

AT-6 Технолошкост производа, оптимизација технолошког процеса

Проф. др Зоран Миљковић, асист. Милица Петровић, дипл.инж.маш.

Методe одлучивања

Технологичност производа

- **Деф:** „Технологичност производа се у најширем смислу те речи може дефинисати као мера погодности његове израде у одређеном производном систему неким методом обраде (нпр: методом обраде резањем, пластичним деформисањем, неконвенционалним методама, итд.), уз остварење минимума производних трошкова”.
- Технологично решење обезбеђује исправно функционисање производа, са захтеваним степеном поузданости, у предвиђеном веку експлоатације, уз најмање трошкове, најмањи утрошак материјала, **најмањи утрошак енергије** и уз најмање загађивање околине;

Технологичност производа

- Повећање технологичности производа:
 - упрошћавањем облика производа;
 - применом групне технологије;
 - повећањем степена обрадљивости материјала;
 - применом стандардних и типизираних технолошких облика;
 - **оптимизацијом технолошког процеса** (одабир и учење оптималних транспортних токова материјала).
- Показатељи технологичности:
 - геометријски облик;
 - мере и толеранције облика, храпавости итд;
 - врста материјала и његова тврдоћа;
 - величина серије;
 - **погодност израде (време израде)** и уградње (време монтаже).

Пројектовања технолошког процеса (ПТП)

- Деф: Пројектовање технолошког процеса се може дефинисати као систематско одређивање детаљних метода којима се делови или склопови (у случају монтаже) могу произвести економично и конкурентно, од иницијалне фазе (сиров материјал), до завршне фазе (жељени облик).
- **Улаз** за ПТП: пројектни подаци, подаци о сировом материјалу, подаци о обрадном систему, подаци о захтеваном квалитету и подаци о типу производње.
- **Излаз** из ПТП: **технолошки поступак** - редослед одвијања свих активности (операција) потребних да се од полазног материјала (сировине или полуфабриката) обликује готов део (производ).

Пројектовања технолошког процеса (ПТП)

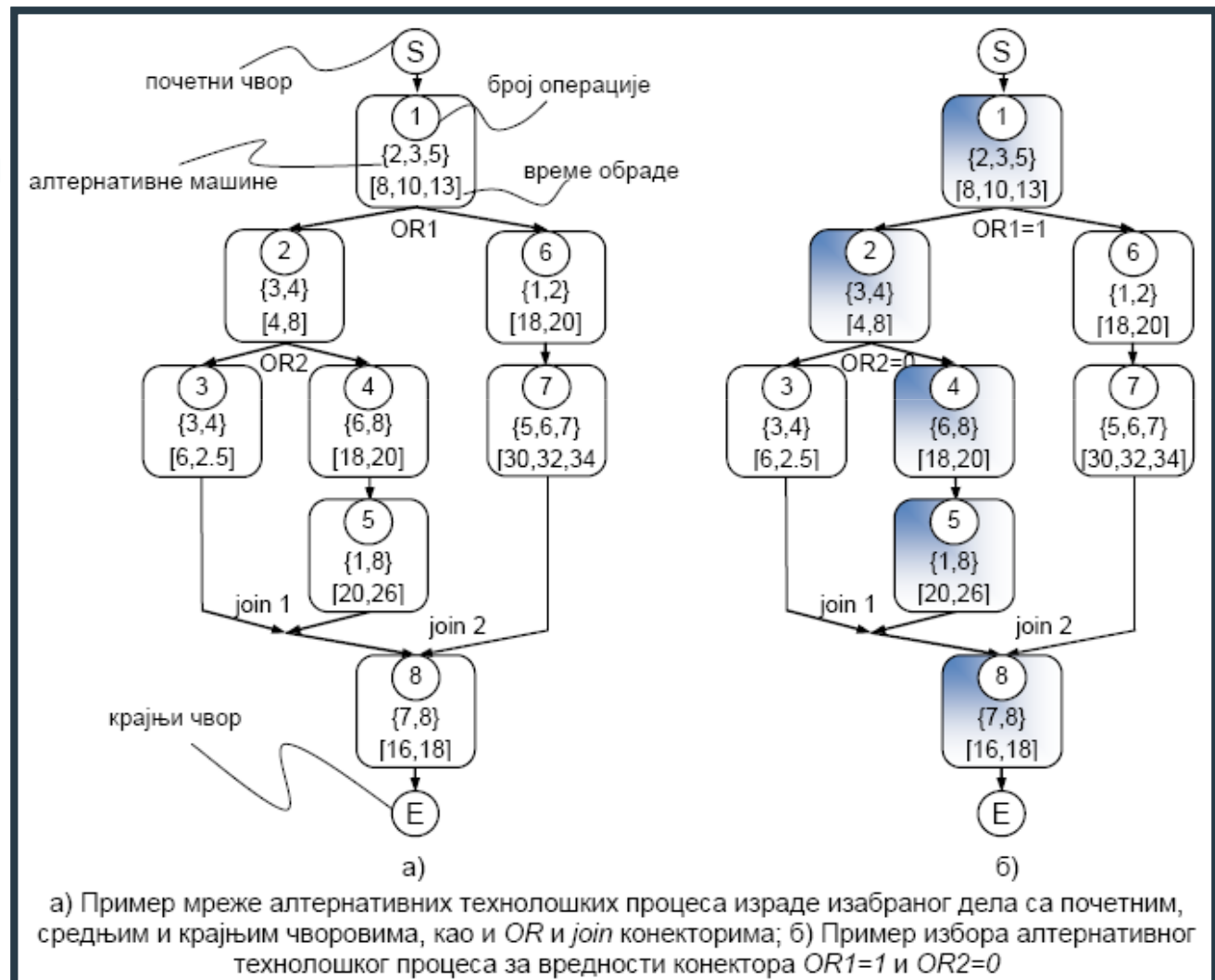
Врсте чворова:

- Почетни чвор
- Средњи чворови
- Крајњи чвор

Врсте

конектора:

- *OR* конектор – почетак алтернативног технолошког процеса
- *join* конектор - завршетак алтернативног технолошког процеса



Математички модел за оптимизацију технолошког процеса

- Производно време: збир времена обраде дела на машини и времена транспорта дела од машине до машине.
- Математички модел производног времена:

$$TP(i) = \sum_{j=1}^{P_{ij}} TW(i, j, k, l) + \sum_{j=1}^{P_{ij}-1} TT(i, l, (j, k_1), (j+1, k_2)), i \in [1, n], j \in [1, P_{ij}],$$

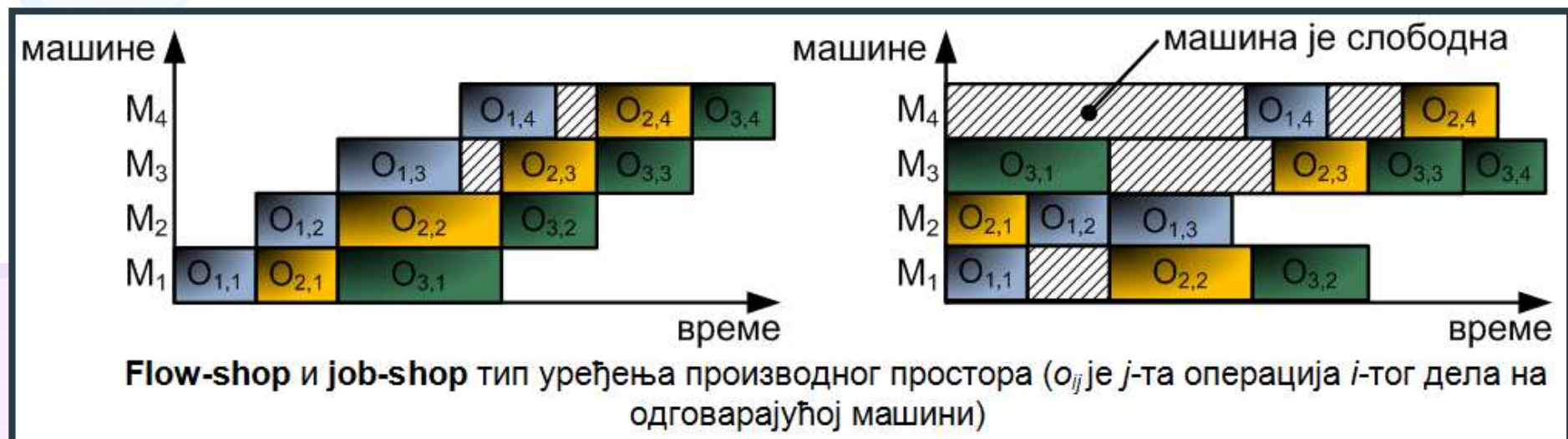
Где је:

$TP(i)$	–	производно време за i -ти део;
$TW(i, j, l, k)$	–	време трајања операције o_{ijl} на k -тој алтернативној машини;
$TT(i, l, (j, k_1), (j+1, k_2))$	–	време транспорта дела i између алтернативних машина k_1 и k_2 ;
n	–	укупан број делова;
o_{ijl}	–	j -та операција l -ог технолошког процеса i -тог дела;
P_{il}	–	број операција l -ог технолошког процеса i -тог дела;
k	–	алтернативне машине за операцију o_{ijl} ;

- Функција циља (функција одлучивања) $f(i)$: $\max f(i) = \frac{1}{TP(i)}$

Анализа транспортних токова материјала

- Два вида уређења производног простора:
 - **flow-shop layout** (репроматеријал, обраци и делови се кроз технолошки систем крећу секвенцијално истим путем);
 - **job-shop layout** (репроматеријал, обраци и делови се кроз технолошки систем крећу и посећују различите машине сходно одабраном алтернатвном технолошком процесу).



Анализа транспортних токова материјала

- Матрица машина M и матрица делова D :

$$M = [m_1 \ m_2 \ \dots \ m_{NM}], \ D = [d_1 \ d_2 \ \dots \ d_{ND}]'$$

- Матрица међузависности делови-машине M_{DM} :

$$M_{DM} = \begin{bmatrix} p_{11} & \dots & p_{1j} & \dots & p_{1NM} \\ \vdots & \ddots & \dots & \dots & \vdots \\ p_{i1} & \dots & p_{ij} & \dots & p_{iNM} \\ \vdots & \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ p_{ND1} & \dots & p_{NDj} & \dots & p_{NDNM} \end{bmatrix}$$

Где је:

M - вектор машина;

D - вектор делова;

MDM - квантитативна матрица међузависности;

ND - број различитих делова које треба обрадити;

NM - број различитих машина у погону;

p_{ij} - елемент матрице MDM који има вредност 1 уколико део посећује машину и вредност 0 уколико део не посећује машину.

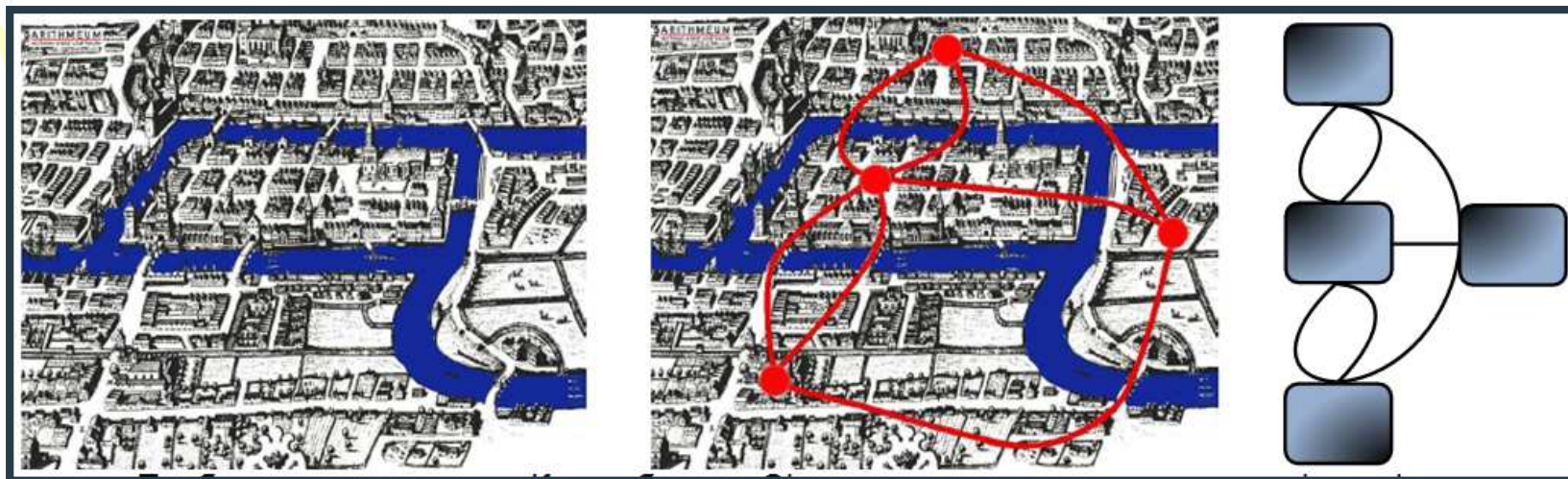
- Матрица времена T_{DM} :

$$T_{DM} = \begin{bmatrix} t_{11} & \dots & t_{1j} & \dots & t_{1NM} \\ \vdots & \ddots & \dots & \dots & \vdots \\ t_{i1} & \dots & t_{ij} & \dots & t_{iNM} \\ \vdots & \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ t_{ND1} & \dots & t_{NDj} & \dots & t_{NDNM} \end{bmatrix}$$

t_{ij} - елемент матрице TDM који има вредност различиту од 0 уколико део посећује машину и вредност 0 уколико део не посећује машину.

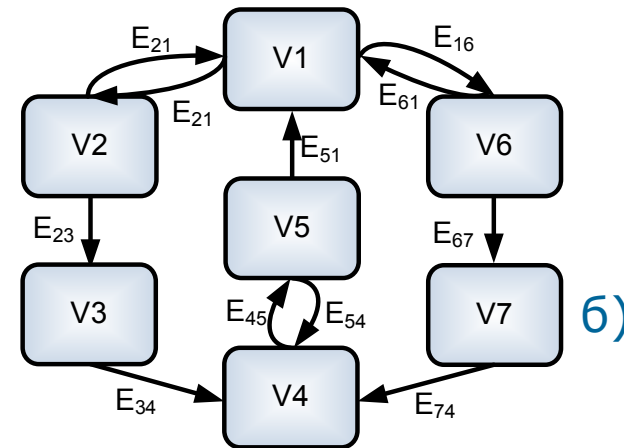
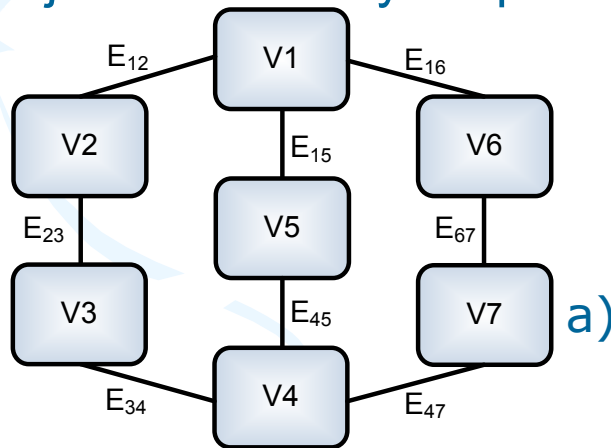
Теорија графова

- Темелје теорије графова поставио је швајцарски математичар и физичар Леонард Ојлер, 1736. године, решавањем легендарног историјског проблема „*Седам мостова Кенигсберга*“. Грађани Кенигсберга често су покушавали да пређу само по једном преко свих мостова у једној шетњи. Питање *“Да ли је могуће прећи преко свих седам мостова тако да се преко сваког моста пређе тачно једанпут”*, постављено је Ојлеру 1736. године. Он је, придруживши свакој обали и острву чворове графа, а гране између њих представивши мостовима, показао да се овакав граф не може нацртати у једном потезу не подижући оловку са папира тј. да је такав обилазак мостова немогућ.



Примена теорије графова у генерисању оптималног технолошког процеса

- Формално, граф се може дефинисати као уређени пар (V, E) , где се елементи скупа V се зову чворови (енг. *vertex, node*), а елементи скупа E гране (енг. *edge*) графа G .
- Уколико је грана E_{ij} , која спаја чворове V_i и V_j графа G , идентична као и грана E_{ji} , која спаја чворове V_j и V_i истог графа, онда је граф G неоријентисан или неусмерен. Ако се, пак, сматра да су те две гране различите, онда је граф G оријентисан или усмерен.

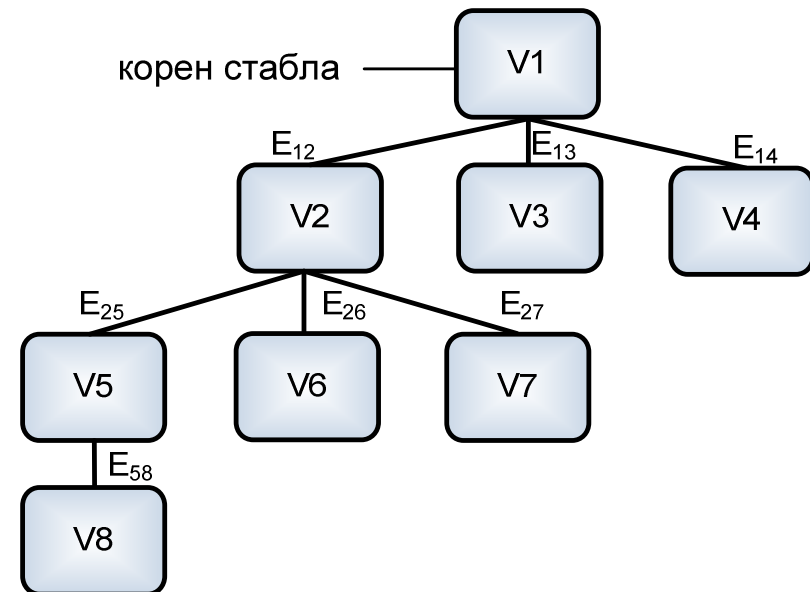


- a) Пример неоријентисаног и симетричног неусмереног графа;
б) Пример оријентисаног и асиметричног усмереног графа.

Примена теорије графова у генерисању оптималних технолошких процеса

- Поред поделе графова на оријентисане и неоријентисане, позната је и подела на следеће типове графова:
 - пут, **стабло**, контура, точак и звезда.

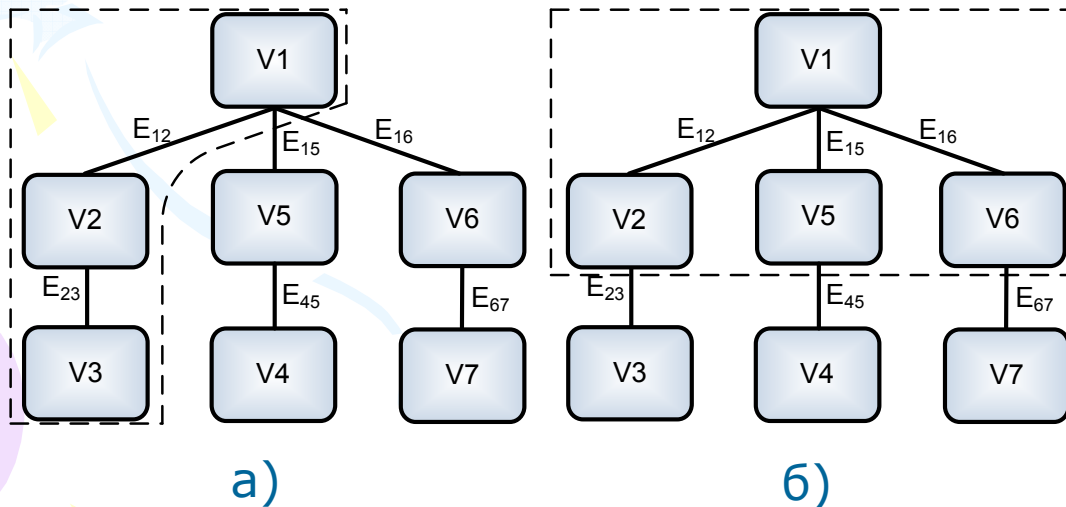
- коренска стабла су посебна категорија стабала код којих је један чвор посебно издвојен и назива се корен стабла.
- стабло или дрво је тип директних, ацикличних графова са специјалним чвором званим корен стабла (енг. *root*).
- Корен је и једини чвор графа који не поседује долазећу грану



Пример усмереног графа типа стабла (дрвета)

Алгоритми претраживања графова

- Подела алгоритама претраживања:
 - **depth-first search** (алгоритам који започиње претраживање дуж једне гране графа, а након завршетка прелази на следећу грану);
 - **breadth-first search** (“похлепни” алгоритам који започиње претраживање чворова на истом нивоу графа).

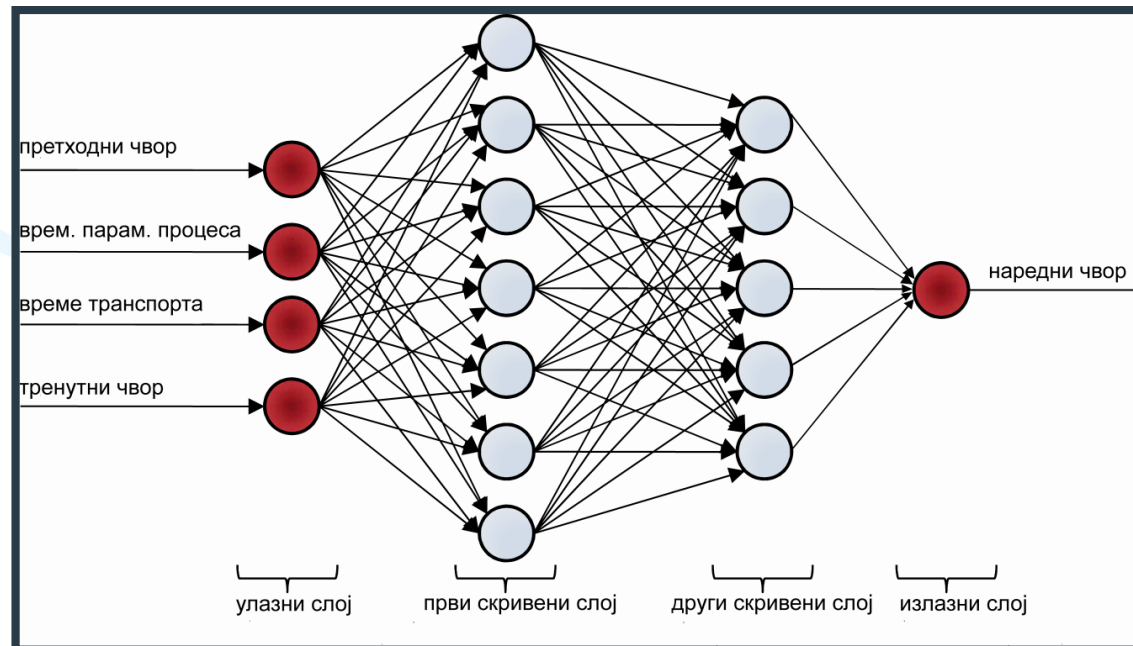


а) *Depth-first search* алгоритам претраживања (редослед претраживања чворова је: $V1 \rightarrow V2 \rightarrow V3$);

б) *breadth-first search* алгоритам претраживања (редослед претраживања чворова је: $V1 \rightarrow V2$; $V1 \rightarrow V5$; $V1 \rightarrow V6$)

Вештачке неуронске мреже у учењу оптималних технолошких процеса

- Дефинисање архитектуре вештачке неуронске мреже:
 - **улазни слој:**
 - Претходни чвор (чвор у ком се робот претходно налазио),
 - временски параметари процеса (укупно време обраде),
 - време транспорта (укупно време кретања робота између машина)
 - Тренутни чвор (чвор у ком се робот тренутно налази).
 - **излазни слој:**
 - наредни чвор путање у који се транспортује део.



Вештачке неуронске мреже у учењу оптималних технолошких процеса

- Прикупљање обучавајућих парова вештачке неуронске мреже: алгоритам за одређивање различитих путања кретања

Алгоритам за одређивање различитих путања кретања у зависности од времена обраде и времена транспорта дела

Старт (почетак)

Улазне величине:

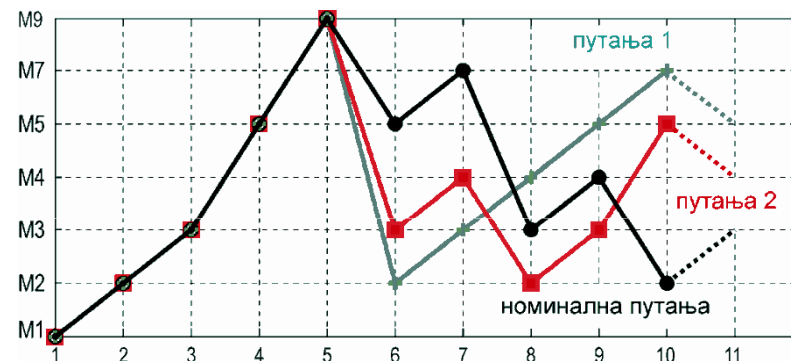
- вектор делова D ; вектор машина M ; матрица зависности делови машине M_{DM} ;
- матрица времена T_{DM} ;

Изразне величине:

- путање кретања у зависности од временских параметара;

- for $j = 1 : n$, где је n број различитих путања
- време обраде = $TW(i,j,l,k) \pm tp(j)$;
време транспорта = $TT(i,l,(j,k_1),(j+1,k_2)) \pm tt(j)$;
- на основу време обраде за репрезентативни део i формирати мрежу технолошких процеса;
- коришћењем теорије графова генерисати оптималан технолошки процес ($max f(i) = 1/TP(i)$);
- путања
- end for

Крај



Где је:

tp - толеранција времена трајања операције;

tt - толеранција времена транспорта дела i од машине k_1 до машине k_2



Хвала на пажњи!



Питања?



: Методе одлучивања:

Технологичност производа, оптимизација
технолошког процеса