SZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1988
ia: AUTOMATYKA z.95 Nr kol.971

ıurad Wala, Henryka Gądek-Hadeja
GH Kraków

OMPUTEROWY MODEL SYMULACYJNY DLA POTRZEB OPTYMALIZACJI DYSKRETNYCH PROCESÓW PRZEMYSŁOWYCH*

Streszczenie. W pracy zaprezentowano symulator (komputerowy model symulacyjny) systemu wspomagania syntezy przybliżonych algorytmów optymalizacji dla dyskretnych procesów przemysłowych. Symulator umożliwia obliczenie dopuszczalnych rozwiązań zagadnień decyzyjnych dotyczących wielkości partii produktów, harmonogramu produkcji i pewnych zagadnień wielkości zapasów.

1. Wprowadzenie

Mając na uwadze operatywne sterowanie produkcją, wydaje się, że szczególnie ważnym aplikacyjnie jest obszar problemowy obejmujący zagadnienia harmonogramowania procesów produkcyjnych z uwzględnieniem ograniczeń międzyoperacyjnych (ograniczona pojemność magazynów międzyoperacyjnych, przezbrojenia maszyn, itp) oraz zagadnienia mieszane: harmonogramowanie - sterowanie produkcją i zapasami / 1,2,3 /.

Do mało rozpoznanych zagadnień należą te, w których jednocześnie należy wyznaczyć harmonogram i wielkość partii wyrobów lub harmonogram zapewniający właściwe poziomy zapasów. Zwróćmy uwagę, że zagadnienia tego obszaru w zdecydowanej większości należą do NP-trudnych. W układzie sterowania produkcją muszą być kompensowane liczne zakłócenia, co pociąga za sobą konieczność wyznaczania sterowania operatywnego w czasie rzeczywistym. Na przykład muszą być przeprowadzane częste korekty harmonogramów na drodze obliczania nowych, które uwzględniają aktualną sytuację odcinka produkcyjnego - stan początkowy procesu. Spostrzeżenia te uzasadniają celowość stosowania przybliżonych metod optymalizacji sterowania operatywnego.

W Instytucie Automatyki AGH jest realizowany komputerowy system wspomagania syntezy przybliżonych algorytmów dla potrzeb operatywnego sterowania dyskretnych procesów przemysłowych (KWSP) omówionego powyżej obszaru problemowego.

(*) Praca jest realizowana w ramach programu resortowego RP.I.02 "Teoria sterowania i optymalizacji ciągłych układów dynamicznych i procesów dyskretnych".

Zagadnienie syntezy algorytmu wyznaczającego operatywne sterowanie w czasie rzeczywistym jest rozwiązywane za pomocą systemu KWSP w trybie pracy interakcyjnej użytkownika z komputerem.

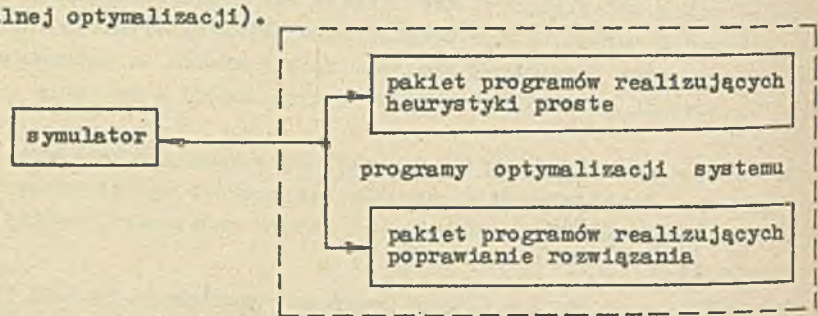
System KWSP umożliwia użytkownikowi pracującemu nad algorytmem przybliżonym sterowania dla konkretnego obiektu wygenerowanie potrzebnego modelu komputerowego procesu produkcji za pomocą bloku zarządzającego systemu. Wystarczy, że w tym celu poda on nazwy i parametry charakteryzujące proces. Użytkownik ma też do dyspozycji pakiety programów optymalizacji, które pozwalają - w trybie pracy interakcyjnej z systemem - na syntezę "dobrego" algorytmu sterowania procesem, przy czym synteza polega na wyborze i składaniu algorytmów z modułów pakietu programów optymalizacji oraz wyborze parametrów algorytmów.

Oczywiście użytkownik może także uzupełnić moduły pakietu własnymi rozwiązaniami. System komputerowy jest więc przeznaczony do zwiększenia komfortu i przyspieszenia pracy nad syntezą algorytmów sterujących w fazie ich projektowania dla szerokiej klasy procesów przemysłowych.

Wszystkie czynności, jakie można wykonać za pomocą systemu komputerowego, są zwykle określone przez funkcje systemowe. Funkcje systemu KWSP są budowane na zasadzie składania z drobnych modułów.

Podstawowe funkcje systemu komputerowego KWSP to modelowanie dyskretnych procesów produkcyjnych oraz optymalizacja tych procesów. Do realizacji funkcji modelowania procesu produkcji system jest wyposażony w symulator, który jest przeznaczony do generowania rozwiązań dopuszczalnych. Natomiast - na obecnym etapie prac - do realizacji funkcji optymalizacji system jest wyposażony w dwa pakiety programów optymalizacji (rys.1):

- programy realizujące heurystyki "proste", tj. heurystyki charakteryzujące się tą własnością, że zastosowanie każdej z nich do konkretnego zadania pozwala obliczyć jedno rozwiązanie (np. stosując funkcję priorytetu);
- programy realizujące poprawianie rozwiązania - sukcesory (np. metodą lokalnej optymalizacji).



Rys.1. Ogólna struktura systemu KWSP
Fig.1. General structure of the KWSP system

W pracy jest opisany symulator systemu KWSP. Opis ten pozwoli Czytelnikowi w zorientowaniu się w klasie dyskretnych procesów przemysłowych, które mogą być badane za pomocą systemu KWSP. Rozważany symulator umożliwia śledzenie przebiegu dyskretnego procesu w systemie produkcyjnym, którego celem funkcjonowania jest realizacja zadanego programu produkcji przy minimalnych kosztach. Program produkcji zawiera informacje o wyrobach, które należy wytworzyć w ustalonym horyzoncie harmonogramowania.

Poszczególne wyroby (partie wyrobów) są reprezentowane przez obiekty chwilowe systemu produkcyjnego, natomiast obiektami stałymi są maszyny, magazyny międzyoperacyjne i kolejki. Technologia produkcji wyrobu podaje informację o zbiorze operacji związanych z wykonaniem wyrobu oraz warunkach realizacji operacji za pomocą maszyn. Jakość przebiegu procesu produkcji, oceniona za pomocą funkcji celu, zależy od decyzji sterujących dotyczących wielkości partii poszczególnych wyrobów oraz kolejności realizacji operacji na maszynach. Decyzje sterujące są wyznaczone za pomocą wygenerowanego przez użytkownika - dla badanego przypadku systemu produkcyjnego - podprogramu decyzyjnego z pakietów programów optymalizacji komputerowego systemu wspomagania.

Podkreślmy, że śledzenie przebiegu procesu produkcyjnego dla konkretnego programu produkcji pozwala określić warunki czasowe realizacji tego programu przez poszczególne maszyny i tym samym określa rozwiązanie zagadnienia wykonania produkcji w postaci harmonogramu produkcji. Jakość rozwiązania jest oczywiście zdeterminowana przez decyzje sterujące przebiegiem procesu produkcji. Tak więc symulator jest wykorzystany w procesie optymalizacji procesu produkcyjnego do przebadania efektywności pewnej liczby reguł (metod) sterowania dla konkretnego systemu produkcyjnego i programu produkcji.

2. Specyfikacja informacji dotyczącej dyskretnego procesu przemysłowego

Przyjęto, że na zasoby systemu produkcyjnego składają się urządzenia, agregaty produkcyjne, stanowiska produkcyjne, środki transportu, które krótko będziemy nazywać maszynami oraz magazyny międzyoperacyjne o ograniczonej pojemności, przeznaczone do chwilowego przechowywania wyrobów będących w toku realizacji (półwyrobów). W ogólnym przypadku zbiór maszyn $\mathcal{M}=\{M_1, M_2, \ldots M_L\}$ jest podzielony na niepuste podzbiory $\mathcal{M}_k$ $(k=1,2,\ldots K)$, zwane gniazdami produkcyjnymi, takie, że $\mathcal{M}_k \subset \mathcal{M}$ i $\bigcup_{k=1}^{K} \mathcal{M}_k = \mathcal{M}$, gdzie $1 \leq |\mathcal{M}_k| \leq L$. Z każdym gniazdem $\mathcal{M}_k$ związana jest jedna kolejka operacji A_k czekających na realizację przez dowolną z maszyn $M_l \in \mathcal{M}_k$.

Przyjęto, że w modelu symulacyjnym procesu produkcyjnego uwzględnia się tylko magazyny międzyoperacyjne związane z poszczególnymi gniazdami

maszyn $\mathcal{M}_k$ (k=1,2,..K). Dokładniej zakłada się, że w magazynie MG_k (k=1, 2,..K) będą chwilowo przechowywane półprodukty, które zakończyły obróbkę w gnieździe $\mathcal{M}_k$. Wyróżnia się następujące przypadki:

$MG_k=0$ - nie istnieje magazyn po gnieździe $\mathcal{M}_k$; w ten sposób uwzględnia się ograniczenie międzyoperacyjne typu "bez magazynu";

$MG_k=\infty$ - pojemność magazynu po gnieździe $\mathcal{M}_k$ jest nieograniczona;

$MG_k=(mg_{min}(k),mg_{max}(k))$ - po gnieździe $\mathcal{M}_k$ istnieje magazyn, dla którego maksymalna pojemność wynosi mg_{max} ($mg_{max} > mg_{min} \geqslant 0$), natomiast mg_{min} oznacza minimalny zapas półproduktu w magazynie. Informacja ta pozwala z jednej strony uwzględnić ograniczenie typu "magazyn o ograniczonej pojemności", z drugiej strony na modelowanie zagadnień harmonogramowania łącznie z niektórymi zagadnieniami sterowania zapasami.

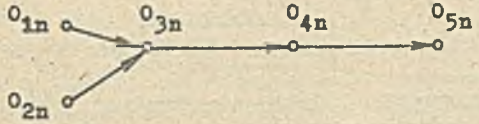
W ogólnym przypadku jedna pozycja programu produkcji zawiera następujące dane: numer technologii wyrobu, planowaną liczbę wyrobów, najwcześniejszy termin rozpoczęcia produkcji, najpóźniejszy termin zakończenia produkcji, priorytet pozycji. Jeżeli planowana liczba wyrobów jest równa jeden, dla danej pozycji programu rozważane jest tylko zagadnienie harmonogramowania. W przeciwnym przypadku występuje także zagadnienie wielkości partii wyrobów. W ogólnym przypadku pozycja programu produkcji może być wykonana w kilku oddzielnych partiach.

Technologia produkcji numer n (n=1,2 ..,N) jest określona przez następującą informację:

- zbiór $O_n = \{O_{1n}, O_{2n}, ..., O_{s_n n}\}$ operacji (czynności) produkcyjnych, transportowych, ... potrzebnych do wykonania wyrobu, gdzie s_n - liczba operacji n-tego wyrobu;
- relacja poprzedzania operacji (dopuszczalna kolejność wykonywania operacji wynikająca z technologii produkcji) określona na zbiorze O_n: $RT_n \subset O_n \times O_n$, gdzie $(O_{in}, O_{jn}) \in RT_n$ wtedy i tylko wtedy, gdy rozpoczęcie operacji O_{jn} jest uwarunkowane zakończeniem operacji O_{in}. Przyjęto, że relacje RT_n (n=1,2 ..,N) są relacjami półporządku (rys.2);
- funkcja $\varphi_n : O_n \to \{\mathcal{M}_1, \mathcal{M}_2, ... \mathcal{M}_K\}$, która przyporządkowuje każdej operacji $O_{in} \in O_n$ podzbiór maszyn $\mathcal{M}_k = \varphi_n(O_{in})$ - gniazdo produkcyjne, z których jedna musi być użyta do wykonania operacji /k=1,...,K/;
- funkcja p_n przyporządkowująca operacjom zbioru O_n czasy wykonywania operacji dla jednego wyrobu. W prostszym przypadku funkcja ta ma postać $p_n : O_n \times \mathcal{M} \to R^+$. Wówczas czas wykonania operacji O_{in} na maszynie $M_l \in \varphi(O_{in})$ równy $p_{lin} = p_n(O_{in}, M_l)$ jest zadany za pomocą tablicy czasów wykonywania operacji. W przypadku wykonywania partii wyrobów, wartość p_{lin} jest mnożona przez liczbę wyrobów w partii.

W bardziej złożonych przypadkach czas wykonywania operacji może zależeć od "historii" produkcji wyrobu. W tym przypadku może być on określony za pomocą specjalnego podprogramu użytkownika;

- funkcja $T_n : O_n \times \mathcal{M} \to R^+$, która przyporządkowuje każdej operacji $O_{in} \in O_n$ i maszynie $M_l \in \mathcal{M}(O_{in})$ najwcześniejszy czas $T_{lin} = T_n(O_{in}, M_l)$, po którym można rozpocząć wykonywanie następnych (w sensie relacji poprzedzania RT_n) operacji. Mogą mieć miejsce dwa przypadki:
  1. $T_{lin} < p_{lin}$ x wielkość partii - operacja O_{jn}, $(O_{in}, O_{jn}) \in RT_n$, może się rozpocząć przed zakończeniem operacji O_{in}, a mianowicie po upływie czasu T_{lin} od chwili rozpoczęcia operacji O_{in}. Można w ten sposób uwzględnić przypadek jednoczesnego wykonywania dwóch (lub więcej) operacji na partii wyrobów - wyroby, dla których operacja O_{in} została zakończona, mogą przejść do dalszej obróbki nie czekając na wykonanie całej partii (rys.3).
  2. $T_{lin} \geq p_{lin}$ x wielkość partii, co będzie oznaczane symbolem "$T_{lin} = \infty$". Jest to najczęściej spotykany przypadek w zagadnieniach harmonogramowania.
- funkcja $y_n : O_n \to R^+$, przyporządkowująca wykonanym operacjom $O_{in} \in O_n$ $(n=1,2 \ldots N)$ wymaganą do składowania pojemność magazynu $y_{in} = y_n(O_{in})$, przy czym mogą mieć miejsce dwa przypadki:
  1. $y_{in} = 0$ - nie rozważa się problemu magazynowania po wykonaniu operacji O_{in},
  2. $y_{in} \neq 0$ - półwyrób otrzymany w wyniku wykonania operacji O_{in} musi być w ciągu technologicznym magazynowany lub umieszczony na następnej maszynie (maszynach);
- informacja dotycząca podziału $(\alpha_{j_1 n}, \alpha_{j_2 n}, \ldots, \alpha_{j_r n})$ półwyrobu (w przypadku, gdy $y_{in} \neq 0$) po wykonaniu operacji O_{in} między jej bezpośrednie następniki $O_{j_1 n}, O_{j_2 n}, \ldots, O_{j_r n}$, gdzie $(O_{in}, O_{j_v n}) \in RT_n$ $(v=1,2,\ldots,r)$ oraz $\sum_{v=1}^{r} \alpha_{j_v n} = y_{in}$.

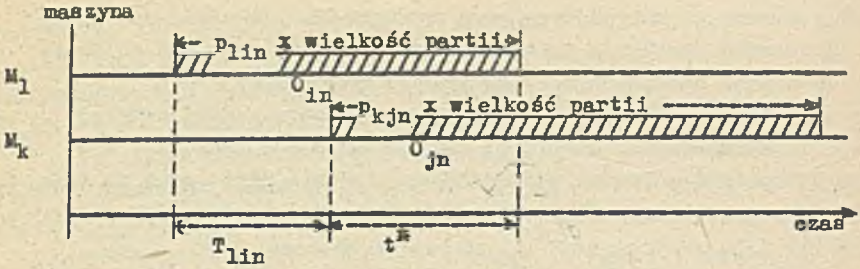


$$O_n = \{ O_{1n}, O_{2n}, O_{3n}, O_{4n}, O_{5n} \},$$

$$RT_n = \{ (O_{1n}, O_{3n}), (O_{2n}, O_{3n}), (O_{3n}, O_{4n}), (O_{4n}, O_{5n}) \}.$$

Rys.2. Przykład dopuszczalnej kolejności wykonywania operacji wyrobu o technologii n

Fig.2. An exemple of feasible order of the operation execution for n-th goods technology



$$(O_{in}, O_{jn}) \in RT_n, \quad M_l \in \varphi(O_{in}), \quad M_k \in \varphi(O_{jn})$$

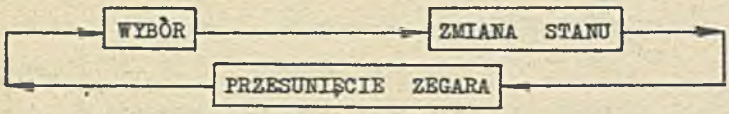
Rys.3. W okresie t^* wykonywane są jednocześnie dwie operacje na partii wyrobów
Fig.3. Two operations are executed simultaneously on lot of goods in period t^*

Przyjęto także, że w modelu jest możliwe uwzględnienie ograniczeń międzyoperacyjnych typu "czas trwania przezbrojenia maszyn". Za pomocą zmiennej MP_k (k=1,2, ..K) definiuje się ograniczenia na czas trwania przezbrojenia maszyn podzbioru $\mathcal{M}_k$ w następujący sposób:

- $MP_k = 0$ – maszyny nie wymagają przezbrojeń przed rozpoczęciem nowych operacji lub czas przezbrojenia jest włączony do czasu realizacji operacji,
- $MP_k = [\tau_{ji}]$ – czas przezbrojenia maszyn podzbioru $\mathcal{M}_k$ jest określony tablicą $[\tau_{ji}]$, gdzie τ_{ji} jest wartością czasu przezbrojenia w przypadku wykonywania na tej samej maszynie operacji O_{in} po operacji $O_{i_1 n_1}$, gdzie $j=f_p(i_1,n_1)$, $i=f_p(i,n)$, f_p – funkcja pomocnicza.

3. Model symulacyjny dyskretnego procesu produkcji

Przyjęto, że proces symulacyjny składa się z powtarzanej sekwencji następujących czynności (rys.4): wybór, zmiana stanu i przesunięcie czasu zegarowego do najbliższego zdarzenia.



Rys.4. Schemat ideowy symulacji procesu
Fig.4. Ideological diagram of the simulation process

Dla kolejnego zdarzenia z listy zdarzeń dokonuje się wyboru odpowiedniej składowej zmiennej decyzyjnej. Przyjęto, że czynność wyboru może być realizowana na dwa sposoby:

1. Wybór składowej zmiennej decyzyjnej jest realizowany każdorazowo dla kolejnego zdarzenia przez algorytm optymalizacji - iteracyjne konstruowanie zmiennej decyzyjnej. Zadaniem użytego algorytmu optymalizacji jest rozstrzygnięcie na podstawie stanu procesu, którą z zazwyczaj występujących wielu możliwości należy wybrać. Ten sposób realizacji wyboru składowej zmiennej decyzyjnej umożliwia współpracę symulatora z pakietem programów realizujących heurystyki proste.
2. Wybór polega na odczytaniu odpowiedniej składowej zmiennej decyzyjnej ustalonej przed rozpoczęciem symulacji. Na przykład zmienna decyzyjna jest zaproponowana przez użytkownika lub wygenerowana na drodze losowania, czy też jest określona przez algorytm optymalizacji lokalnej. Ten sposób realizacji wyboru umożliwia współpracę symulatora z pakietem programów realizujących poprawianie rozwiązania.

Przyjęto, że obiektem chwilowym systemu produkcyjnego jest partia wyrobu, będąca w trakcie wykonywania, o ustalonej technologii produkcji i wielkości. Z chwilą wykonania wszystkich s_n operacji określonych przez technologię numer n kończy się wytwarzanie danej partii wyrobu - obiekt chwilowy jest likwidowany.

Stan procesu produkcyjnego jest opisany za pomocą odpowiednich zbiorów danych. Po każdym wyborze mechanizm funkcjonalny opisujący związki przyczynowo-skutkowe charakteryzujące przebieg procesu wytwarzania dokonuje w zbiorach danych zmiany wynikające z dokonanego wyboru oraz upływu czasu.

Podstawowe czynności mechanizmu funkcjonalnego modelu realizowane (po każdym przesunięciu czasu zegarowego) dla chwil $t \in [0,T_h]$ i $k=1,2 ..K$ (gdzie: T_h - horyzont harmonogramowania, k - numer gniazda maszyn) polegają na modyfikacji:

1. Zbiorów $A_k(t)$ operacji gotowych do wykonania w chwili t na maszynach podzbioru $\mathcal{M}_k$, tj. kolejek operacji przed poszczególnymi gniazdami maszyn. Warunki włączenia operacji do zbiorów A_k:
   - wykonanie wszystkich bezpośrednich poprzedników (w sensie relacji RT_n) w przypadku partii wyrobów będących w toku wykonywania, przy czym przez wykonanie poprzedników rozumiemy upływ czasu trwania operacji (lub czasu T_{lin} w przypadku, gdy $T_{lin} < \infty$),
   - określenie nowego obiektu chwilowego - partii wyrobu - powoduje włączenie do zbiorów A_k wszystkich tych operacji, które nie mają bezpośrednich poprzedników (w sensie relacji RT_n). Określenie nowej partii wyrobu następuje w chwili realizacji czynności <u>wybór wielkości partii</u> dla pozycji programu produkcyjnego, które znajdują się w zbiorze C. Jeżeli wybrana wielkość partii określonej pozycji jest równa wielkości planowanej partii, to ta pozycja programu jest wykreślana ze zbioru C, w przeciwnym przypadku wielkość planowana jest pomniejszana o wielkość wybraną.
2. Zbiorów $B_k(t) \subset \mathcal{M}_k$ wolnych maszyn, które są przyporządkowane do ope-

racji. Generowanie i likwidowanie elementów zbiorów B_k jest związane z generowaniem i likwidowaniem elementów zbiorów V_k.

3. Zbiorów $V_k(t)$. Elementami zbiorów V_k są szóstki $(O_{in}, M_l, t^1_{in}, t^2_{in}, t^3_{in}, t^4_{in})$. Element taki oznacza, że maszyna M_l jest przydzielona do operacji O_{in} w chwili t^1_{in}, natomiast wykonywanie operacji rozpoczyna się w chwili t^2_{in}, a t^4_{in} jest planowanym terminem jej zakończenia. Termin t^3_{in} jest najwcześniejszym czasem, po którym można rozpocząć wykonywanie następników operacji O_{in} (zgodnie z relacją RT_n). Zapis taki umożliwia określenie następujących stanów pracy maszyny (rys.5):

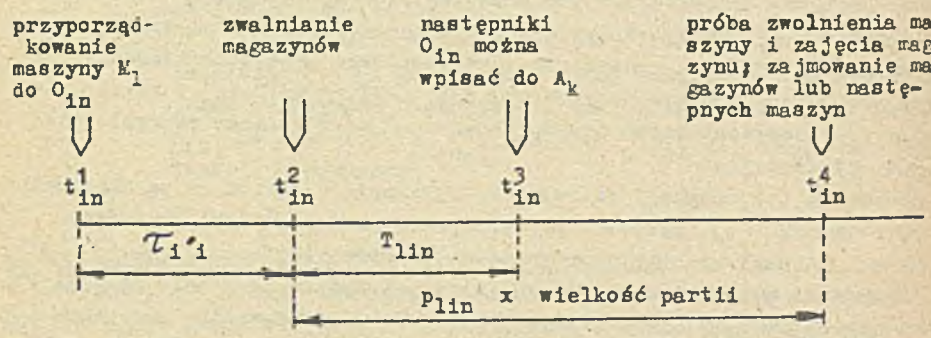
$t^1_{in} \leq t < t^2_{in}$ - przezbrajanie maszyny M_l,

$t^2_{in} \leq t < t^4_{in}$ - właściwa realizacja operacji O_{in},

$t \geqslant t^3_{in}$ - można rozpocząć wykonywanie następników operacji O_{in},

$t > t^4_{in}$ - maszyna M_l pracuje jako magazyn międzyoperacyjny (półwyrób uzyskany po zakończeniu operacji O_{in} nie został przekazany ani do magazynu, ani na inne maszyny),

t - czas zegarowy.



Rys.5. Cykl pracy maszyny związany z wykonaniem jednej operacji
Fig.5. The machine occupation period connected with execution of one operation

Element zbioru V_k generowany jest w następujący sposób: dla maszyny $M_l \in B_k$ realizowana jest czynność wybór operacji $O_{in} \in A_k$. Maszyna M_l jest usunięta ze zbioru B_k i przyporządkowana operacji O_{in} (usuniętej ze zbioru A_k) oraz zostają wyznaczone terminy:

$t^1_{in} = t$, $t^2_{in} = t^1_{in} + \tau_{i'i}$, $t^3_{in} = t^2_{in} + T_{lin}$,

$t^4_{in} = t^2_{in} + p_{lin}$ x wielkość partii.

Warunki likwidacji elementu zbioru V_k:

- operacja O_{in} jest zakończona, tj. $t \geqslant t^4_{in}$,

- w magazynie międzyoperacyjnym jest miejsce na składowanie półwyrobu powstałego po zakończeniu operacji O_{in} lub zostały rozpoczęte następniki zakończonej operacji, a więc półwyrób jest przetwarzany w rozpoczętych operacjach (w przypadku, gdy $y_{in} \neq 0$).

Podczas likwidacji elementu zbioru V_k zwalniana maszyna zostaje wpisana do zbioru B_k.

4. Zbioru $C(t)$ pozycji programu produkcji gotowych do wykonania. Do zbioru C wpisane są te pozycje programu produkcji, dla których najwcześniejszy termin rozpoczęcia produkcji nie jest większy od czasu zegarowego t.

Ogólna struktura modelu symulacyjnego przedstawiająca powiązania między podstawowymi zbiorami opisującymi stan procesu produkcyjnego jest przedstawiona na rys.6.

Rys.6. Ogólna struktura modelu symulacyjnego
Fig.6. General structure of the simulation model

UWAGA 1

Wprowadzenie stanu początkowego procesu polega na wpisaniu do zbiorów $A_k(0)$, $B_k(0)$, $V_k(0)$, $(k=1,2..K)$, $C(0)$ oraz magazynów międzyoperacyjnych danych o produkcji w toku.

UWAGA 2

Informacja zawarta w zbiorach $A_k(t)$, $B_k(t)$, $V_k(t)$, $(k=1,2,..K)$ w połączeniu ze stanem magazynów międzyoperacyjnych dla chwil $t \in [0,T_h]$ pozwala na wyznaczenie wartości standardowych funkcji celu lub funkcji zdefiniowanych przez użytkownika. Informacja ta może być także wykorzystana w procesie optymalizacji.

4. Infrastruktura symulatora

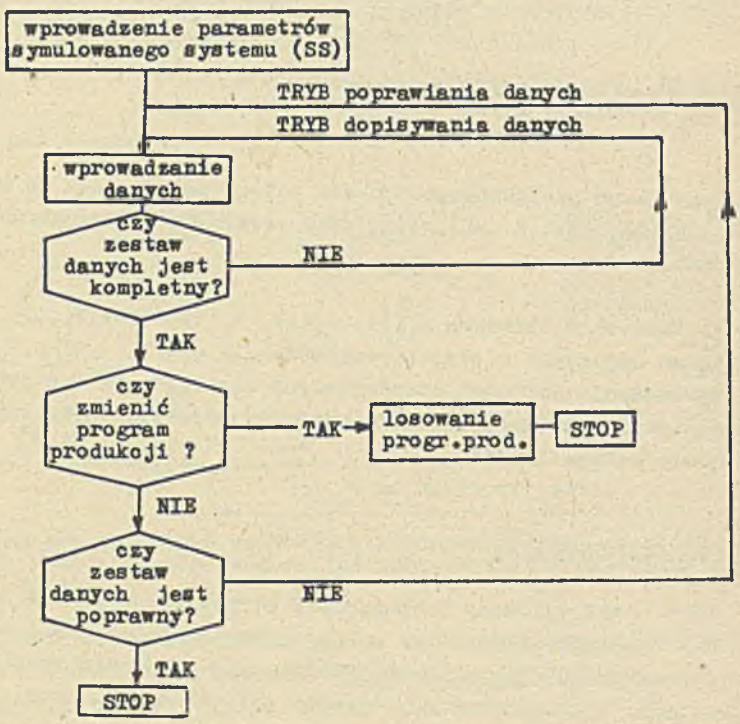
System KWSP jest wykonany na komputery kompatybilne z IBM PC XT w języku FORTRAN 77. Podkreślmy w tym miejscu, że symulator może realizować symulację procesu produkcji tylko we współpracy z programem wyznaczającym decyzje sterujące, tj. z jednym z programów pakietu optymalizacji systemu komputerowego lub programu własnego użytkownika.

W symulatorze można wyróżnić dwie podstawowe składowe. Jedną z nich jest oprogramowany model symulacyjny procesu produkcji, który reprezentuje swego rodzaju scenariusze zachowania się modelowanego systemu produkcyjnego, tj. przedstawia, w jaki sposób będzie przebiegał proces produkcyjny w

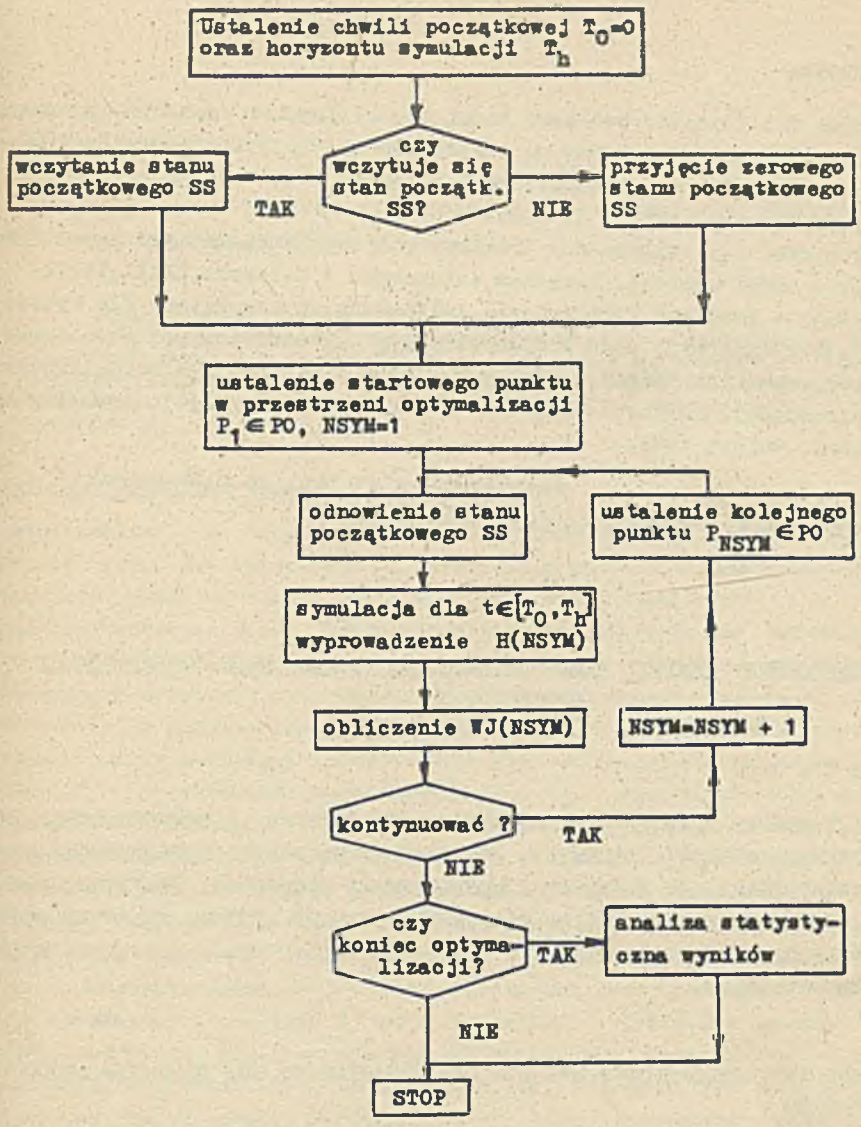
systemie. Drugą składową jest aparat zwany infrastrukturą, który urzeczywistnia ów scenariusz oraz realizuje powiązania modelu z otoczeniem. Infrastruktura symulatora występuje więc względem oprogramowanego modelu symulacyjnego w charakterze aparatu umożliwiającego realizację procesu symulacji.

Spełniane funkcje można ująć w dwa niezależne od siebie przebiegi. Pierwszy pozwala na wieloetapowy proces kompletowania bazy danych (rys.7), drugi obejmuje czynności związane z procesem symulacji powtarzanym dla kolejno wybieranych punktów przestrzeni optymalizacji (PO):

1. ustalenie stanu początkowego procesu i parametrów eksploatacyjnych symulatora,
2. sterowanie upływem czasu rzeczywistego,
3. sterowanie całością procesu symulacyjnego zgodnie z treścią modelu,
4. wyprowadzenie wyników: harmonogramów (H), ich wskaźników jakości (WJ),
5. analiza modelu: statystyka wyników szeregu symulacji.



Rys.7. Schemat zakładania bazy danych dla symulatora
Fig.7. Diagram of the data base installation



NSYM - numer symulacji

Rys.8. Schemat sterowania przebiegiem eksperymentów symulacyjnych
Fig.8. Diagram of the simulation tests control

LITERATURA

[1] Sawik T.: Aktualne problemy badań operacyjnych w systemach produkcyjnych. Referat wygłoszony na kollokwium nt."Inżynieria systemów w rozwoju społeczno-ekonomicznym i obronnym kraju" w Akademii Sztabu Generalnego WP, 22-24 IV 1985.

[2] Słowiński R., Węglarz J.: Problemy sterowania rozdziałem zadań i zasobów - próba syntezy. Archiwum Automatyki i Telekom.,tXXII,1977.

[3] Wala K.: Problemy primienienia imitacyonnych algoritmow dla wyczislenija kalendarnych płanow diskretnych proizwodstwiennych processow. Trudy seminara "Tieorja słożnych sistem i mietody ich modielirowania", Wsjesojuznyj nauczno-issledowatjelski Institiut Sistiemnych Issledowanii, Moskwa 1982.

Recenzent:Doc.dr hab.inż.M.Zaborowski

Wpłynęło do Redakcji do dnia 1988-04-30.

СИМУЛЯЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДИСКРЕТНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Р е з ю м е

В работе представлена симуляционная система (симуляционная модель для вычислительной машины) , позволяющая на синтез приближённых алгоритмов оптимизации для дискретных промышленных процессов. Симуляционная система позволяет на вычисление допустимых решений проблем принятия решений относящихся к величине партий , расписаний продукции и некоторых проблем величины резерва.

A COMPUTER SIMULATION MODEL FOR OPTIMIZATION OF THE DISCRETE PRODUCTION PROCESSES

S u m m a r y

Simulator program /simulation computer model/ for computer-aided synthesis of approximate optimization algorithms of the discrete production processes is presented. The simulator program enables to compute the feasible solutions of the decision problems refering to production scheduling, lot size and some inventory control problems.