

ANALIZA PRIMERNOSTI PROIZVODNJE IN OSKRBE OB PRAVEM ČASU

Marko Starbek, Jože Petričič, Janez Kušar
Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, Ljubljana

POVZETEK

V članku je prikazan postopek analize primernosti proizvodnje in oskrbe ob pravem času (Just in Time - JIT), ki temelji na ABC in XYZ analizi. Za odločanje o primernosti proizvodnje in oskrbe ob pravem času je definirana ustrezna odločitvena matrika. Podrobno je opisana tudi metoda za izvedbo ABC analize, ki smo jo poimenovali metoda treh premic. Prikazan je tudi praktičen primer izvedene analize.

ABSTRACT

The article presents the course of decision for Just in Time (JIT) production which is based on the ABC and the XYZ analyses. The fields of decision matrix suitable for JIT or classical production are defined. Next, the method for design of ABC subset is described too. The decision procedures for JIT production are shown on a practical sample.



1. UVOD

Proizvodnja in oskrba ob pravem času je nova proizvodna filozofija, ki omogoča znižanje proizvodnih stroškov in dobičkonosno vezavo kapitala ter povečuje učinek proizvodnega procesa v smislu minimizacije pretočnih časov in zagotavljanja visokega nivoja kakovosti.

Elementi proizvodnje in oskrbe ob pravem času so /1/:

- pogodba,
- izbor delov,
- izbor dobaviteljev,
- analiza toka informacij med dobaviteljem in kupcem oz. naročnikom,
- analiza toka materiala,
- koncept špedicije,
- koncept zagotavljanja kvalitete.

Elementi proizvodnje in oskrbe ob pravem času posegajo v celotno logistično verigo med kupcem in dobaviteljem.

Za postopno uvedbo proizvodnje in oskrbe ob pravem času mora podjetje izvesti množico postopkov in pri tem uporabiti ustrezne tehnike. Idealna proizvodnja ob pravem času (Edwards 1983) bi bila proizvodnja z /4/:

- nič izmeta,
- nič pripravljajno-zaključnimi časi,
- nič zalogami,
- nič notranjega transporta,
- nič prekinitev procesa zaradi izpada delovnih sredstev,
- pretočnimi časi enakimi nič,
- kosovno proizvodnjo.

V praksi se idealni proizvodnji in oskrbi ob pravem času lah-

ko le približamo, zato si postavimo realne cilje, ki so vezani na relacijo med kupcem in dobaviteljem, kar prikazuje slika 1.

V strukturi komponent (materiali, sestavni deli, sestavi), ki jih proizvajamo oz. se z njimi oskrbujemo pri dobaviteljih, moramo poiskati tiste, ki so količinsko in vrednostno pomembne ob istočasni stabilni porabi. Komponente, ki imajo navedene značilnosti, so primerne za proizvodnjo oz. oskrbo ob pravem času.

V članku je prikazana metoda, ki nam omogoča izvedbo potrebnega vrednotenja komponent po omenjenih kriterijih. Metoda temelji na ABC in XYZ analizi ter ustrezni odločitveni matriki.



Slika 1: Cilji JIT proizvodnje

2. ABC ANALIZA

Za delitev komponent proizvodov na skupino z zelo visoko, srednje visoko in nizko vrednostjo lahko uporabimo znano ABC analizo. Isto analizo lahko uporabimo tudi pri razvrstitvi komponent proizvodov na tri skupine glede na stabilnost porabe le-teh v proizvodnem procesu.

Pri ABC analizi moramo razdeliti množico pojavov M z elementi $x_i \in M$ z značilnostmi p_i (p_i so numerične vrednosti, na primer za: vrednost stanja zalog, vrednost materialnih potreb, potrebna količina na časovno enoto, skladiščni volumen, stabilnost porabe, itd.) v podmnožice A, B in C tako, da vsebuje podmnožica A najpomembnejše elemente (glede na značilnosti p_i), podmnožica B srednje pomembne elemente in podmnožica C manj pomembne elemente iz množice M.

Elemente x_i množice M lahko enostavno uredimo po nenaraščajočih vrednostih značilnosti p_i . Če vsako vrednost p_i množimo s primernim faktorjem, dosežemo, da bo vrednost

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (1)$$

kjer je n število elementov v množici M.

Pri nadaljnjem študiju torej predpostavimo, da so elementi v množici M urejeni po padajočem vrstnem redu glede na značilnosti p_i in da je izpolnjena enačba (1). Pri ABC analizi običajno uporabljamo kumulativno porazdelitev značilnosti, kjer priredimo elementu x_j kumulativno vrednost značilnosti

$$f_j = \sum_{i=1}^n p_i \quad (2)$$

in to lahko prikažemo s kumulativnim histogramom ali poligonom.

a) Klasična ABC analiza

Pri klasični ABC analizi izberemo v podmnožico A najpomembnejše elemente, ki zasedejo 0,65 vrednosti značilnosti, naslednje elemente s skupno vrednostjo značilnosti 0,25 priredimo podmnožici B in ostale podmnožici C. Tako je

$$A = \{x_i, f_i; f_i \leq 0.65, i = 1, 2, \dots, n_A\} \quad (3)$$

$$B = \{x_i, f_i; 0.65 < f_i \leq 0.9, i = 1, 2, \dots, n_B\} \quad (4)$$

$$C = \{x_i, f_i; 0.9 < f_i \leq 1.0, i = 1, 2, \dots, n_C\} \quad (5)$$

Očitno je

$$M = A \cup B \cup C \quad (6)$$

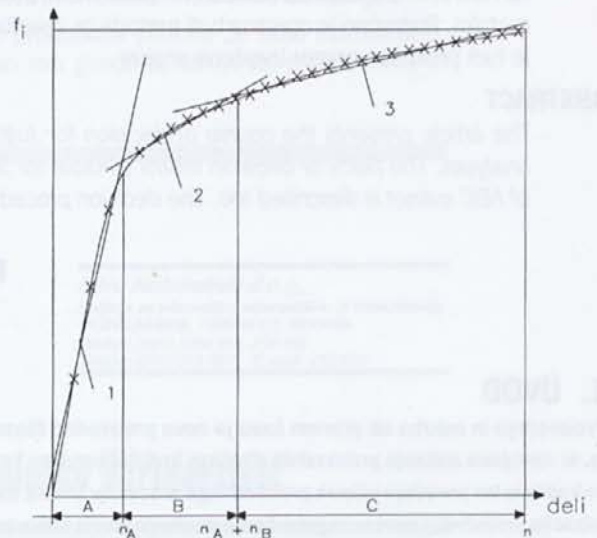
in

$$n = n_A + n_B + n_C \quad (7)$$

Zgornja delitev množice M na A, B in C podmnožice po kriteriju 65 - 25 - 10 je v literaturi večkrat omenjena, vendar ne teoretično utemeljena.

b) ABC analiza s tremi premicami

V podmnožici A so najpomembnejši elementi množice M. Če bi imeli vsi enako vrednost značilnosti p_i , bi jih v kumulativnem poligonu predstavljala daljica. Pomembnost elementov podmnožice A se izraža s strmino prirejene daljice. Če bi imeli vsi manj pomembni elementi množice M enako vrednost značilnosti p_i , bi tudi podmnožico B v kumulativni porazdelitvi predstavljala daljica. In če bi imeli vsi malo pomembni elementi množice M enako vrednost značilnosti p_i , bi tudi podmnožico C v kumulativni porazdelitvi predstavljala daljica, vendar z majhnim naklonom (slika 2).



Slika 2: Daljice podmnožic A, B in C v kumulativnem poligonu

Premico nosilko daljice 1 lahko dobimo z metodo najmanjših kvadratov /3/, podobno lahko dobimo tudi premico nosilko daljice 2 in daljice 3.

Metoda treh premic izhaja iz predpostavke, da je velikost značilnosti p_i v vsaki od podmnožic A, B in C približno enaka, oziroma, da je možno vsako od podmnožic v kumulativnem diagramu približno popisati s premico. Podmnožica B sploh ne nastopa, v kolikor nastopi prehitel padec značilnosti ob koncu podmnožice A.

Izberemo tri premice tako, da čim bolj popišejo kumulativni značilnostni poligon. Premice izračunamo z metodo najmanjših kvadratov. Tri premice za popis kumulativnega poligona morajo biti izbrane tako, da je vsota kvadratov razlik med ustrezno premico in kumulativnim poligonom minimalna. Matematično se navedena zahteva izraža takole:

$$F(A, B, C) = \sum_{i=1}^{n_A} (a_1 x_i + b_1 - f_i)^2 + \sum_{i=n_A+1}^{n_A+n_B} (a_2 x_i + b_2 - f_i)^2 + \sum_{i=n_A+n_B+1}^n (a_3 x_i + b_3 - f_i)^2 = \text{minimum} \quad (8)$$

Koeficienta a_1 in b_1 izračunamo iz sistema enačb:

$$n_A b_1 + a_1 \sum_{i=1}^{n_A} x_i = \sum_{i=1}^{n_A} f_i \quad (9)$$

$$b_1 \sum_{i=1}^{n_A} x_i + a_1 \sum_{i=1}^{n_A} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n_A} x_i f_i \quad (10)$$

Upoštevali smo elemente podmnožice A.

Koeficienta a_2 in b_2 izračunamo iz sistema enačb:

$$n_B b_2 + a_2 \sum_{i=n_A+1}^{n_A+n_B} x_i = \sum_{i=n_A+1}^{n_A+n_B} f_i \quad (11)$$

$$b_2 \sum_{i=n_A+1}^{n_A+n_B} x_i + a_2 \sum_{i=n_A+1}^{n_A+n_B} x_i^2 = \sum_{i=n_A+1}^{n_A+n_B} x_i f_i \quad (12)$$

Koeficienta a_3 in b_3 izračunamo iz sistema enačb:

$$n_C b_3 + a_3 \sum_{i=n_A+n_B+1}^n x_i = \sum_{i=n_A+n_B+1}^n f_i \quad (13)$$

$$b_3 \sum_{i=n_A+n_B+1}^n x_i + a_3 \sum_{i=n_A+n_B+1}^n x_i^2 = \sum_{i=n_A+n_B+1}^n x_i f_i \quad (14)$$

Funktional $F(A,B,C)$ je odvisen od izbora elementov v podmnožici A, B in C; minimum pa doseže pri tisti razporeditvi elementov množice M v podmnožice A, B in C, ko dobi pri vsaki drugi razporeditvi v podmnožice A, B in C višjo vrednost.

Algoritem za določitev minimuma $F(A,B,C)$ izhaja iz delitve množice M na podmnožice A, B in C po kriteriju 65 - 25 - 10. Sledi izračun premic, to je koeficientov $a_1, b_1, a_2, b_2, a_3, b_3$; in $F(A,B,C)$. Naredimo variacijo meje med množicama A in B tako, da tvorimo novi množici (slika 3):

$$A' = \{x_1, x_2, \dots, x_{n'_A}\} \quad B' = \{x_{n'_A+1}, x_{n'_A+2}, \dots, x_{n'_A+n_B}\} \quad (15)$$

kjer je

$$n'_A = n_A - 1$$

Če je

$$F(A',B',C) < F(A,B,C)$$

postavimo

$$A = A', \quad B = B'$$

in

$$n_A = n'_A$$

sicer ostaneta množici A in B nespremenjeni.

Nato sledi variacija meje med podmnožicama A in B navzgor.

$$A' = \{x_1, x_2, \dots, x_{n'_A}\} \quad B' = \{x_{n'_A+1}, x_{n'_A+2}, \dots, x_{n'_A+n_B}\} \quad (16)$$

kjer je

$$n'_A = n_A + 1$$

Če je

$$F(A',B',C) < F(A,B,C)$$

postavimo

$$A = A', \quad B = B'$$

in

$$n_A = n'_A$$

sicer ostaneta podmnožici A in B nespremenjeni.

Sledi variacija meje med podmnožicama B in C in nato med podmnožicama A in B. Ko z variacijo meje med A in B ter meje med B in C ne moremo zmanjšati vrednosti funkcionala $F(A,B,C)$, smo dobili tri premice, ki v smislu najmanjših kvadratov najbolje popišejo kumulativni poligon. Izračunali smo vrednost n_A , ki nam pove, koliko elementov iz leve v kumulativnem poligonu spada v podmnožico A, n_B , koliko naslednjih elementov spada v podmnožico B ter koliko v podmnožico C.

Postopek določanja podmnožic X, Y in Z množice M je enak postopku določanja podmnožic A, B in C, s tem, da upoštevamo kriterij stabilnosti porabe.

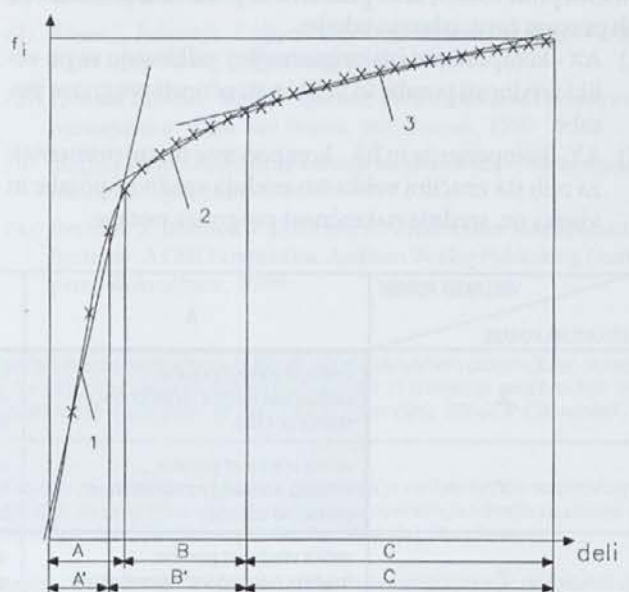
Opisano metodo izvedbe ABC in XYZ analize bomo uporabili za določitev področij primernih za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času.

3. POSTOPEK IZBORA KOMPONENT PROIZVODOV ZA PROIZVODNJO IN OSKRBO OB PRAVEM ČASU

Izbor primernih komponent za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času izvedemo v dveh korakih in to:

1. korak: izvedba ABC in XYZ analize delov

Množico vseh komponent proizvodov po ABC analizi razdelimo v tri podmnožice glede na vrednost porabe:



Slika 3: Variacija mej med podmnožicama A in B

- Podmnožica A: zajema komponente z visoko vrednostjo porabe;
 Podmnožica B: zajema komponente s srednjo vrednostjo porabe;
 Podmnožica C: zajema komponente z nizko vrednostjo porabe.

Pri izboru komponent za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času ima pomembno vlogo tudi stabilnost porabe komponent proizvodov v proizvodnem procesu. Stabilnost porabe definiramo:

$$\text{stabilnost porabe} = 1 - \left| \frac{\text{dejanska poraba} - \text{planirana poraba}}{\text{planirana poraba}} \right|$$

za izbrano časovno obdobje. Stabilnost porabe včasih imenujemo tudi natančnost napovedi. Množico komponent proizvodov razdelimo z XYZ analizo v tri podmnožice glede na stabilnost porabe:

- Podmnožica X: zajema komponente s konstantno porabo in le majhnim nihanjem porabe;
 Podmnožica Y: zajema komponente z močnim nihanjem porabe;
 Podmnožica Z: zajema komponente z neredno porabo.

2. korak: izbor primernih komponent za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času

V drugem koraku želimo določiti komponente proizvodov, ki jih bomo vključili v sistem proizvodnje in oskrbe ob pravem času. Pri tem postopku si pomagamo z odločitveno matriko /1/, ki je podana na sliki 4.

V predhodnem koraku izvedena delitev komponent proizvodov v podmnožice A, B in C ter X, Y in Z omogoča sestavo odločitvene matrike za dokončen izbor primernih komponent za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času.

Izkušnje v praksi, ki jih navaja literatura, kažejo, da se elementi proizvodov, ki so primerni za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času, izbirajo takole:

- AX - komponente (najprimernejše): odlikujejo se po veliki vrednosti porabe in veliki natančnosti prognoze porabe.
- AY - komponente in BX - komponente (manj primerne): za njih sta značilni velika oz. srednja vrednost porabe in visoka oz. srednja natančnost prognoze porabe.

VREDNOST PORABE STRUKTURA PORABE	A	B	C
X	velika vrednost porabe, velika napovedna natančnost, stalna poraba	srednja vrednost porabe, velika napovedna natančnost, stalna poraba	majhna vrednost porabe, velika napovedna natančnost, stalna poraba
Y	velika vrednost porabe, srednja napovedna natančnost, polstalna poraba	srednja vrednost porabe, srednja napovedna natančnost, polstalna poraba	majhna vrednost porabe, srednja napovedna natančnost, polstalna poraba
Z	velika vrednost porabe, majhna napovedna natančnost, stohastična poraba	srednja vrednost porabe, majhna napovedna natančnost, stohastična poraba	majhna vrednost porabe, majhna napovedna natančnost, stohastična poraba

Slika 4: Odločitvena matrika (komponente v poudarjenem okviru so primerne za proizvodnjo in oskrbo v pravem času)

- BY - komponente in CX komponente (še primerne): le te imajo srednjo oz. majhno vrednost porabe in srednjo oz. veliko natančnost prognoze porabe.

Komponente proizvodov v ostalih poljih odločitvene matrike niso primerne za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času (proizvodnja oz. oskrba se izvede v vnaprej določenih časovnih intervalih), zato jih izdelujemo oz. kupujemo na klasičen način.

4. PRIMER IZBORA KOMPONENT ZA PROIZVODNJO IN OSKRBO OB PRAVEM ČASU Z ODLOČITVENO MATRIKO

Na enostavnem primeru bomo pokazali, kako na osnovi odločitvene matrike izberemo najprimernejše, manj primerne in neprimerne komponente proizvodov za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času.

Podjetje X proizvaja izdelke sestavljene iz 11-tih komponent z znano letno vrednostjo porabe in strukturo porabe (natančnost napovedi oz. stabilnost porabe), kar prikazuje slika 5.

Slika 5: Vhodni podatki za analizo

Komponenta	Vrednost porabe	Stabilnost porabe
4016	1500,00	0,66
5817	1200,00	0,99
5816	240,00	0,61
4024	112,50	0,98
5809	105,00	0,65
4057	90,00	0,12
4001	23,00	0,45
5812	24,60	0,07
5819	14,40	0,86
5818	14,00	0,25
4050	18,00	0,21

Za obravnavani primer sta bili izvedeni ABC in XYZ analiza. V nadaljevanju so prikazani rezultati obeh analiz in razporeditev komponent v ustrezna polja (slika 6). V matriki so posebej označena polja, v katerih so komponente primerne za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času. Komponente v ostalih poljih proizvajamo oz. se z njimi oskrbujemo na klasičen način.

1. ABC analiza 2. XYZ analiza 3. končna odločitev

				3. končna odločitev												
				A			B			C						
				4016	5817	5816	4024	5809	4057	4001	5812	5819	5818	4050		
A	4016 5817	X	5817 4024 5819			X										
				X				X								
														X		
B	5816 4024 5809 4057	Y	4016 5809 5816 4001													
C	4001 5812 5819 5818 4050	Z	5818 4050 4057 5812													

Slika 6: Pregled rezultatov analiz

Podjetje naj bi organiziralo proizvodnjo oz. oskrbo ob pravem času za komponente: 5817, 4024, 4016, 5809, 5816 in 5819. Za ostale komponente pa naj bi organiziralo klasično proizvodnjo oz. oskrbo.

5. PRIMER IZVEDBE ABC IN XYZ ANALIZE

ABC in XYZ analiza sta bili izvedeni v podjetju SCT Strojugradnja. V analizah je bilo zajetih 627 različnih materialov. Računalniško podprta ABC analiza je bila izvedena na osnovi letne vrednosti nabave, XYZ analiza pa po kriteriju stabilnosti. Pregled rezultatov ABC in XYZ analize je prikazan na sliki 7.

	ABC analiza			XYZ analiza		
	A	B	C	X	Y	Z
Število materialov	39	138	450	424	118	85
Dele vrednosti %	60,62	29,30	10,08	78,30	15,47	6,23

Slika 7: Rezultati ABC in XYZ analize

	A	B	C	Σ
X	9	68	347	424
Y	14	42	62	118
Z	16	28	41	85
Σ	39	138	450	627

Slika 8: Pregled rezultatov opravljenih analiz

Marko Starbek je izredni profesor za področje proizvodnih sistemov na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Na raziskovalnem področju se ukvarja s študijem proizvodnih sistemov, predvsem z vidika diagnosticiranja ter izbora in uvajanja sistemov planiranja in krmiljenja proizvodnje ter študijem dela. Rezultate teoretičnih raziskav aplicira v praksi preko sodelovanja s podjetji. Je član DGOR (Nemčija), SDI-SOR (Slovenija) in KOREME (Hrvaška).

Jože Petrišič je docent za področje uporabe matematike v tehniki na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Diplomiral je na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo, smer tehniška matematika, magistriral in doktoriral je na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Na raziskovalnem področju se ukvarja z uporabo matematičnih modelov in metod v strojništvu. Je član DGOR (Nemčija), SDI-SOR (Slovenija), DMFA (Slovenija), DM (Slovenija).

Janez Kušar je asistent za področje proizvodnih sistemov na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani. Diplomiral in magistriral je na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Na raziskovalnem področju se ukvarja predvsem s sistemi za planiranje proizvodnje ter projektnim managementom. Rezultate teoretičnih raziskav aplicira v praksi preko sodelovanja s podjetji. Je član SDI-SOR (Slovenija) in KOREME (Hrvaška).

Na osnovi rezultatov ABC in XYZ analize (slika 7) ter sprejete odločitvene matrike (slika 4) smo določili: materiale, za katere je primerna oskrba ob pravem času, ter materiale, za katere je primeren klasičen način oskrbe. Rezultati so vidni na sliki 8.

Za sinhroni način oskrbe oz. oskrbe ob pravem času so primerni materiali, ki pridejo v polja AX, AY, BX, BY in CX (skupaj 480 materialov), za ostale materiale pa naj ostane klasični način oskrbe.

V podjetju pripravljajo ustrezne organizacijske spremembe pri planiranju in krmiljenju proizvodnje, zato jim bo opravljena analiza dobro izhodišče za določitev načina oskrbe z materiali.

6. ZAKLJUČEK

V članku smo prikazali metodo za določanje komponent proizvodov, ki so primerne za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času. Upoštevali smo samo najpomembnejša kriterija: vrednost porabe komponent oz. njihove proizvodne stroške in stabilnost njihove časovne porabe v proizvodnem procesu. Pokazali smo, kako na osnovi ABC in XYZ analize in ustrezne odločitvene matrike izberemo komponente proizvodov, ki so primerne za proizvodnjo in oskrbo ob pravem času.

V literaturi uporabljena groba delitev osnovne množice M v podmnožice A, B in C ter X, Y in Z je zelo subjektivna, zato smo razvili objektivnejšo metodo, to je metodo treh premic.

7. LITERATURA

- /1/ Klaus J. Schmidt: *Logistik und Produktions - management*, Band I, mi Verlag, Landsberg/Lech, 1988
- /2/ Howard J. Weiss, Mark E. Gerson: *Production and operations management*, Allyn and Bacon, inc, Boston, 1989
- /3/ Marjan Blejec: *Statistične metode za ekonomiste*, Ekonomska fakulteta, Ljubljana, 1976
- /4/ Brownie J., Harhen J., Shivnan J.: *Production Management Systems - A CIM Perspective*, Addison Wesley Publishing Company, Wokingham, 1988