

Konrad Wala, Henryka Gądek-Madeja
Akademia Górniczo-Hutnicza

KOMPUTEROWY SYSTEM WSPOMAGANIA SYNTEZY ALGORYTMÓW PRZYBLIŻONYCH^(*) STEROWANIA DYSKRETNymi PROCESAMI PRZEMYSŁOWymi

Streszczenie. W pracy przedstawiono funkcje i menu komputerowego systemu wspomaganie syntezy algorytmów przybliżonych dla potrzeb sterowania dyskretnymi procesami przybliżonymi. Szczegółowo omówiono zagadnienie dynamicznego określania wielkości partii oraz zaprezentowano wyniki badań eksperymentalnych dla przykładowego zadania.

1. Wprowadzenie

Zagadnienia harmonogramowania dyskretnych procesów przemysłowych (DPP) związane także czasem z wyborem wielkości partii wyrobów oraz ograniczeniami międzyoperacyjnymi na maksymalny i minimalny poziom zapasów należą zwykle do zagadnień NP-trudnych. Prezentowany system komputerowy wspomaganie syntezy algorytmów przybliżonych sterowania DPP (system KWSP) umożliwia użytkownikowi wygenerowanie modelu komputerowego, tj. symulatora, konkretnego procesu produkcji. Wystarczy, że w tym celu odpowiada on na komunikaty systemu. Wybierając opcje zestawione na kartach menu poda on nazwy i parametry charakteryzujące system produkcji, technologię wytwarzania oraz program (zlecenie) produkcji i tym samym ustali funkcje symulatora procesu produkcji.

Symulator jest wyposażony w mechanizm określający na bieżąco (tj. dla kolejnych chwil czasu zegarowego symulatora) decyzje związane z wielkością partii i kolejnością wykonywania operacji. Mechanizm ten to przybliżony (heurystyczny) algorytm sterowania DPP. Przyjęto, że algorytm sterowania jest komponowany przez użytkownika, także w trybie pracy konwersacyjnej, przy czym algorytm jest składany z procedur wybranych z pakietów algorytmów sterowania systemu KWSP. Następnie na podstawie wyników testowania algorytmu w czasie realizacji eksperymentów symulacyjnych użytkownik dobiera jego parametry, lub zamienia całe procedury i w ten sposób dokonuje syntezy "dobrego" algorytmu sterowania dla badanego procesu.

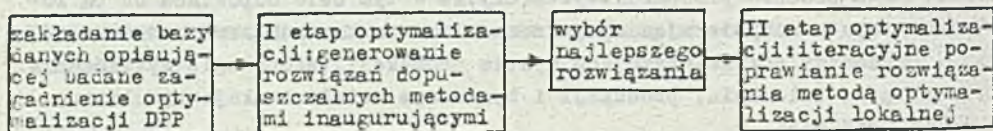
W pracy [3] zaprezentowano symulator systemu KWSP, natomiast w [4] podano jego ogólną charakterystykę, obszar zastosowań (w tym obliczane funk-

(*) Praca finansowana w ramach problemu RP.I.02 w temacie 4.4

cje celu), wykaz heurystyk przeznaczonych do ustalenia kolejności realizacji operacji, opis procedur optymalizacji lokalnej oraz przykłady obliczeń wykonanych z wykorzystaniem systemu. Natomiast poniżej omówiono funkcje i makroopcje MENU systemu oraz, szczegółowo, zagadnienie dynamicznego określania wielkości partii. W tym zakresie opracowano pakiet procedur przybliżonych, które ustalają wielkości partii i terminy rozpoczęcia ich realizacji dla poszczególnych pozycji programu produkcji i tym samym ustalają obciążenie poszczególnych grup maszyn w zależności od stanu procesu produkcji. Zadaniem użytkownika, w czasie interakcyjnej pracy z systemem KWSP, jest dokonanie wyboru "najlepszej" procedury i dobranie parametrów na podstawie "obserwacji" przebiegu symulowanego procesu produkcji. Zamieszczono także wyniki badań eksperymentalnych dla przykładowego zadania.

2. Metoda syntezy przybliżonego algorytmu sterowania

System KWSP jest opracowany dla systemu komputerowego zgodnego z IBM PC, wyposażonego w kartę graficzną Hercules, w języku Fortran 77 (symulator procesu oraz pakiety procedur wyznaczania sterowania) oraz Turbo Pascal 4.0 (program zakładania bazy danych). Obsługa systemu odbywa się w trybie pracy interakcyjnej - użytkownik odpowiada na komunikaty systemu poprzez wybór określonych opcji. Na rys.1 przedstawiono podstawowe etapy pracy interakcyjnej użytkownik - system KWSP.



Rys.1. Podstawowe etapy pracy interakcyjnej użytkownik - system KWSP

Fig.1. The essential stages of the interaction work of User - KWSP System.

Pierwszą czynnością użytkownika jest zakładanie bazy danych opisującej badane zagadnienie optymalizacji. W tym celu użytkownik definiuje system produkcyjny, technologię wytwarzania poszczególnych wyrobów oraz program (zlecenie) produkcji. Następne etapy pracy interakcyjnej polegają na realizacji eksperymentów symulacyjnych, podczas których użytkownik dobiera procedury i parametry procedur obliczających bezpośrednio oddziaływanie sterujące na proces produkcji. Obserwacja (wykres Gantta, zmiany w czasie całego systemu produkcyjnego lub wybranego podzbioru maszyn) i pomiar, za pomocą wybranej funkcji celu, jakości przebiegu procesu oraz wiedza nieformalna umożliwiając użytkownikowi dokonanie syntezy "dobrego"

algorytmu sterowania dla badanego procesu produkcji, jak też wyznaczenie "dobrego" rozwiązania w postaci harmonogramu produkcji.

Przed rozpoczęciem eksperymentów symulacyjnych użytkownik wybiera jedną (z dziesięciu zaimplementowanych; por. [4]) funkcji celu. Syntezę algorytmu można zrealizować podczas dwuetapowego procesu optymalizacji (por. rys.1). Pierwszy etap optymalizacji polega na generowaniu rozwiązań dopuszczalnych za pomocą metody inaugurującej. Metody inaugurujące pozwalają na obliczenie rozwiązania wyjściowego, które może być następnie poprawione za pomocą innych metod - w procesie wieloiteracyjnego procesu poprawiania rozwiązania.

System KWSP umożliwia wygenerowanie dużej liczby rozwiązań metodą inaugurującą oraz automatyczne zapamiętanie pięciu najlepszych rozwiązań. Jedno rozwiązanie otrzymujemy wybierając (dla każdego podzbioru ekwiwalentnych maszyn) funkcję priorytetu, która ustala kolejność realizacji czekających w kolejce przed poszczególnymi maszynami operacji oraz procedurę dynamicznego określenia wielkości partii (jeżeli zachodzi taka potrzeba). Użytkownik może wybrać jedną z sześciu złożonych funkcji priorytetu (por. [4]) oraz parametry (współczynniki wagi) każdej z nich. Poszczególne złożone funkcje priorytetu są agregatami "prostych" funkcji ustalających priorytet operacji z pewnego punktu widzenia, a parametry określają wagę punktów widzenia.

Procedura dynamicznego wyboru wielkości partii składa się z procedury sterowania wyborem wielkości partii oraz procedury ustalającej termin wyboru następnej partii (por. punkt 3 pracy). Pierwsza z procedur określa wielkość partii w chwili, w której czas zegarowy symulatora jest równy najwcześniejszemu terminowi rozpoczęcia produkcji analizowanej właśnie przez symulator pozycji programu produkcji. Wybrana partia jest kierowana do realizacji. Druga z procedur ustala, dla pozostałych wyrobów analizowanej pozycji programu produkcji, termin następnego wyboru poprzez korekcję najwcześniejszego terminu rozpoczęcia produkcji. Użytkownik może zdecydować się na jedną z trzech procedur sterowania wyborem wielkości partii oraz jedną z czterech procedur ustalających termin wyboru partii, a także parametry każdej z procedur.

Otrzymane, po pierwszym etapie optymalizacji, rozwiązania (maksimum 5 najlepszych rozwiązań jest zapamiętanych) użytkownik może poprawić realizując drugi etap optymalizacji. Drugi etap optymalizacji jest wieloiteracyjnym procesem poprawiania, wybranego przez użytkownika, rozwiązania za pomocą algorytmu optymalizacji lokalnej. W tym etapie pracy interakcyjnej ustalane jest otoczenie wybranego rozwiązania oraz reguła określająca kolejność wyboru rozwiązań z otoczenia (por. [4]). W wieloiteracyjnym procesie może zostać poprawiona wartość funkcji celu rozwiązania tylko w wyniku zmiany kolejności realizacji operacji, natomiast wielkości partii poszczególnych wyrobów pozostają bez zmiany.

3. Procedury dynamicznego wyboru partii

Podczas symulacji komputerowej, realizowanej za pomocą symulatora, zachodzi "rozpisanie" zadanego programu (zlecenia) produkcji na dopuszczalne rozwiązanie - harmonogram produkcji. Jedną pozycją programu produkcji zawiera następujące dane [3]: N - numer technologii wyrobu, LW - planowaną liczbę wyrobów, $TMIN$ - najwcześniejszy termin rozpoczęcia produkcji, planowany termin zakończenia produkcji, priorytet pozycji. Jeżeli planowana liczba wyrobów równa jest jeden, dla danej pozycji programu rozważane jest tylko zagadnienie harmonogramowania. W przeciwnym przypadku występuje także zagadnienie wyboru wielkości partii wyrobów. W ogólnym przypadku pozycja programu produkcji może być wykonana w kilku oddzielnych partiach. Przypomnijmy następnie, że symulator systemu KWSP śledzi "historię" obiektów chwilowych systemu produkcyjnego, którymi są partie wyrobu o ustalonej technologii produkcji (marszruta technologiczna, czasy trwania operacji i międzyoperacyjne ograniczenia) i wielkości, będące w trakcie realizacji. Z chwilą wykonania wszystkich operacji określonych przez technologię wyrobu kończy się proces wytwarzania danej partii wyrobu - obiekt chwilowy jest likwidowany. Poniżej zostanie omówione zagadnienie generowania obiektów chwilowych, które jest w sposób integralny związane z zagadnieniem dynamicznego wyboru wielkości partii.

Jednym z celów budowy systemu KWSP jest opracowanie wygodnego narzędzia badawczego w celu otrzymania odpowiedzi, czy za pomocą dynamicznego wyboru wielkości partii wyrobów można poprawić wartość funkcji celu DFP, tj. sprawdzenie, czy funkcja celu procesu produkcji jest wrażliwa na sterowanie wielkością partii i terminem rozpoczęcia jej realizacji oraz opracowanie prostych algorytmów dynamicznego wyboru wielkości partii. Przez dynamiczny wybór wielkości partii rozumie się tu decyzje ustalające wielkość partii wyrobów i terminy rozpoczęcia realizacji dla $t \in [0, T)$, T - horyzont harmonogramowania, na podstawie przebiegu (stanu) procesu, przy czym podstawowym celem jest poprawa efektywności procesu mierzona zwykle lepszym wykorzystaniem czasu pracy maszyn [1,2]. Poniżej przedstawiono algorytm generowania obiektów chwilowych symulatora systemu KWSP i współpracujące z nim procedury dynamicznego określania wielkości partii.

Jeżeli najwcześniejszy termin rozpoczęcia realizacji pozycji programu ($N, LW, TMIN, \dots$) jest nie większy od czasu zegarowego t symulatora, tj. $t \geq TMIN$, to algorytm generowania obiektów chwilowych symulatora wykonuje następujące czynności:

1. Jeżeli $LW=1$, to za wielkość partii WP podstaw $WP:=LW=1$ i w chwili t wygeneruj obiekt chwilowy (N, WP, \dots); POWRÓT.
2. Jeżeli $LW \leq \underline{ld}$, to podstaw $WP:=LW$ i w chwili t wygeneruj obiekt chwilowy (N, WP, \dots); POWRÓT; gdzie \underline{ld} - minimalna wielkość partii.
3. a) Jeżeli $LW > \underline{ld}$, to CALL WIELKOŚĆ nr(N, LW, WP) i w chwili t

wygeneruj obiekt chwilowy (N, WP, ...), podstaw LW:=LW-PW.

b) Jeżeli LW=0, to POWRÓT.

c) Jeżeli LW>0, to CALL CZAS nr(N,LW,CN), podstaw TMIN:=t+CN i umieść w zbiorze programu produkcji pozycję (N, LW, TMIN, ...); POWRÓT,

gdzie: WIELKOŚĆ nr - procedura wyboru wielkości partii,

CZAS nr - procedura określająca czas CN, po którym będzie podejmowana następna, dla rozważanej pozycji programu produkcji, decyzja wyboru wielkości partii i tworzenia obiektu chwilowego.

Istota czynności opisanego algorytmu polega na tym, że w chwili $t=TMIN$, gdy najwcześniejszy termin rozpoczęcia realizacji pozycji TMIN jest równy czasowi zegarowemu symulatora t , jest wyznaczona tylko jedna partia wyrobu z pozycji programu produkcji. W przypadku gdy wyznaczona partia nie wyczerpuje planowanej liczby wyrobów LW pozycji, dla pozostałej liczby wyrobów (podstawienie: LW:=LW-WP) jest ustalany następny termin wyboru partii na drodze uaktualnienia najwcześniejszego terminu rozpoczęcia realizacji pozycji (podstawienie: TMIN:=TMIN+CN, gdzie $CN \geq 0$).

Użytkownikowi proponuje się następujące procedury wyboru wielkości partii.

Oznaczenia:

$\bar{I}_d = \lfloor MAXPA/pm \rfloor$ - maksymalna wielkość partii,

$\underline{l}_d = \lfloor MINPA/pm \rfloor$ - minimalna wielkość partii,

$l_d = \lfloor POZPA/pm \rfloor$ - pożądana wielkość partii,

pm - wymagana pojemność magazynu podzbioru maszyn M_k dla jednego wyrobu rozważanej pozycji programu produkcji,

$\lceil x \rceil$ - najmniejsza liczba całkowita nie mniejsza niż x ,

$\lfloor x \rfloor$ - największa liczba całkowita nie większa niż x ,

MAXPA - maksymalna objętość partii,	} liczby całkowite określone przez użytkownika (parametry optymalizacji dynamicznego wyboru wielkości partii),
MINPA - minimalna objętość partii,	
POZPA - pożądana objętość partii,	

$w_{11}, w_{12}, \dots, w_{15}$ - współczynniki wagi dla procedur wyznaczania wielkości partii; liczby rzeczywiste określone przez użytkownika (parametry optymalizacji),

M_k ($k=1, \dots, K$) - podzbiór maszyn ekwiwalentnych (pracujących równoległe) systemu produkcji (por. [3])^e

Procedury:

WIELKOŚĆ 1

WP:= min { \bar{I}_d , LW }

WIELKOŚĆ 2

WP:= min { l_x , LW }, gdzie $l_x = \begin{cases} \lceil x \rceil & , \text{ jeżeli } \underline{l}_d < x < \bar{I}_d \\ \bar{I}_d & , \text{ jeżeli } \bar{I}_d \leq x \\ \underline{l}_d & , \text{ jeżeli } \underline{l}_d \geq x \end{cases}$

WIELKOŚĆ 3

$$WP = \min \{lx, LW\}$$

gdzie:

$$lx = \begin{cases} \bar{ld} & , \text{ jeżeli } \bar{ld} \leq x \\ ld & , \text{ jeżeli } \underline{ld} < x < \bar{ld} \\ \underline{ld} & , \text{ jeżeli } \underline{ld} > x \end{cases}$$

x - wskaźnik stanu pracy podzbioru maszyn M_k ,

$x = w_{11} + w_{12}$ * liczba operacji w kolejce przed podziałem maszyn M_k

+ w_{13} * czas wykonania operacji stojących w kolejce przed podziałem M_k

+ w_{14} * dostępna w chwili t pojemność magazynu podzbioru M_k

+ w_{15} * czas przebrojenia (maksymalny) dla wyrobu rozważanej pozycji programu produkcji na maszynie podzbioru M_k .

Termin realizacji następnego wyboru partii można ustalić za pomocą jednej z następujących procedur.

Oznaczenia:

MAXCZ - maksymalny interwał czasu między kolejnymi partiami tej samej pozycji programu produkcji,

MINCZ - minimalny interwał czasu między kolejnymi partiami

POZCZ - pożądaný interwał czasu między kolejnymi partiami

liczby całkowite określone przez użytkownika (parametry optymalizacji dynamicznego wyboru wielkości partii),

$w_{21}, w_{22}, \dots, w_{25}$ - współczynniki wagi dla procedur wyznaczania następnego terminu realizacji wyboru partii; liczby rzeczywiste określone przez użytkownika (parametry optymalizacji).

Procedury:

CZAS 1

$$CN = \lceil w_{21} + w_{23} * WP * \text{czas wykonania jednego wyrobu pozycji na maszynie podzbioru } M_k \rceil$$

CZAS 2

$$CN = \lceil \min \{ w_{21}, w_{23} * WP * \text{czas wykonania jednego wyrobu pozycji na maszynie podzbioru } M_k \} \rceil$$

CZAS 3

$$CN = \begin{cases} \text{MAXCZ} & \text{jeżeli } \text{MAXCZ} \leq y \\ y & \text{jeżeli } \text{MINCZ} < y < \text{MAXCZ} \\ \text{MINCZ} & \text{jeżeli } \text{MINCZ} > y \end{cases}$$

CZAS 4

$$CN = \begin{cases} \text{MAXCZ} & \text{jeżeli } \text{MAXCZ} \leq y \\ \text{POZCZ} & \text{jeżeli } \text{MINCZ} < y < \text{MAXCZ} \\ \text{MINCZ} & \text{jeżeli } \text{MINCZ} > y \end{cases}$$

gdzie: y - wskaźnik stanu pracy podzbioru maszyn M_k ,

$y = w_{21} + w_{22}$ * liczba operacji w kolejce przed podziałem maszyn M_k

- + w_{23} * czas wykonania operacji stojących w kolejce przed M_k
- + w_{24} * dostępna w chwili t pojemność magazynu podzbioru M_k
- + w_{25} * czas przebrojenia maszyny podzbioru M_k (maksymalny) dla wyrobu rozważanej pozycji.

Zauważmy, że przedstawione powyżej procedury WIELKOŚĆ 2, WIELKOŚĆ 3 oraz CZAS nr (nr=1,...4) określają wielkość partii i termin realizacji następnego wyboru wielkości partii w zależności od stanu pracy systemu w chwili dokonywania wyboru, a właściwie od wskaźnika x/y jednego, wybranego przez użytkownika, podzbioru maszyn M_k ($k \in \{1, \dots, K\}$). W czasie badań symulacyjnych użytkownik, na podstawie przebiegu procesu (obserwacji np. wykresu Gantta) i wartości funkcji celu, będzie miał możliwość zorientowania się, który podzbiór maszyn jest "wąskim gardłem" systemu produkcji. Celem badań symulacyjnych może być między innymi sprawdzenie, czy uzależnienie wyboru wielkości partii właśnie od stanu wybranego podzbioru maszyn może poprawić efektywność pracy całego systemu produkcji. Oczywiście, użytkownik, w czasie pracy interakcyjnej z systemem KWSP może w ten sposób sprawdzić wiele rozwiązań, tj. różne procedury i parametry procedur wyboru partii oraz uzależnienie wyboru od stanu różnych podzbiorów maszyn.

4. Przykłady realizacji dynamicznego wyboru wielkości partii

Przykład 1. Rozważmy odcinek produkcyjny zakładu chemii drobnotonażowej (por. przykład 2 w [4]). Przyjęto program produkcji składający się z 11 pozycji. Dziewięć pierwszych polega na wykonaniu pojedynczego wyrobu (jednej partii), przy czym różnice w technologii wytwarzania wyrobów dotyczą tylko czasów trwania operacji, czasów trwania przebrojeń i wielkości zapotrzebowania na pojemność magazynu po obróbce na maszynach podzbioru M_3 . Technologia wytwarzania o numerze n , $n=1,2,\dots,9$ (nr technologii = nr pozycji), jest określona przez następujące dane:

$O_n = \{O_{1n}, O_{2n}, O_{3n}, O_{4n}\}$ - zbiór operacji wyrobu n ,

$RT_n = \{(O_{1n}, O_{3n}), (O_{2n}, O_{3n}), (O_{3n}, O_{4n})\}$ - relacja poprzedzania operacji wyrobu n ,

$f(O_{1n})=M_1, f(O_{2n})=M_2, f(O_{3n})=M_3, f(O_{4n})=M_4$ - przyporządkowanie operacji do podzbiorów maszyn,

$y(O_{3n}) \in [3,8]$ - wymagana pojemność magazynu dla półwyrobu po zakończeniu operacji O_{3n} ,

$t_{4m, 4n} \in [10,50]$ - czas przebrojenia w przypadku, gdy operacja O_{4n} jest realizowana po operacji O_{4m} ,

$p_{1n} \in [30,100]$; $p_{2n}, p_{3n} \in [12,50]$; $p_{4n} \in [40,80]$ - czasy wykonania operacji O_{in} ($i=1,\dots,4$).

Pozycje 10 i 11 programu produkcji ustalały wykonanie każda po 12 wyrobów

o technologiach odpowiednio: $n=10$, $n=11$, gdzie:

$$O_n = \{0_{1n}, 0_{2n}, 0_{3n}\},$$

$$RT_n = \{(0_{1n}, 0_{2n}), (0_{2n}, 0_{3n})\},$$

$$f(0_{1,10})=M_1, f(0_{1,11})=M_2, f(0_{2,10})=f(0_{2,11})=M_3, f(0_{3,10})=f(0_{3,11})=M_4,$$

$$y(0_{2,10})=y(0_{2,11})=1; \quad t_{3m,3n} \in [10, 50];$$

$$P_{1,10}=15, P_{1,11}=5, P_{2,10}=P_{2,11}=10, P_{3,10}=P_{3,11}=10.$$

Podzbiór $M_1 = \{m_1, m_2\}$ identycznych maszyn stanowią urządzenia syntezy podstawowego składnika wyrobu. Gotowy składnik przekazywany jest bezpośrednio (tj. bez magazynowania w magazynie międzyoperacyjnym) do mieszalnika $M_3 = \{m_4\}$ i uzupełniany niezbędnymi dodatkami, w tym półproduktem wytworzonym w podzbiorze maszyn $M_2 = \{m_3\}$. Po maszynach zbioru M_2 nie występuje ograniczenie na pojemność magazynu, natomiast po zbiorze M_1 magazynowanie jest niedozwolone. Po zbiorze M_3 występują dwa magazyny, każdy o pojemności 10. Na maszynach zbioru $M_4 = \{m_5, m_6\}$ realizowana jest operacja konfekcjonowania wyrobów, przy czym przed rozpoczęciem każdej operacji jest potrzebne przebrojenie maszyny. Jako funkcję celu przyjęto c_{\max} .

Realizowano tylko pierwszy etap optymalizacji, przy czym kolejność wykonywania operacji we wszystkich eksperymentach była ustalana za pomocą tej samej funkcji priorytetu (heurystyka H_1 w [4]); priorytet na maszynach podzbiorów M_1, M_2 był proporcjonalny do czasu realizacji operacji, na M_3 do wymaganej pojemności magazynu, na M_4 do czasu przebrojenia maszyny.

Niektóre wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicy 1. Do wyboru wielkości partii i terminów jej wyboru zastosowano procedury WIELKOŚĆ 1 i CZAS 1, przy czym dla każdego eksperymentu $w_{23}=0$. W pierwszej serii eksperymentów (funkcję celu oznaczono: $c_{\max}=c_{\max,1}$; gdzie c_{\max} - czas realizacji programu produkcji) przyjęto, że obróbka wyrobów partii na następnej w ciągu technologicznym maszynie jest możliwa po zakończeniu obróbki wszystkich wyrobów na maszynie poprzedzającej. W drugiej serii eksperymentów ($c_{\max}=c_{\max,2}$) dopuszczono rozpoczęcie realizacji wyrobu partii na maszynie następnej natychmiast po zakończeniu operacji poprzedzającej, tj. dopuszczony był podział partii na części w celu lepszego wykorzystania czasu pracy maszyn. Zauważmy, że decyzje dotyczące wyboru wielkości partii odnosiły się tylko do pozycji 10 i 11 programu produkcji. Tablica 1 w sposób jednoznaczny dokumentuje fakt, że także sposób rozwiązywania zagadnienia dynamicznego wyboru wielkości partii ma duży wpływ na wartość funkcji celu harmonogramu. W rozważanym przykładzie nie stwierdzono w sposób jednoznaczny, że któryś z podzbiorów maszyn jest "wąskim gardłem" systemu produkcyjnego.

Przykład 2. W przykładzie drugim system produkcyjny oraz pozycje 1-9 programu produkcji pozostały takie jak w przykładzie 1. Pozycje 10 i 11 programu produkcji polegają także na wykonaniu po 12 wyrobów. Zmianie uległa tylko technologia produkcji - zwiększono obciążenie podzbioru maszyn M_3 : $O_n = \{0_{1n}, 0_{2n}\}$; $RT_n = \{(0_{1n}, 0_{2n})\}$;

Tablica 1.

Zależność wartości funkcji celu od parametrów procedur dynamicznego wyboru partii w przykł.1.

Id	w ₂₁	c _{max,1}	c _{max,2}
12	0	810	830
6	0	780	807
6	200	780	807
4	0	800	762
4	100	800	762
3	0	786	791
3	50	786	791
3	100	800	791
2	0	736	741
2	20	736	741
2	50	770	770
1	0	767	767
1	20	828	828
1	50	787	787

Tablica 2.

Zależność wartości funkcji celu od parametrów procedur dynamicznego wyboru partii w przykł.2.

Id	w ₂₁	c _{max,1}	c _{max,2}
12	0	807	787
6	0	808	783
6	100	808	783
6	300	734	734
6	400	741	715
4	0	745	745
4	100	745	745
4	200	738	758
3	0	736	732
3	50	736	732
3	100	743	739
3	150	706	700
3	170	706	701
3	200	723	716
2	0	754	754
2	50	734	734
2	100	763	763
1	0	745	745
1	50	754	754

$$f(0_{1,10})=f(0_{1,11})=M_3, \quad f(0_{2,10})=f(0_{2,11})=M_4;$$

$$y(0_{1,10})=1, \quad y(0_{1,11})=2;$$

$$p_{1,10}=10, \quad p_{1,11}=21;$$

$$t_{2m,2n} \in [10,50], \quad p_{2,10}=p_{2,11}=10.$$

W dwóch seriach eksperymentów (dla $c_{\max}=c_{\max,1}$ i $c_{\max}=c_{\max,2}$) przyjęto identyczne funkcje priorytetu jak w przykładzie 1 oraz uznano, że wąskim gardłem systemu produkcyjnego jest podzbiór maszyn M_3 (tj. $M_k=M_3$).

Niektóre wyniki eksperymentów przedstawiono w tablicy 2, gdzie wielkość partii i terminy wyboru wielkości były określane przez procedury WIELKOŚĆ 1 i CZAS 1, przy czym $w_{23}=0$.

W tablicy 3 przedstawiono wyniki eksperymentów zrealizowanych z wykorzystaniem procedury WIELKOŚĆ 2, która ustalała wielkość partii w zależności od stanu pracy maszyn podzbioru M_3 . Terminy wyboru określała nadal procedura CZAS 1, przy czym następujące parametry procedur były ustalone

$$w_{13}=w_{14}=w_{15}=w_{23}=0.$$

Wyniki tych eksperymentów potwierdzają dużą wagę zagadnienia dynamicznego wyboru wielkości partii.

Tablica 3.

Zależność wartości funkcji celu od parametrów procedur dynamicznego wyboru wielkości partii w przykładzie 3.

$\bar{I}d$	$\underline{I}d$	w_{11}	w_{12}	w_{21}	$c_{max,1}$	$c_{max,2}$
12	2	12	-1	0	817	789
12	2	12	-1	100	807	782
12	1	12	-4	0	761	741
12	1	12	-4	100	771	762
12	1	12	-10	0	712	701
12	1	12	-10	100	733	697
6	2	6	-1	0	744	781
6	2	6	-1	100	777	772
6	2	6	-3	0	728	714
6	2	6	-3	100	758	714
4	2	4	-1	0	705	753
4	2	4	-1	100	734	734
3	2	3	-1	0	728	
3	2	3	-1	100	763	

LITERATURA

- [1] Crowston W., Wagner M. and Williams J.: Dynamic lot-size models for multistage assembly systems, *Management Science*, 19, 1973, pp.517-527.
- [2] Karni R. and Roll Y.: A heuristic algorithm for the multi-item lot sizing problem with capacity constraints, *IIE Transactions*, Vol.14, 1982, pp.249-356.
- [3] Wala K., Gądek-Madeja H.: Komputerowy model symulacyjny dla potrzeb optymalizacji dyskretnych procesów przemysłowych, *ZN Politechniki Śląskiej, Automatyka z. 95*, Gliwice 1988, ss. 179-190.
- [4] Wala K., Gądek-Madeja H.: Zagadnienie syntezy przybliżonych algorytmów sterowania dyskretnymi procesami przemysłowymi, *ZN AGH, Automatyka z. 49*, Kraków 1989, ss. 201-215.

Recenzent: Doc.dr. h.c. F. Marecki

Wpłynęło do Redakcji do 1990-04-30.

COMPUTER-AIDED SYSTEM OF APPROXIMATE ALGORITHM SYNTHESIS FOR THE DISCRETE INDUSTRIAL PROCESSES CONTROL

Summary

In the paper, the functions and menu of the computer-aided system of approximate algorithm synthesis for the discrete industrial processes control is presented. We discuss in detail the dynamical lot-size scheduling problem and give the results of experimental examination for an example task.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА СИНТЕЗА ПРИБЛИЖЕННЫХ АЛГОРИТМОВ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Резюме

В статье представлены функции и меню компьютерной операционной системы синтеза приближенных алгоритмов для управления дискретными промышленными процессами. Подробно изложена проблема динамического определения величины партии, а также показаны результаты экспериментальных исследований для прикладной задачи.