



Пројектовање пословних модела у
Индустрији 4.0

Управљање пројектом – део 2

проф. др Весна Спасојевић Бркић

Техника мрежног планирања (ТМП)



Циљ ТМП-а је **одређивање рокова за почетак и завршетак** неког пројекта (па макар то била и поставка читаве фабрике).

Активности у оквиру ТМП-а могу бити:

- стварни рад,
- чекање,
- зависност и
- фиктивне активности.

Примене ТМП-а могу бити:

- програмирање научно-истраживачког рада,
- програмирање пројектантско-конструктивних активности,

- испитивање разних објеката и феномена,
- развој и освајање нових производа,
- пројектовање и изградња производних капацитета,
- реконструкција и ремонт индустријских постројења и
- програмирање комплексних пословних задатака.

Применом ТМП-а могуће је:

- прогноzirати рокове окончања посла,
- предвиђати трошкове за цео пројекат (тзв. PERT-трошкови),
- откривати критичне активности и
- померати рокове на основу одступања у извршеним активностима.

Два најпопуларнија метода за анализу мрежа активности:

- **Critical Path Method (ЦПМ)** – метод критичног пута – време је детерминистичко
- **Program Evaluation and Review Technique (ПЕРТ)** – ПЕРТ метода - трајање активности и њени трошкови неизвесни, тј. нису детерминистички

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

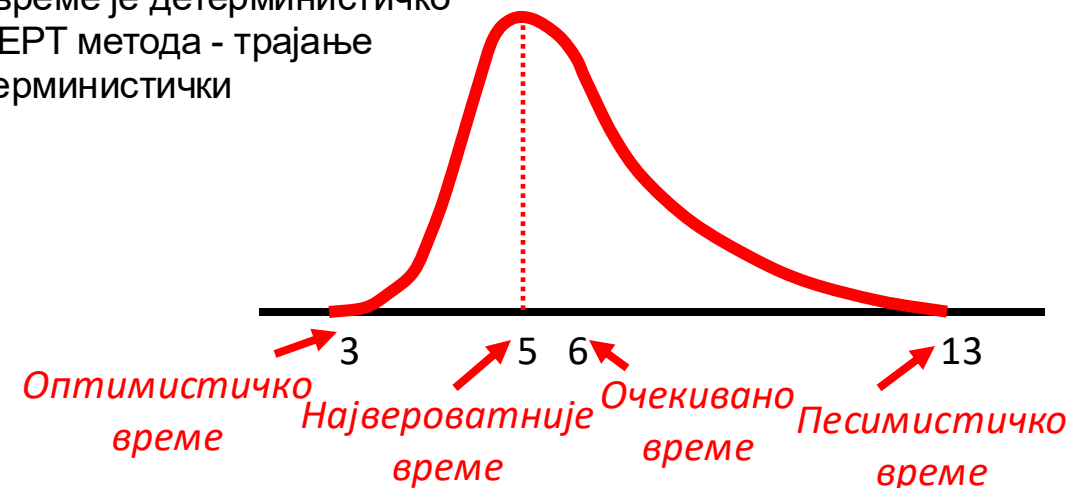
t – очекивано време

a – најоптимистичније време

b – најпесимистичније време

m – највероватније време

Варијанса: $V_t = \sigma^2 = \left(\frac{t_p - t_0}{6}\right)^2$



PERT – Техника евалуације и ревизије пројекта



- Развијена крајем 50-их за потребе планирања и контроле великих развојних пројеката стратешког оружја у Морнарици САД уз помоћ предузећа Booz Allen & Hamilton.
- 1963 - 68 примена на Apollo пројекат (“освајање Месеца”)
- Владине агенције у САД морају да користе ову технику

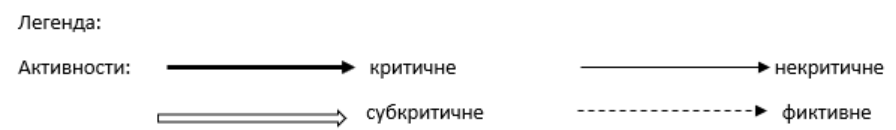
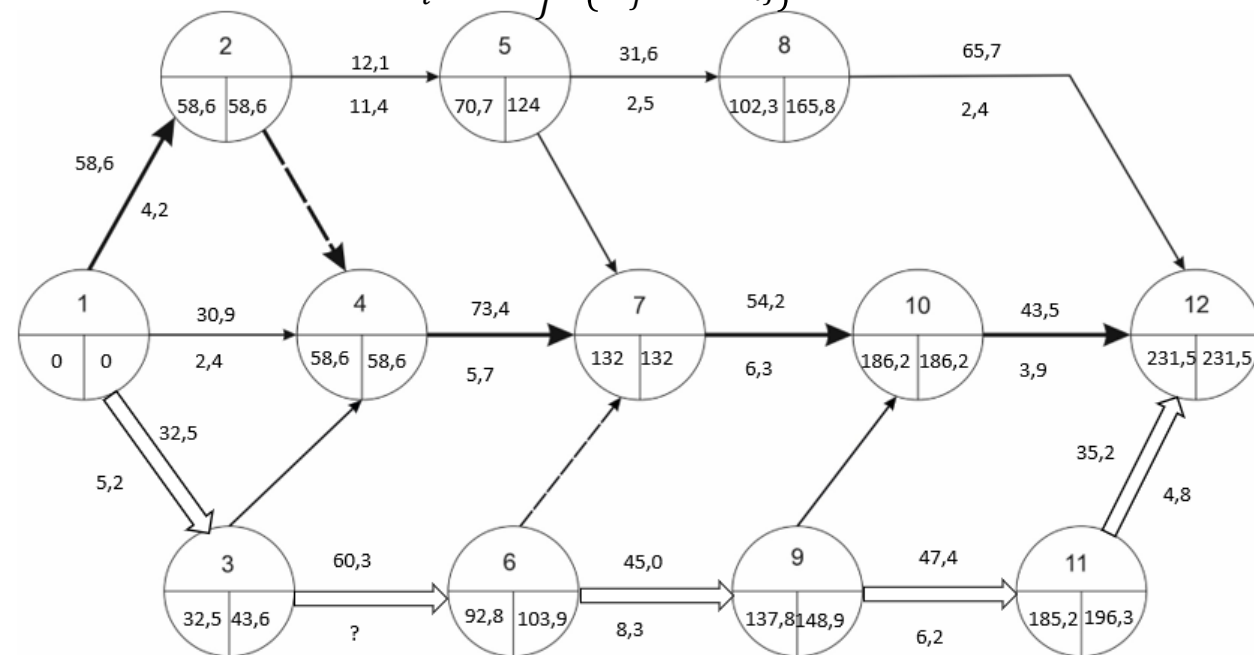
- очекивано време: $t_{eij} = \frac{1}{6} \cdot (a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij})$
- девијација времена: $\sigma_{ij} = \frac{1}{6} \cdot (b_{ij} - a_{ij})$
- највероватније време: $m_{ij} = t_{eij}$ (за случај симетричне β расподеле)

Из ових односа следе релације за израчунавање:

- оптимистичног времена: $a_{ij} = t_{eij} - 3 \cdot \sigma_{ij}$
- песимистичког времена: $b_{ij} = t_{eij} + 3 \cdot \sigma_{ij}$

Прогресивни прорачун се изводи на основу формуле којом се дефинишу „рани“ завршеци активности у мрежи, тј: $te_j^{(0)} = \max_i \{te_i^{(0)} + te_{ij}\}$

Ретроградни прорачун се изводи на основу формуле којом се дефинишу „касни“ почеци активности у мрежи, тј: $te_i^{(1)} = \min_j \{te_j^{(1)} + te_{ij}\}$



Прорачунат PERT мрежни дијаграм

Пример PERT



Активност	Непосредна претходна	Оптимистичко време	Највероватније	Песимистичко
A	--	4	6	8
B	--	1	4.5	5
C	A	3	3	3
D	A	4	5	6
E	A	0.5	1	1.5
F	B,C	3	4	5
G	B,C	1	1.5	5
H	E,F	5	6	7
I	E,F	2	5	8
J	D,H	2.5	2.75	4.5
K	G,I	3	5	7

Активност	Очекивано	Варијанса	Активност	PZač	PZak	ZZač	ZZak	Čas. rezerva
A	6	4/9	A	0	6	0	6	0*
B	4	4/9	B	0	4	5	9	5
C	3	0	C	6	9	6	9	0*
D	5	1/9	D	6	11	15	20	9
E	1	1/36	E	6	7	12	13	6
F	4	1/9	F	9	13	9	13	0*
G	2	4/9	G	9	11	16	18	7
H	6	1/9	H	13	19	14	20	1
I	5	1	I	13	18	13	18	0*
J	3	1/9	J	19	22	20	23	1
K	5	4/9	K	18	23	18	23	0*

$$V_{\text{projekt}} = V_A + V_C + V_F + V_I + V_K$$

$$= 4/9 + 0 + 1/9 + 1 + 4/9$$

$$= 2$$

$$\sigma_{\text{projekt}} = 1.414$$

$$z = (24 - 23)/\sigma = (24-23)/1.414 = 0.71$$

$$P(z = 0.71) = 0.761 = 76\%$$

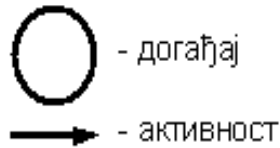
CPM – метод критичног пута



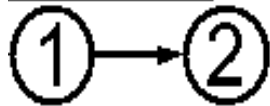
ПОРЕЂЕЊЕ PERT И CPM

$t_{e_{ij}}$	одговара	t_{ij}
Δe_i	...	Δ_i
σ_{ij}	...	0
$P(z)$...	1

Графичке ознаке:

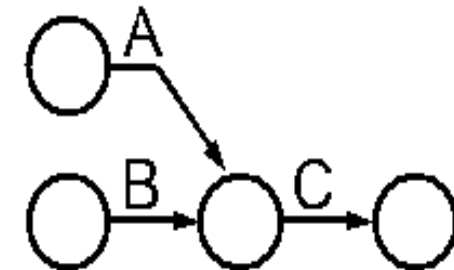


Обележавање:



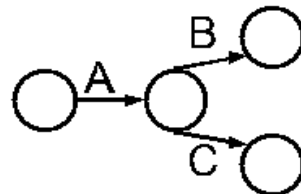
Правила ТМП-а:

1. Свака активност је означена као дуж стрелицом с лева на десно и омеђена догађајима: почетним и завршним.
2. Ако уочена активност може започети да се остварује пошто су нека или више њих претходно окончане онда се приказује на следећи начин:

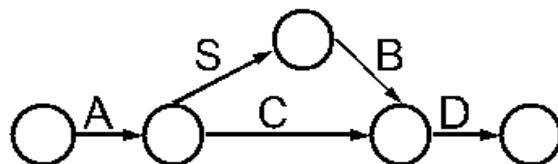
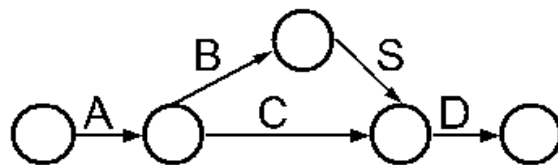




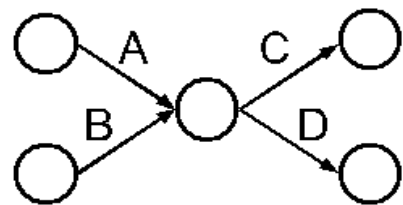
1. Ако једна или више активности могу започети да се остварују, пошто је нека активност окончана, онда је завршни догађај претходне активности уједно и почетни догађај наредних активности.



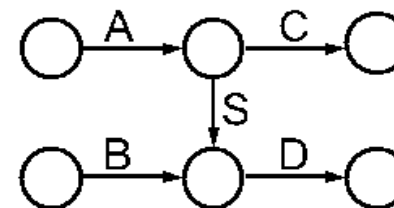
2. Ако две активности имају заједнички почетни и завршни догађај, недовољна одређеност таквог односа превазилази се увођењем привидне активности (S) на неки од начина:



3. Када се у једном догађају завршава и започиње више активности, а између тих активности постоји условљеност (као нпр. С може започети кад се оконча А, а D може започети када су завршене А и В онда се почетни мрежни дијаграм дат са:



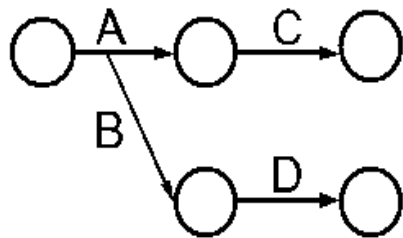
трансформише увођењем привидне активности S на следећи начин:



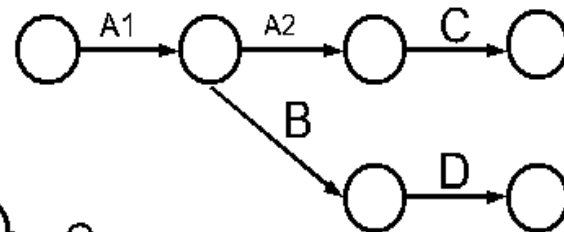
- Привидну активност S је најбоље обележавати **ИСПРЕКИДАНОМ ЛИНИЈОМ**



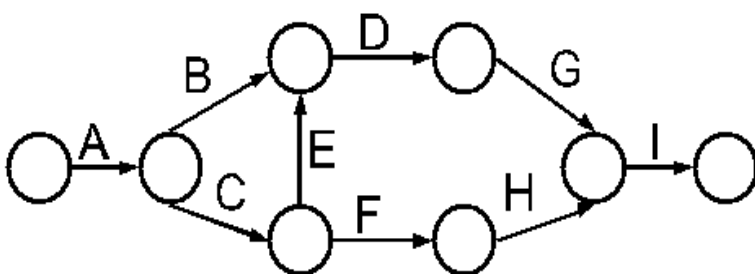
1. Уколико уочена активност може отпочети да се остварује пре окончања одређене активности која јој претходи, онда се та активност раздељује догађајем који представља почетни догађај уочене активности, тј:



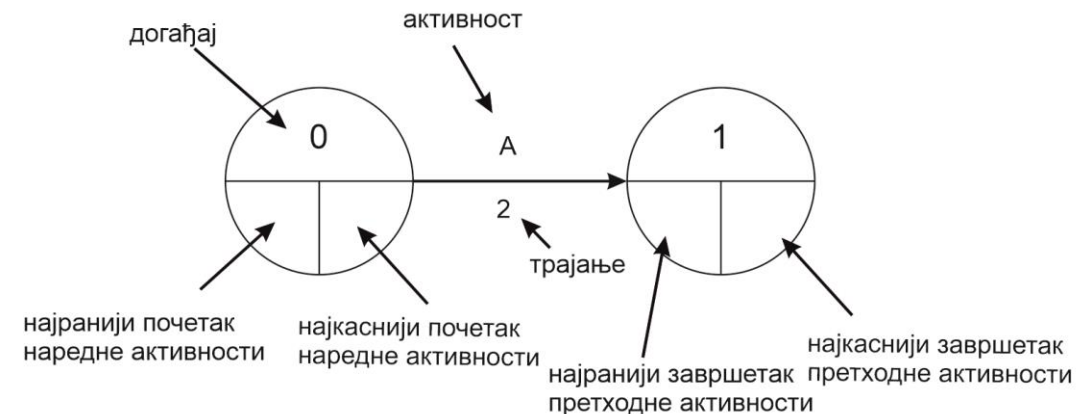
трансформише се на следећи начин:

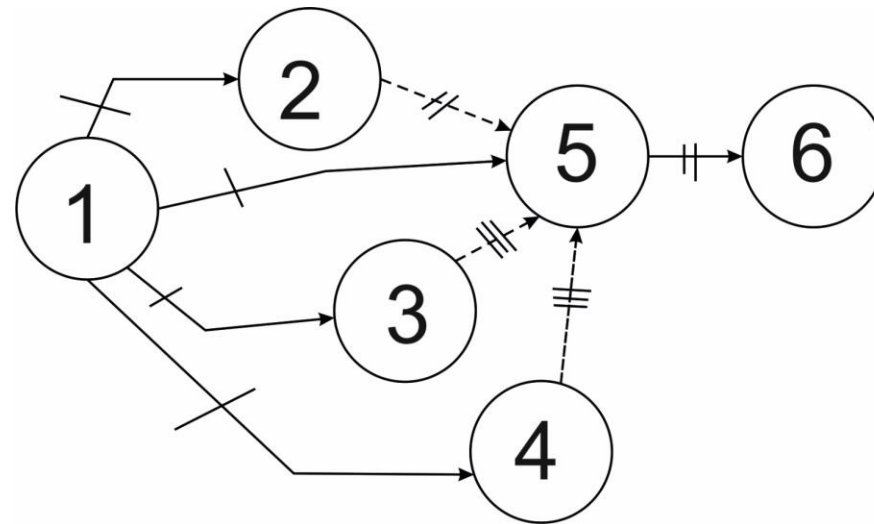


2. Ниједна активност приказана у мрежном дијаграму не може се поновити, што значи да се у мрежном дијаграму не могу јављати „петље“, као нпр:



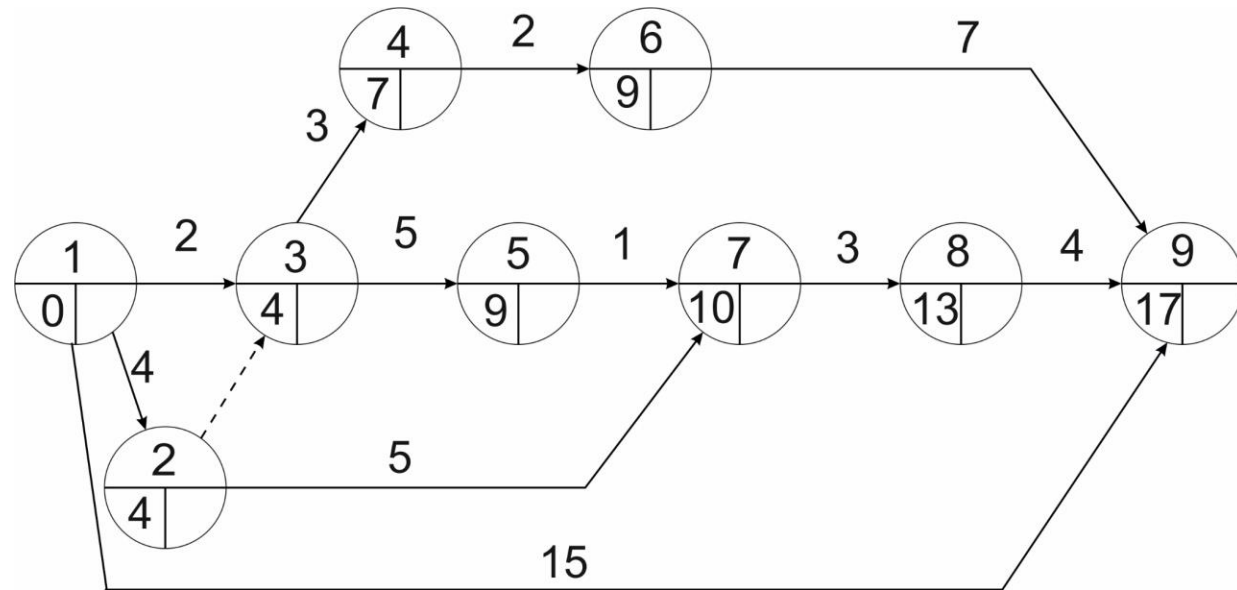
Детаљно означавање:



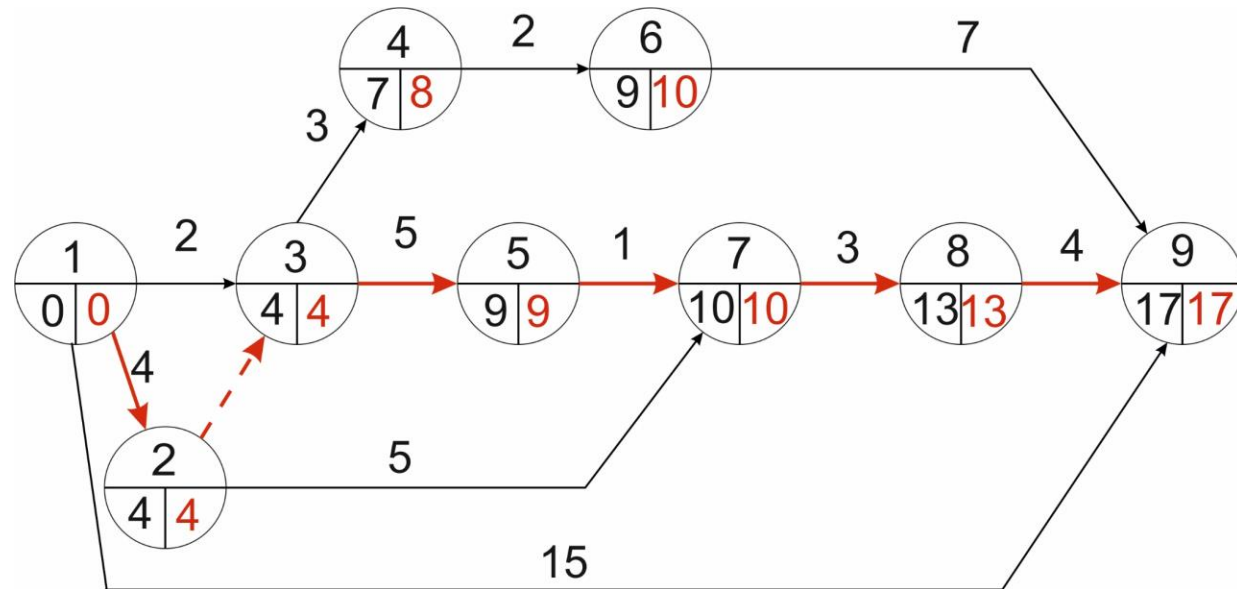


Фулкерсоново правило

- Пре почетка рада на коначном мрежном дијаграму треба урадити **радни дијаграм**, где су унете само стрелице и ознаке активности, а уместо читавих поља за догађај стоји само тачка.
- Обележавање догађаја врши се по Фулкерсоновом правилу.
- За временски прорачун, треба узети у обзир да ако у један догађај увиру две активности, у прорачун улази она са **већим временом трајања**, а са друге стране, при прорачуну уназад увек се посматра **краће време трајања**, тј. мањи број.
- Низови активности прекинути догађајима називају се **пут**.
- Од свих могућих путева у оквиру једне мреже, **критични пут** је онај за кога је потребно **највише времена** да би се прешло од првог до последњег догађаја и временско закашњење било ког догађаја проузрокује **закашњење завршног догађаја**, тј. целог пројекта. Критичан пут обележава се двоструком линијом.



Прорачун напред



Прорачун натраг

- Када се иде напред уноси се већи број, када се иде назад уноси се мањи број



ПРИМЕР ЗАДАТКА

Наћи критичан пут за пројекат чије су активности дефинисане табелом:

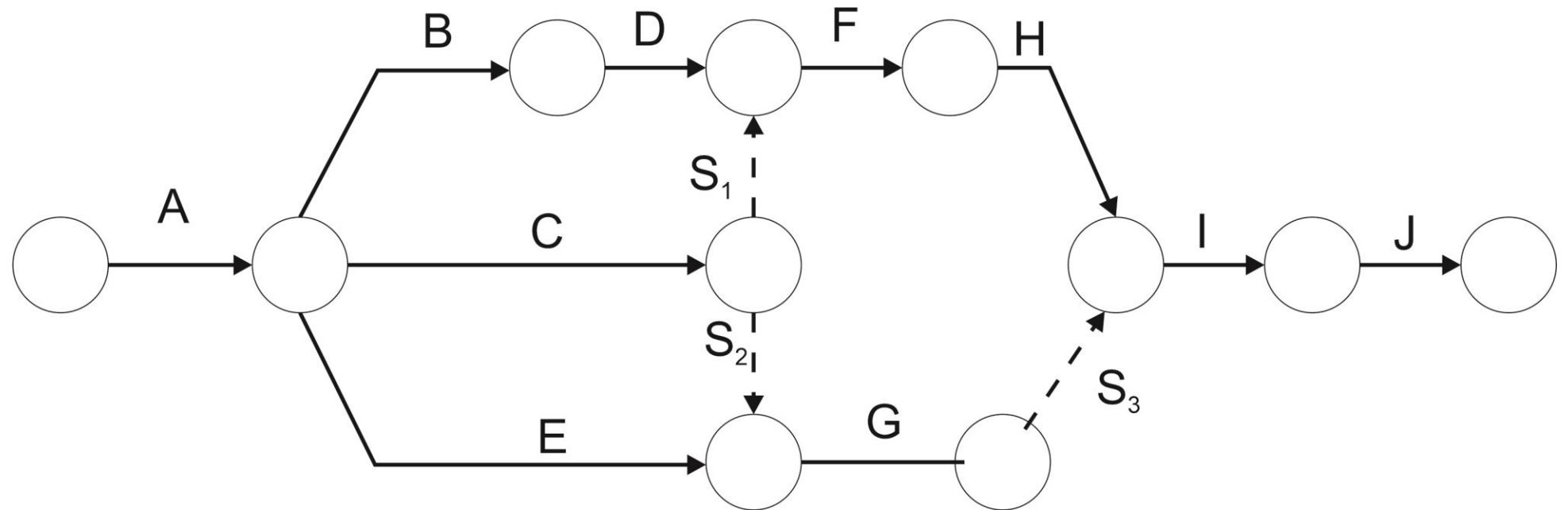
Активност	Претходна активност	Трајање
A	-	5
B	A	8
C	A	4
D	B	6
E	A	5
F	D,C	15
G	C,E	19
H	F	18
I	H,G	14
J	I	11



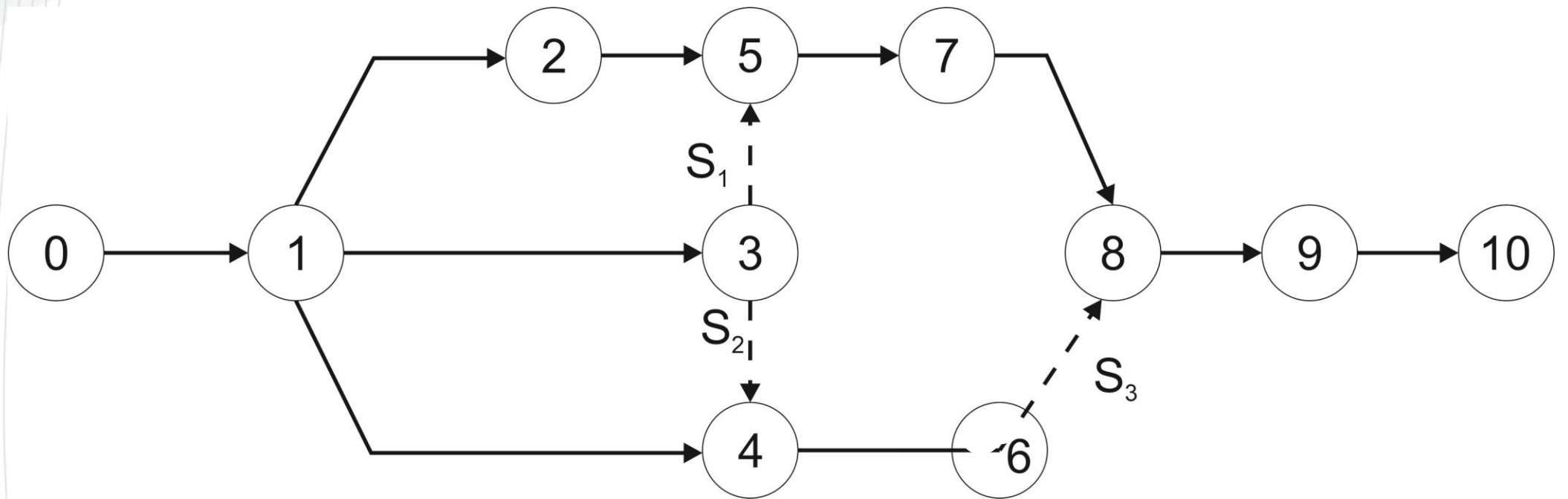
б) Обележавање догађаја – дијаграм 1

За обележавање (нумерисање) догађаја примењује се растуће узастопно нумерисање по Фулкерсоновом правилу (одозго на доле, с лева на десно).

Број догађаја је 10 (почетни догађај је 0, завршни догађај целог пројекта је 9).



Дијаграм 1: Радни дијаграм



Дијаграм 2: Обележавање догађаја

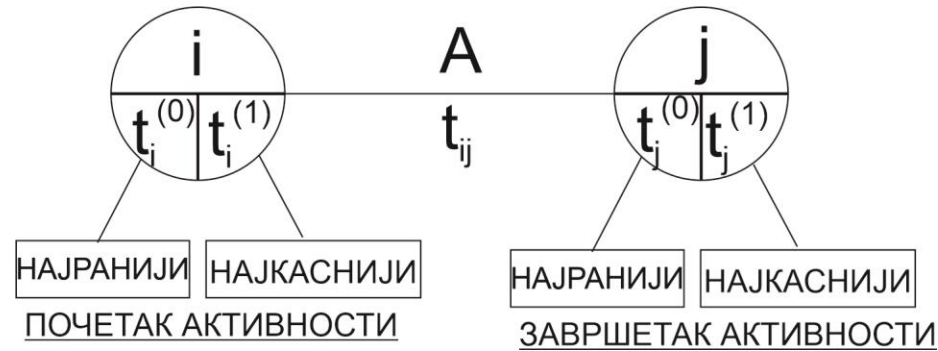


с) Прорачун напред-назад – дијаграм 3

За прорачун напред-назад (прорачун времена) припремамо се на тај начин што круг који је симбол догађаја поделимо најпре на пола, а затим доњу половину круга на још 2 дела, тако да добијемо доњи леви и доњи десни сектор.

У доњи леви сектор круга уписујемо најраније почетке (завршетке) активности, а у доњи десни сектор – најкасније почетке (завршетке) активности.

Шематски, то можемо приказати овако:



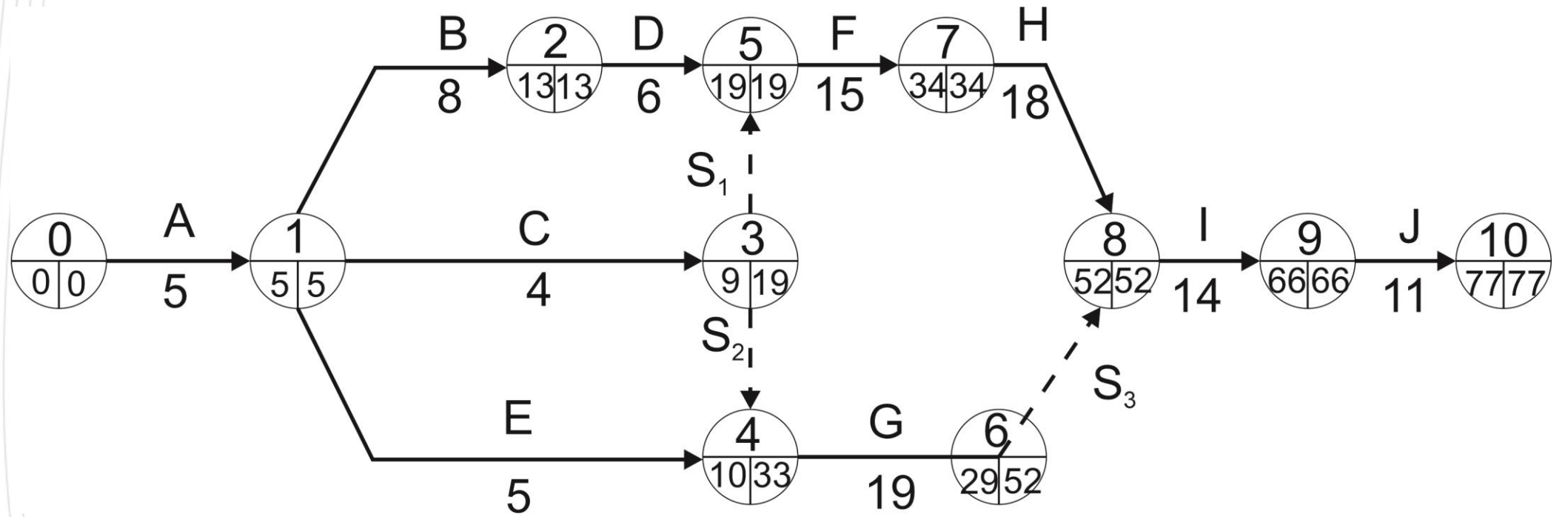
д) Критични пут– дијаграм 4

КРИТИЧНЕ АКТИВНОСТИ су: А,В,Д,Ф,Н,И,Ј.

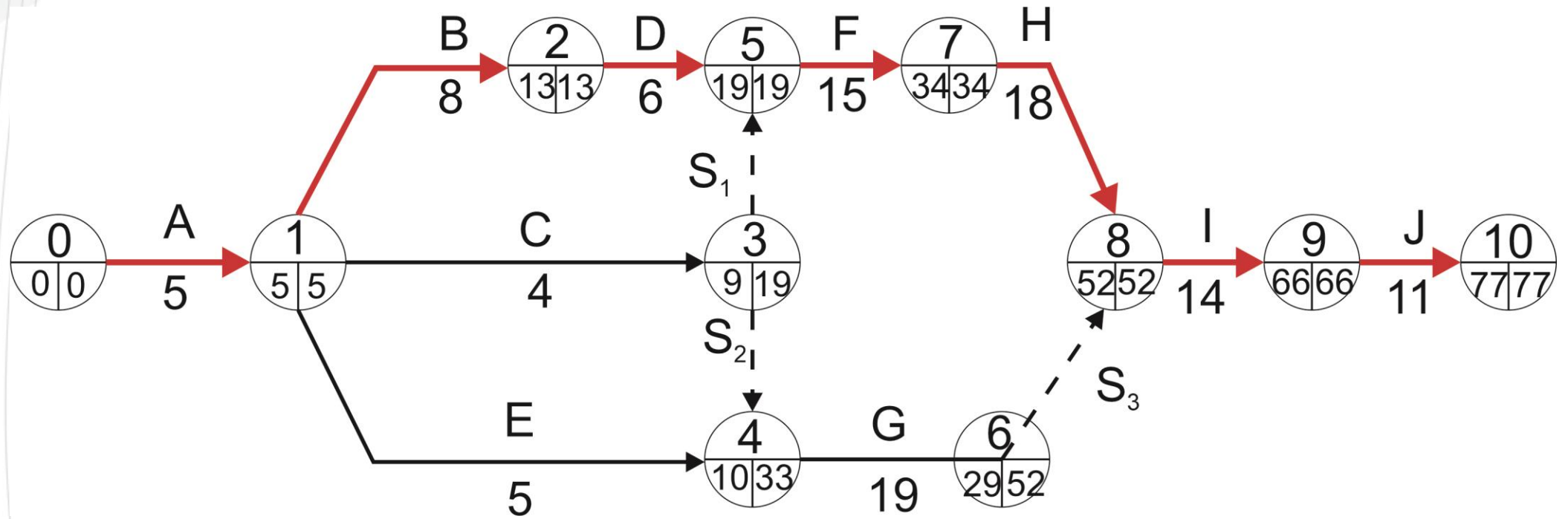
КРИТИЧНИ ПУТ је: А-В-Д-Ф-Н-И-Ј

ДУЖИНА КРИТИЧНОГ ПУТА: $A+B+D+F+H+I+J=5+8+6+15+18+14+11=77$ ВРЕМЕНСКИХ ЈЕДИНИЦА

ЗАКЉУЧАК: РОК ЗАВРШЕТКА ПРОЈЕКТА ЈЕ 77 ДАНА.



Дијаграм 3 - Прорачун напред-назад



Дијаграм 4 – Критичан пут

Алати за управљање пројектима



PM alat (proizvođač)	%
Microsoft Project (Microsoft Corporation)	48,4
Primavera Project Planner (Primavera Systems)	13,8
Microsoft Excel (Microsoft Corporation)	8,5
Project Workbench (Applied Business Technology)	8,1
Time Line (Time Line Solutions)	6,1
SureTrak (Primavera Systems)	5,3