imamo poseben program, ki deluje simultano z osnovnim geometrijskim, tako da vsako risbo tudi sproti izriše. Hkrati sestavlja ta program tudi neke vrste dadoteko za izris na risalnik.

Zaradi lažjega iskanja napak smo v sistem vključili opozorilno diagnostiko, ki pomaga označevati usmerjenost in jo na željo tudi vključimo.

Objekti so opisani parametrično, zato en sam program (podprogram ali makro) zadošča za celo družino takih delov (sl. 7).

Z uporabo tehnoloških postopkov za kotiranje ipd. in modula za šrafiranje lahko naredimo bolj ali manj obsežne delavniške risbe (sl. 8).

V okviru podiplomske šole za Avtomatizacijo in proizvodno kibernetiko je pod mentorstvom avtorja pridobilo stopnjo magistra strojniških znanosti 35 kandidatov in doktorat znanosti 11 kandidatov.

Na dodiplomskem študiju je v 9. in 11. modulu študiralo 139 študentov, diplomiralo jih je 48 s področja krmiljenja, obdelovalnih sistemov in računalniške tehnologije.

Bibliografija znanstvenih del obsega prek 150 naslovov objav v uglednih tujih in domačih tehničnih revijah.

LITERATURA

[1] Wiener, N.: Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine, The M. I. T. Press, Cambridge, Mass. 1948.

[2] Shannon, C. E.: The Mathematical Theory of Communication, Bell System J. Vol. 27, 1948.

[3] Von Neumann, J.: The Computer and the Brain, Yale University Press, New Haven, Conn. 1958.

[4] Maxwell, J. C.: On Governors, Proc. Roy. Soc. 1868, pp. 270—283.

[5] Tolle, M.: Regelung der Kraftmaschinen, Springer Verlag Berlin, 1921.

[6] Peklenik, J.: Proizvodna kibernetika. Njen vpliv na tehnični in tehnološki razvoj in produktivnost. Zbornik del 10. jugoslovanskega posvetovanja o proizvodnem strojništvu, Beograd 1975, str. 1—53.

Avtorjev naslov: akademik prof. dr. inž. habil. Janez Peklenik
Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

UDK 65.012.122

Avtomatizacija odločanja v izdelavnem sistemu

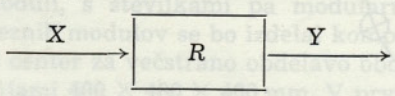
JANEZ DEKLEVA

UVOD

Izdelavni sistemi za diskretne izdelke se dandanes kažejo med dvema skrajnostma: na eni strani v obliki polpretekle in žal še danes uporabljene funkcionalne oziroma delavniške strukture, na drugi strani pa v obliki vse bolj popularizirane »tovarne prihodnosti«, kjer velikokrat težko razmejimo in ločimo med resnico in fantazijo, kakor sta nedavno duhovito pripomnila D. A. Bourne in M. S. Fox iz uglednega Inštituta za robotiko na Univerzi Carnegie — Mellon [1].

Izdelavni sistemi so glavni učni predmet na Fakulteti za strojništvo v usmeritvi, ki jo običajno imenujemo 12. modul. K predmetom te usmeritve sodijo še operacijske raziskave in upravljalni informacijski sistem ter predmeta iz tehnološke skupine: odrezovanje in preoblikovanje. Drugi predmeti so prepuščeni svobodni izbiri. Operacijske raziskave posredujejo teoretične osnove za razumevanje sodobnih izdelavnih sistemov, in to za obe ravni: za raven materialnega toka in za raven odločanja (oziroma za informacijski sistem). Upravljalni informacijski sistem pa podaja teoretične temelje za metodologijo oblikovanja računovodskih informacij za postopek poslovnega odločanja v organizacijah združenega dela, torej tudi v izdelavnih sistemih.

Izdelavni sistem si lahko zamišljamo kot urejeno trojko (X, Y, R), torej kot vhodno-izhodni sistem:



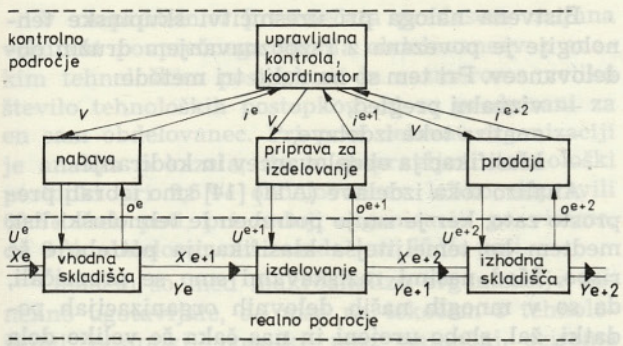
kjer sta: X in Y vstopna oziroma izstopna množica, R pa je neprazna relacija $R \subset X \times Y$, ki jo v mikroekonomski teoriji poznamo kot izdelavno funkcijo in pomeni tehnološko optimalno transformacijo vstopnih veličin v izstopne.

Pokazana definicija je sicer statična, vendar zelo primerna za reševanje vrste problemov, ki jih narekuje odločanje v izdelavnem sistemu, seveda v povezavi s stroškovno funkcijo, in v obliki, ki jo običajno poznamo pod naslovom teorija firme.

Oblikovanje relacije $R \subset X \times Y$ ali (če hočemo) izdelavne funkcije pa je v celoti naloga nas, tehnikov. To velja za vstopno množico X, ki je med drugim povezana z izbiro materiala; izstopno množico Y, ki pomeni realizacijo določene konstrukcije, medtem ko je sama relacija R, torej transformacija odvisna od našega obvladovanja tehnologije, predvsem pa od tega, kako smo sposobni oblikovati racionalni izdelavni sistem kot usklajeno množico elementov, ki ima za nalogo racionalno izdelavo želenega izdelka (izdelkov). Če listamo pomembnejša dela iz mikroanalize, bomo ugotovili, da so ekonomisti že zdavnaj prepustili oblikovanje in delo na izdelavni funkciji nam, žal pa se je z naše strani skoraj predolgo odlašalo z delom pri tej nalogi.

V okviru 12. modula smo zato že pred dobrimi desetimi leti pripravili osnovni program za dodiplomski študij in postavili za izhodišča tudi raziskovalno delo, ki naj bi obogatilo podiplomski študij in povečalo vrednost podiplomskih raziskovalnih nalog.

V raziskavi »Optimizacija zaporedij obdelovancev na strojih« [2] smo ponazorili delovanje izdelavnega sistema z dvema abstraktnima ravnema: kontrolnim področjem in realnim področjem.



Sl. 1. *Uskladitev izdelčne izdelave primerne organizacije* [2]

Shema po sliki 1 je pomembna predvsem za načrtovanje vseh naših prihodnjih raziskav:

— po eni strani raziskav v kontrolnem področju, predvsem so tu mišljene raziskave, ki sodijo v področje operativne kontrole in

— raziskave izdelavnega toka v realnem področju — izdelavi.

Namen našega članka je predvsem ugotoviti pomen rezultatov iz naših raziskav za vsakdanjo prakso.

RAZISKAVE V KONTROLNEM PODROČJU

Osnovne zakonitosti in opisi [2] prikazane sheme (sl. 1) veljajo seveda še danes in to še posebej za računalniško združene obdelovalne sisteme. Očitno je potem, da koordinirane dvojice (r_e, k_e), ki jih sestavljajo realne enote r_e (to je delavnice, celice) in enote operativne kontrole k_e, v razmerah avtonomne obdelave vse boj potrebujejo *celotno avtomatizacijo odločanja na operativni ravni. Gre torej za izdelavo metod za odločanje, ki jih terjata načrtovanje in kontrola v koordiniranih dvojicah.* Eden izmed takih problemov je problem razporejanja obdelovancev na stroje, ki je po svojem oblikovanju sicer preprost, pri praktičnem reševanju pa izredno zapleten.

Na tem področju smo raziskovali dve metodi. V začetnih raziskavah je bil predlagan model, ki je bil uporaben tako za obdelovanec kakor za serijo obdelovancev, ki jih lahko obdelujemo zaporedno ali vzporedno, in kjer je tehnološki postopek obdelave posameznih obdelovancev oziroma serije obdelovancev lahko različen, saj vemo, da so taki modeli v praksi pogosti.

Izhodiščni element za sestavo modela je gantogram tehnološkega postopka obdelovanca oziroma serije obdelovancev . Iz superpozicije gantogramov za obdelovanca k in l izračunamo minimalni čas: $d_{kl,\min}$, za katerega moramo premakniti obdelovanec l, če sledi obdelovancu k, tako da med njima ni prekrivanja:

$$d_{kl,\min} = \text{maks}\,\{t_{z,ki} - t_{p,li}\} \qquad i = 1,2,\ldots,m$$

Pri tem sta $t_{p,li}$ — trenutek začetka obdelave obdelovanca l na stroju i in $t_{z,ki}$ — trenutek konca obdelave obdelovanca k na stroju i.

Skupni čakalni čas med obdelavo obdelovanca k in l pa bo:

$$t_{\check{s}\check{c},kl} = \sum_{i=1}^{m} (d_{kl,\min} + t_{p,li} - t_{z,ki})$$

$$\text{za vse } k = 1,2,\ldots,m \qquad l = 1,2,\ldots,m \text{ in } k \neq l$$

Če poznamo sumarne čakalne čase $t_{\check{s}\check{c},kl}$ za vse možne dvojice serij obdelovancev, je mogoče dobiti optimalno zaporedje serij obdelovancev z uporabo algoritma trgovskega potnika.* Optimalnost seveda pomeni najmanjše čakalne čase strojev z upoštevanjem razpoložljivih strojev in dogovorjenih časov izdelave.

O rezultatih pri razvoju metode smo poročali [3] in [4]. Poročali pa smo tudi o uporabnosti metode v industrijski praksi.

V času raziskav smo imeli na voljo razmeroma skromne računalniške zmogljivosti (npr. IBM 1130). To nas je spodbudilo, da smo iskali uspešnejši algoritem za trgovskega potnika, kar smo uspeli z dvema različicama Littlovega algoritma: z različicama PL in DPL, o čemer smo tudi poročali [5].

Opisana metoda razporejanja je uporabna, če je mogoče definirati čakalne čase, ali preprosteje povedano, če gredo vsi obdelovanci skozi vse operacije ne glede na vrstni red teh operacij. Seveda to ne pokriva vseh primerov iz prakse.

V drugem primeru je veljala naša pozornost (na področju razporejanja) metodam, ki so bile brez omenjene omejitve. Začeli smo se ukvarjati z algoritmom Non-Delay. Osnovna ideja je, da v vsakem trenutku, ko na nek stroj lahko razporedimo nek obdelovanec, to tudi storimo. Tako noben stroj, ki bi bil lahko izkoriščen, nikdar ne miruje. Prva verzija programa je bila napisana v FORTRAN-u in za BATCH obdelavo ter je bila po svoji naravi simulirna oziroma natančneje: bila je napovedno načrtovalska [4]. Čeprav je program dajal dobre razporeditve in je rabil malo računalniškega časa, ni bil primeren za praktično uporabo, to pa predvsem zato, ker je vsaka motnja v izdelavnem poteku porušila predpisano razporeditev, deloma pa tudi zaradi zapletenega in vsakokratnega vnašanja podatkov. Oba problema smo kasneje deloma rešili [6], [7], vendar smo pravi premik naredili šele v letu 1984, ko smo se odločili za uporabo sistema relacijske baze podatkov (sistem 1022), ki je omogočila tudi sprotno razporejanje obdelovancev, vzporedno z razvojem dogajanja v delavnici [8].

Obdelovanec za razporejanje z Non-Delayem ne predstavlja celote, ampak množico disjunktnih tehnoloških operacij, urejeno glede na njihovo zaporedje. Pri tem je vsaka naslednja operacija razporedljiva šele takrat, ko je izvedena njena neposred-

* Algoritem trgovskega potnika rešuje problem iskanja najkrajše poti (tudi časovno), če je njegova naloga, da obišče n mest, vsako mesto pa samo enkrat in se vrne v izhodiščno mesto.

na predhodnica. Na začetku razporejanja nam množico razporedljivih operacij potemtakem predstavljajo vse začetne operacije naročenih obdelovancev, ko pa je posamezna operacija končana, jo v tej množici zamenja njena neposredna naslednica.

Iz množice razporedljivih operacij sestavljamo podmnožice po posameznih strojih. Tako dobimo toliko podmnožic, kolikor imamo v delavnici strojev; nekatere od njih so v posameznih meddobjih ali pa v celotnem obdobju razporejanja lahko seveda tudi prazne množice. Iz vsake podmnožice v časih, ko je to mogoče (ko je stroj prost) po določeni kriterijski funkciji izberemo in razporedimo v tistem trenutku najugodnejšo operacijo.

Tako imamo v vsakem trenutku zasedene vse stroje, ki jih v tem trenutku sploh lahko zasedemo s celotnim trenutnim izdelavnim programom.

Zgoraj opisani algoritem da seveda zgolj eno razporeditev. Če bi hoteli dobiti vse možne Non-Delay razporeditve, bi morali vsakič, ko imamo razporedljivih več operacij, narediti razporeditev za prav vsako možno različico. Izmed njih bi izbrali najboljšo. Ker pa se število možnih različic množi s številom možnih izbir na vsakem koraku, je očitno, da bi tak način v realnih razmerah zahteval daleč preveč računanja. Ponavadi se zato omejimo kvečjemu na nekaj razporeditev, ki jih dobimo z različnimi kriterijskimi funkcijami, ali pa celo na razporeditev, dobljeno s kriterijsko funkcijo, ki se izkustveno pokaže najugodnejša.

Narejeni sta dve osnovni različici programa za razporejanje. Prva, ki je po svoji naravi simulirna, da celotno razporeditev za časovno obdobje, ki nas zanima in je zato primerna predvsem za testiranje izdelavnega programa in kriterijske funkcije, medtem ko je druga narejena za uporabo v delavnici, saj razporeja sproti, v skladu z razvojem realne situacije. Ta program je narejen za interaktivno delo na terminalu [9], [10].

RAZISKAVE TOKA IZDELAVE

Analiza toka izdelave sodi pod širši naslov Skupinske tehnologije, ki se je pojavila leta 1959 [11], pri nas pa slabih deset let pozneje [12], [13]. Kakor vemo, gre za filozofijo, ko se v izdelavi podobni elementi razporejajo v družine glede na svoje oblikovne, geometrijske in obdelovalne podobnosti. Definirane družine se potem obdelujejo na ustreznih skupinah strojev. Tak način izdelave odlikujejo bistveno krajši časi začetno-končnih operacij, preprostejše razporejanje — oboje pomeni krajše pretočne čase izdelave, manjše zaloge, manjše stroške za orodja in vpenjala, možnost določitve standardnih oziroma tipskih tehnoloških postopkov, možnost za boljšo spodbudo skupine delavcev v skupinsko tehnološki celici (tj. skupini strojev, ki obdeluje družino obdelovancev) in neprimerno večje možnosti za načrtno uvajanje avtomatizacije in zamisli, ki jih ponuja računalniško podprta obdelava.

Bistvena naloga pri uresničitvi skupinske tehnologije je povezana z razpoznavanjem družin obdelovancev. Pri tem so na voljo tri metode:

— vizualni pregled,
— analiza toka izdelave,
— klasifikacija obdelovancev in kodiranje.

Analizo toka izdelave (ATI) [14] smo izbrali preprosto zato, ker je zanjo potreben le tehnološki list, medtem ko temeljitejša klasifikacija potrebuje še risbo. Med našimi raziskavami smo se prepričali, da so v mnogih naših delovnih organizacijah podatki, žal, slabo urejeni in nas čaka še veliko dela z njihovim urejanjem.

Za urejanje tehnoloških podatkov je več posluha, kakor za urejanje konstrukcijske dokumentacije (risb), pa tudi drugi dokazi, o katerih bomo pisali kasneje, dodajajo tej nalogi svoj pomen.

V čem je bistvo analize toka izdelave? V trditvi, da so v vsakem izdelavnem sistemu (govorimo o izdelavnih sistemih za diskretne izdelke) navzoče družine obdelovancev, ki pa jih je seveda treba poiskati. Za to iskanje so predvidene tri faze:

— makroanaliza,
— mikroanaliza,
— razmeščanje strojev.

Za iskanje družin obdelovancev sta pomembni prvi dve fazi, natančneje: bistvena je druga faza.

V prvi fazi, tj. makroanalizi, ugotavljamo primernost obstoječe organiziranosti izdelavnega sistema, tako da z analizo obstoječih medoddelčnih povezav terjamo glavne povezave (tj. najbolj množične) kot standardne, vse nelogične in maloštevilne povezave pa skušamo kot izjemne povezave odpraviti. Pri odpravljanju izjemnih poti si pomagamo s premeščanjem strojev, spremembo tehnoloških postopkov in združevanjem oddelkov. Naš prispevek k makroanalizi je v tem, da je postala računalniško podprta, in omogoča vrsto dodatnih analiz. Z makroanalizo dobljeni rezultati v vrsti naših delovnih organizacij so zanimivi in kažejo mnoge slabosti pri obstoječem stanju toka izdelave.

Razpredelnica 1 povzema rezultate v šestih delovnih oziroma temeljnih organizacijah.

Razpredelnica 1

Številka organizacije	obd.	odd.	pot	pp	odd	pp 1	mat.
1	1428	13	225	6,3	5—6	135	192
2	1156	14	252	4,6	4—5	130	89
3	233	16	46	5	4—5	6	57
4	3015	21	736	4	4—5	42	210
5	535	13				9	55
6	1177	21	144			31	139

Kratice pomenijo:
obd. — število obdelovancev
odd. — število oddelkov
pot — število različnih procesnih poti (tehnoloških postopkov)
pp — povprečno število obdelovancev na procesni poti (tehnološkem postopku)
odd — povprečno število oddelkov, potrebnih za izdelavo
pp 1 — število procesnih poti (tehnoloških postopkov), na katerih se izdela 1 obdelovanec
mat. — število povezav v matriki pretokov

V razpredelnici presenečata predvsem majhna vrednost povprečnega števila obdelovancev z enakim tehnološkim postopkom in razmeroma veliko število tehnoloških postopkov, ki so predpisani za en sam obdelovanec. Pri prvi delovni organizaciji je analiza pokazala, da bi popravljeni tehnološki postopki pri 9,5 % obdelovancev lahko odpravili 60 % vseh poti, pri zadnji organizaciji pa vidimo, da 9 % obdelovancev zaseda kar 65 % poti.

Obenem so med makroanalizo organizacije nenehno ugotavljale, da niso na tekočem s tehnološkimi postopki, podatki niso natančni oziroma v tehnoloških listih so napake. To je tudi spodbudilo k delu pri urejanju tehnoloških postopkov oziroma tehnoloških listov.

Z drugo fazo analize toka izdelave, tj. mikroanalizo, je povezan večji del naših večletnih raziskav. Mikroanaliza rabi za razpoznavanje družin obdelovancev v posameznih oddelkih izdelavnega sistema (nas je predvsem zanimala mehanska delavnica). Burbidge si je zamislil naslednji postopek:

— najprej je razvrstil obdelovance v pakete, paket pa definirajo stroji, ki so potrebni v tehnološkem postopku ne glede na vrstni red in pogostost uporabe;

— z dobljenimi paketi za obdelovance v vzorcu ali v kompletnem izdelavnem programu je formiral matriko »paketi/stroji«, kjer so elementi matrike vrednosti (0,1); nič je takrat, ko paket stroja ne uporablja, sicer pa enica;

— s primernim premeščanjem vrstic in stolpcev je skušal dobiti gruče enic po diagonali matrike, tako da dobljene podmatrike definirajo družine paketov (obdelovancev) in njim pripadajoče skupine strojev (celice).

V podporo tej izvirni misli so se porodile številne metode [15], [16], ki imajo svoje korene v teoriji gručenja. Uporabnosti teh metod smo posvetili naša prva razmišljanja in o njih poročali v članku »O nekaterih problemih identifikacije celične strukture« v SV, oktobra leta 1980. Ugotavljali smo, da je bilo z omenjenimi metodami pri obravnavanih primerih skoraj nemogoče razpoznavati družine obdelovancev.

Šele kasnejši obsežnejši podatki so potrdili naše prve domneve, da imamo namreč opravka z nelogičnimi in nesistematičnimi tehnološkimi postopki.

Podatki iz razpredelnice 2 to v celoti potrjujejo.

Iz zadnjih dveh stolpcev je razvidno, da imamo opravka s tehnološko manj zahtevno izdelavo, povprečno število obdelovancev v paketu pa je kljub temu neverjetno majhno. Imamo nesistematično predpisovanje tehnoloških postopkov ali pa vsaj predpisovanje, ki ne sili k tipskim postopkom. Podrobne raziskave bi seveda pokazale, da je ugotovljeno stanje verjetno posledica nekaterih gledanj na razporejanje. V mislih imamo starejše gledanje na razporejanje, navzoče predvsem v strukturah delavniškega tipa. Tu se namreč načrtovanje tehnološkega postopka srečuje s problemom razporejanja, ki skuša najti oziroma poiskati časovni interval in delovno sredstvo in obratno. Zadnje ima vpliv na prvo. Prosto delovno sredstvo ali pa vsaj želja, da se delovno sredstvo optimalno izkoristi, lahko vpliva na načrtovanje tehnološkega postopka. Problem razpoznavanja družin obdelovancev z mikroanalizo je zato postal praktično skoraj nemogoč, čeprav smo kasneje opazili še nekaj dodatnih metod [17], [18]. Med njimi se zdi posebej zanimiv algoritem z neposrednim gručenjem [18], ki je tudi najbližji prvotni Burbidgeovi zamisli.

Razpredelnica 2

Številka delovne organizacije	obd.	pak.	obp.	pk 1	stm	snp	sno
7	1198	433	2,8	300	11	4	3
8	507	319	1,6	245	12	4	3
9	1966	358	5,5		11	4	1
10	233	46	5		11	4	2
11	844	218	3,9	117	7	3	2

Kratice pomenijo:
obd. — število obdelovancev
pak — število paketov
obp. — povprečno število obdelovancev v paketu
pk 1 — število paketov z enim obdelovancem
stm — največje potrebno število strojev v paketu
snp — število strojev, ki jih zahteva največ paketov
sno — število strojev, ki jih zahteva največ obdelovancev

Neuspeh razpoznavanja ima lahko dva vzroka:

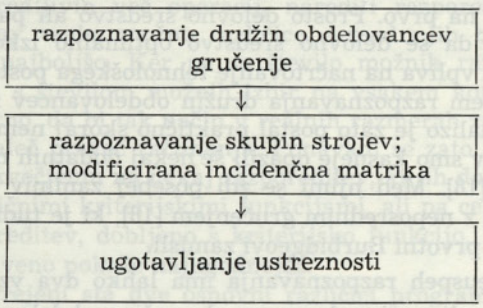
— ali negira domnevo, da večina obdelovancev in strojev v izdelavnem sistemu pripada popolnoma določenim družinam in skupinam strojev,

— ali pa opozori na slabo načrtovane tehnološke postopke.

Seveda je realna edino druga trditev, pri tem pa, žal, ni mogoče ugotoviti ali celo meriti stopnje slabosti. Zato smo prvi Burbidgeovi domnevi o obstoju družin obdelovancev in skupin strojev dodali novo domnevo, da je malo verjetno, da so prav vsi tehnološki podatki slabi. Malo je namreč verjetno, da bi bili pri načrtovanju tehnološkega postopka nelogični prav vsi procesi in izbrani stroji.

To pa pomeni, da so postali uporabljeni podatki iz tehnološkega lista za razpoznavanje družin obdelovancev in skupin strojev pomanjkljivi. Tudi uporabljeni pojem paketa obdelovancev je postal neprimeren. Potrebujemo nove, dodatne informacije, npr.: o glavni obliki, o glavnih dimenzijah, o razmerju dimenzij, pomožnih dimenzijah, tolerancah, obdelovalnosti materiala itd. To pomeni, da bi potrebovali še risbo, ki bi omogočila klasifikacijo. Kakor vemo, smo se ji izognili in jo zamenjali z ATI oziroma mikroanalizo. Zato smo od naštetih dodatnih značilnosti vzeli le tiste, ki so na tehnološkem listu. Odločili smo se še za oblikovno značilnost obdelovanca, ki jo bomo z določeno nenatančnostjo opredelili iz imena obdelovanca.

Tako razmišljanje nas je privedlo do formulacije uporabne metode, t. i. modificirane incidenčne matrike, ki omogoča razpoznati skupino strojev za izdelavo obdelovancev s podobnimi oblikovnimi značilnostmi. Metodo smo najprej opisali v SV v članku »Celična struktura« [19]. O ugotavljanju primernosti oziroma neprimernosti razpoznane skupine strojev smo razpravljali v naslednjem članku »Računalniško ugotavljanje ustreznosti celične strukture« [20], zopet v SV, potem pa smo z gručenjem podobnih obdelovancev v dobljeni celici želeli pokazati, kako naj bi tekel prihodnji razvoj celice in standardizacija obdelovancev, ki se v njej izdelujejo. Obenem pa naj bi dobljene gruče začasno nadomeščale klasifikacijo in jo hkrati že napovedale. To je v bistvu sporočilo članka »Celična struktura — gručenje ustreznih obdelovancev« [21]. Seveda se je hkrati oblikoval celoten računalniško podprt postopek dobljene metode, ki jo predstavlja sekvenca [22]:



Izdelani računalniški programi za obe fazi ATI in za razvito metodo so že postali dosegljivi za industrijo, pa tudi v pedagoškem procesu, tako v dodiplomskem kakor podiplomskem študiju.

Svoja raziskovalna razmišljanja posvečamo seveda novim problemom. V referatu »Identifikacija celic z analizo proizvodnega toka«, ki smo ga pripravili za 11. seminar Lakos-FS-UEK, smo ugotovili, da so nekateri elementi ATI enaki z variantnim sistemom računalniško podprtega načrtovanja tehnoloških postopkov (CAPP*) [23].

Naša želja je, da v tej smeri posredujemo vse informacije, ki so na voljo bodisi v običajni makro- in mikroanalizi ali pa v postopku z modificirano incidenčno matriko.

SKLEP

Opisano raziskovalno delo seveda ni popolno niti ni končano. Predvsem nas čaka še veliko dela na področju kontrole. Avtomatizacija odločanja terja poleg napovedanega načrtovanja tudi sposobnost spreminjanja načrta zaradi novih oziroma dodatnih informacij, ki jih prinaša spremenjeno stanje v samem izdelavnem procesu, pa tudi zunaj njega, torej v okolju. Tudi ta del področja kontrole mora dobiti v avtomatizaciji odločanja svoje mesto.

Na več mestih smo ugotavljali, da obe raziskovalni področji zajemata svoje podatke iz tehnološkega lista (tudi iz operacijskega lista). Omenili smo obstoječe slabosti tega dokumenta. Nazadnje je treba tu omeniti še vprašanje realnosti izdelovalnih časov in časov začetno-končnih operacij, ki zagotavljajo uspešnost operativnega načrtovanja in vodenja izdelave. Uvodni podatki o dejanskem stanju izrabe delovnega časa [9] povedo, da ta problem ni obroben.

Zato smo prepričani, da bo treba tehnološki list še izpopolniti. Vse to povzroča, da so naši realni izdelavni sistemi zelo zapleteni, in da bo zato tudi prihodnje delo pri avtomatizaciji odločanja težko, dolgotrajno in seveda prepotrebno.

* Computer — Aided Process Planning.

LITERATURA

[1] Bourne, D. A., Fox, M. S.: Autonomous Manufacturing, pp. 76—86, Computer IEEE, sept. 1984.

[2] Dekleva, J., Kandus, G., Starbek, M.: Optimizacija zaporedij obdelovancev na strojih, Informatica 76, Bled, oktober 1976, 5—209.

[3] Dekleva, J., Kandus, G., Končina, R., Lakovšek, I., Starbek, M.: Some Experiences with Job-Shop Scheduling Models, SYM-OP-IS 77, Herceg Novi, 19.—21. oktober 1977, str. 588—601.

[4] Dekleva, J., Kandus, G., Končina, R., Starbek, M.: Ocena modelov za razporejanje obdelovancev in informacijski sistem v proizvodnji, Informatica 78, Bled, oktober 1978, 5—203.

[5] Dekleva, J., Kandus, G., Starbek, M.: Optimizacija zaporedij in algoritem trgovskega potnika, Informatica 76, Bled, oktober 1976, 3—224.

[6] Kušar, J.: Razporejanje obdelovancev v celični proizvodnji, diplomsko delo FS 3025, 1982.

[7] Dekleva, J., Skulj, I., Starbek, M.: Razporejanje obdelovancev z avtomatsko vodenim vozilom, SYM-OP-IS, Herceg Novi, 1983.

[8] Dekleva, J., Jurkovič, J., Starbek, M., Zavadlav, E.: Razporejanje obdelovancev z algoritmom Non-Delay in z uporabo relacijske baze podatkov, SYM-OP-IS, Herceg Novi, 1984.

[9] Dekleva, J., Starbek, M., Zavadlav, E.: Operativno vodenje proizvodnje z računalnikom, 11. seminar Lakos, 59—91, Ljubljana, 1985.

[10] Dekleva, J., Zavadlav, E.: Non-Delay Dispatching System based upon Relational Data Base System, EURO 7, Bologna, junij 1985.

[11] Mitrofanov, S. P.: Naučni temelji grupne tehnologije, Privreda Zagreb, 1964.

[12] Urošević, S. M.: Tipska i grupna tehnologija u metalnoj industriji, IAMA, Beograd, 1967.

[13] Peklenik, J.: Razvoj in optimizacija obdelovalnih sistemov, 1. seminar: Optimizacija obdelovalnih sistemov, str. 5—29, Ljubljana, 1969.

[14] Burbidge, J. L.: Production Flow Analysis, The Production Engineer, april—maj 1971.

[15] McAuley, J.: Machine Grouping for Efficient Production, The Production Engineer, februar 1972.

[16] Rajogopalan, R., Batra, J. L.: Design of Cellular Production Systems, A. Graph — Theoretic Approach, Int. J. Prod. Res., 1975, vol 13, no. 6.

[17] King, J. R.: Machine — Component Grouping in Production Flow Analysis, Int. J. Prod. Res., Vol. 18, no. 2, 1980.

[18] Chan, H. M., Milner, D. A.: Direct Clustering Algorithm for Group Formation in Cellular Manufacture, J. of Manuf. Systems, No. 1, 1982.

[19] Dekleva, J., Kušar, J., Menart, D.: Cellular Structure, Mechanical Engineering Journal, vol. 28, no. 3, Ljubljana 1982.

[20] Dekleva, J., Strancar, D., Novak, R.: Računalniško ugotavljanje ustreznosti celične strukture, Strojniški vestnik 28, 213—222, 1982, Ljubljana, Jugoslavija.

[21] Dekleva, J., Štancar, D., Novak, R.: Celična struktura — gručenje ustreznih obdelovancev, Strojniški vestnik, Ljubljana 1983/10—12, 203—207.

[22] Dekleva, J., Menart, D.: Praktical Advantages and Disadvantages of Different Production Cell Identification Methods, AMPS — COMP CONTROL 85, Budimpešta 1985.

[23] Dekleva, J., Kušar, J., Menart, D.: Identifikacija celic z analizo proizvodnega toka, 11. seminar LAKOS, Ljubljana, 1985, 1—18.

Avtorjev naslov: prof. dr. Janez Dekleva, dipl. inž.
Fakulteta za strojništvo, Ljubljana