1$

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Sam proračun podataka može se izvesti kao i kod CPM metode, postupkom progresivnog i regresivnog računa, na mrežnom dijagramu.

Analogija PERT i CPM-a je:

$$\begin{array}{l} (T_e)_i : t_i^0 \\ (T_l)_i : t_i^1 \\ (T_e)_j : t_j^0 \\ (T_l)_j : t_j^1 \end{array}$$

i postupci njihovog određivanja su istovetni.

- Na osnovu teoretskog razmatranja usvojeno je da izračunate vrednosti  $T_e$  i  $T_l$  odgovaraju normalnoj raspodeli.
- Varijansa ovako usvojene raspodele događaja dobija se sabiranjem varijansi svih aktivnosti sa kritičnog puta, od početnog do posmatranog događaja:

$$\sigma_i^2 = \sum (\sigma^2)_{ij}$$

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Često se, kod planiranja realizacije događaja PERT metodom, za neki događaj u mrežnom dijagramu unapred utvrde rokovi njihovog ispunjenja.

Za ovakve događaje značajno je proveriti verovatnoću njihovog odigravanja u okviru planitanog roka. Faktor verovatnoće ( $Z$ ) za ovakav događaj izračunava se ukoliko se planirani rok odigravanja događaja  $T_s$  dovede u vezu s najranijim vremenom njegovog dostizanja  $T_e$ , te se izračunava normalno odstupanje:

$$Z = \frac{T_s - T_e}{\sqrt{\sum \sigma^2_{T \rightarrow (T_e)}}} \quad (7.5)$$

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Faktor verovatnoće može se odrediti za svaki događaj mrežnog dijagrama.
- To, međutim, nije potrebno. On se izračunava samo za događaje čije je vreme odigravanja unapred ugovoreno, za neke kritične događaje koji predstavljaju završetke nekog dela projekta i obavezno za rok završetka celog projekta.
- Tako, pomoću najranijeg vremena nastupanja završnog događaja  $(T_e)_n$ , može se izračunati koja je verovatnoća da se ostvari planirani rok izvršenja celog projekta  $(T_s)_n$ .
- Verovatnoća ispunjenja planiranog roka projekta -  $p(Z)$ , funkcija je faktora verovatnoće, a njene vrednosti najčešće se daju u vidu tabličnih vrednosti. Tabela 7.7.
- Na osnovu  $Z_n$  pronalaze se odgovarajuće tablične vrednosti, koje označavaju traženu verovatnoću ispunjenja planiranog roka. Vrednosti u tabeli su u oblasti  $-3 < Z < 3$ , jer su za  $Z > 3$  i  $Z < -3$ , vrednosti približno jednake nuli.



Tabela 7.7. Verovatnoća ispunjenja planiranog roka projekta

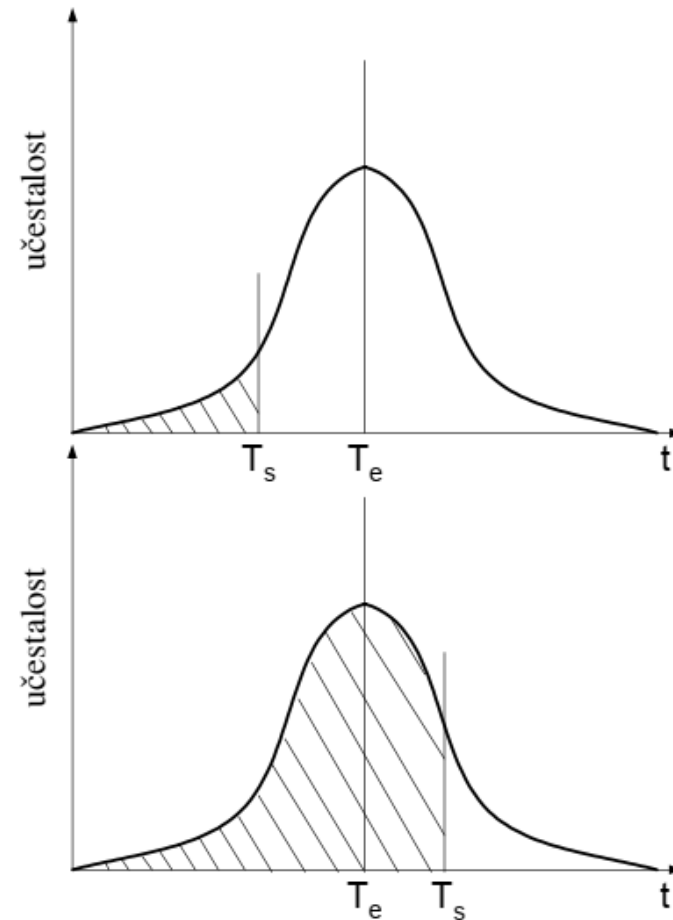


Z	P(Z)	Z	P(Z)	Z	P(Z)	Z	P(Z)
-3.0	0.0013	-1.5	0.0668	0.0	0.5000	1.5	0.9332
-2.9	0.0019	-1.4	0.0808	0.1	0.5398	1.6	0.9452
-2.8	0.0026	-1.3	0.0968	0.2	0.5793	1.7	0.9554
-2.7	0.0035	-1.2	0.1151	0.3	0.6179	1.8	0.9641
-2.6	0.0047	-1.1	0.1357	0.4	0.6554	1.9	0.9713
-2.5	0.0062	-1.0	0.1587	0.5	0.6915	2.0	0.9772
-2.4	0.0082	-0.9	0.1841	0.6	0.7275	2.1	0.9821
-2.3	0.0107	-0.8	0.2119	0.7	0.7580	2.2	0.9861
-2.2	0.0139	-0.7	0.2420	0.8	0.7881	2.3	0.9893
-2.1	0.0179	-0.6	0.2743	0.9	0.8159	2.4	0.9918
-2.0	0.0228	-0.5	0.3085	1.0	0.8413	2.5	0.9938
-1.9	0.0287	-0.4	0.3446	1.1	0.8643	2.6	0.9953
-1.8	0.0359	-0.3	0.3821	1.2	0.8849	2.7	0.9965
-1.7	0.0446	-0.2	0.4207	1.3	0.9032	2.8	0.9974
-1.6	0.0548	-0.1	0.4603	1.4	0.9192	2.9	0.9981
						3.0	0.9987

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Verovatnoća dostizanja planiranog roka završnog događaja može se i grafički predstaviti.
- Na slici 7.25, dat je grafički prikaz verovatnoće u zavisnosti od odnosa planiranog roka završetka projekta ( $T_s$ )<sub>n</sub> i najranijeg vremena nastupanja završnog događaja projekta ( $T_e$ )<sub>n</sub>. Šrafirana površina na slici označava verovatnoću dostizanja završnog roka projekta ( $T_s$ )

Slika 7.25. Normalna raspodela veličine ( $T_e$ )<sub>n</sub>



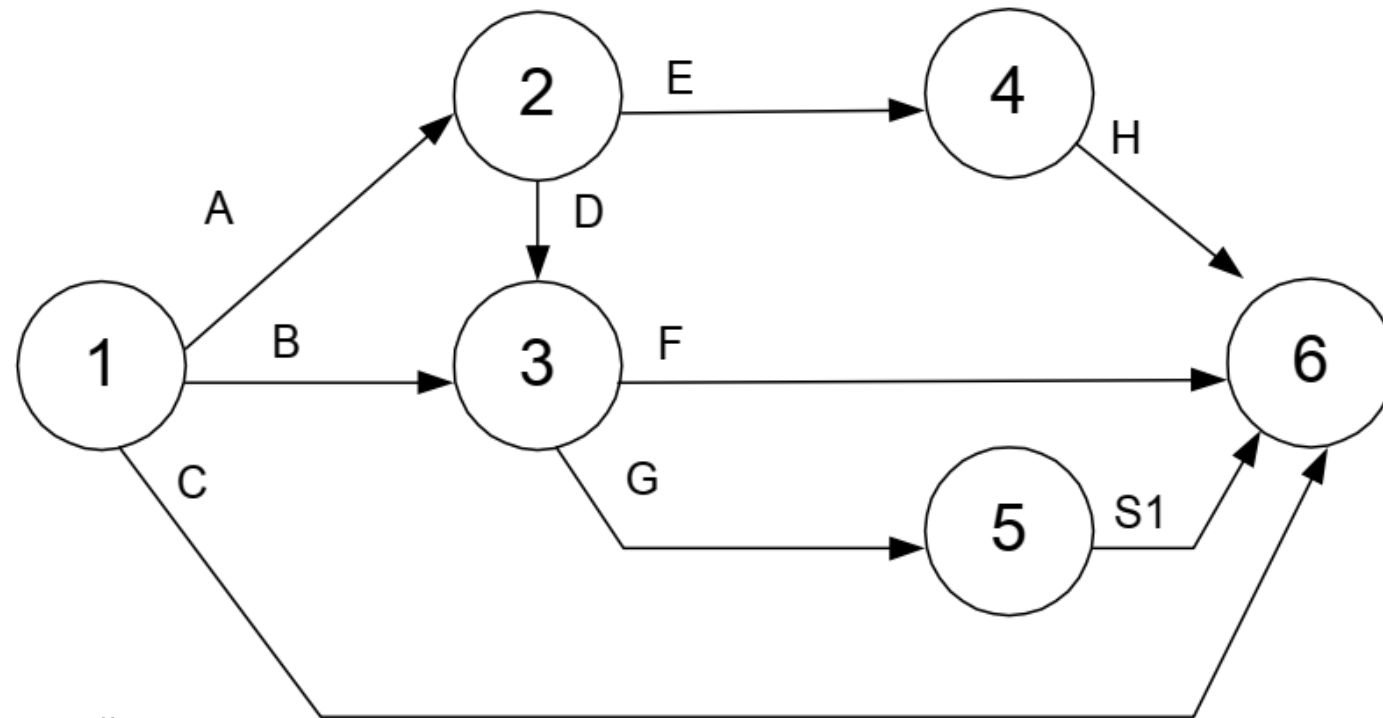
# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Primer 7. 5.** U tabeli 7.8 je data lista aktivnosti jednog razvojnog projekta, kao i procenjena vrednost vremena njihovog trajanja (u danima). Potrebno je konstruisati odgovarajući mrežni dijagram i analizirati vreme po PERT metodi. Planirano vreme završetka projekta iznosi 39 dana. Odrediti verovatnoću ostvarenja planiranog roka završetka projekta.
- *Tabela 7.8. Parametri projekta*

Aktivnost		Vreme		
Naziv	Zavisi od	$a_{ij}$	$m_{ij}$	$b_{ij}$
A	/	8	10	12
B	/	20	23	26
C	/	23	28	33
D	A	13	15	17
E	A	11	12	13
F	B,D	9	10	11
G	B,D	9	13	17
H	E	7	8	9

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- *Rešenje:*  
Polazni mrežni dijagram razmatranog slučaja dat je na slici 7.26.



Slika 7.26. Polazni mrežni dijagram



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Očekivano vreme odvijanja aktivnosti se izračunava na osnovu obrasca 7.3, dok se varijansa izračunava na osnovu izraza 7.4. Rezultati proračuna, za razmatrani projekat, dati su u tabeli 7.9.

- 

*Tabela 7.9. Proračun očekivanog vremena i varijanse*

Aktivnost	$(t_e)_{ij}$	$(\sigma^2)_{ij}$
A	10	0.44
B	23	1
C	28	2.78
D	15	0.44
E	12	0.11
F	10	0.11
G	13	1.78
H	8	0.11

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Određivanje najranijeg i najkasnijeg vremena nastupanja događaja, vrši se na sledeći način:

Najranije:

$$(T_e)_2 = (T_e)_1 + (t_e)_{12} = 0 + 10 = 10$$

$$(T_e)_3 = \max\{(T_e)_1 + (t_e)_{13}\}; \{(T_e)_2 + (t_e)_{23}\} = \max\{0 + 23\}; \{10 + 15\} = \max(23; 25) = 25$$

$$(T_e)_4 = (T_e)_2 + (t_e)_{24} = 10 + 12 = 22$$

$$(T_e)_5 = (T_e)_3 + (t_e)_{35} = 25 + 13 = 38$$

$$(T_e)_6 = \max\{(T_e)_1 + (t_e)_{16}\}; \{(T_e)_3 + (t_e)_{36}\}; \{(T_e)_4 + (t_e)_{46}\}; \{(T_e)_5 + (t_e)_{56}\} = \\ = \max\{0 + 28\}; \{25 + 10\}; \{22 + 8\}; \{38 + 0\} = \max(28; 35; 30; 38) = 38$$

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

Najkasnije:

$$(T_1)_6 = (T_e)_6 = 38$$

$$(T_1)_5 = (T_1)_6 - (t_e)_{56} = 38 - 0 = 38$$

$$(T_1)_4 = (T_1)_6 - (t_e)_{46} = 38 - 8 = 30$$

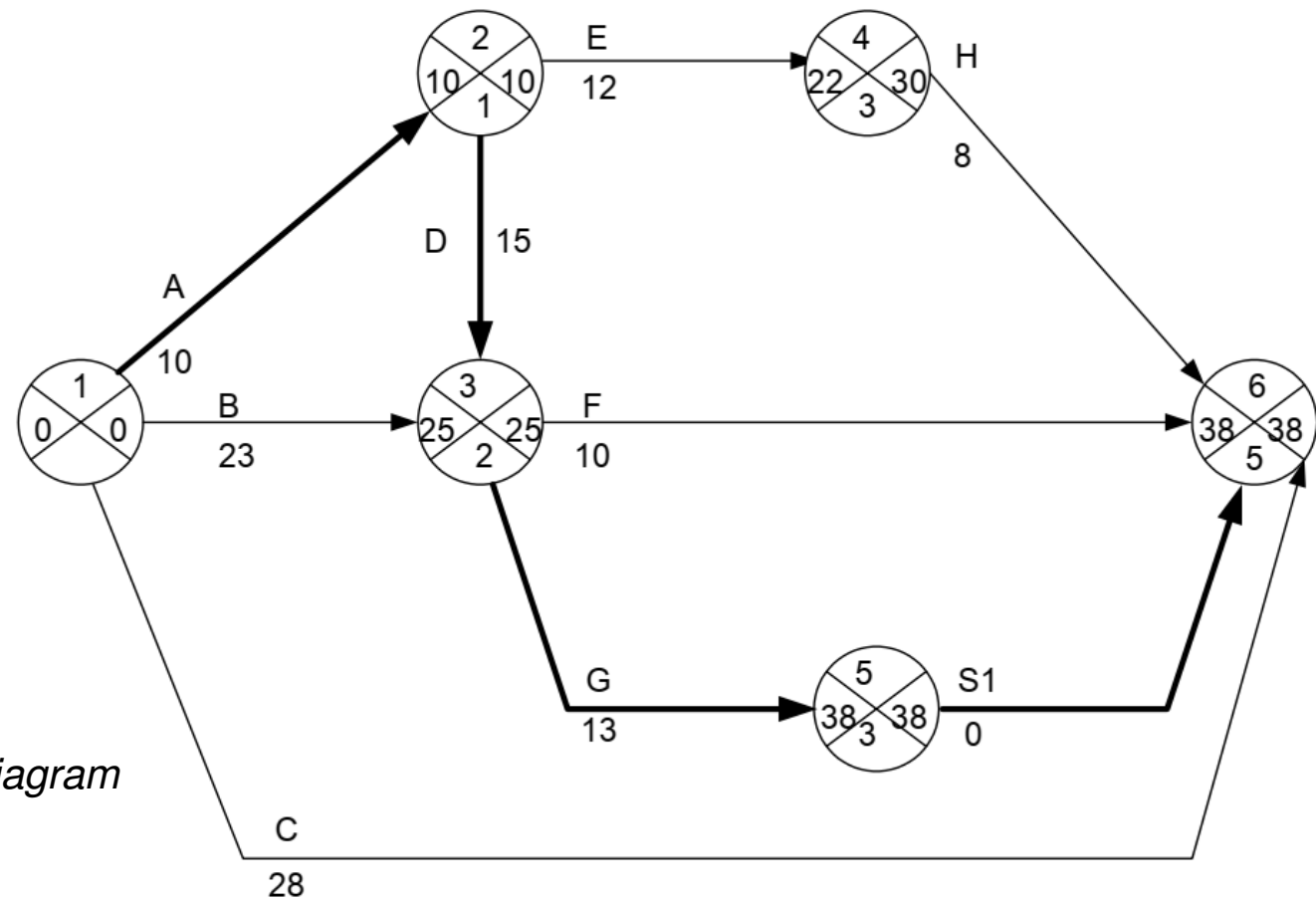
$$(T_1)_3 = \min\left\{\left\{(T_1)_6 - (t_e)_{36}\right\}, \left\{(T_1)_5 - (t_e)_{35}\right\}\right\} = \min\left\{\left\{38 - 10\right\}, \left\{38 - 13\right\}\right\} = \min(28; 25) = 25$$

$$(T_1)_2 = \min\left\{\left\{(T_1)_4 - (t_e)_{24}\right\}, \left\{(T_1)_3 - (t_e)_{23}\right\}\right\} = \min\left\{\left\{30 - 12\right\}, \left\{25 - 15\right\}\right\} = \min(18; 10) = 10$$

$$(T_1)_1 = \min\left\{\left\{(T_1)_6 - (t_e)_{16}\right\}, \left\{(T_1)_3 - (t_e)_{13}\right\}, \left\{(T_1)_2 - (t_e)_{12}\right\}\right\} = \\ \min\left\{\left\{38 - 28\right\}, \left\{25 - 23\right\}, \left\{10 - 10\right\}\right\} = \min(10; 2; 0) = 0$$

Mrežni dijagram, sa prikazanom analizom vremena, dat je na slici 7.27.

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA



Slika 7.27. Konačni mrežni dijagram



# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- Verovatnoća nastupanja završnog događaja projekta  $A_6$ , ukoliko je njegovo planirano vreme nastupanja  $(T_S)_6 = 39$  dana, je sledeće:
  - Faktor verovatnoće, na osnovu obrasca 7.5 je:

$$Z_6 = \frac{(T_S)_6 - (T_E)_6}{\sqrt{\sum \sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{35}^2 + \sigma_{56}^2}} = \frac{39 - 38}{\sqrt{0,44 + 0,44 + 1,78 + 0}} = \frac{1}{1,63} = 0,61$$

- Na osnovu tabele 7.7 i faktora verovatnoće 0,61, verovatnoća razmatranog događaja je  $P(Z) = P(0,61) = 0,73$  (73%), što predstavlja relativno veliku verovatnoću postizanja planiranog roka. Na osnovu razmatranja:
  - Za  $P(Z) < 25\%$  - veliki rizik projekta
  - Za  $P(Z)$ : 25-60% - normalan rizik i dobro korišćenje kapaciteta
  - Za  $P(Z) > 60\%$  - mali rizik, ali i nedovoljno iskorišćenje kapaciteta.

# PLANIRANJE PROJEKTA – STUDIJA OPRAVDANOSTI – IZVODLJIVOST VREMENSKIH PLANOVA

- **Zadatak za studente # VII: - OBAVEZNI ZADATAK ZA SVE STUDENTE**
- Za projektnu ideju, za koju je u prethodnim zadacima započeto pisanje Studije izvodljivosti, kreirati WBS. Tokom izrade WBS ponovo razmotriti aktivnosti koje su prethodno definisane kod izrade Business Model Canvasa i prema potrebi ih redefinisati.
- Za finalni spisak aktivnosti uraditi termin plan, odnosno definisati njihov redosled i trajanje. Ukoliko je primenjivo, upotrebiti neku od tehnika mrežnog planiranja.