

Karakteristike pripreme rada u proizvodnji namještaja i mogućnosti njena poboljšanja*

Mr ZDRAVKO FUČKAR, dipl. ing.
INSTITUT ZA DRVO — ZAGREB

UDK 634.0.836.1:658.5

Primljeno: 18. veljače 1982.
Prihvaćeno: 10. travnja 1982.

Znanstveni rad

Sažetak

U ovom radu cilj istraživanja bio je da se definiraju sistem proizvodnje namještaja, njegovi podsistemi, veze među njima i da se odrede vremenske dimenzije pojedinih aktivnosti. Svrha je istraživanja bila izraditi model za proizvodnju pločastog namještaja, koji ima najkraći ciklus u intervalu od donošenja plana do isporuke gotovog proizvoda, te predložiti model kibernetičkog upravljanja procesom, kao jedno od mogućih poboljšanja rada pripreme rada i cijelog proizvodnog sistema namještaja.

Ključne riječi: priprema rada — blok-dijagram — operativno upravljanje — kibernetika.

SOME CHARACTERISTICS OF PRELIMINARY WORK IN PRODUCTION OF FURNITURE AND POSSIBILITIES OF ITS IMPROVEMENT

Summary

The aim of this research study was to define the system of furniture production, its sub-systems, connections between them and to determine the time periods necessary for individual activities.

The purpose of this research work was to make a model for production of cabinet furniture with the shortest cycle in the interval from making a plan to delivery of finished product and to suggest a model of cybernetically controlled process as one of possible improvements of preliminary work as well as of complete production system of furniture.

Key words: preliminary work — block-digram — operation of control — cybernetics

* Ovaj rad je skraćeni izvod iz magistarskog rada autora. Širi prikaz tiskan je u BILTENU Šumarskog fakulteta u Zagrebu — Zavoda za istraživanja u drvenoj industriji, 1982 (10) : 2, str. 1-67.

UVOD

U radnim organizacijama proizvodnje namještaja postoji niz problema. Tržišni privredni sustav zahtijeva takav proizvodni sistem koji će dati optimalne efekte. U radnim organizacijama drvne industrije, s približno istim ili sličnim resursima, ne ostvaruju se isti ili slični rezultati, već postoje znatne razlike u efikasnosti.

Sve veća su povezivanja proizvodnog sistema s vanjskom okolinom, i sve su veći utjecaji vanjske okoline na radnu organizaciju. Slijedi zaključak da su sve veći problemi upravljanja sistemom. Utjecaji vanjske okoline i slabosti unutarnjih upravljačkih akcija mogu se nazvati činionicima — uzročnicima neefikasnosti. Oni mogu djelovati na sistem s ciljem da ga izbace iz željenog stanja (ZS). Zadatak pripreme rada je da putem svojih upravljačkih akcija usmjerava sistem na takav način da on bude što efikasniji, tj. da ponašanje sistema bude u skladu s tržištem.

Cilj ovog rada je definirati sistem proizvodnje namještaja, njegove podsisteme i veze među njima, sa svrhom da se izradi model pripreme rada za proizvodnju pločastog namještaja, koji omogućuje najkraći ciklus u zatvorenom intervalu od donošenja plana do isporuke gotovog proizvoda.

1. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

Rad proizvodnog sistema je rezultat međusobnog djelovanja osnovnih elemenata proizvodnje. Na tom putu, na elemente sistema djeluje čitav niz činilaca s različitim karakteristikama i atributima. Proizvodni sistemi u tehnologiji namještaja vrlo su različiti. Oni ovise o razini instalirane tehnologije, o kadrovima i sistemu upravljanja. Ponašanje tih sistema ovisi o prirodi njihovih sastavnih elemenata i načinu njihova povezivanja. Način povezivanja nije potpuno slobodan, već je ograničen određenim zakonitostima. Faktori koji djeluju na sistem žele ga izbaciti iz stanja, a činioци i akcije upravljanja, preko elemenata za upravljanje, žele sistem zadržati u željenom stanju. Priprema rada jest podsistem tog upravljanja.

Stanje sistema upravljanja proizvodnim procesom, koji je karakterističan za sva tri promatrana istraživana modela, može se podijeliti na slijedeće elemente: podsistem nabave, podsistem prodaje i podsistem zalih gotovih proizvoda.

Rezultat djelovanja pripreme rada očituje se kao ulazna informacija u proizvodnom ciklusu, u obliku radnog naloga, i u sistemu naručivanja kao normativna potreba materijala prema radnom nalogu.

Promatra li se stanje sistema upravljanja proizvodnim procesom namještaja, može se uočiti

da u cijelom sistemu ne postoji informacija o stanju u podsistemima. Stoga cijeli taj sistem nije pod kontrolom, tj. sistem je otvoren i kibernetски neupravljan. Ova karakteristika svih pod-sistema, a to znači i cijelog sistema, osnovni je uzrok poremećaja upravljanja i pojedinim podsistemima i cijelim sistemom.

2. POSTAVLJANJE RADNE HIPOTEZE

Prema M. Rajkovu [14], na racionalizaciju procesa proizvodnje protežno utječu slijedeći činioci: smanjenje zalih, skraćivanje ciklusa proizvodnje i rokova isporuke, a to za radne organizacije koje imaju osiguran plasman proizvoda znači ujedno i povećanje efikasnosti rada i stvaranje baze za brži rast. Pri tome je pitanje održavanja rokova isporuke (Ri) vrlo važan činilac. Svako kašnjenje isporuke utječe na veličinu narudžbe i reputaciju proizvodne organizacije udruženog rada na tržištu. Iz ovog proizlazi da veličina narudžbe zavisi od cijene (Cj), kvalitete proizvoda (Kv) i kašnjenja isporuke (Ki), što se može napisati u obliku:

$$Na = f(Cj, Kv, Ki)$$

U ovom istraživanju pokušat će se definirati ciljevi sistema, tokovi informacija i kola povratnog djelovanja u svim bitnim upravljačkim akcijama, kako bi se cijeli sistem promatrao kao cjelina, od ulaza, transformacije materijala, do izlaza gotovog proizvoda. Nastojat će se istražiti kako je moguće upravljati procesom ako u sistem ulaze veličine X, a izlaze veličine Y, s tim da o tim izlazima postoje informacije o stanjima koja se akumuliraju u pripremi rada, tj. kako postići da je:

$$X = F(Y)$$

čime se postiže da ulaz Xi za svaki $i = (1, 2, \dots, n)$ bude reguliran odgovarajući Yi za svaki $i = (1, 2, \dots, n)$. Na osnovi navedene problematike postavljena je slijedeća radna hipoteza:

Proizvodnim sistemom u proizvodnji namještaja moguće je efikasno upravljati jedino pod uvjetom ako se odrede svi njegovi podsistemi i aktivnosti među njima, s njihovim vremenskim dimenzijama. Cilj ovih istraživanja bio je pronaći model koji ima najkraći rok isporuke.

3. METODA RADA

Pri izboru sistema istraživanja upotrijebljene su spoznaje iz područja teorije sistema, kibernetike, teorije informacije i operativnih istraživanja (metoda PERT), a za izvršenje je primijenjen timski rad.

3.0 Izbor objekta promatranja

Pri odabiranju radnih organizacija koje imaju proizvodnju pločastog namještaja odabrane su tri karakteristične. One su odabrane zbog toga što je kod svih prisutan problem određivanja roka isporuke i kašnjenja u roku isporuke.

U ovom skraćenom radu prikazat će se proračun prosječnog stanja roka isporuke koji je rezultat tri promatrana sistema.

3.1. Analiza vremena mrežnog dijagrama

3.1.0. Određivanje vremena aktivnosti prema raspodjeli BETA

Metoda PERT je stohastički model određivanja vremena trajanja projekta i traženje kritičnog puta. Prvi korak pri vremenskoj analizi jest određivanje vremena trajanja svake aktivnosti, kako bi se odredio krajnji rok izvršenja zadatka. Određuju se tri vremena:

1. — a_{ij} — optimističko vrijeme, tj. najkraće moguće vrijeme za izvođenje aktivnosti. To je vrijeme za koje je moguće izvršiti aktivnost, ali s malom vjerojatnošću.
2. — m_{ij} — najvjerojatnije vrijeme, tj. ono za koje bi se izvršila određena aktivnost, pri njenom višekratnom ponavljanju, pod sličnim ili istim uvjetima.
3. — b_{ij} — pesimističko vrijeme, tj. ono koje je najduže pri izvođenju neke aktivnosti. Tu su predviđene sve prepreke pri izvođenju neke aktivnosti. Tu je vjerojatnost najveća.

Kod definiranja tih vremena mora biti zadovoljen uvjet da je: $a_{ij} \leq m_{ij} \leq b_{ij}$

Na osnovi ta tri vremena proračunava se očekivano vrijeme $(te)_{ij}$, po izrazu:

$$(te)_{ij} = \left(\frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6} \right)$$

Proračun varijance vrši se prema izrazu:

$$\text{varijanica} = \left(\frac{b_{ij} - a_{ij}}{6} \right)^2$$

3.1.1. Određivanje najranijeg i najkasnijeg vremena nastupanja događaja

Slijedeći korak jeste proračun vremena nastupanja svih događaja datog mrežnog dijagrama. Taj se korak izvodi na osnovi izračunatih vrijednosti za očekivano vrijeme. Uvode se dva nova pojma, i to za početni događaj:

$(TE)_i$ = najranije vrijeme nastupanja događaja i ,

$(TL)_i$ = najkasnije vrijeme nastupanja događaja i ,
a za završni događaj:

$(TE)_j$ = najraniji završetak događaja j ,

$(TL)_j$ = najkasniji završetak događaja j .

Kritički put (KP) se izražava u jedinicama vremena. Uvjeti da neki događaj bude na kritičnom putu jest da je $TL = TE$. Neka aktivnost $(i-j)$ ulazi u sastav kritičnog puta, tada i samo tada, ako je za nju ispunjen uvjet:

$$(TL)_j - (TE)_i - (te)_{ij} = 0$$

Na taj način određeni su i događaji i aktivnosti koje pripadaju kritičnom putu.

U metodi PERT, vrlo je važno odrediti faktor vjerojatnosti $P(z)$, prema izrazu:

$$P(z) = \frac{(TS)_i - (TE)_i}{\sqrt{\text{suma varijanci}}}$$

gdje je suma varijanci svih aktivnosti s najdužim vremenskim trajanjem do događaja i . Ako se radi o vjerojatnosti cijelog projekta, onda je to suma varijanci na kritičnom putu i , gdje su:

$(TS)_i$ = planirani rok (ili željeni rok)

$(TE)_i$ = vrijeme dobiveno proračunom

$(Z)_i$ = faktor vjerojatnosti za koji su razrađene vjerojatnosti.

U analizi vremena metodom PERT značajno je pronaći kritični put, vjerojatnosti i vremenske rezerve određenog događaja.

Vremenska rezerva je razlika između najkasnijeg i najranijeg vremena nastupanja događaja, tako da se može napisati:

$$(S)_i = (TL)_i - (TE)_i \quad i = (1, 2, \dots, n)$$

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.0. Definiranje standardnih aktivnosti za sve modele

U daljem će se razmatranju proizvodni program, bilo da se radi o porodici proizvoda, jednom tipu ili grupi proizvoda, jednoobrazno nazivati projekt. Da bi se mogao definirati, razraditi, naručiti materijal i proizvesti, potrebno je

da prođe kroz niz aktivnosti. Te aktivnosti će biti standardne, a dane su u tablici I.

REDOSLIJED AKTIVNOSTI
ORDER OF ACTIVITIES

Tablica I
Table I

Oznaka	AKTIVNOST	
	Naziv	
a	Donošenje tromjesečnog plana za proizvodnju na razini RO	
b	Analiza plana proizvodnje u OOUR-u ili pogonu i utvrđivanje prioriteta za jedan mjesec	
c	Radna konstrukcija i kopiranje nacrtā	
d	Radni i proračun materijala	
e	Radna tehnološki procesa, alata, naprava, režim rada	
f	Flasiranje i razrada vremena izrade	
g	Proračun kapaciteta i definiranja uskih grla	
h	Obrubno terminiranje prema RN	
i	Naručivanje materijala i dobava svih materijala koji su potrebni za RN	
j	Proizvodnja u strojnoj obradi (n.operacija)	
k	Proizvodnja u površinskoj obradi, te montaži i pakovanju	
l	Predavanje gotovih proizvoda u skladište gotovih proizvoda	
m	Davanje naloga za isporuku i isporuka	

Ovo su globalne aktivnosti. Svaka od njih ima niz manjih aktivnosti, i svaka bi za sebe mogla biti poseban projekt.

4.1. Matrica zavisnosti aktivnosti

Da bi se mogla obaviti analiza strukture i proračun svih vremena trajanja, potrebno je definirati redoslijed aktivnosti i njihovu zavisnost.

To je prikazano u matrici zavisnosti (tablica II).

MATRICA ZAVISNOSTI
MATRIX OF DEPENDENCE

Tablica II
Table II

Medusobni odnosi aktivnosti	Promatrana aktivnost												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
a		+											
b			+										
c				+	+	+					+		
d										+	+		
e						+					+		
f							+	+		+			
g								+					
h													
i											+		
j												+	
k													+
l													+
m													

OCEKIVANA VREMENA I VARIJANCE
EXPECTED TIMES AND VARIATIONS

Tablica IV
Table IV

AKTIVNOST	(te) _{ij}	varijanca
a	5,22	0,44
b	4,73	0,52
c	32,50	15,69
d	10,67	1,85
e	18,28	3,76
f	13,29	5,90
g	10,05	0,89
h	4,58	0,56
i	73,23	116,08
j	18,83	5,68
k	10,33	1,49
l	5,72	0,37
m	2,84	0,25

PROSJEČNA VREMENA TRAJANJA AKTIVNOSTI
APPROXIMATE TIME PERIODS OF ACTIVITY
DURATION

Tablica III
Table III

Aktivnost	a _{ij}				m _{ij}				b _{ij}			
	REPREZENTANT				REPREZENTANT				REPREZENTANT			
	1.	2.	3.	a _{ij}	1.	2.	3.	m _{ij}	1.	2.	3.	b _{ij}
a	4	5	1	3,33	8	6	2	5,33	10	7	4	7,00
b	4	2	2	2,67	8	3	3	4,67	12	4	4	7,00
c	20	30	16	22,00	30	40	32	34,00	40	50	45	45,00
d	16	0,5	3	6,50	26	1	5	10,67	34	2	8	14,67
e	18	11	10	13,00	26	13	15	18,00	38	16	20	24,67
f	16	7,5	6	4,92	24	9,5	8	13,83	36	12,5	10	19,50
g	10	4	6	6,67	18	5	8	10,33	20	7	10	12,33
h	4	0,5	4	2,83	6	1	6	4,33	10	2	10	7,33
i	26	60	40	42,00	48	90	80	72,67	90	120	110	106,67
j	20	6	6	10,67	40	8	10	19,33	50	10	15	25,00
k	10	8	4	7,33	14	10	6	10,00	24	12	8	14,66
l	4	6	1	3,67	8	8	1,5	5,83	10	10	2	7,33
m	2	1	2	1,67	3	2	3	2,67	5	4	5	4,67

1., 2., 3. izabrane RO (modeli)

4.2. *Prosječna vremena trajanja pojedinih aktivnosti, očekivana vremena i varijance*

U tablici III izvršen je proračun trajanja pojedinih aktivnosti i dobivena su prosječna vremena a_{ij} , m_{ij} , b_{ij} .

U tablici IV dat je proračun očekivanih vremena i varijance.

4.3. *Konstrukcija prosječnog mrežnog dijagrama i proračun kritičnog puta*

Na temelju prosječnih očekivanih vremena i varijanca (tabl. IV), izvrši se konstrukcija mrežnog dijagrama i proračun kritičnog puta. Mrežni dijagram je prikazan na slici 1. Aktivnosti na kritičnom putu (KP) su sljedeće:

$$(KP) = (a, b, c, d, i, j, k, l, m);$$

$$(TE)_{14} = 164,07 \text{ VJ (vremenskih jedinica) uz vjerojatnost od } 0,5.$$

Želi li se da je rok isporuke (R_i) = 184 VJ; (TS) = 184 VJ tada je:

$$Z_{(14)} = \frac{(TS)_{14} - (TE)_{14}}{\sqrt{\Sigma\sigma^2; (KP)}} = \frac{184 - 164,07}{11,89} = 1,676 \text{ zaokruženo } 1,7$$

$$P(Z_{14} = 1,7) = 0,9554 = 95,54\%$$

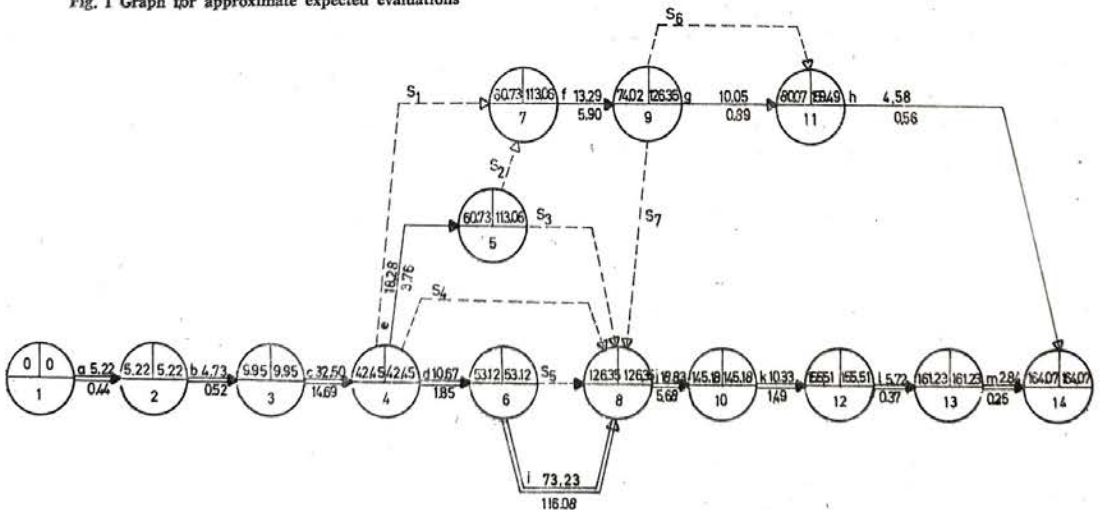
4.4. *Proračun prosječnih vremenskih rezervi*

Proračun prosječnih vremenskih rezervi prikazan je u tablici V.

4.5. *Analiza prosječnog mrežnog dijagrama*

Na osnovi prosječnog mrežnog dijagrama i dobivenih rezultata, može se utvrditi sljedeće:

Slika 1 — Mrežni dijagram za prosječna očekivana vrednovanja
Fig. 1 Graph for approximate expected evaluations



PRORACUN PROSJEČNIH VREMENSKIH REZERV
CALCULATION OF APPROXIMATE TIME RESERVES

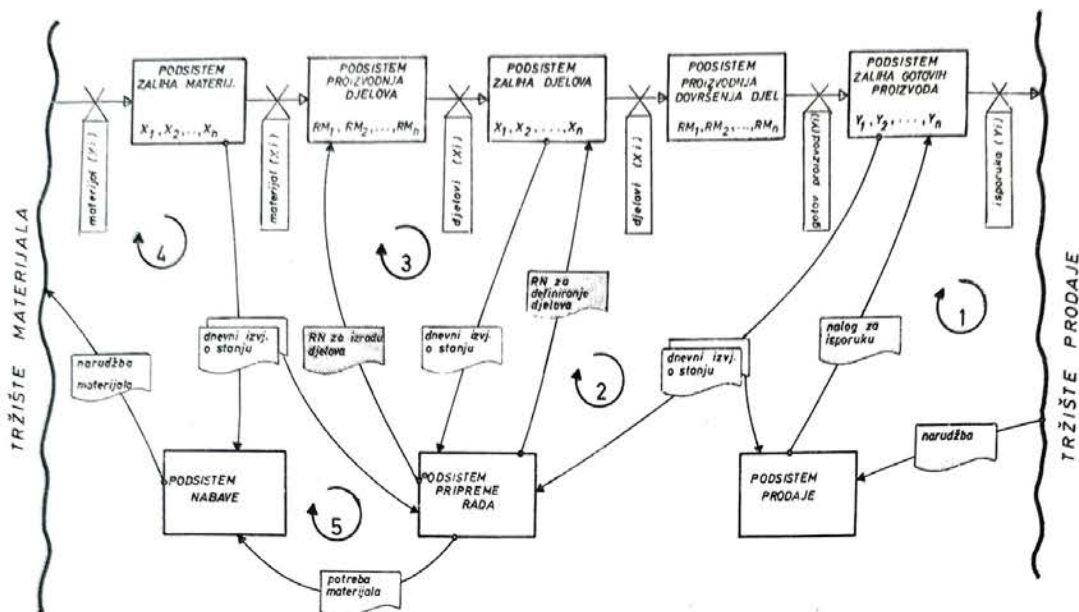
Tablica V
Table V

DOGADAJ (i)	PROSJEČNE VREMENSKE REZERVE
1	0
2	0
3	0
4	0
5	52,33
6	0
7	52,33
8	0
9	52,33
10	0
11	75,42
12	0
13	0
14	0

1. Prosječno moguće najranije nastupanje događaja 14 je u 164,07 VJ s 50% vjerojatnosti. To znači da je prosječni rok isporuke s 50% vjerojatnosti u 164,07 VJ ili ranije, odnosno u 164,07 VJ ili kasnije.
2. Želi li se proračunati prosječni rok isporuke s vjerojatnošću od 95,54, tada je rok isporuke u 184 VJ ili manje.
3. Aktivnosti na kritičnom putu su: a, b, c, d, i, j, k, l, m (tablica I).

4.6. *Poboljšani model pripreme rada u proizvodnji namještaja*

U problematici pripreme rada prisutni su neki karakteristični problemi rada kao podsistema koji upravlja procesom. Ti problemi mogli bi se najkraće okarakterizirati pitanjima:



Slika 2 — Blok dijagram poboljšanja rada
Fig. 2 Block-diagram of work improvement

1. Kojim se metodama priprema rada treba služiti da bi optimalno upravljala procesom proizvodnje namještaja?
2. Kako organizirati proizvodni proces da bi se zadovoljio cilj ili ciljevi koji se postavljaju pred sistem proizvodnje, odnosno kako cijelim sistemom upravljati?

Na slici 2 prikazan je sistem kibernetskog upravljanja proizvodnjom standardnog pločastog namještaja koji omogućuje postizanje radne hipoteze koja glasi: — proizvodnim sistemom moguće je efikasno upravljati jedino ako se odrede svi njegovi pod-sistemi i aktivnosti među njima s njihovom vremenskom dimenzijom. Da bi se to postiglo, potrebno je sistem podijeliti u nekoliko sljedećih pod-sistema:

— pod-sistem nabave, pod-sistem zalihe materijala, pod-sistem proizvodnje, pod-sistem pripreme rada, pod-sistem prodaje i pod-sistem zalihe gotovih proizvoda.

Iz blok-dijagrama vidljivo je da priprema rada procesom upravlja preko dva radna naloga, i to:

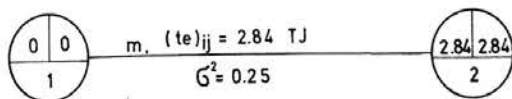
1. radni nalog za izradu dijelova proizvoda,
2. radni nalog za definiranje dijelova i dovršenje gotovog proizvoda.

Priprema rada na bazi »dnevnih izvještaja o stanju« iz pojedinih pod-sistema izdaje radne naloge (RN).

Usporedba stanja (S) i željenog stanja (ŽS), koja se radi u pripremi rada kao pod-sistema koji upravlja, može dati tri moguća rezultata:

1. $S < \text{ŽS}$,
2. $S = \text{ŽS}$,
3. $S > \text{ŽS}$.

Poboljšani sistem mora zadovoljiti barem jedan od prva dva rezultata da se lansira RN. To je znak za impuls i izdaje se RN. Proizlazi da je moguće ostvariti rok isporuke (R_i) svake narudžbe iz standardnog proizvodnog programa u vremenskoj dimenziji koja ima aktivnost (m) i koja se odnosi samo na vrijeme od »davanja naloga za isporuku i isporuke«. Vremenska dimenzija i vjerojatnost ove aktivnosti, tj. roka isporuke kao rezultata poboljšanja rada pripreme rada i cijelog sistema, prikazana je na slici 3.



Slika 3 — Mrežni dijagram kao vremenska dimenzija poboljšanja sistema

Fig. 3 Graph as the time period of improved system

Mrežni dijagram sastoji se samo od aktivnosti (m), koja predstavlja prosječnu aktivnost: »davanje naloga za isporuku i isporuka«. $(TE)_2 = 2,84$ VJ uz vjerojatnost od 0,5.

Želi li se da je (R_i) = 3,8 VJ; $TS = 3,8$ VJ, tada je:

$$Z_{(2)} = \frac{3,80 - 2,84}{0,5} = 1,7$$

$P(z_2 = 1,7) = 0,9554 = 95,54\%$. To znači da je rok isporuke u 3,8 VJ ili ranije s vjerojatnošću od 0,9554 ili 95,54%.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovi problematike i rezultata rada može se dati slijedeći zaključak:

1. U svim modelima nisu postojali definirani godišnji i kvartalni planovi.
2. Planiranju proizvoda i razvoju proizvoda, odnosno proizvodnog programa, nije se prilazilo dovoljno stručno i s odgovorajućom pažnjom.
3. Postojao je vrlo nizak stupanj standardiziranosti proizvodnog programa, materijala i režima rada.
4. Nije provedena optimalizacija zaliha materijala. Snabdjevenost materijalom bila je stihijska.
5. Organizacija rada, informacijski sustav, timski rad i upravljanje pripremom rada bez operativnih i pouzdanih informacija o stanju, kao i problem cjelovitosti i svestranosti u sistemu upravljanja, znatan je činilac poremećaja.
6. Da bi upravljanje sistemom bilo dobro, brzo i pouzdano, potrebna je pouzdana i brza informacija o stanju. Taj cilj osiguravaju nove spoznaje o informacijskim sustavima. Poveže li se informacija o stanju (S) s informacijom o željenom stanju (ŽS), stvorena je mogućnost za efikasno upravljanje procesom. To je jedan od značajnih činilaca poboljšanja djelovanja pripreme rada u proizvodnji namještaja i značajan mogući efekt.
7. Svi podsistemi su regulirani i upravljani na osnovi dnevnih informacija o stanjima. Poboljšano djelovanje pripreme rada, kao osnovnog elementa koji upravlja, sastoji se od kibernetičkog sistema upravljanja, čime se dobiva da je ulaz reguliran izlazom, tj. da je $X = F(Y)$. Ovaj problem zahtijeva šire sagle-

davanje i integralno djelovanje niza aktivnosti koje omogućuju da:

- sistem djeluje kao cjelina; — da se shvate i uoče poremećaji u sistemu i — da se razmišlja kroz kola povratnih djelovanja.
8. Kao rezultati istraživanja dobiveni su model pripreme proizvodnje rada, u proizvodnji pločastog namještaja, matrica aktivnosti i njihove zavisnosti, te proračun najkraćeg roka isporuke za aktivnosti koje se nalaze na kritičnom putu. Na osnovi toga, izrađen je prijedlog novog upravljačko-informacijskog podсистema pripreme rada.
 9. Promatrani objekti (RO) nisu dovoljno velik uzorak da bi se zaključci mogli odnositi na cijelu proizvodnju namještaja. Zato bi bilo potrebno ovo istraživanje znatno proširiti, a rad na tom problemu nastaviti.

OSNOVNA LITERATURA

- [1] BENIC, R.: Organizacija rada u drvnoj industriji, Nakladni zavod »Znanje«, Zagreb, 1971.
- [2] BOBER, J.: Stroj, čovjek, društvo (Kibernetika), »Naprijed«, Zagreb, 1970.
- [3] BUBLE, M.: Projektiranje organizacije, Informator, Zagreb, 1976.
- [4] ETTINGER, Z.: Standardizacija elemenata — osnova inžinjerskog sistema proizvodnje, Drvna industrija, 1974, br. 9—10.
- [6] FUČKAR, Z.: Elementi teorije kibernetičkog sistema rukovođenja proizvodnim procesom, »Drvna industrija« br. 7—8, Zagreb, 1976.
- [7] LJULJKA, B.: Tehnologija proizvodnje namještaja, SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije, Zagreb, 1977.
- [8] MAYNARD, H. B.: Industrijski inženjering, Knjiga I, II, III i IV. Privredni pregled, Beograd 1973 — 1975.
- [9] MILEUSNIC, N.: Planiranje i priprema proizvodnje. Privredni pregled, Beograd, 1974.
- [10] MILEUSNIC, N.: Organizacija procesa proizvodnje. Privredni pregled, Beograd, 1977.
- [11] PETRIĆ, J.: Operaciona istraživanja I, II. PFV, Beograd, 1973.
- [12] RAJKOV, M.: Elementi teorije sistema. Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 1975.

Recenzent:
prof. dr Mladen Figurić