

Izbor metode planiranja rokova proizvodnje

SELECTION OF PRODUCTION TERMS PLANNING METHOD

Denis Jelačić, dipl. inž.
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Katedra za organizaciju proizvodnje u drвноj industriji
Svetošimunska 25, Zagreb

UDK 658.512

Znanstveni rad

Sažetak

Zbog čekanja radnih naloga u repovima pred radnim mjestima, što je posljedica velike konkurencije, produkuje se trajanje proizvodnog ciklusa, a time smanjuje mogućnost da se proizvod na vrijeme isporuči kupcima. Određivanjem prioriteta i raspoređivanjem radnih naloga prema određenim kriterijima trajanje proizvodnog ciklusa može se skratiti. Istraživanje u ovom radu obavljeno je na temelju stvarnih podataka. Istraženo je devet poznatih metoda određivanja prioriteta. Za kvantificiranje pojedine metode upotrijebljen je novo uvedeni koeficijent protoka metode f_m . Najbolje rezultate pokazala je SOT (Shortest Operation Time) metoda za dvije faze obradbe, a LOT (Longest Operation Time) za tri. Tim je metodom moguće znatno skratiti trajanje ciklusa i smanjiti troškove proizvodnje.

Ključne riječi: radni nalog, terminiranje, koeficijent protoka metode

Summary

The paper is a study of the methods of planning, managing and scheduling production by making priorities among work orders in production. The aim of the research has been to establish the way in which the differences between the individual regulations are manifested, and to find out which rule is the most acceptable in practice. As a result of the research, relevant factors for the choice of the method in priority determination have been established. By analysing all the relevant factors and establishing their values by special data processing procedure, we have created the conditions for the application of the methods in wood industry's daily practice. The quality of the individual methods and factors influencing the scheduling method choice have thus also been established. In absence of a parameter which expresses the quality of each method, a new coefficient has been devised in. That is the method flow coefficient f_m , and it is the proportion between the method cycle duration and the gradual production cycle duration. Thus, the best method for priority determination in two processing phases is the SOT method whereby the highest priority is given to the work orders with shortest duration. For three processing phases this will be the LOT method, whereby the highest priority is given to the work orders with the longest duration. The paper thus proves that the methods in question may be applied to the planning process in wood-technological manufacture, with certain limitations in application. The presented methods are based on rationalization of the planning process and the production management. In the research Samsung AT 286 PC has been used.

Key words: work order, scheduling, method flow coefficient

1. UVOD

Prelaskom na tržišni način privređivanja, pred gospodarstvo se, postavljaju novi i veći zahtjevi. Planiranje i vođenje proizvodnje usmjerava se prema bržoj promjeni asortimana proizvoda, organiziranju proizvodnje u manjim i promjenjivim serijama, poboljšanju kvalitete proizvoda, radu s vrlo niskim zalihama materijala i gotovih proizvoda, smanjenju troškova proizvodnje i, što je vrlo važno, strogim poštovanjem rokova isporuke.

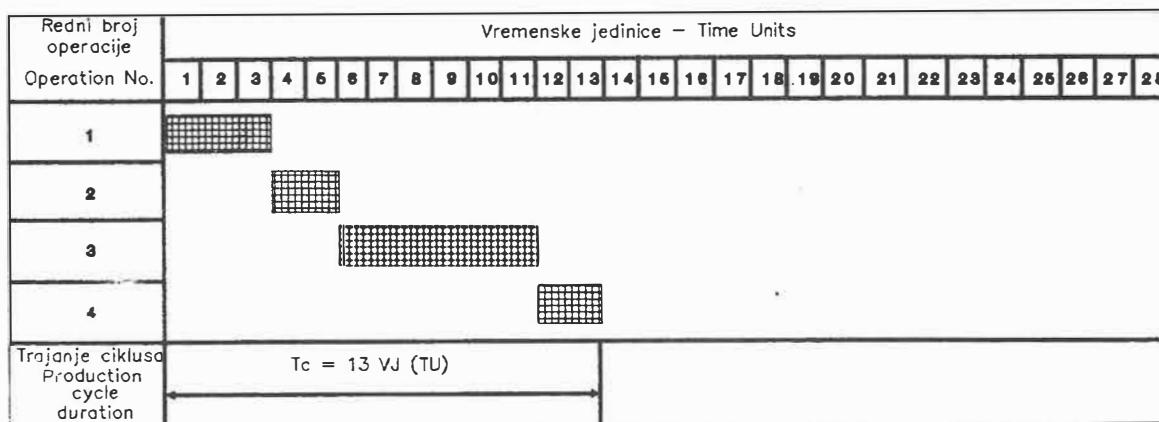
Jedan od najvećih problema vezanih za poštovanje rokova isporuke, koji se javljaju pri terminiranju proizvodnje jest čekanje radnih naloga u repovima pred radnim mjestima zbog velike konkurencije. Na taj se način

produkuje proizvodni ciklus, ne poštuju rokovi isporuke i povećavaju troškovi.

U drвноj se industriji vrlo često proizvodnja odvija prema postupnom načinu izvođenja operacija, pri čemu sljedeća operacija ne može započeti prije negoli prethodna potpuno završi (za cijeli radni nalog). Takav način vođenja proizvodnje prikazan je na slici 1.

Iz slike je uočljivo da je trajanje proizvodnog ciklusa prema tom načinu provođenja operacija jednako zbroju vremena trajanja pojedinih operacija:

$$T_c = \sum_{i=1}^n t_i$$



Slika 1. Postupni način izvođenja operacija
Figure 1. Gradual production cycle duration

Na području operacijskih istraživanja nekolicina se znanstvenika [4, 5, 6, 7] bavila problematikom skraćanja ciklusa proizvodnje koja se izvodi na taj način. Istražujući to područje, ustanovili su određeni broj metoda određivanja prioriteta pri lansiranju radnih naloga u proizvodnju pomoću kojih je moguće skratiti trajanje proizvodnog ciklusa.

Ciljevi ovog rada podudaraju se s tim postavkama, a one su

1. određivanje metoda koje je zbog njihovih ograničenja moguće primijeniti u realnom slučaju u pogonu drvne industrije,
2. određivanje njihova utjecaja na trajanje proizvodnog ciklusa,
3. predlaganje najpovoljnijih rješenja u konkretnim uvjetima.

2. METODE PLANIRANJA ROKOVA PROIZVODNJE

Istraživači su tijekom vremena predložili nekoliko različitih metoda za skraćanje proizvodnog ciklusa.

Blanchard i Alford [3] predložili su da se operacija s najkraćim trajanjem provodi prva.

Slično su razmišljali Vila i Horvatec [3], smatrajući da se operacija najkraćeg trajanja u prvoj fazi obradbe treba obavljati prva, a ona s najkraćim trajanjem u drugoj fazi - posljednja.

Browne i Davies [3] postavili su sedam načina lansiranja proizvodnih serija, a one se temelje na trajanju proizvodnog ciklusa, broju radnih operacija, broju dijelova i količini dotada izvršenog rada.

Metode koje se temelje ne samo na trajanju proizvodnog ciklusa i redosljedu pristizanja naloga, nego i na omjerima već obavljenog posla i onoga koji je još potrebno obaviti postavio je američki istraživač Nanot [4]. Devet metoda lansiranja radnih naloga moguće je svrstati u četiri skupine.

U prvoj se skupini nalaze dvije metode, koje se temelje na vremenu trajanja operacija odnosno radnih naloga. To su SOT (Shortest Operation Time), metoda koja prednost daje operacijama, odnosno radnim nalogima s najkraćim trajanjem, i LOT (Longest Operation Time), u kojoj pri-

oritet imaju radni nalozi s ukupno najduljim trajanjem.

U drugoj su skupini metode kojima je osnova vrijeme čekanja od ulaska u pogon do početka prve operacije. Prva metoda u toj skupini je FCFS (First Come, First Served), a prema njoj prednost ima radni nalog koji je najdulje čekao. Druga je metoda LCFS (Last Come, First Served) koja prioritet dodjeljuje radnom nalogu što je posljednji stigao u pogon.

Temeljen je na roku isporuke osnova je FISFS (Due Date System - First In, First Served) metode, u kojoj se prioritet dodjeljuje prema roku isporuke.

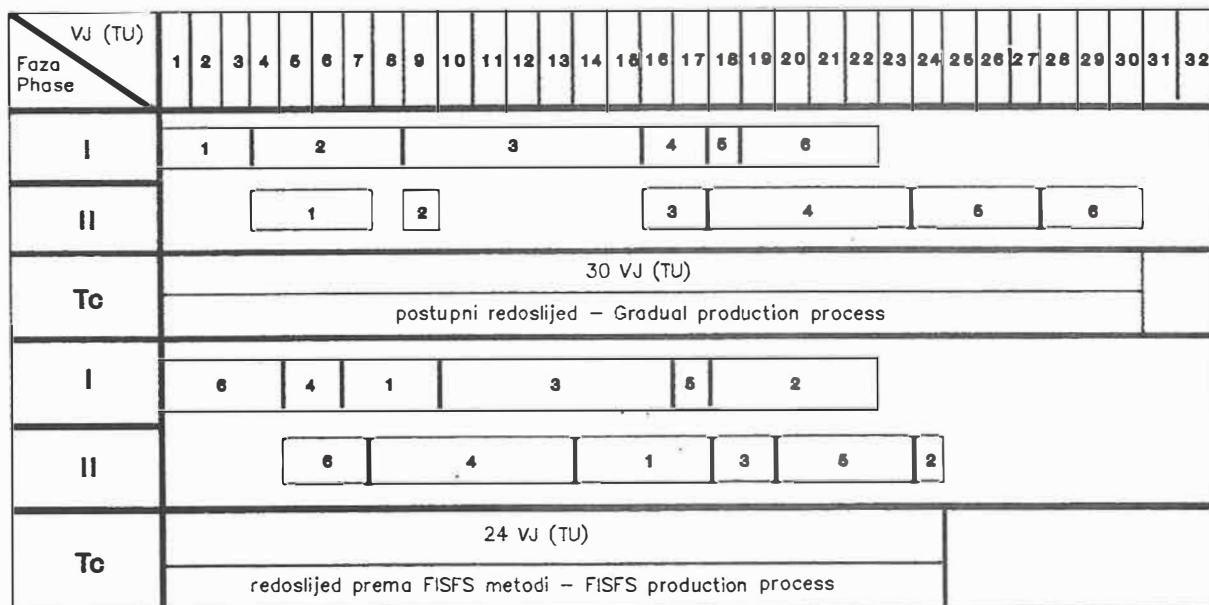
Četvrtu skupinu čine metode što se temelje na izračunavanju omjera između preostalog vremena obrade i preostalog posla SS/PT (Static Slack, Remaining Processing Time), preostalog broja operacija i preostalog posla SS/RO (Static Slack, Remaining Number of Operations), preostalog vremena do vodećeg termina umanjenoga za preostalo očekivano vrijeme i preostalog vremena obrade DS/PT (Dynamic Slack, Remaining Processing Time) te preostalog vremena do vodećeg termina umanjenog za preostalo očekivano vrijeme i preostalog broja operacija DS/RO (Dynamic Slack, Remaining Number of Operations). Za tu je skupinu metoda bitno napomenuti da se odnose na radne naloge koji su već u proizvodnji, ali im zbog nekog razloga treba ponovno dodijeliti prednost.

Sve su te metode upotrebljive u pogonima drvne industrije. Rad s njima moguć je u realnim uvjetima, ali i za određivanje prednosti simulacijom, kako bi se izbjegli troškovi i skratilo vrijeme njihova uvođenja u primjenu.

3. UTJECAJ POJEDINE METODE NA PLANIRANJE ROKOVA PROIZVODNJE

Kvantificiranje pojedinih metoda provedeno je pomoću prosječnog trajanja proizvodnog ciklusa, srednje vrijednosti koeficijenta protoka metode i njegove standardne devijacije.

U 28 skupina podijeljeno je, prema datumu narudžbe i naručitelju, 306 radnih naloga koje je jedno poduzeće drvne industrije izradilo u 1992. godini.



Slika 2. Ganttov dijagram
Figure 2. Gantt chart

Određivanje trajanja proizvodnog ciklusa provedeno je putem svih devet metoda lansiranja radnih naloga. Trajanje proizvodnog ciklusa utvrđeno je pomoću Ganttovih dijagrama unaprijed. Primjer jednog takvog dijagrama prikazan je na slici 2. Obradba podataka provedena je na osobnom računaru Samsung AT 286, QUICK BASIC programskim jezikom.

Budući da u literaturi nije bilo moguće pronaći pokazatelj koji bi vjerno održavao razlike u trajanjima ciklusa, odnosno koji bi pokazivao omjere skraćivanja ili produljenja proizvodnog ciklusa uporabom različitih metoda lansiranja radnih naloga, bilo je potrebno uvesti koeficijent koji bi riješio taj problem.

Stoga je uveden modificirani koeficijent protoka nazvan KOEFICIJENTOM PROTOKA METODE f_m . Taj koeficijent pokazuje koliko je puta proizvodni ciklus prema određenoj metodi lansiranja radnih naloga kraći, odnosno dulji od proizvodnog ciklusa prema postupnoj metodi izvođenja operacija.

Izračunavanje koeficijenta protoka metode f_m obavlja se prema sljedećoj jednakosti:

$$f_m = \frac{T_m}{T_n}$$

T_m (trajanje proizvodnog ciklusa prema pojedinoj metodi)

T_n (trajanje proizvodnog ciklusa prema postupnoj metodi)

Koeficijent protoka metode čija je vrijednost manja od 1 pokazuje da je riječ o skraćivanju proizvodnog ciklusa, a koeficijent čija je vrijednost veća od 1 pokazuje da se proizvodni ciklus produljuje ako za taj radni nalog umjesto postupnog načina izvođenja operacija upotrijebe određenu metodu.

Kao mjerilo vrijednosti pojedine metode poslužila je i standardna devijacija koeficijenta protoka metode, kojom je određeno rasipanje podataka oko srednje vrijed-

nosti koeficijenta.

Testom signifikantnosti razlika utvrđene su značajne razlike u trajanju proizvodnog ciklusa prema pojedinoj metodi u odnosu prema postupnoj metodi, odnosno u uporedbi s načinom lansiranja radnih naloga u promatranom drvnoindustrijskom pogonu.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

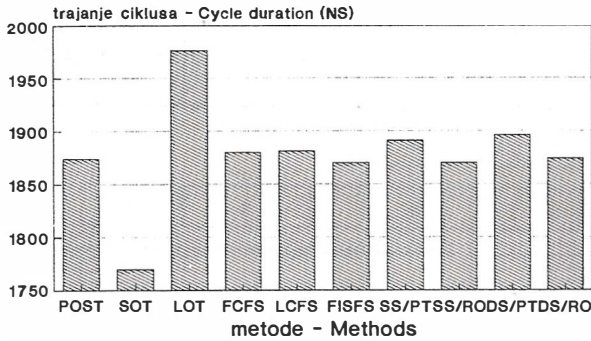
Istraživanje trajanja proizvodnog ciklusa provedeno je na temelju podataka snimljenih u pogonu za dvije i tri faze obradbe. Dvije faze obradbe činile su strojna i ručna obradba, a tri faze obradbe obuhvatile su strojnu obradbu, ručnu obradbu i ostakljivanje.

Rezultati trajanja proizvodnog ciklusa (T_c) predočeni na slici 3. pokazuju da pri dvije faze obradbe najbolje rezultate pokazuje SOT-metoda. Naime, za prosječno trajanje proizvodnog ciklusa od 1 874 sata uz postupnu metodu, SOT-metoda daje skraćivanje ciklusa od 104 sata, odnosno prosječni proizvodni ciklus pri SOT-metodi iznosi 1 770 sati.

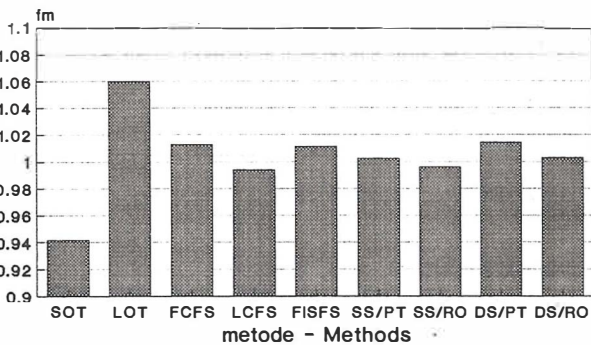
Skraćivanje proizvodnog ciklusa pokazuju i FISFS i SS/RO metode, a jednako prosječno trajanje ciklusa daje metoda DS/RO.

S obzirom na koeficijent protoka metode f_m , može se uočiti razlika u rezultatima, iako ona nije značajna. Naime, na slici 4. vidi se da najbolje rezultate ponovo pokazuje SOT metoda, a koeficijent protoka manji od 1 imaju još metode LCFS i SS/RO.

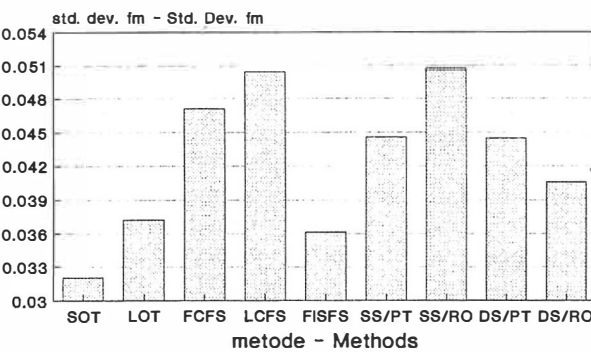
Zanimljivo je da i pri prosječnom trajanju proizvodnog ciklusa i pri koeficijentu protoka metode najbolji rezultate pokazuje LOT- metoda. To je česta pojava za skupine radnih naloga koji za dvije faze obradbe imaju velik raspon vrijednosti i dulje trajanje u drugoj fazi obradbe. Stoga nastaju veliki međuoperacijski zastoji, a time se produljuje ukupno trajanje proizvodnog ciklusa.



Slika 3. prosječno trajanje proizvodnog ciklusa za dvije faze obradbe
Figure 3. Average production cycle duration for two working phases



Slika 4. Srednja vrijednost koeficijenta protoka metode za dvije faze obradbe
Figure 4. Average method flow coefficient for two production phases



Slika 5. Standardna devijacija koeficijenta protoka metode
Figure 5. Standard deviation for method flow coefficient

Promotrimo li standardnu devijaciju koeficijenta protoka metode, stanje se mijenja (sl. 5). Osim metoda SOT i FISFS najmanje rasipanje podataka oko srednje vrijednosti koeficijenta protoka pokazuje LOT-metoda.

Rezultati istraživanja provedeni za tri faze obradbe uvelike se razlikuju od rezultata za dvije faze obradbe. Naime, u istraživanjima trajanja ciklusa za tri faze obradbe nije bilo moguće primijeniti SOT-metodu zato što nisu bili zadovoljeni uvjeti koji se postavljaju kad je riječ o toj metodi.

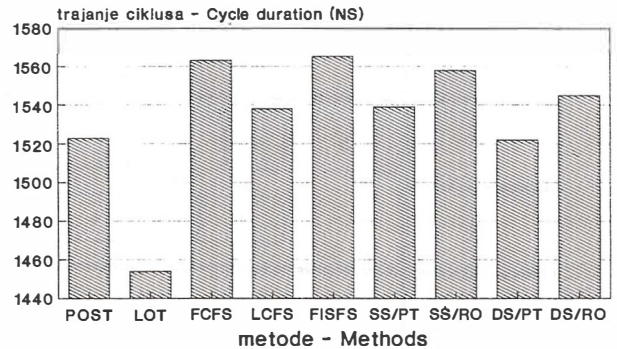
Uvjeti za uporabu SOT-metode pri tri faze obradbe, od kojih mora biti zadovoljen barem jedna, jesu:

$$t_{lmin} \geq t_{lmax}$$

$$t_{llmin} \geq t_{llmax}$$

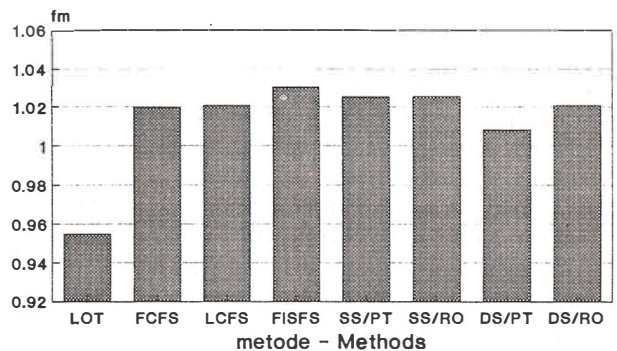
Iz slike 6. može se vidjeti da je najbolje rezultate pri trajanju ciklusa (T_c) za tri faze obradbe pokazala LOT-metoda (koja za dvije faze daje najlošije rezultate). Prosječno skraćivanje trajanja ciklusa pri toj metodi iznosi 69 sati, a ciklus traje 1 454 sata.

Osim LOT-metode, skraćivanje proizvodnog ciklusa postignuto je i DS/PT-metodom.

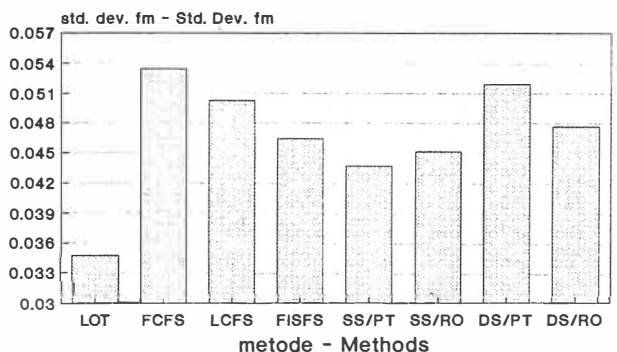


Slika 6. Prosječno trajanje ciklusa proizvodnje za tri faze obradbe
Figure 6. Average production cycle duration for three production phases

Kad se govori o koeficijentu protoka metode f_m , zamjetno je da jedina metoda koja ima f_m manji od 1 jest LOT-metoda. Sve ostale metode imaju nezadovoljavajući koeficijent protoka metode veći od 1 (sl. 7).



Slika 7. Srednja vrijednost koeficijenta protoka metode za tri faze obradbe
Figure 7. Average method flow coefficient for three production phases



Slika 8. Standardna devijacija koeficijenta protoka metode
Figure 8. Standard deviation for method flow coefficient

Na slici 8, koja prikazuje standardne devijacije koeficijenta protoka metode, vidi se da je najmanje rasipanje podataka u LOT-metode, a zadovoljavajuću standardnu devijaciju pokazuje i SS/PT-metoda. Sve ostale metode imaju veliko rasipanje podataka oko srednje vrijednosti koeficijenta protoka metode.

Testom signifikantnosti razlika za dvije faze obradbe ustanovljeno je da je znatno skraćenje proizvodnog ciklusa postignuto u 16,66% slučajeva. Najčešće je znatno skraćenje proizvodnog ciklusa uočeno u SOT-metode, pa je i stoga ta metoda preporučena za upotrebu u promatranom drvnoindustrijskom poduzeću.

Testom signifikantnosti razlika za tri faze obradbe utvrđeno je da je u 16,5% proizvodni ciklus znatnije skraćen. Također je utvrđeno da je najveći broj značajnih razlika uočen primjenom LOT-metode.

5. ZAKLJUČAK

Uz dvije faze obradbe najbolje rezultate za svih 28 skupina radnih naloga pokazala je SOT-metoda, kojom se prednost pri lansiranju radnih naloga daje oopracijama, odnosno radnim nalogima s najkraćim trajanjem. SOT-metoda ujedno ima i najmanji koeficijent protoka metode i najmanje rasipanje podataka oko srednje vrijednosti toga koeficijenta.

Stoga je promatranom drvnoindustrijskom poduzeću preporučena SOT-metoda za proizvodnju u dvije faze obradbe. Osim SOT-metode mogu se preporučiti metode LCFS i SS/RO, iako obje pokazuju veliko rasipanje podataka oko srednje vrijednosti koeficijenta protoka metode.

Za tri faze obradbe situacija je umnogome drukčija. Najbolje rezultate za svih 28 skupina radnih naloga dala je LOT-metoda, u kojoj prednost imaju radni nalozi s najduljim trajanjem. Analogno SOT-metodi za dvije faze obradbe, uz tri faze obradbe LOT-metoda ima i najmanji koeficijent protoka metode i najmanju standardnu devijaciju koeficijenta protoka metode.

Zato je tu metodu bilo moguće preporučiti promatranom pogonu drvne industrije za primjenu u proizvodnji s tri faze obradbe. Osim LOT-metode, moguće je pre-

poručiti i DS/PT-metodu, iako je njezin koeficijent protoka metode neznatno veći od 1, a rasipanje podataka oko njegove srednje vrijednosti f_m dosta veliko.

Prikazane metode planiranja rokova proizvodnje kao podrška planiranju, vođenju i terminiranju proizvodnje mogu se primijeniti u svim poduzećima drvnoindustrijskog kompleksa. Vrlo su jednostavne za uporabu, a mogu se primijeniti kao simulacijska sredstva radi smanjenja troškova primjene tih metoda u proizvodnji.

Opisana su istraživanja doprinos postupku rješavanja opisanih problema na znanstvenim temeljima. Za praktičnu primjenu navedenih metoda potrebno je utvrditi činitelje okruženja i mogućnosti proizvodnje (tip proizvodnje, vrstu instalirane opreme, vrstu tehnološkog procesa).

Rad upućuje na potrebu daljeg istraživanja i rješavanja problema na području planiranja rokova proizvodnje koji ovim radom nisu obuhvaćeni.

Ovim je radom dokazano da uspješnost vođenja proizvodnje ovisi o izboru metode lansiranja radnih naloga. Stoga drvnoindustrijskim poduzećima treba preporučiti da ispituju koja im metoda najviše odgovara. Ovaj rad proveden na Katedri za organizaciju proizvodnje u drvnoj industriji Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, osnovna je podloga za to.

6. LITERATURA

- [1.] Figurić, M.: Upravljanje proizvodnjom u drvnoj industriji, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1989
- [2.] Grladinović, T., Jelačić, D.: Istraživanje prioriteta lansiranja radnih naloga u proizvodnju, Zbornik radova KOI '92, Hrvatsko društvo za operacijska istraživanja, Rovinj, 1992
- [3.] Jelačić, D.: Metode lansiranja radnih naloga u proizvodnji građevne stolarije, magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1993
- [4.] Nanot, Y.R.: An experimental investigation and comparative evaluation of priority disciplines in job shop-like queueing networks, Management Sciences Research Project, Research Report No. 87., UCLA, 1963
- [5.] Phillips, D.T., Ravindran, A., Solberg, J.J.: Operations research: principles and practice, John Wiley & Sons Inc., New York, 1976
- [6.] Stevenson, J.W.: Production / operations management, Rochester Institute of Technology, Irwin, Homewood, Boston, 1993
- [7.] Vila, A., Leicher, Z.: Planiranje proizvodnje i kontrola rokova, Informator, Zagreb, 1983.