YU — ISSN 0039-2480

STROJNIŠKI VESTNIK

LETNIK 28 LJUBLJANA, MAREC—APRIL 1982 ŠTEVILKA 3—4

UDK 65.012

Celična struktura

J. DEKLEVA, J. KUŠER, D. MENART

Uvod

V članku »Problemi pri računalniški identifikaciji celične strukture« [1] smo analizirali nekatere metode za identifikacijo celičnih proizvodnih struktur. Pregledali smo Burbidgeovo analizo skupin [2], McAuleyevo hierarhično metodo [3], ki sloni na »cluster« analizi, ter metodo iz teorije grafov, ki sta jo razvila R. Rajagopalan in J. L. Batra [4]. Vse tri metode smo preizkusili na vzorcu obdelovancev DO SIP Šempeter (63311 Jugoslavija) in smo o rezultatih raziskav tudi poročali v že omenjeni razpravi [1]. Podrobnosti raziskav pa so dostopne v nekaterih publikacijah Fakultete za strojništvo v Ljubljani [5].

Poročali smo o neuspehu identifikacije družin obdelovancev in seveda njim pripadajočih skupin strojev. Ta neuspeh smo povezali z odsotnostjo večjih paketov obdelovancev oziroma z močno različnimi tehnološkimi postopki. To pa pomeni, da so izjemne operacije bolj pravilo kakor izjema. O podobnih rezultatih so poročali tudi drugi avtorji [6].

Vzrokov za opisano stanje je verjetno več. Zdi se, da je zanj odločujoča priprava tehnološkega postopka s tehnologi, ki so specializirani za posamezne tehnologije, za razliko od druge možnosti, ko za tehnološki postopek skrbi tehnolog, ki obdeluje določeno družino oziroma skupino obdelovancev. Razpravo o tem prepuščamo tehnologom.

Postopek za identifikacijo celic

Za ugotavljanje celične strukture preostane končno klasična pot [7]. Zato smo obdelovance združili v oblikovno, geometrijsko in funkcionalno podobne skupine (npr. gredi, osi, vijake, čepe, pokrove itd.). Taka porazdelitev je omogočila analizo in primerjavo tehnoloških postopkov posameznih elementov iz omenjenih skupin obdelovancev. Analiza je pokazala, da se podobne operacije na oblikovno podobnih obdelovancih izvajajo na različnih, čeprav podobnih strojih in je potrdila težave oziroma probleme, o katerih smo govorili v zvezi z identifikacijo družin obdelovancev.

Obenem se je v tej zvezi porodila ideja, da bi za identifikacijo skupin strojev, ki naj sestavljajo proizvodno celico, uporabili analizo pretoka in z določenimi kriteriji uvrstili v skupino tiste stroje, ki pri obdelavi največ sodelujejo oziroma med katerimi je materialni tok (tj. tok obdelovancev, npr. gredi) največji. Postopek teče po naslednjih korakih:

1. korak: Vsi stroji, ki sodelujejo pri obdelavi, npr. gredi, tvorijo množico strojev $X = \{x_1 \dots x_G\}$. Posamezne gredi obdelujemo na posameznih množicah strojev $X_1 \dots X_N$, ki so podmnožice množice X; $X_k \subset X$ za vse $k = 1 \dots N$. N je število gredi.

2. korak: Za vsak obdelovanec, tj. gred, izpišemo pot, po kateri teče tehnološki postopek. Pot je lahko tudi veriga; tudi elementarna in preprosta. Verige dopuščajo vračanje na isti stroj (vozlišče) in dvojno povezavo med vozlišči.

3. korak: Za posamične poti oziroma verige pišemo incidenčne matrike (lok-vozlišče), tako da so kolone te matrike stroji, ki sodelujejo pri obdelavi obdelovanca. Vrste matrike pa so povezave med posameznimi stroji, tako kakor so zaporedno zapisane v tehnološkem listu. Elementi matrike S_{ij} pa so določeni:

$$S_{ij} = \begin{cases} +1 & \text{če je lok } i \in \omega^+(x_j) \\ -1 & \text{če je lok } i \in \omega^-(x_j) \\ 0 & \text{če je lok } i \notin \omega(x_j) \end{cases}$$

kjer sta $\omega^+(x_j)$, oz. $\omega^-(x_j)$ množici lokov, ki izhajajo iz vozlišča x_j, oz. vstopajo vanj.

4. korak: Z incidenčno matriko S ugotovimo za vsak obdelovanec število pozitivnih in negativnih povezav posameznih vozlišč, tj.

$$\begin{aligned} &|\,\omega^+(x_j)\,| \quad \text{za vse } j \;;\; j = 1 \dots G \\ &|\,\omega^-(x_j)\,| \quad \text{za vse } j \;;\; j = 1 \dots G \end{aligned}$$

5. korak: Rezultate, ki smo jih dobili v koraku 4 sumiramo za vse gredi:

$$\sum_{k=1}^{N} |\,\omega_k{}^+(x_j)\,| \quad \text{za vse } j \;;\; j = 1 \dots G$$

$$\sum_{k=1}^{N} |\,\omega_k{}^-(x_j)\,| \quad \text{za vse } j \;;\; j = 1 \dots G$$

6. korak: Iz množice strojev $X = \{x_1 \dots x_G\}$ izločimo tiste stroje, ki imajo skupno število povezav večje od vnaprej predpisane vrednosti $P_{\min}$. Torej iščemo tisto podmnožico strojev $X_{\min} = \{x_p\}$; $X_{\min} \subset X$, za katero je $p \in G$ in obenem velja:

$$(\forall\, p \in G) \Rightarrow \left(\sum_{k=1}^{N} |\,\omega_k{}^+(x_j)\,| + \sum_{k=1}^{N} |\,\omega_k{}^-(x_j)\,| \right) \geqq P_{\min}$$

Ker po tem postopku ne dobimo vseh podatkov o pretoku med stroji, si lahko pomagamo tudi z incidenčno matriko vozlišče — vozlišče. V tem primeru sta prva dva koraka identična. Naslednji koraki pa so spremenjeni.

3. korak: Za posamezne poti oziroma verige obdelovancev pišemo incidenčne matrike (vozlišče — vozlišče), to je matrika dimenzij $G \times G$ (G je število strojev, ki sodelujejo pri obdelavi gredi). Incidenčna matrika (vozlišče — vozlišče) opisuje sosedstvo dveh vozlišč i in j tako, da velja:

$$S_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{če je lok iz } i \text{ v } j \\ 0 & \text{če ni loka iz } i \text{ v } j \\ -1 & \text{če je lok iz } j \text{ v } i \end{cases}$$

Če so tehnološki procesi obdelovancev poti, potem je določanje incidenčne matrike (vozlišče — vozlišče) obdelovanca preprosto. Če pa je pot obdelovanca veriga, potem je treba matriko modificirati. (To posebno velja za primer, ko veriga uporablja dvakrat isti lok oziroma, ko sta med dvema vozliščema dva loka v nasprotnih smereh.) Pri modifikaciji matrike upoštevamo, da za modificirani element velja:

$$S_{ij}^{m} = \begin{cases} p^{+} \text{ če je } p^{+} \text{ lokov iz } i \text{ v } j \\ 0 \text{ če med } i \text{ in } j \text{ ni lokov} \\ p^{-} \text{ če je } p^{-} \text{ lokov iz } j \text{ v } i \end{cases}$$

4. korak: Modificirane matrike vseh obdelovancev, tj. vseh gredi, seštejemo.

$$\sum_{k=1}^{N} S_k^{m} \quad \text{oz.} \quad \sum_{k=1}^{N} (S_{ij}^{m})_k$$

za vse pare (i, j) in je $i, j = 1 \ldots G$; $i \neq j$.

5. korak: Seštejemo

$$\sum_{j=1}^{G} \sum_{k=1}^{N} (S_{ij}^{m})_k \qquad \sum_{j=1}^{G} \sum_{k=1}^{N} (S_{ji}^{m})_k$$

za vse i ($i = 1, 2, \ldots, G$) in si seštevke zapomnimo.

6. korak: Iz množice strojev $X = \{x_1 \ldots x_G\}$ izločimo tiste stroje, ki imajo skupno število povezav večje od vnaprej predpisane vrednosti $P_{\min}$. Torej iščemo tisto podmnožico strojev $X_{\min} = \{x_p\}$; $X_{\min} \subset X$, za katero velja $p \in G$ in pogoj

$$(\forall\, p \in G) \Rightarrow \left(\sum_{j=1}^{G} \sum_{k=1}^{N} (S_{ij}^{m})_k + \sum_{j=1}^{G} \sum_{k=1}^{N} (S_{ji}^{m})_k \right) \geqq P_{\min}$$

Primer:

Z modificiranimi incidenčnimi matrikami (vozlišče — vozlišče), smo analizirali pretok med stroji, ki je potreben pri izdelavi posameznih skupin obdelovancev iz letnega programa mehanske delavnice DO — SIP Šempeter. Vzemimo za primer skupino gredi. V vzorcu gredi, ki ga sestavlja 32 obdelovancev, smo po 5. koraku izpisali matriko $G \times G$, kjer je $G = 12$, in to so stroji, ki so v tehnoloških listih predpisani za obdelavo vseh 32 gredi.

Pod matriko so izpisane vrednosti vsot iz 6. koraka. Za najmanjše število povezav smo izbrali $P_{\min} = 13$, kar pomeni, da bi proizvodno celico lahko oblikovali stroji: 2, 4, 7, 8, 10, 12. To so: stružnica, kopirni avtomat, kotalni frezalni stroj za navoje, frezalni stroj za utore, vrtalni stroj in poravnalno središčni stroj.

Dodatne analize skupin: čepi, osi, sorniki in vijaki so prvotno skupino strojev (tj. 2, 4, 7, 8, 10, 12) razširile še z dodatnimi štirimi stroji. To pomeni, da bo proizvodna celica za omenjene elementarne skupine obdelovancev imela 10 strojev.

Po enakem postopku so se izoblikovale še nadaljnje 4 proizvodne celice.

G / G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1							2					
2							3	7		3		
3										1		
4	2	2					2	3		4		
5		4										
6											1	
7						1		3		1	1	
8										10	5	
9		1										
10												
11												
12		9	1	13	1			2	1	1		
ΣΣ	4	29	2	26	5	2	13	30	2	20	7	28

Sklep

S predlaganim postopkom smo uspeli identificirati skupine strojev, tj. celice, s katerimi bo mogoče prestrukturirati obstoječo delavniško strukturo v DO SIP Šempeter. Seveda pa to sodi v predpriprave.* Tečejo pa raziskave o uporabi »cluster« analize za sortiranje obdelovancev v skupine in pripravljeni so računalniški postopki za odločitve o uvrščanju novih obdelovancev v obstoječe celice. O zadnjem bomo v kratkem poročali. Pokazali bomo tudi računalniško rešitev za razporejanje obdelovancev na stroje v celici. Ta obdelava je del problematike, ki je povezana z operativno kontrolo celične proizvodnje.

* DO SIP Šempeter pripravlja celico za proizvodnjo verižnikov, ki bo realizirana v jeseni 1982. Ta prva eksperimentalna celica bo organizaciji koristila za nabiranje izkušenj za vodenje celične proizvodne strukture pred dokončnim prestrukturiranjem obstoječe proizvodnje.

LITERATURA

[1] J. Dekleva-D. Menart: Problemi pri računalniški identifikaciji celične strukture, Strojniški vestnik 26, 163—167, Ljubljana, 1980.

[2] J. L. Burbidge: Production Planning, Heinemann, London, 1971.

[3] J. McAuley: Machine Grouping for Efficient Production: The Production Engineer, February, 1972.

[4] R. Rajagopalan, J. L. Batra: Design of Cellular Production Systems, A Graph-Theoretic Approach; Int. J. Prod. Res., Vol. 13, No. 6, 1975.

[5] Diplomske naloge: Leon Šepec 2810, Darko Menart 2749, Stanko Bric 2865, Stane Vozel 2879.

[6] D. M. Zelenović (editor): Effectiveness, Quality and Humanity of Production Systems, Proceedings, Vol. 1: Effectiveness of Production Systems, VI. International Conference on Production Research, Novi Sad, 1981.

[7] S. P. Mitrofanov: Naučni temelji tehnologije; Privreda, Zagreb, 1964.

Naslov avtorjev: prof. dr. Janez Dekleva,
Janez Kušer, dipl. ing.,
Darko Menart, dipl. ing.,
— vsi: Fakulteta za strojništvo
v Ljubljani