

UDK 658.512:65.012.122

Izračun učinkovitosti celičnega sistema v proizvodnji

JANEZ DEKLEVA

I. UVODNA POJASNILA

Celični sistem proizvodnje [1] naj bi bil učinkovitejši od delavniškega sistema in humanejši od linijskega oz. pretočnega sistema. V celičnem sistemu so posamezne celice, tj. skupine strojev določene za obdelavo ustreznih tehnoloških družin.

Tehnološko družino sestavljajo oblikovno in dimenzijsko podobni obdelovanci, ki se v celoti ali pa le deloma obdelujejo po enakem tehnološkem postopku in proizvodni proces dobi zato nekatere elemente množične proizvodnje. Celična struktura se razlikuje od linijske strukture v večji prostosti gibanja obdelovancev, ki imajo v linijski strukturi obvezno enosmerno pot. Celična struktura je zato vsaj v načelu prilagodljivejša za spremembe programov. Tako celična kakor linijska struktura sta občutljivi glede na zasedenost strojev, pri linijski strukturi rešujemo ta problem s tako imenovanim balansiranjem. Balansiranje celične strukture pa pomeni trajno in reševanju za zdaj manj znano nalogo.

Pri načrtovanju celičnega sistema je mogočih več postopkov; zanimiv je postopek z analizo pretoka proizvodnje, ki ga je predlagal J. L. Burbidge [2] in smo ga kritično vrednotili na drugem mestu [3].

Na tem mestu bomo posvetili pozornost kvantifikaciji tehničnih parametrov celičnega sistema; medtem ko so psihološki in sociološki vidiki obdelani na drugih mestih [1].

II. PROIZVODNE STRUKTURE

Učinkovitosti proizvodnih struktur določajo naslednji faktorji:

- transportne poti obdelovancev,
- potrebne površine za stroje in za odlaganje obdelovancev pred stroji,
- čas zadrževanja obdelovancev pred obdelavo na strojih in po njej,

- izkoriščenost strojev,
- obstojnost struktur in
- informacije, ki so potrebne za krmiljenje strukture.

V primeru, ko poskušamo preoblikovati obstoječo delavniško strukturo, oziroma jo spremeniti v celično strukturo, upoštevamo pri računanju učinkovitosti le vpliv dveh dejavnikov, in sicer časa zadrževanja in informacijskega sistema. V tej razpravi se bomo zadržali le pri času zadrževanja.

Pri oceni tega vpliva si pomagamo s karakterističnim številom, tj. stopnjo kooperacije κ^* , ki je srednja vrednost povezav posameznega stroja z drugimi stroji zaradi pretoka izdelkov (obdelovancev). Stopnja kooperacije pri delavniški strukturi je večja od 3 ($\kappa > 3$), pri celični strukturi pa je stopnja kooperacije prav gotovo večja od 1 in najverjetneje manjša ali kvečjemu enaka 5 ($1 < \kappa \leq 5$) [4].

III. ČAS ZADRŽEVANJA

Izdelovalni čas obdelovanca sestavljajo: časi tehnoloških operacij, kontrole, transporta od stroja do stroja in časi čakanja pred stroji. Samo transportni čas in čas čakanja sta odvisna od strukture proizvodnega sistema. Prvi je zanemarljiv v primerjavi z drugim, zato bomo posvetili naša razmišljanja času čakanja (oz. zadrževanja). Računali bomo povprečen čas čakanja pred strojem v delavniški strukturi in nato v celični strukturi. Razmerje obeh vrednosti pa naj pokaže učinkovitejšo strukturo.

* Stopnja kooperacije je definirana z izrazom:

$$\kappa = \sum_{i=1}^m m_i/m$$

kjer sta:

m_i — število strojev, s katerimi stroj i neposredno sodeluje,

m — število strojev v proizvodni strukturi.

V uvodu smo omenili, da večina avtorjev domneva, da je celična struktura proizvodnega sistema učinkovitejša od delavniške strukture. Izjema sta avtorja K. Rathmill in R. Leonard [5], ki menita, da je delavniško strukturo mogoče opisati z modelom $(M/M/n)$; torej Poissonovimi prihodi in odhodi in povprečno n -stroji za vsako obdelovalno funkcijo v strukturi. Celična struktura pa ima po en stroj za vsako funkcijo, le-ti so recipročno povezani in pri računanju čakalnih časov predlagata model $(M/M/1)$. Govorita o fundamentalnih omejitvah celične strukture v primerjavi z učinkovito vodeno delavniško strukturo.

Model omenjenih avtorjev za nas ni sprejemljiv. Izkušnje kažejo [3], da so v delavniški strukturi sicer skupine identičnih strojev, poleg teh skupin pa je vrsta posameznih specialnih strojev in imajo praktično vsi obdelovanci na njih vsaj po eno operacijo. Poleg tega je vprašljiva tudi predpostavka o Poissonovih prihodih. Tam, kjer je načrtovanje manj učinkovito, lahko pričakujemo verjetnost več od enega hkratnega prihoda: $P(N > 1) \neq 0$.

Postavimo, da nas zanima povprečni čakalni čas $\bar{t}_k$ serije, ki jo obdelamo na stroju v povprečnem času $\bar{t}_0$. Serije prihajajo k stroju naključno in naenkrat lahko pride m_a -serij (tj. serije pridejo naenkrat z m_a -strojev) potem velja za čas $\bar{t}_k$ naslednje razmerje [4]:

$$\bar{t}_k = \sum_{k=1}^{m_a} \bar{t}_{ck} p_k \quad (1)$$

kjer pomenita:

$$\bar{t}_{ck} = \frac{\bar{t}_0 k}{2} \quad \text{— povprečni čakalni čas serije pred obdelavo na stroju pri hkratnem prihodu } k\text{-serij,}$$

$$p_k = \frac{\binom{m_a}{k}}{2^{m_a} - 1} \quad \text{— verjetnost hkratnega prihoda pri-
spetja k seriji na določen stroj.}$$

Po substituciji dobimo iz enačbe (1):

$$\bar{t}_k = \frac{\sum_{k=1}^{m_a} \binom{m_a}{k} k}{2^{m_a} - 1} \bar{t}_0 = \bar{t}_0 m_a \frac{2^{m_a-2}}{2^{m_a} - 1}$$

Če menimo, da je število m_a enako polovični vrednosti koeficienta kooperacije κ , kar bi lahko veljalo za delavniško strukturo $m_a = \kappa/2$, potem dobimo za razmerje $f_k = \bar{t}_k/\bar{t}_0$ naslednji izraz:

$$f_k = \frac{\bar{t}_k}{\bar{t}_0} = m_a \frac{2^{m_a-2}}{2^{m_a} - 1} = \frac{\kappa}{2} \frac{2^{\kappa/2-2}}{2^{\kappa/2} - 1}$$

ki ga imenujemo faktor čakanja.

Zanimivo je razmerje faktorja čakanja delavniške strukture f_{kd} in faktorja čakanja celične strukture f_{kc} : $R = f_{kd}/f_{kc}$:

$$R = \frac{m_{ad}}{m_{ac}} \frac{1 - 2^{-m_{ac}}}{1 - 2^{-m_{ad}}} = \frac{\kappa_d}{\kappa_c} \frac{1 - 2^{-\kappa_c/2}}{1 - 2^{-\kappa_d/2}}$$

Testiranje razmerja R v delovnih organizacijah — SIP, Šempeter in Unis, Ljubljana ni dalo trdnih rezultatov. Nadaljnje raziskave tečejo.

LITERATURA

- [1] D. Jackson: Cell System of Production, Business Books, London 1978.
- [2] J. L. Burbidge: Production Planning, Heinemann, London 1971.
- [3] J. Dekleva-D. Menart: Problemi pri računalniški identifikaciji celične strukture, Strojniški vestnik 26, 163—167, Ljubljana 1980.
- [4] H. Schmigalla: Methoden zur optimalen Maschinenanordnung, VEB Verlag Technik, Berlin 1970.
- [5] K. Rathmill and R. Leonard: The Fundamental Limitations of Cellular Manufacture When Contracted With Efficient Functional Layout, Proceedings of the Fourth Int. Conf. on Production Research, Tokyo 1977, p. 521—546, Taylor and Francis LTD.

Avtorjev naslov: prof. dr. Janez Dekleva,
Fakulteta za strojništvo
v Ljubljani

Uredniški odbor: prof. ing. Boris Černigoi, prof. ing. Zoran Kavčič, prof. dr. ing. Pavle Šimčič in prof. dr. ing. Zoran Kavčič

Prevod: prof. dr. ing. Dušan Zupan, prof. dr. ing. Zoran Kavčič

Tisk: Tiskarna Ljudske pravice v Ljubljani

Letnik: 1981, št. 7, str. 114—115

Naslov uredništva in uprave: Ljubljana, Jurčičeva 17

Plačila: Ljubljana, Jurčičeva 17

Tel.: 25 251

Zbirni račun pri S. 50101-570-57100