

Napovedovanje časa dobave naročila

Tomaž BERLEC, Edvard GOVEKAR, Primož POTOČNIK, Marko STARBEK

Izvleček: Pri vstopu na trg se podjetja srečujejo z različnimi problemi, med katerimi so tudi predolgi pretočni časi naročil. Naročnik določenega naročila se odloči za ponudnika, ki posreduje najboljšo ponudbo. Sama kakovost je samoumevna, razlika pa se pojavi pri cenah in časih dobave naročila. Izdelati ponudbo zgolj na osnovi izkušenj zaposlenih je zelo tvegano. Iz tega razloga predlagamo postopek, s katerim lahko na osnovi zbranih podatkov o doseženih pretočnih časih operacijskih naročil, izvedenih v preteklem obdobju na delovnih mestih podjetja, napovemo pričakovane pretočne čase načrtovanih operacij in posredno tudi naročil. Rezultat predlaganega postopka je empirična porazdelitev možnih pretočnih časov za novo naročilo in na osnovi te porazdelitve napoved najverjetnejšega pretočnega časa novega naročila. S pomočjo predlaganega postopka lahko prodaja napove kupcu oziroma naročniku, v kolikšnem času bo mogoče dobaviti načrtovano naročilo. Postopek napovedovanja pretočnih časov naročil bo predstavljen na primeru napovedovanja pretočnega časa naročila »orodje za izdelavo ohišja filtra«, ki se izdeluje v orodjarni slovenskega podjetja ETI, d. d..

Ključne besede: napovedovanje, pretočni čas, operacijsko naročilo, empirična porazdelitev, percentil,

1 Uvod

Podjetja na globalnem trgu ponujajo podobne oziroma enake izdelke po primerljivi ceni in kakovosti. Glavna razlika se kaže v predvidenem času osvajanja naročila in držanju dogovorjenega roka oziroma termina dobave.

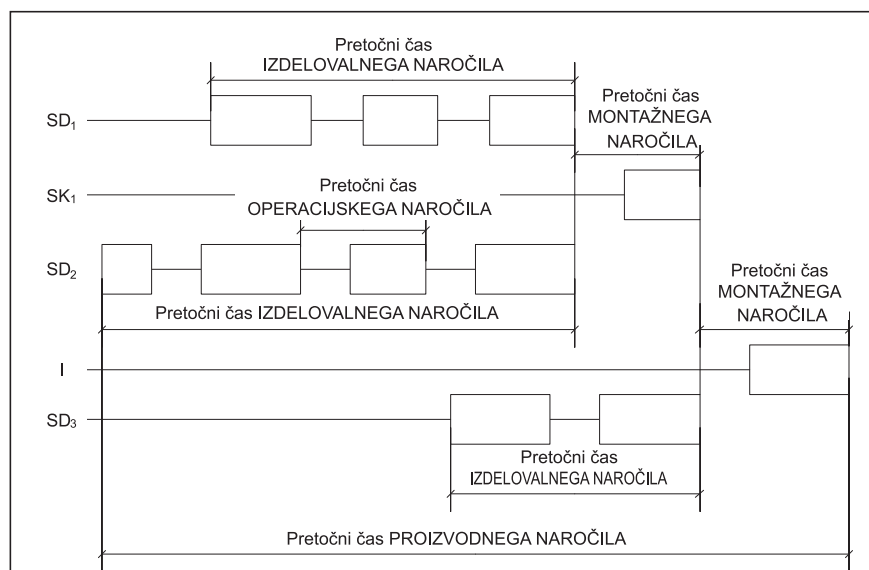
Pred izdelavo ponudbe si mora prodajna služba podjetja priskrbiti informacije o operacijah, ki jih bo potrebno izvesti, o časih izvedbe operacij ter o želenem terminu dobave. Trenutno se informacije o časih izvedbe operacij pridobijo od izkušenih delavcev podjetja, želeni termin dobave pa določi kupec. Ocene, pridobljene na osnovi osebnih izkušenj, pa so lahko zelo zavajajoče.

Dr. Tomaž Berlec, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. Edvard Govekar, univ. dipl. inž., doc. dr. Primož Potočnik, univ. dipl. inž., prof. dr. Marko Starbek, univ. dipl. inž.; vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Posledično so lahko ponudbe, ki temeljijo na napačno določenih terminih dobave, vzrok, da podjetje ne dobi naročila.

Razvoj informacijske in komunikacijske tehnologije ICT, ki predstavlja pomembno orodje za izboljšanje in vzdrževanje konkurenčne prednosti podjetja na trgu [1], je prinesel

korenite spremembe, saj ICT poenostavlja veliko nalog v poslovnem okolju. Vsako podjetje, ki želi biti konkurenčno, potrebuje primeren sistem za načrtovanje in vodenje proizvodnje – ERP-sistem. Trg ponuja različne komercialne ERP-sisteme [2]. Naloga vsakega podjetja pa je, da izbere in uvede zanj najprimernejši sistem [3].



Slika 1. Pretočni časi naročil

V članku bo predstavljeno, kako se lahko podatki, shranjeni v ERP-sistemu, uporabijo za izračun pretočnih časov operacijskih naročil in posredno pretočnih časov naročil. Nadalje bo prikazan izračun percentilov pretočnih časov naročil in s tem določitev intervala zaupanja. Namen članka je predlagati postopek napovedovanja pretočnih časov naročil na temelju v preteklosti zbranih podatkov o doseženih pretočnih časih.

V literaturi nismo zasledili pristopa napovedovanja pretočnih časov, kot bo opisan v tem članku, zato sklepamo, da gre za novost, ki uporablja doslej znano teorijo inštituta IFA v Hannoveru in doda nov postopek napovedovanja pretočnih časov naročil.

2 Postopek napovedovanja pretočnih časov naročil

Ko se govori o naročilu, je potrebno razlikovati med operacijskim, izdelovalnim, montažnim in proizvodnim naročilom [4], kar prikazuje *slika 1*.

Pri načrtovanju postopka napovedovanja pretočnih časov naročil bomo izhajali iz predpostavke, da podjetje razpolaga z ERP-sistemom, v katerem so v podatkovni bazi zbrani podatki o v preteklosti izvedenih operacijskih in montažnih naročilih na razpoložljivih delovnih mestih podjetja (oznaka naročila, vrsta in zaporedje operacij, efektivni čas izvedbe, termini začetka in končanja posameznega naročila).

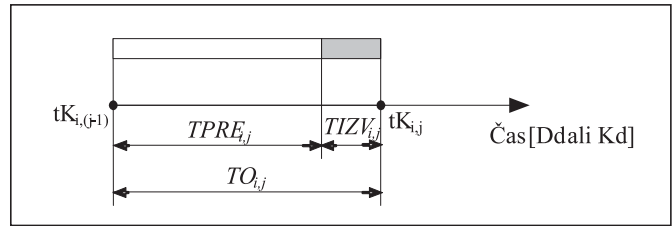
Izhodni podatki ERP-sistema naj bi bili v formatu Microsoft Excel (.xls).

Dosedanje raziskave problematike določanja pretočnih časov so nas pripeljale do zaključka, da naj bi postopek napovedovanja pretočnih časov naročil obsegal naslednje korake:

1. korak: Določanje doseženih pretočnih časov že izvedenih operacijskih naročil na delovnih mestih podjetja

H. P. Wiendahl [4] pravi, da je pretočni čas *i*-tega operacijskega naročila N_i ($1 \leq i \leq n$), ki je bilo izvedeno na *j*-tem delovnem mestu DM_j ($1 \leq j \leq m$), defini-

ran kot časovni interval, računani od termina končanja *i*-tega operacijskega naročila na opazovanem, to je *j*-tem delovnem mestu (*slika 2*). do termina končanja *i*-tega operacijskega naročila na opazovanem, to je *j*-tem delovnem mestu (*slika 2*).



Slika 2. Pretočni čas operacijskega naročila [4]

Pretočni čas operacijskega naročila je torej:

$$TO_{i,j} = tK_{i,j} - tK_{i,(j-1)} \quad (1)$$

$TO_{i,j}$ – pretočni čas *i*-tega operacijskega naročila na *j*-tem delovnem mestu

$tK_{i,j}$ – termin končanja *i*-tega operacijskega naročila na *j*-tem delovnem mestu

$tK_{i,(j-1)}$ – termin končanja *i*-tega operacijskega naročila na predhodnem (*j-1*)-tem delovnem mestu

i ... številka operacijskega naročila
j ... številka delovnega mesta

Na osnovi izhodnih podatkov ERP-sistema lahko za poljubno *j*-to delovno mesto DM_j izračunamo dosežene pretočne čase že izvedenih operacijskih naročil, torej naročil, ki so bila v preteklosti izvedena na

j-tem delovnem mestu v opazovanem časovnem intervalu *P* (*slika 3*).

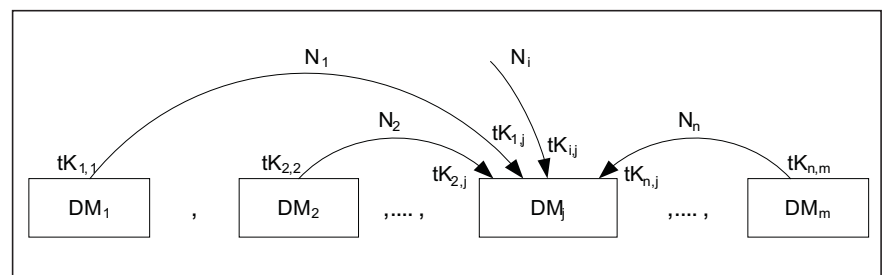
Doseženi pretočni časi operacijskega naročila *n*, izvedenega na *j*-tem delovnem mestu v opazovanem časovnem intervalu *P*, je torej:

$$TO_{n,j} = tK_{n,j} - tK_{n,(j-1)} \quad (2)$$

n ... število na *i*-tem delovnem mestu v preteklosti izvedenih operacijskih naročil

Vektorji doseženih pretočnih časov operacijskih naročil, izvedenih v preteklosti na vseh delovnih mestih podjetja (*tabela 1*), bodo predstavljali osnovo za napovedovanje pričakovanih pretočnih časov načrtovanih novih naročil.

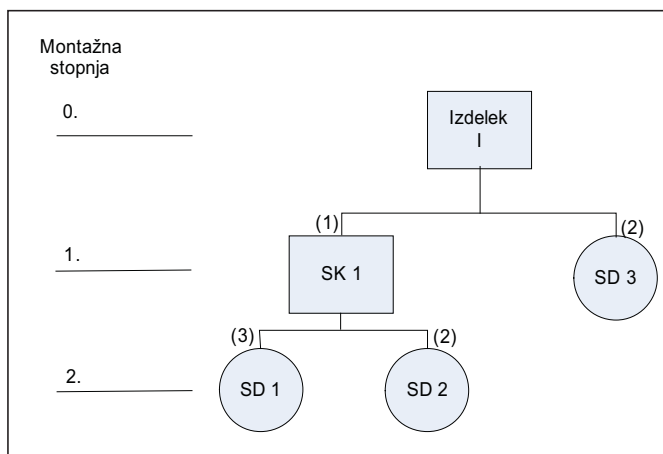
2. korak: Oblikovanje montažne strukture načrtovanega naročila in tehnoloških postopkov izvedbe sestavnih delov in sklopov načrtovanega naročila



Slika 3. Pretok operacijskih naročil preko delovnega mesta DM_j

Tabela 1. Vektorji pretočnih časov operacijskih naročil

	Delovno mesto					
	DM ₁	DM ₂	...	DM _j	...	DM _m
Vektorji pretočnih časov	$\begin{bmatrix} TO_{1,1} \\ TO_{2,1} \\ \vdots \\ TO_{n,1} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} TO_{1,2} \\ TO_{2,2} \\ \vdots \\ TO_{n,2} \end{bmatrix}$...	$\begin{bmatrix} TO_{1,j} \\ TO_{2,j} \\ \vdots \\ TO_{n,j} \end{bmatrix}$...	$\begin{bmatrix} TO_{1,m} \\ TO_{2,m} \\ \vdots \\ TO_{n,m} \end{bmatrix}$



Slika 4. Princip gradnje montažne strukture naročila I

Legenda:
 I ... izdelek
 SK ... oznaka sklopa
 SD ... oznaka sestavnega dela
 (x) ... število vgraditev sestavnega dela oziroma sklopa v sklop višje stopnje

Za načrtovano naročilo se razberejo oziroma izdelajo montažna struktura in tehnološki postopki izvedbe sestavnih delov in sklopov naročila. Slika 4 prikazuje princip gradnje montažne strukture naročila I.

Slika 5 prikazuje tehnološke oziroma montažne postopke izdelave sestavnih delov in sklopov načrtovanega naročila I.

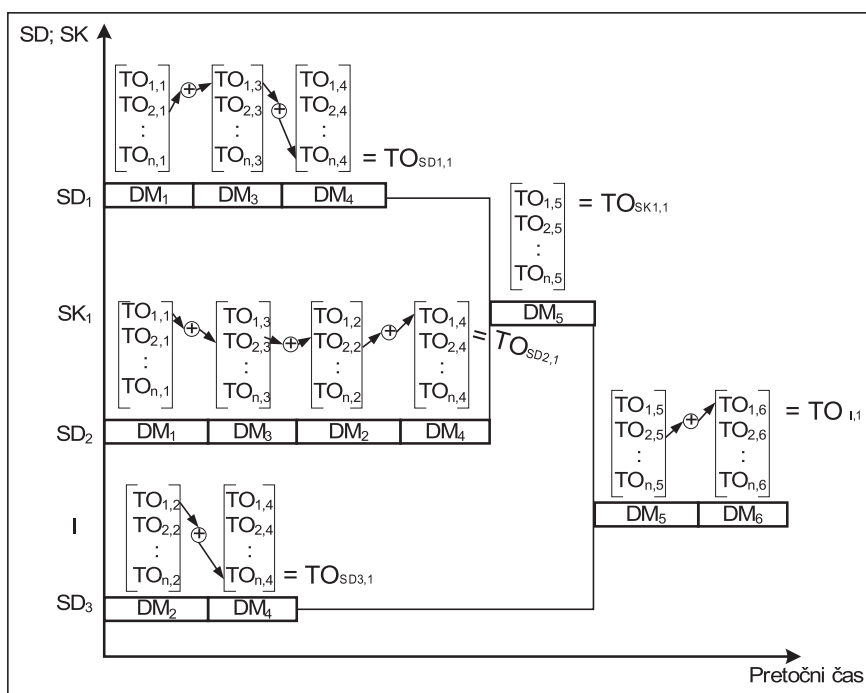
Sestavni del / sklop	Predpisano zaporedje operacij			
SD 1	Struženje DM1	Freziranje DM3	Brušenje DM4	
SD 2	Struženje DM1	Freziranje DM3	Skoblanje DM2	Brušenje DM4
SD 3	Skoblanje DM2	Brušenje DM4		
SK 1	Montaža DM5			
I	Montaža DM5	Kontrola DM6		

Slika 5. Tehnološki oziroma montažni postopki sestavnih delov in sklopov naročila I

3. korak: Naključno pobiranje in seštevanje vrednosti elementov vektorjev doseženih pretočnih časov operacijskih naročil posameznega izdelovalnega oziroma montažnega naročila

Slika 6 prikazuje princip naključnega pobiranja in seštevanja vrednosti elementov vektorjev v preteklosti doseženih pretočnih časov operacijskih naročil načrtovanih izdelovalnih in montažnih naročil.

Leganda:
 $TO_{SD1,1}$... pretočni čas sestavnega dela SD1, dobljen po prvi iteraciji
 $TO_{SK1,1}$... pretočni čas sklopa SK1, dobljen po prvi iteraciji
 $TO_{I,1}$... pretočni čas proizvoda I, dobljen po prvi iteraciji



Slika 6. Naključno pobiranje in seštevanje vrednosti elementov vektorjev v preteklosti doseženih pretočnih časov operacijskih naročil

Na sliki 6 je podan shematski prikaz naključnega pobiranja in seštevanja vrednosti v preteklosti doseženih pretočnih časov iz vektorjev delovnih mest, definiranih s tehnološkimi oziroma montažnimi postopki izdelave sestavnih delov oziroma montaže sklopov.

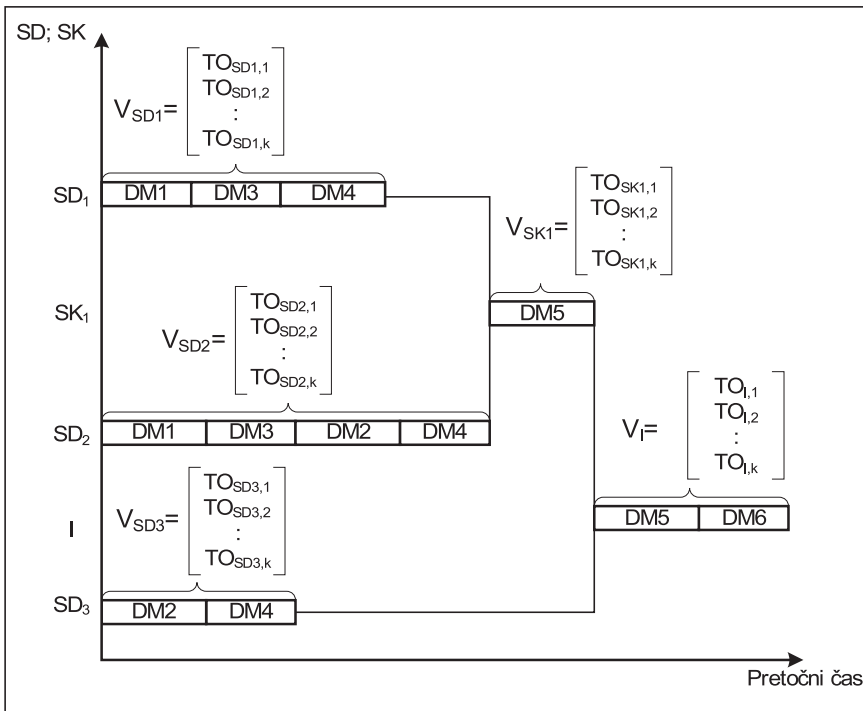
Odločiti se je potrebno za določeno število iteracij k. Število potrebnih iteracij se določi na osnovi testiranja, saj je potrebno zagotoviti stabilen proces,

negi pobiranja pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila. Na število iteracij vpliva vrsta naročila, ki z rastjo kompleksnosti povečuje zahteve po številu iteracij.

4. korak: Tvorjenje vektorjev pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila

Rezultati 3. koraka omogočajo tvorjenje vektorjev pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila, kar prikazuje slika 7.

Število elementov posameznega vektorja je odvisno od števila izvedenih iteracij k. Število potrebnih iteracij se določi na osnovi testiranja, saj je potrebno zagotoviti stabilen proces,



Slika 7. Tvorjenje vektorjev pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila

Pri čemer je:

$TO_{SD1,k}$... pretočni čas sestavnega dela SD1, dobljen s k-to iteracijo

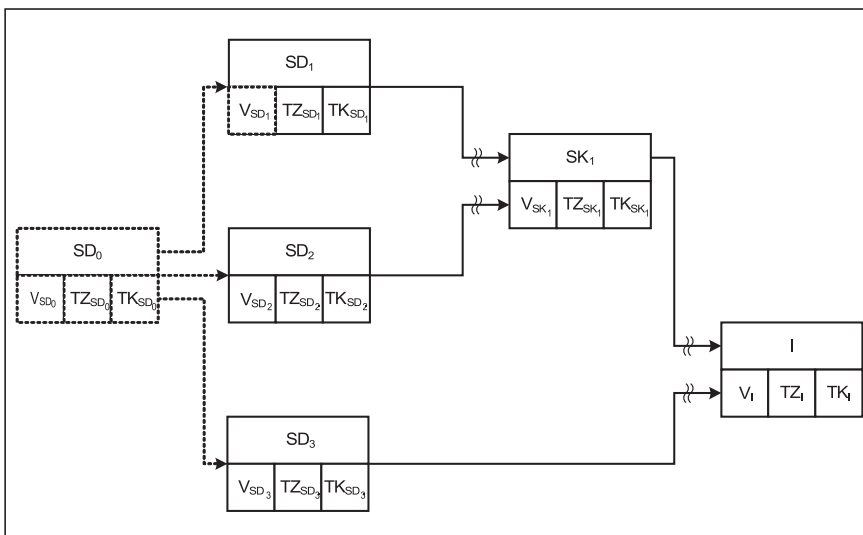
V_{SD1} ... vektor pretočnih časov sestavnega dela SD1

k ... število izvedenih iteracij

ki ga pri majhnem številu iteracij ni možno dobiti. Kriterij za zadostno število iteracij je ugotovitev, da večkratni zagon postopka da primerljive rezultate, s čimer je dosežena stabilnost oziroma konvergenca postopka.

5. korak: Določitev vektorja pričakovanih pretočnih časov načrtovanega naročila

Da bi določili vektor pričakovanih pretočnih časov načrtovanega naročila V_I , je potrebno gantogram naročila (slika 7) pretvoriti v aktivnostni mrežni diagram naročila ter vanj vnesti vektorje pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila (slika 8).



Slika 8. Aktivnostni mrežni diagram načrtovanega novega naročila

Izhodiščni podatki aktivnostnega mrežnega diagrama naročila so:

- rok začetka izvedbe navideznega naročila SD_0

$$TZ_{SD_0} = 0 \quad (3)$$

- vektor navideznega izdelovalnega oziroma montažnega naročila V_{SD_0} je:

$$V_{SD_0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

- vektorji pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih oziroma montažnih naročil načrtovanega naročila so:

$$V_{SD_1}, V_{SD_2}, \dots, V_{SK_1}, V_I$$

Za navidezno naročilo SD_0 , ki v aktivnostnem mrežnem diagramu nima predhodnikov, se vzame, da je rok začetka izvedbe naročila – prva iteracija:

$$TZ_{SD_{0,1}} = 0 \quad (5)$$

in rok končanja izvedbe naročila

$$TK_{SD_{0,1}} = TZ_{SD_{0,1}} + TO_{SD_{0,1}} = 0 + 0 = 0 \quad (6)$$

Za ostala izdelovalna oziroma montažna naročila, ki imajo vsaj enega ali več predhodnikov (slika 9), pa je:

Rok začetka izvedbe naročil:

$$TZ_{SD_{b,1}} = \max_{k \in P^*} \{ TZ_{SD_{a,1}} + TO_{SD_{a,1}} \} \quad (7)$$

P^* ... predhodniki opazovanega naročila,

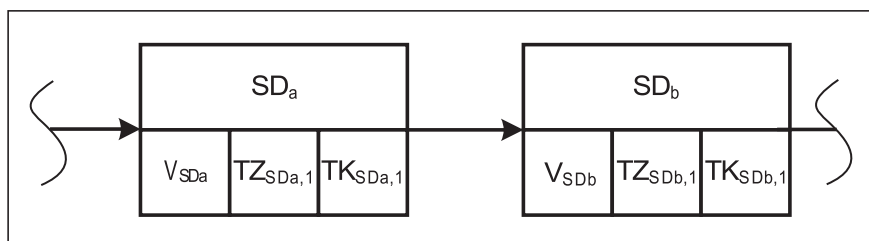
in rok končanja izvedbe naročil:

$$TK_{SD_{b,1}} = TZ_{SD_{b,1}} + TO_{SD_{b,1}} \quad (8)$$

Rok končanja zadnjega izdelovalnega oziroma montažnega naročila I v aktivnostnem mrežnem diagramu pa predstavlja pričakovani pretočni čas načrtovanega naročila TO .

$$TK_I = TO. \quad (9)$$

S slike 8 je razviden izračun za en

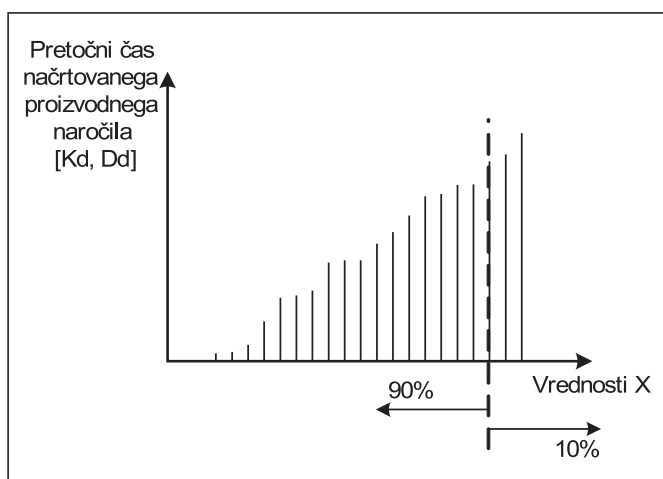


Slika 9. Osnovni element aktivnostnega mrežnega diagrama

element vektorja pričakovanega pretočnega časa načrtovanega naročila. Tak izračun se izvede za izbrano število iteracij naključno vzorčenih vrednosti iz vektorjev posameznega sestavnega dela oziroma sklopa naročila. Sam izračun se izvede na naslednji način:

- Pri zaporednih operacijah se seštejejo posamezni naključno vzorčeni pretočni časi iz vektorjev zaporedno nanizanih delovnih mest. Rezultat vsake iteracije se zapiše v nov vektor, ki predstavlja vsoto za nek sklop ali sestavni del.
- Pri vzporednih operacijah je potrebno zbrati naključno vzorčne pretočne čase iz vektorjev vzporedno nastopajočih delovnih mest, nato pa za vsako vzporedno pot poiskati maksimalni pretočni čas. Tako dobljeni rezultat v vsaki iteraciji se zapiše v skupni vektor maksimalnih časov vzporednih poti, saj je kritična pot v aktivnostnem mrežnem diagramu vedno pot z najdaljšim potrebnim pretočnim časom za izvedbo izdelovalnega oziroma montažnega naročila.

Izračun je potrebno ponoviti za izbrano število iteracij.



Slika 10. Primer »90-tega« percentila

Dobljeni pričakovani pretočni časi načrtovanega naročila bodo predstavljali empirično porazdelitev pretočnega časa načrtovanega naročila.

6. korak: Napovedovanje časa dobave načrtovanega naročila

Peti korak napovedovanja pretočnega časa naročila pripelje do vektorja pričakovanih pretočnih časov naročila oziroma do določene porazdelitve pretočnega časa.

V praksi se zahteva točno določena vrednost pretočnega časa dobave naročila.

Najverjetnejša vrednost pretočnega časa dobave za načrtovano naročilo se lahko oceni s pomočjo mediane, ki pomeni, da obstaja 50-odstotna verjetnost, da bo dejanski čas dobave krajši in 50-odstotna verjetnost, da bo dejanski čas dobave daljši od navedenega. Ker pa je 50-odstotno tveganje za naročnika nesprejemljivo, se ocenjena vrednost dobave običajno poda s širšim intervalom zaupanja.

Npr. 90-odstotni interval zaupanja se definira kot 90-odstotna verjetnost, da bo naročilo dobavljeno v času, krajšem, kot je navedeno. Torej: maksimalni dobavni čas, ki se zagotavlja naročniku z 90-odstotno zanesljivostjo, ustreza 90-temu percentilu empirične porazdelitve napovedi načrtovanega naročila.

Percentil [6, 7] poda vrednost Y , ki je večja od P procentov vrednosti v množici X . Z drugimi besedami npr. 90-ti percentil pove vrednost, ki je večja od 90 % vseh vrednosti v množici X , ki so naraščajoče urejene (slika 10).

Da se dobi P -ti percentil X urejenih vrednosti, je potrebno izračunati rang R [8]:

$$R = P(X+1)/100 \tag{10}$$

ki se zaokroži na prvo celo število in nato se vzame vrednost iz množice X , ki ustreza temu rangju.

- R ... rang percentila
- P ... percentil
- X ... število urejenih elementov v množici

Iz zgoraj prikazanega in iz opravljenih testiranj predlagamo, da se za standardni percentil uporabi 90-ti percentil, saj tako lahko z 90-odstotnim zaupanjem trdimo, da bo naročilo izdelano v tem predvidenem roku.

Če želi podjetje še večjo zanesljivost, lahko uporabi tudi višji percentil (npr. 99), in s tem minimizira tveganje.

Seveda je izbira percentila odvisna od pomembnosti naročila in kupca. Bolj kot je kupec pomemben in bolj kot je pomembno naročilo, večji interes ima podjetje, da to naročilo dobi.

Za izvedbo korakov predlaganega postopka napovedovanja pretočnih časov naročil bomo poleg MS Excela uporabili tudi računalniški program MATLAB [6], ki omogoča izvajanje matričnih operacij in grafični prikaz rezultatov.

3 Testiranje postopka napovedovanja pretočnega časa naročila

Postopek napovedovanja pretočnih časov naročil smo preizkusili v orodjarni ETI, d. d., iz Izlake. Proizvodni program orodjarne zajema izdelavo orodij za preoblikovanje in prebijanje, izdelavo orodij za brizganje termoplastov, brizganje in stiskanje

duroplastov, izdelavo orodij za stiskanje keramičnih mas ter izdelavo avtomatiziranih naprav za montažo izdelkov.



Slika 11. Ohišje filtra, narejenega z orodjem št. 705429

Orodjarna je specializirana za konstrukcijo in izdelavo kakovostno zahtevnejših orodij za brizganje termoplastov in duroplastov. Ob dolgoletnih izkušnjah pri izdelavi orodij za lastni koncern je orodjarna začela izdelovati orodja in naprave tudi za zunanje naročnike na področjih: avtomobilska industrija, gospodinjstvi aparati, medicinska tehnika, elektrotehnika/elektronika in razsvetljava.

Tabela 2. Število operacijskih naročil, izvedenih na delovnih mestih orodjarne

Številka delovnega mesta	Delovno mesto	Število v treh letih izvedenih naročil
44000	Kooperacija – storitev	21
44141	Konstrukcija naprav	151
44142	Elektroniki za stroje	130
44221	Struženje	3706
44222	CCN-struženje	1052
44313	Montaža strojev in naprav	197
44331	Merjenje	885
44332	Merjenje DEA Omicron	273
	Triletna proizvodnja	57.951

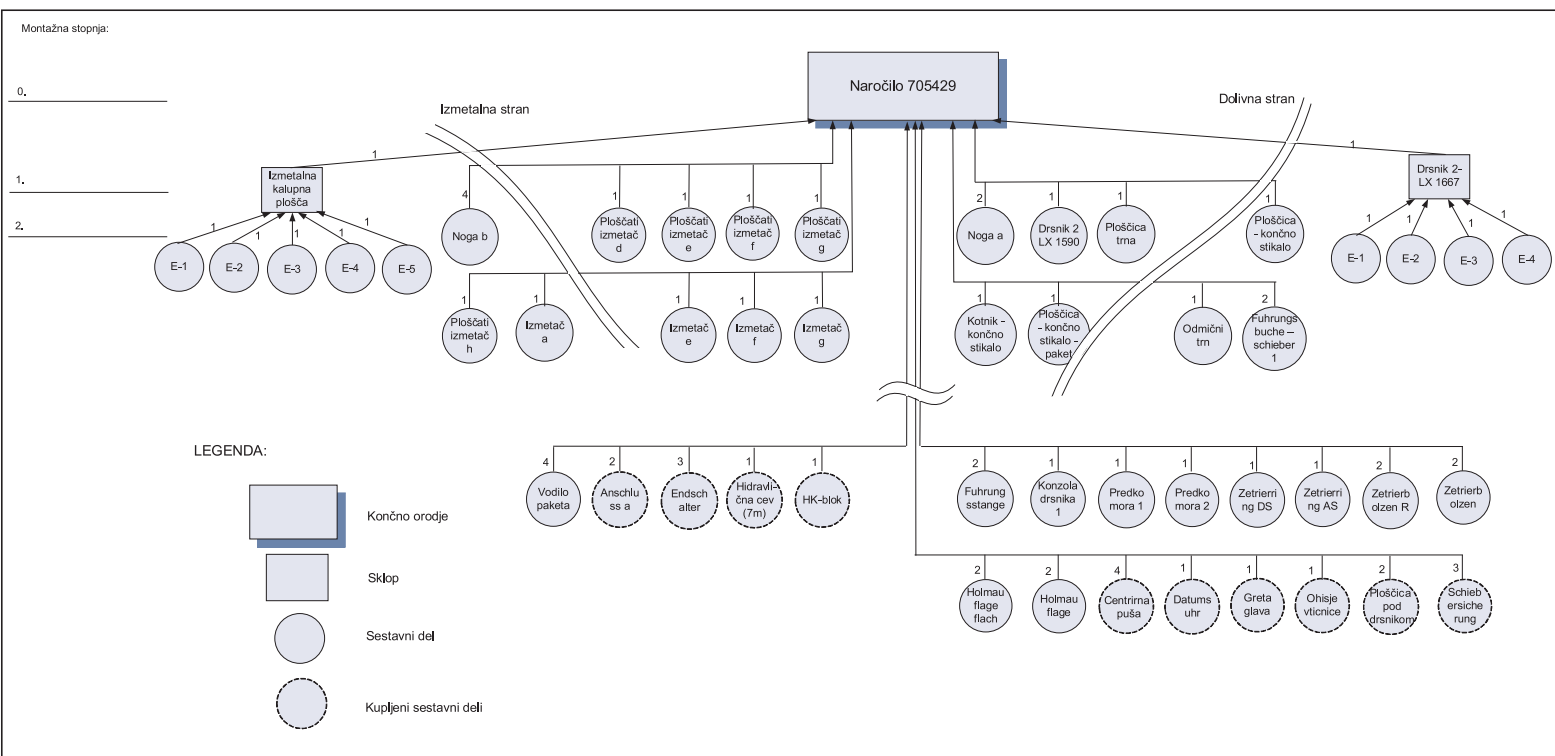
Orodjarna uporablja LARGO, ERP-sistem podjetja Perftec, d. o. o., z Bleda [9]. Zaradi načina njihove proizvodnje (proizvajajo orodja za znanega kupca, vsako orodje je unikat) je napoved trajanja proizvodnje zelo zahtevna in hkrati seveda odločilnega pomena pri izdelavi ponudb in pridobivanju naročil. Predvsem je pomembno držanje dogovorjenih rokov, saj so dobavitelj v avtomobilski industriji.

Uprava orodjarne se je odločila, da preizkusi primernost predlaganega

postopka napovedovanja pretočnih časov naročil na primeru določanja pretočnega časa naročila »orodje za izdelavo ohišja filtra št. 705429« (slika 11).

Koraki postopka napovedovanja pretočnega časa naročila »orodje za izdelavo ohišja filtra št. 705429«:

1. korak: Določanje doseženih pretočnih časov v preteklosti že izvedenih operacijskih naročil na delovnih mestih podjetja



Slika 12. Izsek montažne strukture orodja št. 705429

Opomba: Za vse sestavne dele, ki so izdelani v orodjarni, v podjetju najprej izvedejo predpripravo na obdelavo, ki za to naročilo zajema: elektronike za stroje (44142), konstrukcijo orodij (44143) in razrez materiala (44211).

Za izvedbo eksperimenta smo uporabili podatke iz ERP-sistema Largo, in to za časovni interval od 12. 12. 2002 do 22. 8. 2005.

Najprej je bilo potrebno izvesti sinhronizacijo oziroma prenos podatkov iz ERP-podatkovne baze sistema Largo v MS Excel obliko datoteke. Iz baze smo pobrali naslednje podatke: številko naročila, datum prihoda, datum odhoda, čas izdelave in zaporedje operacijskih naročil.

ERP-sistem Largo zajema koledarske dni [Kd] in ne upošteva delovnega koledarja podjetja oziroma delovnih dni [Dd]. Iz tega razloga so podatki, ki niso korigirani z delovnim koledarjem podjetja, uporabni predvsem za napovedovanje trajanja izvedbe naročila za prodajo in ne toliko za samo proizvodnjo, saj bi bilo v tem primeru potrebno upoštevati tudi že prej omenjeni delovni koledar podjetja.

Po dogovoru z vodstvom orodjarne smo se odločili za določanje doseženih pretočnih časov v preteklosti že izvedenih operacijskih naročil orodjarne za celotni časovni interval, zajet v ERP-sistemu, ki obsega obdobje od 12. 12. 2002 do 22. 8. 2005. V opazovanem časovnem intervalu je bilo izvedenih 22.850 izdelovalnih naročil s 57.951 operacijskimi naročili na 35 delovnih mestih (tabela 2).

Kot je razvidno s tabele 2, je prešlo v opazovanem časovnem intervalu čez delovna mesta zelo različno število operacijskih naročil (minimalno

2 naročili preko delovnega mesta 44321 in maksimalno 7307 naročil preko delovnega mesta 44253).

Na osnovi pridobljenih podatkov iz ERP-sistema smo lahko izvedli izračun doseženih pretočnih časov posameznih operacijskih naročil. Izračun je bil izveden v MS Excelu na osnovi enačbe 1.

Rezultati so pokazali, da je večina doseženih pretočnih časov krajših od 1 Kd ali pa 1 Kd, izjemoma obstaja tudi nekaj ekstremnih primerov, npr. 464 Kd.

2. korak: Prevzem oziroma oblikovanje montažne strukture načrtovanega naročila in tehnoloških postopkov sestavnih delov in sklopov naročila – orodje številka 705429

V tem koraku smo privzeli poznano montažno strukturo (slika 12) in poznano vrsto ter zaporedje operacij (slika 13) na obravnavanem orodju številka 705429.

Kot je razvidno s slike 12, orodje sestoji iz dveh delov, in to iz izmetalnega in dolivnega. Orodje je sestavljeno iz kupljenih delov in iz sestavnih delov ter sklopov, narejenih v orodjarni. Montaža je samo ena, in sicer končna montaža.

Za sestavne dele in sklope orodja, ki se izdelujejo v orodjarni, je bilo potrebno zbrati podatke o vrsti in zaporedju potrebnih operacij, ki zagotavljajo kakovostne sestavne dele

oziroma sklope orodja. Slika 13 daje pregled nad vrsto in zaporedjem potrebnih operacij na nekaterih sestavnih delih in sklopih orodja številka 705429.

V orodjarni Eti izvedejo predpripravo za obdelavo, ki za to naročilo zajema: elektronike za stroje (44142), konstrukcijo orodij (44143) in razrez materiala (44211). Sama predpriprava ni nek sestavni del, ki bi ga bilo možno prikazati v montažni strukturi na sliki 13, ravno tako pa prispeva k času izdelave naročila in jo zato upoštevamo pri operacijah.

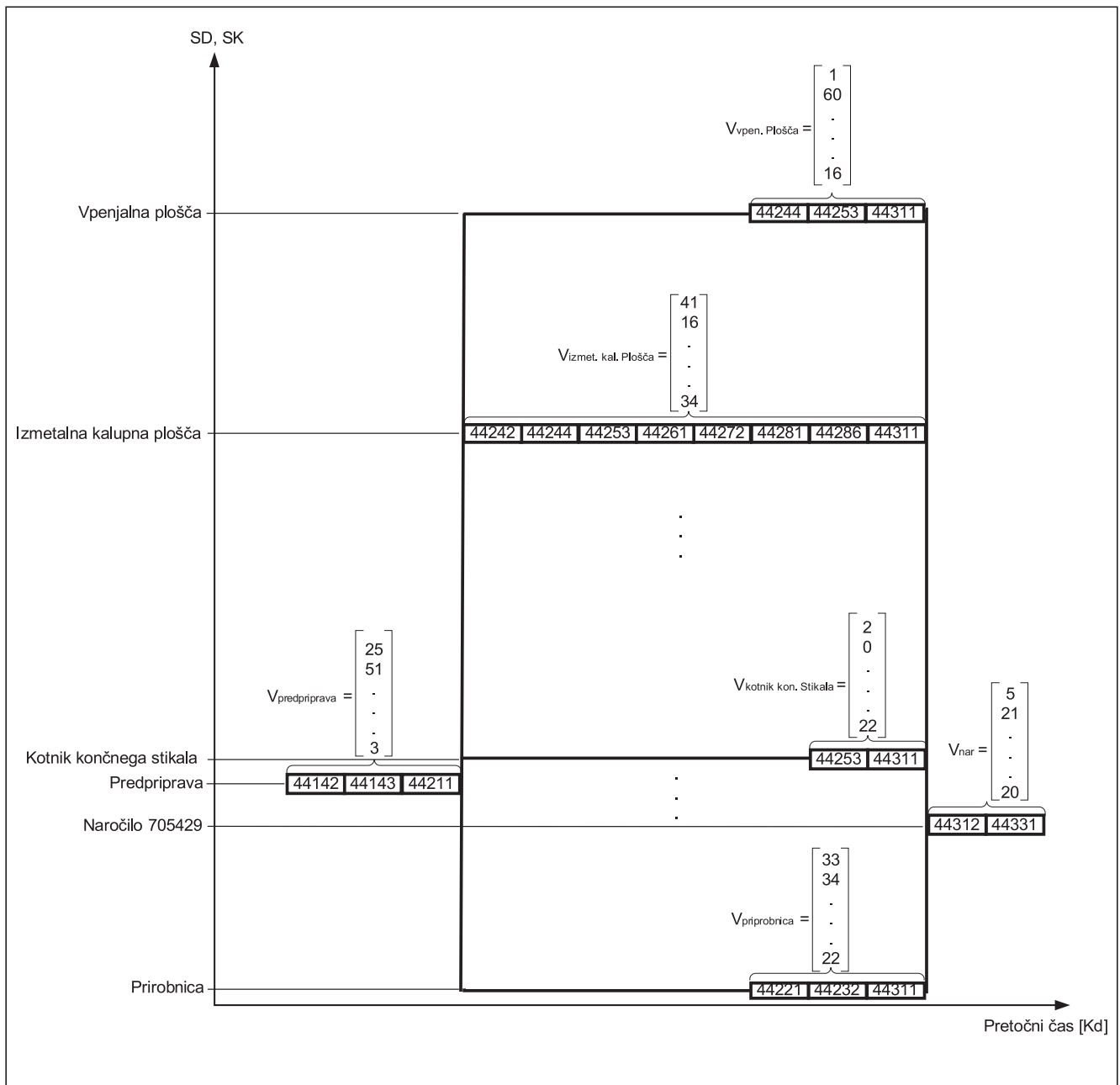
3. in 4. korak: Naključno pobiranje in seštevanje vrednosti elementov vektorjev doseženih pretočnih časov operacijskih naročil posameznega izdelovalnega oziroma montažnega naročila ter tvorjenje vektorjev pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila - orodje št. 705429

Na osnovi definiranega zaporedja obdelav na sestavnih delih in sklopih orodja 705429 smo s pomočjo računalniškega programa Matlab tvorili vektorje pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil, kot je opisano v teoretičnem delu članka.

Na podlagi testiranj s 500, 1000, 5000, 10000, 20000 in 50000 iteracijami smo prišli do zaključka, da se sam proces napovedovanja ustali pri ok. 10000 iteracijah. Če smo izbrali

Sestavni del / sklop	Zaporedje operacij						
Predpriprava	44142	44143	44211				
Vpenjalna plošča	44244	44253	44311				
...							
Izmetalna kalupna plošča	44242	44244	44253	44261	44272	44291	44311
...							
Kotnik končnega stikala	44253	44311					
...							
Prirobnica	44221	44232	44311				
Naročilo 705429	44312	44311					

Slika 13. Vrsta in zaporedje operacij na izbranih sestavnih delih in sklopih orodja št. 705429



Slika 14. Tvorjenje vektorjev pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil

veliko manj kot 10000 iteracij, so napovedi zelo nestabilne, saj se pobere premalo podatkov, če pa smo izbrali dosti več kot 10000 iteracij, se ti ponavljajo in ne dobimo nič boljšega rezultata, samo daljši čas procesiranja samega izračuna. Iz tega razloga smo za število iteracij naključnih izbiranj pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil izbrali 10000 iteracij.

Na osnovi 10000 iteracij naključne izbire pretočnih časov operacijskih naročil smo dobili vektorje pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil naročila – orodje številka 705429 (slika 14).

5. korak: Določitev vektorja pričakovanih pretočnih časov načrtovanega naročila - orodje št. 705429

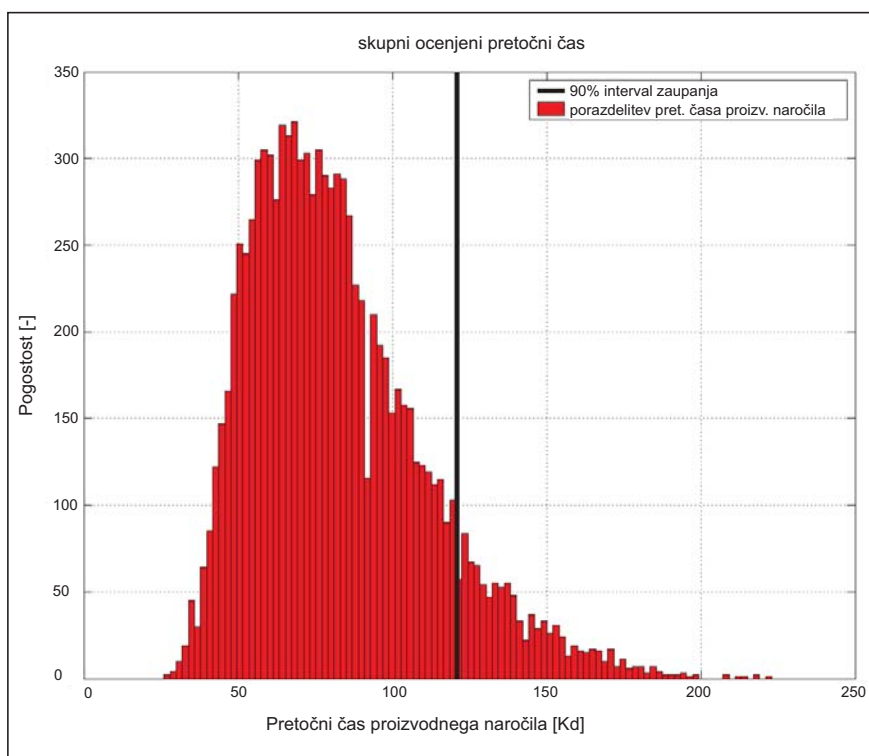
Za izračun vektorja pričakovanih pretočnih časov načrtovanega naročila – orodje št. 705429 je bilo izvedenih 10000 iteracij. Na osnovi tega smo prišli do vektorja pričakovanih pretočnih časov načrtovanega naročila – orodje št. 705429 s porazdelitvijo pretočnega časa, ki je prikazana na sliki 15.

6. korak: Napovedovanje časa dobave načrtovanega naročila – orodje št. 705429

S petim korakom smo dobili vektor pretočnega časa načrtovanega naročila oziroma porazdelitev pretočnega časa naročila. Ker pa kupcu ne moremo podati kot čas dobave vektor pretočnih časov oziroma njegovo porazdelitev, uporabimo kot prvo orientacijsko vrednost mediano tega vektorja, ki za to naročilo znaša: $TO_{\text{med}} = 77 \text{ Kd}$

TO_{med} ...mediana pretočnega časa naročila – orodje št. 705429

Pričakovani pretočni čas je torej enak 50-emu percentilu vektorja pričakovanih pretočnih časov.



Slika 15. Porazdelitev pretočnega časa naročila – orodje št. 705429

Intervale zaupanja pa določimo glede na izbrane stopnje zaupanja.

Če želimo visoko stopnjo zaupanja, izberemo npr. 90-ti percentil. Torej lahko za naročilo – orodje št. 705429 – z 90-odstotno stopnjo zaupanja trdimo, da bo izvedeno v:

$$TO_{90\%} = 120 \text{ Kd}$$

$TO_{90\%}$... pretočni čas pri 90-tem percentilu

Podjetje se mora samo odločiti, s kakšno stopnjo tveganja je pripravljeno iti v podpis pogobe s stranko.

■ 4 Zaključek

Zaradi vedno hujše konkurence podjetij na domačem in tujem trgu ter prehoda od trga prodajalcev na trg kupcev morajo podjetja neprestano krajšati čase dobave naročil in se podpisane dobave tudi držati.

Članek predlaga postopek napovedovanja pretočnih časov naročil na osnovi v preteklosti doseženih pretočnih časov operacijskih naročil. Uporaba predlaganega postopka napovedovanja pretočnih časov naročil omogoča podjetju:

- napoved pretočnega časa, potrebnega za dobavo poljubnega novega naročila,
- variacije izračunov časa dobave glede na pripravljenost tveganja, in to s spreminjanjem intervala zaupanja.

Osnovo za izračun časa dobave predstavlja mediana, 90-ti percentil pa lahko predstavlja neko zgornjo, varno mejo, ki jo lahko podamo kupcu kot najkasnejši čas dobave. Seveda se podjetje lahko na osnovi izkušenj in pripravljenosti na tveganje odloči tudi za drugačen interval zaupanja.

Postopek napovedovanja pretočnega časa naročila je bil testiran na primeru napovedovanja pretočnih časov v orodjarni ETI, d. d., iz Izlak za primer izdelave orodja – ohišje filtra. Eksperiment je bil izveden na osnovi podatkov, ki so bili zbrani v treh letih v bazi podatkov ERP-sistema Largo.

Prodaja mora v kratkem času podati dobro ponudbo naročniku, in to ji omogoča predlagani postopek. Ob podpori predlaganega postopka napovedovanja pretočnega časa prodajnik ne potrebuje dolgoletnih izkušenj, le definiran tehnološki

postopek ter z vodstvom dogovorjen interval zaupanja.

V prihodnosti načrtujemo izboljšanje predlaganega postopka še z upoštevanjem vpliva zaporedja obdelav, potrebnih za izvedbo nekega naročila, števila operacij in časa izdelave.

Reference

- [1] Leem, C. S., Suh, J. W.: Techniques in integrated development and implementation of enterprise information systems, 2005, Intelligent knowledge-based systems, Business and technology in the new millennium, Vol. 2, Information technology, Kluwer Academic Publishers, 3–26.
- [2] Scherer, E.: ERP – Projekte auf dem Prüfstand der Praxis, 2005, ERP Management, GITO mbH Verlag, 34–37.
- [3] Starbek, M., Grum, J.: Selection and implementation of a PPC system, Production planning & control, 2000, Vol. 11, pp.765–774.
- [4] Wiendahl, H. P.: Load-Oriented Manufacturing Control, 1995, Springer Verlag, Berlin, 37–199.
- [5] Nyhuis, P., Wiendahl, H. P.: Logistische Kennlinien, 1999, Springer Verlag, Berlin, 81–94.
- [6] The MathWorks, Inc.: Getting Started with MATLAB, ver. 6, 2002.
- [7] Rice John, A.: Mathematical Statistics and Data Analysis, Second Edition, International Thomson Publishing, California, 1995.
- [8] <http://en.wikipedia.org/wiki/Percentile>, dostopano 7. 6. 2006.
- [9] <http://www2.perftech.si/sxp/default.xp?lang=1&wp=2&id=62&lid=2088>, dostopano 29. 5. 2007.

VENTIL

REVUIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
 telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
 e-mail: ventil@fs.uni-lj.si

Predicting Order Delivery Time

Abstract: Entering the market, companies face many problems including too long lead times of orders. A client that would like a particular product to be made will select the best offer. Quality itself is self-evident, the difference occurs in delivery times and prices.

To make an offer just on the basis of employee experience presents quite a risk nowadays. Therefore, we propose a procedure by which – on the basis of previous actual lead times of orders processed at company workplaces – expected lead times of planned (and indirectly – production) orders can be predicted. The result of the proposed procedure is an empirical distribution of possible lead times for a new order. On the basis of this distribution it is possible to predict the most probable lead time of a new order. Using the proposed procedure, the sales department can provide a customer with a prediction about the delivery time of the order.

As an illustration of the procedure for predicting lead times of orders, a case study is presented: lead time of order for the “tool for manufacturing filter housing” was predicted; the tool is manufactured in the Slovenian company ETI d.d.

Key words: Prediction, lead time, operating order, empirical distribution, percentile

Zahvale

Na tem mestu se zahvaljujemo orodjarni podjetja ETI, d. d., za razpolaganje s podatki iz ERP-sistema in za vso strokovno pomoč. Poleg tega bi se zahvalili še Ministrstvu za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo za finančno podporo pri razvoju metodologije.

40 let razvijamo in proizvajamo elektromagnetne ventile

 **JAKŠA**
MAGNETNI VENTILI



- vrhunska kakovost izdelkov in storitev
- zelo kratki dobavni roki
- strokovno svetovanje pri izbiri
- izdelava po posebnih zahtevah
- širok proizvodni program
- celoten program na internetu

www.jaksa.si

Jakša d.o.o., Šlandrova 8, 1231 Ljubljana, tel.: (0)1 53 73 066 fax: (0)1 53 73 067, e-mail: info@jaksa.si