


FAKULTETA ZA ORGANIZACIJSKE VEDE KRANJ
 Katedra za proizvodne sisteme
 Tone LJUBIČ
 tone.ljubic@fov.uni-mb.si
 http://www.fov.uni-mb.si/ljubic
**PLANIRANJE
 IN VODENJE
 PROIZVODNJE**
metode, modeli, tehnike
 07 Fino terminsko planiranje - razvrščanje

07.010 NASLOVNICA © Tone Ljubič 01.05



Fino terminsko planiranje / terminiranje / razvrščanje OS = Operations Scheduling

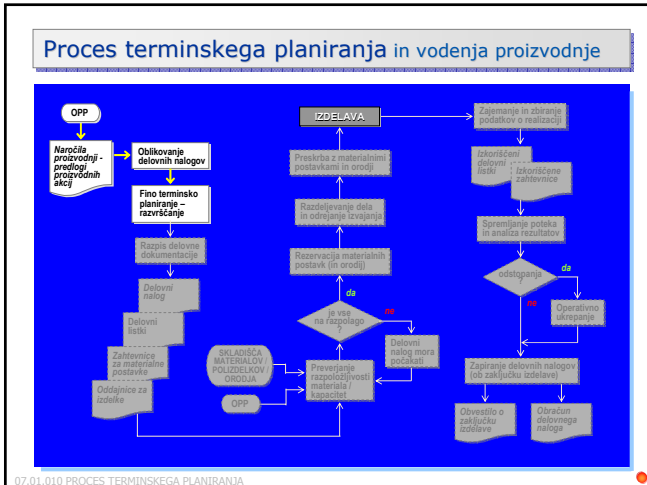
1

Terminski plan je razvrstitev - najpodrobnejši (fini) **plan dela** v proizvodnji za časovno obdobje terminske enote (največkrat tedna); z njim se **ob upoštevanju omejitev na dan** (ali izmeno) **in uro** natančno določi **razpored dela** oziroma zaporedje izvajanja operacij po posameznih **delovnih mestih**.

Za vsako delovno mesto se ugotovi:

- kateri obdelovanci (kateri delovni nalogi / operacije na delovnih nalogih) se bodo na njem obdelovali v naslednji terminski enoti,
- koliko časa bodo trajale te obdelave,
- roke (termine) začetka in
- roke zaključka posameznih obdelav oziroma operacij ter
- roke prehodov med operacijami.

07.030 POSTOPEK TERMINIRANJA 1.



Kdo je zadolžen za fino terminsko planiranje / terminiranje / razvrščanje ?

- služba operativnega planiranja in priprave proizvodnje ali neposredni operativni vodje proizvodnje (mojstri, delovodje, obratovodje ..)

Kako pogosto ?

- drsno, najpogosteje tedensko ali štirinajstdnevno
- plansko obdobje obsega največkrat štiri tedne (mesec) s fiksnim obdobjem enega tedna, pripravljanim obdobjem tudi enega tedna in orientacijskim obdobjem dveh tednov

Kako natančno ?

- povsem natančno
- povsem podrobno (detajlirano)

Koliko zanesljivo ?

- zelo – verjetnost preko 95%
- odstopanja samo v primeru višje sile.

07.040 KDO/KAKO TERMINIRA

Fino terminsko planiranje / terminiranje / razvrščanje OS = Operations Scheduling

2

V finem terminskem planu je treba v čas **razvrstiti enakovredne delovne operacije**, to je take, za katere so potrebni

- enaka delovna sredstva (stroji in naprave, orodja) in
- enaka delovna sila (vrsta živega dela),

ob upoštevanju

- **strukture izdelkov** (strukturnih povezav),
- **zaporedja obdelav** (operacij) pri izdelavi komponent in
- **časa trajanja** posameznih obdelav (operacij)

in omejitvah

- tehnoloških in časovnih **povezav** operacij,
- zahtevanih **rokov** za predajo izdelanega in
- **razpoložljivih kapacitet** oziroma zasedbe kapacitet.

07.050 POSTOPEK TERMINIRANJA 2

Fino terminsko planiranje / terminiranje / razvrščanje

OS = Operations Scheduling

3

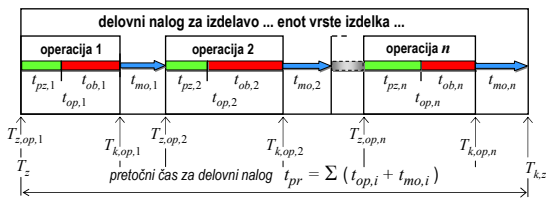
Pri terminskem planiranju naletimo na

- **statične probleme**, ki obravnavajo fiksno število **delovnih nalogov** z eno ali malo delovnimi operacijami (med katerimi obdelovanci **ne morejo čakati**), ki so bili lansirani istočasno in čakajo na realizacijo; to je primer npr. v kontinuirani proizvodnji s procesnim rasporedom in v (veliko)serijski proizvodnji z linijskim rasporedom opreme, in
- **dinamične probleme**, ko je treba razporejati **operacije** na delovnih nalogih (med njimi obdelovanci **lahko čakajo**), ki stalno prihajajo (se lansirajo) in odhajajo (se zaključujejo); to je primer zlasti v enkratni in serijski proizvodnji z delavniškimi rasporedom opreme.

07.060 STATIČNI/DINAMIČNI PROBLEMI

Delovni nalog (izdelavni nalog, proizvodni nalog)

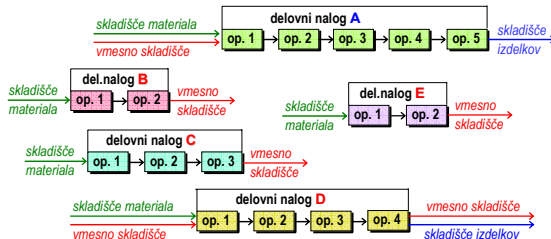
- Delovni nalog je
 - naročilo - ukaz proizvodnji, da ob določenem roku začetka
 - v določenem (pretočnem) času,
 - z zahtevanim rokom zaključka (dobavnim rokom)
 - izdelava neke količine neke vrste izdelka.
- Sestavljajo ga operacijski nalogi za izvedbo posameznih operacij;
- vsaka operacija se izvaja na nekem delovnem mestu



07.02.010 DELOVNI NALOG

Delovni nalog

- Delovni nalogi so **prosti**, kadar med večimi nalogi ni povezav in se njihovi rezultati odlagajo neposredno v skladišče končnih izdelkov ali v vmesno skladišče (skladišče polizdelkov) neodvisno od drugih delovnih nalogov:

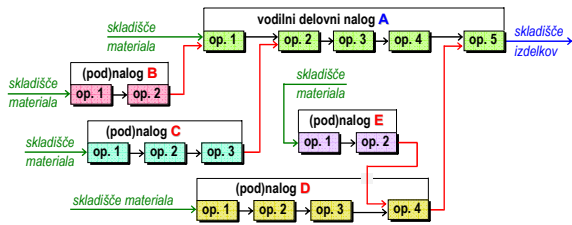


- Prosti delovni nalogi se lahko razvrščajo svobodno, le glede na zahtevane roke.

07.02.020 PROSTI DELOVNI NALOGI

Delovni nalog

- Pri **povezanih** (vezanih) delovnih nalogih pa se rezultati nekega delovnega naloga vgrajujejo neposredno v druge (nadrejene, vodilne) delovne naloge in le izjemoma predajajo v vmesna skladišča (skladišča polizdelkov).



- Pri razvrščanju vezanih delovnih nalogov je treba roke podrejeni strukturnim povezavam.

07.02.030 VEZANI DELOVNI NALOGI

Statični problemi razvrščanja

Ob začetku terminske enote (tedna, meseca) pride v proizvodnjo **sveženj delovnih nalogov**, ki jih je treba v zavedni terminski enoti izvesti na nekem stroju (postrojenju); zaporedje došlih nalogov je naključno:



Stroj lahko **hkrati** izvaja le **en delovni nalog**; pred njim tako nastane **čakajoča vrsta** ('queue') nalogov.

Vprašanje: **kako razporediti** - v kakšnem zaporedju izvajati te delovne naloge, da bo npr. zasedenost kapacitet čim bolj enakomerna, čim manj mrtvih časov med menjavo delovnih nalogov (ali da bo zadovoljeno kakemu drugemu kriteriju) ?



07.070 STATIČNI PROBLEMI

Statični problemi razvrščanja

4

Nekaj metod reševanja statičnih problemov:

- heuristična **pravila razvrščanja**, npr.
 - zaporedje prihajanja (**FCFS**),
 - najkrajši / najdaljši pretočni čas (**SPT / LPT**),
 - najzgodnejši rok izgotovitve (**EDD**),
 - najmanj zaostajanja (**Moore-Hodgesonov algoritem**),
 - najkrajši čas / najmanjši stroški preurejanja (**SST / LSC**),
 - kritično razmerje (**CRR**)
- **linearno programiranje** (optimiranje pretoka skozi proizvodnjo brez upoštevanja časa),
- **Johnsonov algoritem** (proces s dvema operacijama / procesi s tremi operacijami),
- **metoda pomembnih razlik** (izbor optimalnega delovnega mesta, če se delovni nalog lahko izvaja na različnih strojih - delovnih mestih) ...

07.080 REŠEVANJE STATIČNIH PROBLEMOV

Statični problemi razvrščanja

Pravilo zaporedja prihajanja (FCFS = First Come – First Served)
 posebej ne razporedi delovne naloge, pač pa jih pusti v naključnem zaporedju, kot so prišli v proizvodnjo:

delovni nalog	A	B	C	D	E
pretočni čas $t_{pr,i}$	5	3	2	6	1
zahtevani rok izgotovitve $T_{k,i}$	6	15	7	9	5

Zamuda - razlika med planiranim in zahtevanim rokom izgotovitve; negativna zamuda je prohitavanje

delovni nalog	zap. št. i	pretočni čas $t_{pr,i}$	zahtevani rok izgotovitve $T_{k,i}$	planirani rok začetka $T_{zp,i}$	planirani rok izgotovitve $T_{kp,i}$	zamuda l_i	čas čakanja v vrsti v_i
A	1	5	6	0	5	-1	0
B	2	3	15	5	8	-7	5
C	3	2	7	8	10	3	8
D	4	6	9	10	16	7	10
E	5	1	5	16	17	12	16

Skupni proizvodni interval za vse delovne naloge je za vse primere enak, zaporedje pa ni optimalno.

07.03.010 ZAPOREDJE PRIHAJANJA

Statični problemi razvrščanja

Pravilo najkrajšega pretočnega časa (SPT = Shortest Processing Time)
 razporedi delovne naloge v zaporedje (čakajočo vrsto) po rastočem pretočnem času:

delovni nalog	A	B	C	D	E
pretočni čas $t_{pr,i}$	5	3	2	6	1
zahtevani rok izgotovitve $T_{k,i}$	6	15	7	9	5

Zaostajanje - razlika med zahtevanim in planiranim rokom izgotovitve; je vedno pozitivno

delovni nalog	zap. št. i	pretočni čas $t_{pr,i}$	zahtevani rok izgotovitve $T_{k,i}$	planirani rok začetka $T_{zp,i}$	planirani rok izgotovitve $T_{kp,i}$	zamuda l_i	čas čakanja v vrsti v_i
E	1	1	5	0	1	-4	0
C	2	2	7	1	3	-4	1
B	3	3	5	3	6	-9	3
A	4	5	6	6	11	5	6
D	5	6	9	11	17	8	11

Minimira se povprečni čas čakanja delovnih nalogov v vrsti ter povprečno zaostajanje.

07.04.010 NAIKRAJŠI PRETOČNI ČAS

Statični problemi razvrščanja

Pravilo najdaljšega pretočnega časa (LPT = Longest Processing Time)
 razporedi delovne naloge v zaporedje (čakajočo vrsto) po padajočem pretočnem času:

delovni nalog	A	B	C	D	E
pretočni čas $t_{pr,i}$	5	3	2	6	1
zahtevani rok izgotovitve $T_{k,i}$	6	15	7	9	5

delovni nalog	zap. št. i	pretočni čas $t_{pr,i}$	zahtevani rok izgotovitve $T_{k,i}$	planirani rok začetka $T_{zp,i}$	planirani rok izgotovitve $T_{kp,i}$	zamuda l_i	čas čakanja v vrsti v_i
D	1	6	9	0	6	-3	0
A	2	5	6	6	11	5	6
B	3	3	5	11	14	9	11
C	4	2	7	14	16	9	14
E	5	1	5	16	17	12	16

Prišlo bo do velikih zamud. Pravilo ni smotno - razen, če se (po času trajanja) dolgim delovnim nalogom želi dati prednost.

07.05.010 NAIKRAJŠI PRETOČNI ČAS

Statični problemi razvrščanja

Pravilo najzgodnejšega roka izgotovitve (EDD = Earliest Due Date)
 razporedi delovne naloge v zaporedje glede na njihove zahtevane roke izgotovitve (dobavne roke):

delovni nalog		A	B	C	D	E
pretočni čas $t_{pr,i}$		5	3	2	6	1
zahtevani rok izgotovitve $T_{z,k,i}$		6	15	7	9	5

delovni nalog	zap. št. i	pretočni čas $t_{pr,i}$	zahtevani rok izgotovitve $T_{z,k,i}$	planirani rok začetka $T_{zp,i}$	planirani rok izgotovitve $T_{kp,i}$	zamuda l_i	čas čakanja v vrsti v_i
E	1	1	5	0	1	-4	0
A	2	5	6	1	6	0	1
C	3	2	7	6	8	1	6
D	4	6	9	8	14	5	8
B	5	3	15	14	17	2	14

Minimira se zamujanje in zaostajanje.

07.06.010 NAJZGODNEJŠI ROK IZGOTOVITVE

Statični problemi razvrščanja

Moore-Hodgesonov algoritem - **pravilo najmanjšega števila delovnih nalogov z zaostajanjem**:

07.07.010 MOORE-HODGESON

Razporejanje po Moore-Hodgesonovem algoritmu:

delovni nalog		A	B	C	D	E
pretočni čas $t_{pr,i}$		5	3	2	6	1
zahtevani rok izgotovitve $T_{z,k,i}$		6	15	7	9	5

skupni proizvodni interval = 17 dni
današnji dan $T_o = 0$

		vrsta delovnih nalogov N					vrsta P
delovni nalog		E	A	C	D	B	
pretočni čas $t_{pr,i}$		1	5	2	6	3	

		vrsta delovnih nalogov N				vrsta P
delovni nalog		E	C	D	B	A
pretočni čas $t_{pr,i}$		1	2	6	3	5

		vrsta delovnih nalogov N					vrsta P
delovni nalog		E	C	D	B	A	
pretočni čas $t_{pr,i}$		1	2	6	3	5	
planirani rok zahtevani ro zaostajanje		1	3	9	12	17	
pretočni čas $t_{pr,i}$		5	7	9	15	6	
zaostajanje v_i		0	0	0	0	11	

07.07.020 PRIMER MOORE-HODGESON

Razporejanje po Moore-Hodgesonovem algoritmu:

Če med nalogi v vrsti N nobeden več ne zaostaja, je razpored optimalen. Naloge iz vrste P vrnemo na konec vrste N in še zanje preračunamo roke izgotovitve.

skupni proizvodni interval = 17 dni
današnji dan $T_0 = 0$

delovni nalog	B	C	D	E
pretočni čas $t_{pr,i}$	3	2	6	1
zahtevani roki V_i	15	7	9	5

vrsta delovnih nalogov **N** vrsta **P**

delovni nalog	A	C	D	B
pretočni čas $t_{pr,i}$	5	2	6	3

vrsta delovnih nalogov **N** vrsta **P**

Delovne naloge razporedimo v vrsto N po pravilu najzgodnejšega roka izgotovitve

Ugotovimo prvi delovni nalog, ki zaostaja, nalog z najdaljšim pretočnim časom izpred naloga, ki zaostaja, prenesemo v vrsto P; za preostale naloge v vrsti N preračunamo roke izgotovitve

delovni nalog	E	C	D	B	A
pretočni čas $t_{pr,i}$	1	2	6	3	5
planirani rok zahtevani roki V_i	1	2	6	3	5

Rezultat: prišli smo do razporeda, ko zaostaja (prehiteva ali so izgotovljeni ob zahtevanem roku) najmanj nalogov - vendar eden ali nekaj od njih zaostaja (zamuja) veliko

delovni nalog	vrsta	roki V_i			
A	2	6	3	5	
B	1	3	9	12	17
C	5	7	9	15	6
D	0	0	0	0	11

07.07.020 PRIMER MOORE-HODGESON

Statični problemi razvrščanja

Pravilo najkrajšega časa / najmanjših stroškov preurejanja ("Branch-and-Bound")

Zaporedje delovnih nalogov naj bo tako, da bo skupni čas preurejanja delovnega mesta med dvema delovnima nalogoma najkrajši in s tem tudi stroški preurejanja najmanjši. To se naredi lahko intuitivno, heuristično, lahko pa se analitično določi po metodi Branch-and-Bound (razvejaj in omeji).

$$f = \sum_n t_{ur,i-1,i} + t_{pr,i} \rightarrow \min$$

$$u = \sum_n t_{ur,i-1,i} \rightarrow \min$$

f = skupni čas, potreben za izvedbo j delovnih nalogov,
 i = zaporedna številka delovnega naloga v vrsti, $i = 1..n$,
 $t_{ur,i-1,i}$ = čas, potreben za preureditev delovnega mesta z delovnega naloga $i-1$ za izvajanje delovnega naloga i ,
 $t_{pr,i}$ = pretočni čas za delovni nalog i ,
 u = skupni čas za preurejanje delovnega mesta za izvedbo j delovnih nalogov.

07.08.010 NAIKRAJŠI ČAS PREUREJANJA 1.

Statični problemi razvrščanja

Pravilo najkrajšega časa / najmanjših stroškov preurejanja ("Branch-and-Bound")

PREHOD: z delovnega naloga		na delovni nalog				
		A	B	C	D	E
A	0	∞	8	2	3	1
B	1	5	∞	7	4	10
C	2	7	4	∞	8	9
D	3	2	8	3	∞	6
E	4	2	7	5	2	∞

Optimalno zaporedje delovnih nalogov je **0 - 4 - 3 - 2 - 1** oziroma **A, E, D, C, B**

VSE REŠITVE

07.08.020 NAIKRAJŠI ČAS PREUREJANJA 2.

Statični problemi razvrščanja

Pravilo najmanjšega kritičnega razmerja CRR = Critical Ratio Rule)

Ohlapnost in kritično razmerje:

$$sl = (T_k - T_o) - t_{pr}$$

$$cr = \frac{T_k - T_o}{t_{pr,p}}$$

sl = ohlapnost ('slack'),
 cr = kritično razmerje ('critical ratio'),
 T_o = današnji dan (termin – datum planskega računa),
 T_k = zahtevani dobavni rok (končni termin) delovnega naloga,
 t_{pr} = pretočni čas za izvedbo delovnega naloga,
 $t_{pr,p}$ = preostali pretočni čas za delovni nalog (na začetku je enak pretočnemu času).

- Ohlapnost pove, koliko časa je še na razpolago za izvedbo delovnega naloga,
- kritično razmerje pa:
 - $cr > 1 \rightarrow$ delovni nalog prehiteva plan,
 - $cr = 1 \rightarrow$ delovni nalog se realizira točno po planu,
 - $cr < 1 \rightarrow$ delovni nalog zamuja (kasni).
- Delovne naloge uredimo v zaporedje po rastočem kritičnem razmerju.

07.09.010 KRITIČNO RAZMERJE

PRIMER RAZPOREJANJA PO PRAVILU NAJMANJŠEGA KRITIČNEGA RAZMERJA

delovni nalog	A	B	C	D	E
pretočni čas $t_{pr,i}$	5	3	2	6	1
zahtevani rok izgotovitve $T_{k,i}$	6	15	7	9	5
ohlapnost sl	0	11	4	2	3
kritično razmerje cr	1,00	4,67	3,00	1,33	4,00

Današnji dan (datum računa) = 1

delovni nalog	zap. izv.	kritično razmerje cr	ohlapnost sl	pretočni čas $t_{pr,i}$	zahtevani rok izgotovitve $T_{k,i}$	planirani rok začetka $T_{zp,i}$	planirani rok izgotovitve $T_{kp,i}$	zamuda l_i
A	1	1,00	0	5	6	0	5	-1
D	2	1,33	2	6	9	5	11	2
C	3	3,00	4	2	7	11	13	6
E	4	4,00	3	1	5	13	14	9
B	5	4,67	11	3	15	14	17	2

En delovni nalog nekoliko prehiteva, ostali širje precej zaostajajo. Povprečna zamuda je 4,75 delovnega dneva.

07.09.020 PRIMER KRITIČNEGA RAZMERJA

PRIMER RAZPOREJANJA PO PRAVILU NAJMANJŠEGA KRITIČNEGA RAZMERJA

delovni nalog	A	B	C	D	E
pretočni čas $t_{pr,i}$	5	3	2	6	1
zahtevani rok izgotovitve $T_{k,i}$	6	15	7	9	5
ohlapnost sl	0	11	4	2	3
kritično razmerje cr	1,00	4,67	3,00	1,33	4,00

Današnji dan (datum računa) = 1

delovni nalog	zap. izv.	kritično razmerje cr	ohlapnost sl	pretočni čas $t_{pr,i}$	zahtevani rok izgotovitve $T_{k,i}$	planirani rok začetka $T_{zp,i}$	planirani rok izgotovitve $T_{kp,i}$	zamuda l_i
A	1	1,00	0	5	6	0	5	-1
D	2	1,33	2	6	9	5	11	2
C	3	3,00	4	2	7	11	13	6
E	4	4,00	3	1	5	13	14	9
B	5	4,67	11	3	15	14	17	2

En delovni nalog nekoliko prehiteva, ostali širje precej zaostajajo. Povprečna zamuda je 4,75 delovnega dneva.

07.09.020 PRIMER KRITIČNEGA RAZMERJA

Statični problemi razvrščanja

Johnsonov algoritem za razporejanje (terminsko planiranje) operacij v procesih z dvema operacijama

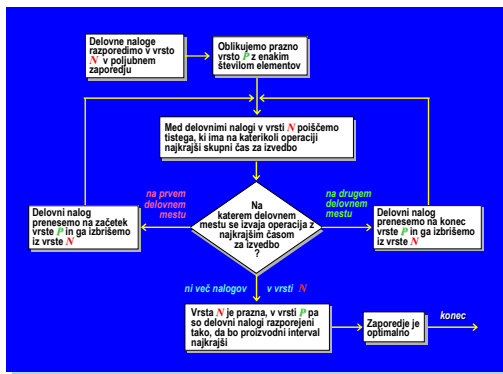
- Johnsonov algoritem želi delovne naloge z le **dvema zaporednima operacijama**, ki se vedno izvajata na istih dveh zaporednih delovnih mestih (druga operacija se ne more začeti izvajati, dokler ni končana prva operacija, med njima obdelovanci lahko čakajo), razvrstiti v **zaporedje** tako, da bo **proizvodni interval** (skupni čas za realizacijo vseh nalogov) **čim krajši**, **proizvodne kapacitete** pa **čim bolj zasedene** (tudi brez vmesnih mrtvih časov, ko med posameznimi operacijami niso zasedene).

Johnsonov algoritem je v načelu univerzalen, v praksi pa se uporablja tudi varianta za terminiranje procesov s tremi operacijami.

07.10.010 JOHNSONOV ALGORITEM - OPIS

Statični problemi razvrščanja

Johnsonov algoritem za terminiranje procesov z dvema operacijama

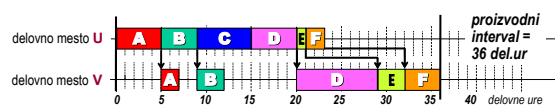


07.10.020 JOHNSON - DIAGRAM POTEKA

PRIMER RAZPOREJANJA PROCESOV Z DVEMA OPERACIJAMA Z JOHNSONOVIM ALGORITMOM

V proizvodnjo je na začetku tedna lansiranih 6 delovnih nalogov (A do F) s po dvema operacijama, ki se izvajata vedno v enakem zaporedju in na istih strojih (delovnih mestih) U in V. Med operacijama obdelovanci lahko čakajo. Kako razporediti - določiti zaporedje izvajanja teh delovnih nalogov?

delovni nalog	vrsta delovnih nalogov N					
	A	B	C	D	E	F
skupni pretočni čas $t_{pr,i}$	7	7	6	14	4	6
čas prve operacije $t_{op,1}$ na del.m. U	5	4	6	5	1	2
čas druge operacije $t_{op,2}$ na del.m. V	2	3	0	9	3	4



07.10.030 PRIMER JOHNSON 1

PRIMER RAZPOREJANJA PROCESOV Z DVEMA OPERACIJAMA Z JOHNSONOVIM ALGORITMOM

Optimiran raspored:

delovni nalog	vrsta delovnih nalogov <i>N</i>					
	A	B	C	D	E	F
skupni pretočni čas $t_{pr,i}$	7	7	6	14	4	6
čas prve operacije $t_{op,1}$ na del.m. U	5	4	6	5	1	2
čas druge operacije $t_{op,2}$ na del.m. V	2	3	0	9	3	4

delovni nalog	vrsta delovnih nalogov <i>P</i>					
	E	F	D	B	A	C
skupni pretočni čas $t_{pr,i}$	4	6	14	7	7	6
čas prve operacije $t_{op,1}$ na del.m. U	1	2	5	4	5	6
čas druge operacije $t_{op,2}$ na del.m. V	3	4	9	3	2	0

delovno mesto **U** | E | D | B | A | C |
 delovno mesto **V** | E | F | D | B | A |
 proizvodni interval = 23 delovnih ur

07.10.040 PRIMER JOHNSON 2

Fino terminsko planiranje / terminiranje / razvrščanje OS = Operations Scheduling

5

Dinamični problemi razvrščanja
 Nepretrgoma prihajajo v proizvodnjo operacije na delovnih nalogih, ki jih je treba izvesti na posameznih strojih :

Stroji pa lahko hkrati izvajajo le eno operacijo; če se zgodi, da bi morali ob istem času izvesti več operacij na več različnih delovnih nalogih, nastane čakajoča vrsta operacij; tako delovno mesto je ozko grlo ("bottleneck") in omejuje pretočnost proizvodnje.

07.090 DINAMIČNI PROBLEMI 1.

Fino terminsko planiranje / terminiranje / razvrščanje OS = Operations Scheduling

6

Dinamični problemi razvrščanja
 Vprašanje je podobno, kot pri statičnih problemih:

- v kakšnem zaporedju izvajati operacije (ne delovne naloge!), ki čakajo pred stroji, da bo pretok skozi proizvodnjo čim bolj kontinuiran in skupni izdelavni čas čim krajši ?
- zaporedje v čakajoči vrsti se stalno spreminja !

Metode reševanja dinamičnih problemov:

- prioritetna pravila**, npr.
 - eksterna (statična) prioriteta
 - interna (dinamična) prioriteta
 - heuristična
 - analitična
- Heller-Logemannov algoritem** – modifikacija mrežnega (projektnege) planiranja

07.100 DINAMIČNI PROBLEMI 2

Dinamični problemi razvrščanja

Prioritetna pravila

Prioriteta določa mesto operacije v vrsti pred delovnim mestom čakajočih operacij;

- čim večja je, večjo prednost ima delovni nalog (oziroma operacije na njem) pri zasedanju kapacitet.

Eksterna prioriteta je dodeljena vodilnemu delovnemu nalogu (za izdelavo končnega izdelka) in se prenaša na vse (pod)naloge (za izdelavo sestavnih delov) ter operacije:

- dodeljuje jo naročnik (prodaja),
- je **statična** - enkrat dodeljena eksterna prioriteta se načeloma s časom ne spreminja,
- eksterno prioriteto je treba uporabljati zelo previdno in čim manj, saj praviloma **podre optimalno zaporedje dela**,
- skupni izdelavni čas skupine delovnih nalogov se verjetno podaljša na račun (morda) enega samega naloga, ki se mu pretočni čas (morebiti) res skrajša.

07.11.010 PRIORITETNA PRAVILA 1.

Dinamični problemi razvrščanja

Prioritetna pravila

Interna prioriteta je dinamična, nanaša se le na operacije; določa se jo sproti na osnovi raznih kriterijev, na primer:

- (operacija dobi: ↗ - višjo prioriteto / ↘ - nižjo prioriteto)
- **zakasnitev** - čim dlje operacija že čaka na izvedbo, ↗
 - **trajanje operacije** - krajše operacije imajo večjo prioriteto ↗
 - **obremenitev** delovnega mesta, kjer se izvaja naslednja operacija - večja obremenitev znižuje prioriteto ↘
 - **višina stroškov** do zadnje že izvedene operacije na delovnem nalogu - večji stroški pomenijo večjo prioriteto ↗
 - **število preostalih operacij** - več ko je še operacij za izvedbo na delovnem nalogu, nižja je prioriteta te operacije ↘
 - operacije, kjer je potrebna **redukcija prehodnega časa**, ↗
 - **nivo komponente v strukturi** - komponente na nižji stopnji vgradnje ↗ (če se obdelujejo na istem delovnem mestu);
 - operacije, ki se lahko izvajajo na večih strojih (**razvejanje**) ↗ ...

07.11.020 PRIORITETNA PRAVILA 2.

Dinamični problemi razvrščanja

Prioritetna pravila

Prioritete se običajno glede na možno število pred strojem čakajočih operacij številčijo od 0 (najnižja prioriteta - na koncu čakajoče vrste) do 99 ali 999 (najvišja prioriteta - na začetku vrste, operacija je prva na vrsti za izvedbo).

Posebne - **najvišje prioritete** pa imajo operacije:

- 99 / 999 - operacije, ki so že **v izvajanju** (**delo, ki se ravnokar izvaja, se nikdar ne prekinja**),
- 98 / 998 - ki so sicer bile **planirane**, a iz kateregakoli vzroka **niso bile realizirane** (višja sila - okvare strojev, pomanjkanje materiala, odsotnost delavcev...),
- 97 / 997 - operacije, ki jim **sledijo operacije na istem delovnem mestu** (ker se obravnavajo kot ena operacija),
- 96 / 996 - operacije, ki se **izvajajo 100% prekrito** (vzporedno - tekoči trak, linijska proizvodnja).

07.11.030 PRIORITETNA PRAVILA 3.

Dinamični problemi razvrščanja

Heuristično določanje interne prioritete

Kadar ni na razpolago podatkov za celoten izračun prioritete, pa tudi pri motnjah (zastojih) v proizvodnem procesu, ko je treba ukrepati hitro, se lahko uporabi poenostavljeno določanje interne prioritete, ki uporablja le tri kriterije: pretočni čas delovnih nalogov, zamudo in predračunsko vrednost delovnih nalogov.

$$\text{prioriteta} = (\text{točke}_{\text{za pretočni čas}} \times \text{točke}_{\text{za vrednost}}) + \text{točke}_{\text{za zamudo}}$$

Točkovanje posameznih kriterijev:

pretočni čas delovnega naloga	DU točke	≤ 5	> 5 - 15	> 15 - 40	> 40
	točke	4	5	6	7
zamuda delovnega naloga	DU točke	≤ 10	> 10 - 30	> 30 - 120	> 120
	točke	3	4	5	6
(predračunska) vrednost		majhna	srednja	velika	zelo velika
	točke	1	2	3	4

Maksimalno število točk = 34

07.11.040 ENOSTAVNO DOLOČANJE PRIORITETE

PRIMER HEURISTIČNEGA DOLOČANJA PRIORITET

Ob okvari stroja je ostalo v čakajoči vrsti 5 delovnih nalogov. V kakšnem zaporedju jih izvajati, ko bo okvara odstranjena in bo proizvodnja spet stekla?

delovni nalog	A	B	C	D	E
pretočni čas	8	4	12	42	1
zamuda	15	8	80	10	130
vrednost	srednja	zelo velika	zelo velika	velika	majhna

Točkovanje kriterijev za poenostavljeno določanje prioritete:

delovni nalog	A	B	C	D	E
pretočni čas	5	4	5	7	4
vrednost	2	4	4	3	1
zamuda	4	3	5	3	6
prioriteta	14	19	25	24	10

Delovni nalogi (oziroma operacije, ki čakajo) naj se izvajajo v zaporedju C-D-B-A-E ; izjema je seveda delovni nalog, ki je bil ob času okvare morda v izvajanju.

07.11.050 PRIMER DOLOČANJA ENOSTAVNE PRIORITETE

Dinamični problemi razvrščanja

Analitično določanje interne prioritete

$$P = l - (T_k - T_0) + E \cdot w_e + \frac{100 \cdot S_{iz,r}}{S_{iz}} \cdot w_s - m \cdot w_m + \dots$$

$$\dots + \frac{100 \cdot t_{pr,o}}{t_{pr}} \cdot w_t + r \cdot w_r - \frac{u}{s_r} \cdot w_u + d \cdot w_d$$

l = planirana zakasnitev, T_k = zahtevani rok izgotovitve,
 T_0 = datum računa, E = eksterna prioriteta,
 $S_{iz,r}$ = stroški izdelave do zadnje že realizirane operacije,
 S_{iz} = planirani stroški izdelave, m = število preostalih operacij,
 $t_{pr,o}$ = preostali pretočni čas, t_{pr} = planirani pretočni čas,
 r = faktor redukcije prehodnih časov (medoperacijskih zastojev),
 u = število operacij, ki čakajo na naslednjem kapacitivnem mestu,
 s_r = število strojev na naslednjem kapacitivnem mestu,
 d = dispozijska stopnja, w_x = uteži posameznih dejavnikov, 0 .. 100,
 vsota vseh uteži mora biti 100

07.11.060 PRIORITETNA PRAVILA 4.

Dinamični problemi razvrščanja

Ideja Heller-Logemannovega algoritma

- Skup delovnih nalogov, ki so ob nekem času hkrati v proizvodnji, se lahko smatra kot mrežo - zaporedje dejavnosti (aktivnosti) - delovnih operacij:

07.110 HELLER-LOGEMANN - IDEJA

Dinamični problemi razvrščanja

Ideja Heller-Logemannovega algoritma

- Skup delovnih nalogov, ki so ob nekem času hkrati v proizvodnji, se lahko smatra kot mrežo - zaporedje dejavnosti (aktivnosti) - delovnih operacij:

Med operacijami je lahko prehodni čas (čas medoperacijskega zastoja), do medoperacijskega zastoja pa lahko pride tudi zaradi preobremenitve strojev.

Nastopajo prosti (vodilni) delovni nalogi.

Vsaka operacija se izvaja na nekem delovnem mestu in traja določen čas.

kakor tudi vezani delovni nalogi (podnalogi).

07.110 HELLER-LOGEMANN - IDEJA

Terminski račun v naprej (tek v desno)

Terminski račun (terminiranje) se lahko izvaja v naprej (tek v desno):

- Roke se računa od dneva planiranja (današnji dan) v naprej;
- roki izgotovitve niso predpisani, vsak nalog se želi zaključiti čim prej ("ASAP"),
- Razpored delovnih ur v dnevu: zadnja (delovna) ura v dnevu je identična prvi (delovni) uri v naslednjem (delovnem) dnevu:

111 / 07 112 / 07 113 / 07

07 08 09 10 11 12 13 14 15 08 09 10 11 12 13 14 15 08 09

- Izhaja se iz prve delovne ure današnjega dneva (dneva planiranja ali prvega naslednjega delovnega dneva) in prišteva čase za izvedbo operacij ter morebitne prehodne čase:

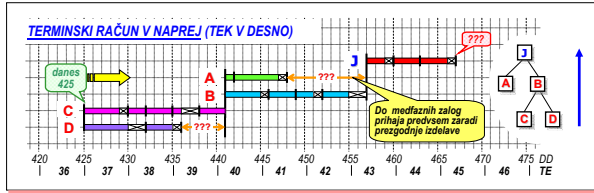
danes = 111/07 - 111/11 112/09 - 113/09 113/09 - 113/15 114/07 - 115/09

- Obdelovanci med operacijami lahko čakajo (medoperacijski zastoji), nastajajo medfazne zaloge (WIP = Work-in-Progress).

07.120 TERMINSKI RAČUN V DESNO

Terminski račun v naprej (tek v desno)

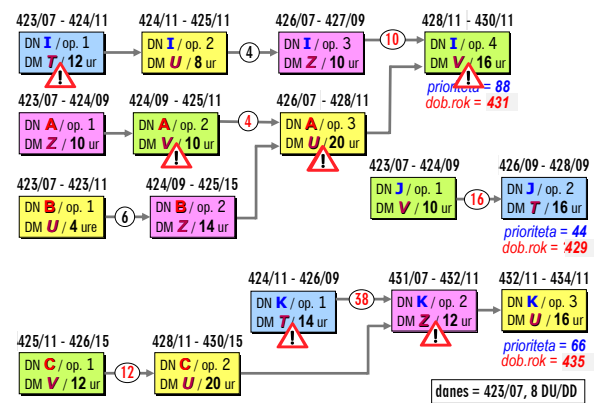
- Začne se z najnižjim nivojem v proizvodni strukturi in delovnih nalogom (ali podnalogom) z najvišjo (eksterno) prioriteto, preračuna se celotno verigo delovnih nalogov in nato nadaljuje z naslednjim nalogom z nižjo (eksterno) prioriteto.



- Če bi se moralo na istem stroju istočasno izvesti dve ali več operacij, se izvedba operacij z nižjo (interno) prioriteto po času premakne v naprej.
- Povzročajo se velike časovne rezerve in s tem medoperacijski zastoji, zasedba kapacitet je enakomerna.

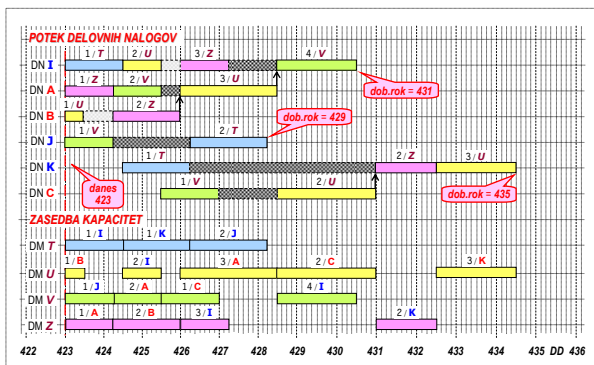
07.130 TERMINSKI RAČUN V DESNO 2

Terminiranje v naprej (tek v desno)



07.12.010 RAČUN V DESNO Z MREŽO

Terminiranje v naprej (tek v desno) gantogram (planska tabla)

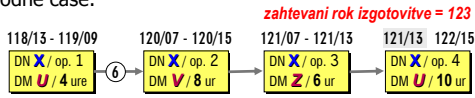


07.12.020 GANTOGRAM V DESNO

Terminski račun v nazaj (tek v levo)

Terminski račun (terminiranje) se lahko izvaja tudi v nazaj (tek v levo):

- Roke za izvedbo posameznih operacij se računa od zahtevanega roka izgotovitve končnega izdelka v nazaj;
- roki izgotovitve so predpisani, vsak nalog se želi zaključiti čim kasneje ('ALAP').
- Izhaja se iz zadnje delovne ure delovnega dneva pred rokom izgotovitve in odšteva čase za izvedbo operacij ter morebitne prehodne čase:

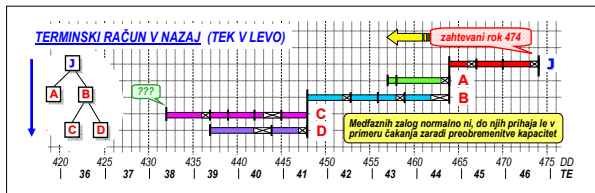


- Dokler se ne izračuna rokov, se ne ve, kdaj se mora začeti izvedba nekega delovnega naloga.
- Tudi v tem primeru obdelovanci med operacijami lahko čakajo (medoperacijski zastoji zaradi preobremenitve kapacitet), nastajajo medfazne zaloge.

07.140. TERMINSKI RAČUN V LEVO.1

Terminski račun v nazaj (tek v levo)

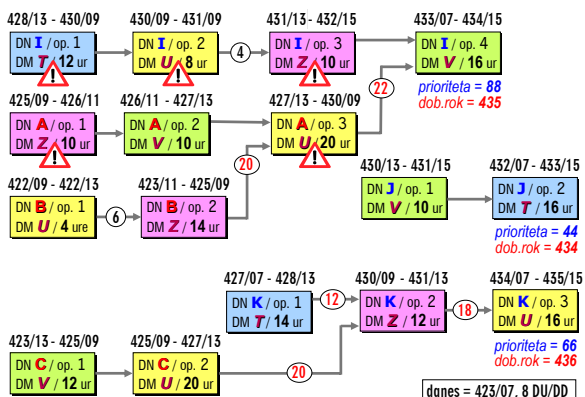
- Začne se z delovnim nalogom za izdelavo (montažo) končnega izdelka z najvišjo (eksterno) prioriteto, preračuna se celotno verigo (pod)nalogov in nato nadaljuje z naslednjim nalogom za izdelavo končnega izdelka z nižjo (eksterno) prioriteto.



- Če bi se moralo na istem stroju istočasno izvesti dve ali več operacij, se izvedba operacij z nižjo (interno) prioriteto po času premakne v nazaj.
- Casovnih rezerv ni, zato nevarnost, da roki za začetek padejo v preteklost, neenakomerna obremenitev kapacitet.

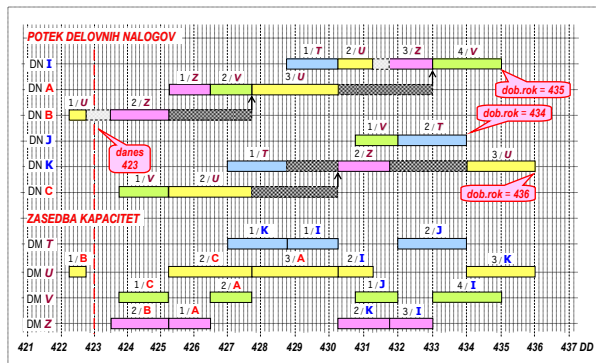
07.150. TERMINSKI RAČUN V LEVO.2

Terminiranje v nazaj (tek v levo)



07.13.010. RAČUN V LEVO Z MREŽO

**Terminiranje v nazaj (tek v levo)
gantogram (planska tabla)**



07.13.020 GANTOGRAM V LEVO
