

Bożena SKOŁUD
Politechnika Śląska

METODA ROZSTRZYGANIA O PRZYJĘCIU ZLECEŃ DLA SYSTEMU WYTWARZANIA

Streszczenie. W pracy przedstawiono koncepcję wytwarzania, którego charakterystyczną cechą jest rezygnacja z poszukiwania rozwiązań optymalnych na rzecz rozwiązań zawierających się w zbiorze rozwiązań dopuszczalnych. Zaprezentowano metodologię bilansowania obciążeń zasobów przy realizacji procesów współbieżnych i omówiono przykład zastosowania proponowanego podejścia.

A METHOD OF DETERMINING OF PRODUCTION ORDER ACCEPTANCE FOR MANUFACTURING SYSTEM

Summary. The concept of the dedicated production is presented in the paper. The resignation of the optimal solution searching on behalf of permissible solution is proposed. The methodology of the balancing of the concurrent process in the system is presented. The illustrative example is given.

1. Wstęp

Przygotowywanie harmonogramów w większości przypadków związane jest z rozwiązywaniem problemów klasy NP-trudny [2]. Dodatkowym utrudnieniem jest wrażliwość harmonogramów na wszelkie zakłócenia pojawiające się w systemie. Powoduje to, że znalezienie rozwiązania optymalnego zazwyczaj nie jest możliwe w dysponowanym czasie.

Odpowiedzią na to jest budowa systemów wytwarzania zorientowanych na obsługę określonej klasy zleceń produkcyjnych. Ponieważ każdy system ma ograniczoną klasę zleceń, którą można w nim wykonać, to istnieje problem ustalenia dla danego systemu takiej klasy, dla której jest on odpowiedni. Z drugiej strony na ogół dla danego zlecenia można znaleźć wiele systemów produkcyjnych, w których te zlecenia mogłyby być wykonane. Powstaje więc problem takiej klasyfikacji systemów wytwarzania i zleceń, żeby można było w szybki sposób rozstrzygnąć, czy dany system można uznać za odpowiedni dla realizacji danego zlecenia.

Problem sprowadza się do poszukiwania dowolnego rozwiązania zawierającego się w zbiorze rozwiązań dopuszczalnych i polega na spełnieniu zadania satysfakcji (mniejszy niż, większy niż), jakie musi zapewnić odpowiednia organizacja dostępu zadań do zasobów, buforów itp. Dla projektowanego systemu jest to jednoznaczne z określeniem wskaźników jakościowych i terminowych oraz organizacji przydziału zadań, które musi spełniać system, by zaspokoić postawione kryteria wynikające z wymagań klienta oraz kryteria stawiane przez producenta. Spełnienie zadania satysfakcji sprowadza się zatem do określenia warunków (reguł), jakie muszą być spełnione w systemie. Umożliwia to rezygnację z badań symulacyjnych (np. wykorzystanie systemu Taylor II) na rzecz zastosowania systemów opierających się na testowaniu prostych warunków analitycznych. Reguły określające opłacalność przydziału zleceń do systemu wspomagają jedynie projektanta systemu i/lub planistę w podejmowaniu decyzji [4,5]. Projektowanie takie jest przede wszystkim skierowane na wstępną czasowo-terminową ocenę możliwości produkcyjnych rozpatrywanego systemu w kontekście zgłaszających się zleceń. Znając charakterystykę systemu, klient może samodzielnie wybrać producenta, który zgodnie ze wstępną oceną jest w stanie zapewnić realizację zlecenia w satysfakcjonującym klienta terminie.

W pracy przedstawiono metodykę przydziału zleceń produkcyjnych do danej klasy systemów wytwórczych. Zaproponowane podejście polega na bilansowaniu obciążeń zasobów.

W rozdziale 2 artykułu przedstawiono wstępną analizę możliwości systemu w odniesieniu do danego zlecenia produkcyjnego. W rozdziale 3 zaprezentowano bilansowanie obciążeń, przykład ilustrujący ten problem oraz wynikający z analizy algorytm. W rozdziale 4 zawarto podsumowanie pracy.

2. Wstępne szacowanie wykorzystania zasobów i terminowości realizacji zadania

Wstępna analiza możliwości wytwórczych systemu, w odniesieniu do danego zlecenia produkcyjnego, dotyczy sprawdzenia warunku satysfakcji klienta, tj. terminowości realizacji zlecenia oraz warunku satysfakcji producenta, tj. zapewnienia wymaganego minimalnego poziomu wykorzystania zasobów (g) w systemie produkcyjnym, co wyraża wskaźnik efektywności wykorzystania zasobów w stanie ustalonym. Powinien on być nie mniejszy niż założona wartości współczynnika wykorzystania zasobów w systemie $g \leq \eta$. Współczynnik η [1] obliczany jest zgodnie z zależnością (1):

$$\eta = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (T - n_i T_i)}{nT}, \quad (1)$$

gdzie:

T - czas cyklu,

T_i - czas zajętości maszyny przy jednym przejściu procesu,

n_i - powtarzalność procesu w jednym cyklu,

n - liczba maszyn,

i - numer maszyn.

Czas zajętości maszyny (T_i), w trakcie którego wykonany zostaje jeden element, odpowiada sumie czasu realizacji zadania technologicznego i czasu koniecznego na obsługę (2):

$$T_i = t_i + \sum_p t_{pi} + t_{I/O-i} + \sum_o t_{oi}, \quad (2)$$

gdzie :

t_i - czas trwania operacji technologicznej na i -tej maszynie,

t_{pi} - czas p -tego przejazdu robota związanego z i -tą maszyną (ale nie między maszynami),

$t_{I/O-i}$ - czas na odłożenie elementu z i -tej maszyny do magazynu I/O i pobranie nowego,

t_{oi} - czas niezbędny na o -te mocowanie lub odmocowanie elementu na i -tej maszynie.

Czas cyklu (T) w przypadku gniazda zrobotyzowanego, w którym prowadzona jest praca szeregową, odpowiada najdłuższemu czasowi T_i realizowanemu w gnieździe:

$$T = \max_i \{n_i T_i\}. \quad (3)$$

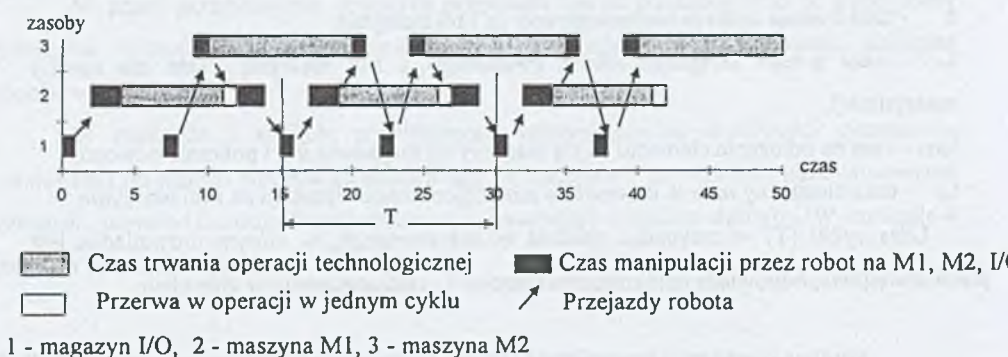
Znając długość cyklu i liczbę elementów wykonywanych w czasie trwania jednego cyklu, można wprost określić czas niezbędny na wykonanie oczekiwanej przez klienta partii produkcyjnej, a tym samym odpowiedzieć na pytanie: czy realna jest terminowość realizacji takiego zlecenia.

Przykład ilustrujący problem

Do analizy przyjęto gniazdo zbudowane z dwóch maszyn ($n=2$) i jednego robota wyposażonego w pojedynczy chwytak. W gnieździe istnieje możliwość realizacji zadań w trybie szeregowym i równoległym. Czasy pobrania i odłożenia elementu są jednakowe i równe 1. Czas trwania operacji na maszynie M1 jest równy 7, czas zamocowania/odmocowania przedmiotu na M1 wynosi 2. Czas realizacji operacji na maszynie M2 wynosi 10, czas zamocowania/odmocowania wynosi 1. Czasy przemieszczenia robota pomiędzy dwoma dowolnymi obiektami odpowiadają jednostce czasu w każdym przypadku.

Decyzja o przyjęciu lub nieprzyjęciu zlecenia do realizacji w gnieździe zależy od odpowiedzi na następujące pytanie: *Czy zadania przewidziane do realizacji w gnieździe spełniają kryterium, które mówi, że poziom wykorzystania maszyn powinien być nie mniejszy niż 0.85 ($\eta \geq 0.85$)?*

Czasy zajętości maszyn M1 i M2 zgodnie z (2), wynoszą odpowiednio $T_1 = 14$ oraz $T_2 = 15$. Cykl systemu, zgodnie z (3), wynosi $T = 15$. Pracę gniazda przedstawiono w postaci wykresu Gantta na rys.3.



Rys.1. Wykres Gantta

Fig.1. Gantt chart

Obliczona zgodnie z (1) wartość współczynnika wykorzystania zasobów w gnieździe wynosi $\eta = 0,97$. Oznacza to, że rozpatrywane zadania mogą być realizowane współbieżnie w gnieździe, gdyż spełniają postawiony warunek satysfakcji producenta.

Terminowość realizacji zlecenia (warunek satysfakcji klienta) można wyznaczyć wprost, korzystając ze znajomości terminu rozpoczęcia realizacji zlecenia, czasu trwania

cyklu oraz liczby elementów wykonanych w czasie trwania jednego cyklu i wielkości zlecenia, która ma wpływ na liczbę cykli.

3. Bilansowanie obciążeń

Zlecenie produkcyjne dla danego systemu produkcyjnego w większości przypadków dotyczy wykonania kilku elementów, a zapotrzebowanie na każdy z nich jest inne pod względem liczby sztuk.

Rozpatrywany będzie system, w którym:

- każdy proces jest sekwencją skończonej liczby operacji,
- procesy wykonywane są bez nawrotów,
- rozpoczęcie kolejnej operacji następuje natychmiast po zakończeniu poprzedniej, pod warunkiem że zasób nie jest zajęty,
- czasy detalooperacji są liczbami naturalnymi,
- czasy przebrojeń i przejścia detali między zasobami są zerowe,
- pomiędzy zasobami alokowano bufora o dowolnej pojemności,
- dostęp do zasobów dzielonych realizowany jest w trybie wzajemnego wykluczania,
- operacje są deterministyczne i niewywłaszczalne.

Dla systemu zbudowanego z n zasobów, na których realizowanych jest, zgodnie ze zleceniem, k procesów można utworzyć dwie macierze, które odpowiednio nazwiemy: macierzą czasów procesów realizowanych w systemie

$$C_p = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & \dots & t_{2n} \\ \dots & & & & \\ t_{k1} & t_{k2} & t_{k3} & \dots & t_{kn} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

oraz macierzą liczb powtórzeń procesów

$$M_p = \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ \vdots \\ n_k \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Bilansowanie systemu polega na porównaniu obciążeń poszczególnych zasobów. Sumując elementy kolumn w macierzy C_p , przemnożone przez elementy macierzy M_p , otrzymujemy obciążenia poszczególnych zasobów w jednym cyklu, odpowiadające czasowi niezbędnemu na wykonanie jednego cyklu T_i :

$$\begin{aligned} n_1 t_{11} + n_2 t_{21} + n_3 t_{31} + \dots + n_k t_{k1} &= T_1, \\ \dots \\ n_1 t_{1i} + n_2 t_{2i} + n_3 t_{3i} + \dots + n_k t_{ki} &= T_i, \\ \dots \\ n_1 t_{1n} + n_2 t_{2n} + n_3 t_{3n} + \dots + n_k t_{kn} &= T_n. \end{aligned} \quad (6)$$

Efektywność rzeczywista wynikająca ze zlecenia wynosi, poprzez analogię z (1),

$$\eta = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (T - T_i)}{nT}. \quad (7)$$

Jeżeli obliczona wartość mieści się w granicach założonej, dopuszczalnej wartości „g”, to zlecenie może zostać przyjęte do realizacji w systemie. W przeciwnym przypadku proponuje się postępowanie zgodnie z metodologią przedstawioną na podstawie poniższego przykładu.

Przykład ilustrujący

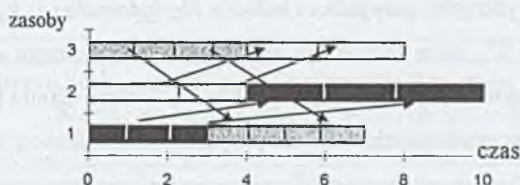
Przyjmijmy system procesów współbieżnych P1, P2, P3 realizowanych na zasobach Z1, Z2, Z3, jak przedstawiono na rys.2.



Rys.2. Procesy współbieżne realizowane w systemie
Fig.2. Processes operating in the system

Procesy realizowane są odpowiednio na zasobach w następujący sposób P1(Z1, Z2), P2 (Z2, Z3) oraz P3 (Z3, Z1). Czasy realizacji na zasobach wynoszą odpowiednio: $t_{11} = 1$, $t_{12} = 2$, $t_{22} = 2$, $t_{23} = 2$, $t_{33} = 1$, $t_{31} = 1$, gdzie t_{ji} oznacza czas realizacji j-tego procesu na i-tym zasobie.

Zgodnie z zamówieniem klienta proporcje ilościowe wykonywanych elementów (np. elementów składowych większego zespołu) są następujące: 120 elementów wykonywanych wg marszruty P1, 80 elementów wykonywanych wg marszruty P2, oraz 160 elementów wykonywanych wg marszruty P3. Z takiego zamówienia wynikają liczby powtórzeń procesów. Na każde $n_1=3$ powtórzeń procesu P1 przypada $n_2=2$ powtórzeń procesu P2 oraz $n_3=4$ powtórzeń procesu P3. Zgodnie z przedstawioną metodologią obliczeń bilansowych $\max\{T_i\}=10$, co oznacza, że czas cyklu dla tak założonych przebiegów wynosi $T=10$. Uzyskanie takiej długości cyklu jest uwarunkowane zastosowaniem lokalnych reguł priorytetowania określających kolejność dostępu procesów do zasobu [5]. Wyznaczone heurystycznie reguły: σ_1 (P1, P1, P3, P3, P3, P3, P1), σ_2 (P2, P2, P1, P1, P1), σ_3 (P3, P3, P3, P3, P2, P2) zapewniają uzyskanie wyznaczonego cyklu systemu o czasie trwania $T=10$ (rys.3).



Rys.3. Wykres Gantta
Fig.3. Gantt chart

Wskaźnik wykorzystania zasobów w systemie η , obliczany zgodnie z (1), w przedstawionym systemie wynosi 0,84. Przyjęto, że satysfakcjonujące jest rozwiązanie, gdy wskaźnik efektywności wykorzystania maszyn $\eta \geq 0.85$. Wynik oznacza, że uzyskane rozwiązanie nie mieści się w zbiorze rozwiązań dopuszczalnych. Wobec takiego stanu poszukujemy innych proporcji występowania procesów w systemie. Z bilansu zdolności produkcyjnych zasobów wynika, że satysfakcjonująca dla producenta (a w tym przypadku optymalna) jest proporcja realizacji procesów w jednym cyklu: $n_1'=2$, $n_2'=1$, $n_3'=4$ odpowiednio dla procesów P1, P2 i P3. Wskaźnik efektywności wynosi $\eta=1$, a cykl $T'=6$.

Po 40 realizacjach cyklu z zachowaniem obliczonych n_1 , n_2 i n_3 powtórzeń procesów P1, P2 i P3, proces P3 wykona się w 100% natomiast pozostaje niedobór realizacji elementów zgodnie z marszrutami procesów P1 i P2 odpowiednio po 40 dla każdego z nich.

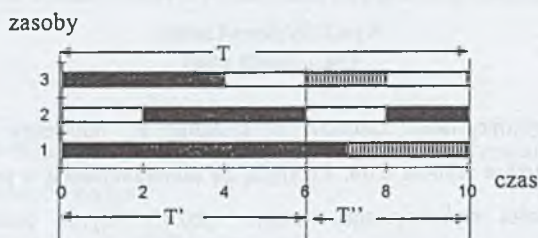
Zakładając, że procesy będą wykonywane proporcjonalnie, to krotności występowania P1 i P2 w jednym cyklu wynoszą odpowiednio $n_1''=1$ i $n_2''=1$. By zapewnić satysfakcję producenta w następnym kroku należy dobrać proces spośród procesów oczekujących na

realizację w systemie do współbieżnej realizacji z procesami P1 i P2. Proces ten ma być realizowany na Z1 i Z3 i spełniać warunek (8) wynikający z bilansu obciążeń:

$$\begin{aligned} t_{41} * n_4 &= 3, \\ t_{43} * n_4 &= 2. \end{aligned} \quad (8)$$

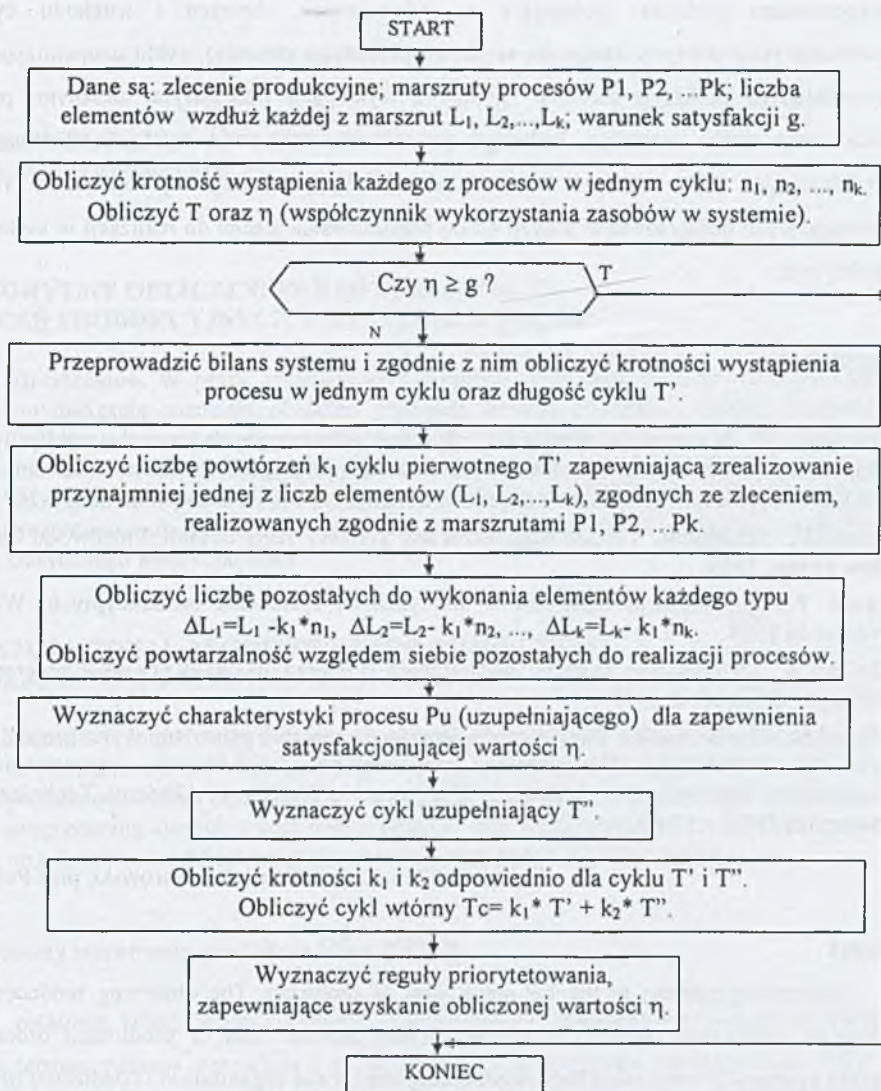
Układ równań (8) charakteryzuje wybrany proces (P4) i jego powtarzalność w cyklu. Załóżmy, że spośród procesów oczekujących na realizację, przyjęto proces, którego powtarzalność wynosi $n_4=1$, a czasy realizacji $t_{41}=3$ i $t_{43}=2$ odpowiednio na zasobie Z1 i Z3. Procesy P1, P2 i P4 poprzez dobór reguł tworzą cykl uzupełniający T". Cykl T" powtórzy się 40 razy, by uzupełnić niedobór elementów realizowanych zgodnie z marszrutami procesów P1 i P2.

Ze względu na konieczność dostawy kompletnych pakietów zgodnie ze zleceniem, cykle T' i T" są realizowane w proporcjach wynikających z liczby potrzebnych ich powtórzeń. W rozpatrywanym przypadku $k_1/k_2 = 1$, gdzie k_1 i k_2 są krotnościami odpowiednio cykli T' i T", jakie zapewniają realizację rozpatrywanego zlecenia. Na jedno przejście cyklu T' przypada więc jedno przejście cyklu T". Wykres Gantta (rys.4) przedstawia realizację całego zlecenia zgodnie z obliczonymi proporcjami.



Rys.4. Wykres Gantta. Współpraca cykli T' i T"
Fig.4. Gantt chart. The cycle T' and T" cooperation

Uogólnieniem przedstawionego przykładu jest przedstawiony na rys.5 uproszczony algorytm postępowania przy przyjmowaniu zleceń produkcyjnych zapewniających rozwiązanie satysfakcjonujące. W dalszych pracach algorytm ten zostanie uzupełniony o procedury postępowania w przypadku braku procesu uzupełniającego zapewniającego satysfakcjonującą wartość η oraz w przypadku niepowodzenia przy wyznaczaniu reguł priorytetowania zapewniających uzyskanie obliczonej wartości η .



Rys.5. Algorytm bilansowania przepływów
Fig.5. Algorithm of the flow balance

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono problem określenia wskaźników jakościowych i terminowych oraz organizacji przydziału zadań, jakie musi spełniać system, by zaspokoić postawione kryteria wynikające z wymagań klienta oraz kryteria stawiane przez producenta.

Zaproponowano podejście polegające na bilansowaniu obciążeń i ustalaniu cykli: pierwotnego (charakterystycznego dla systemu i przyjętego zlecenia), cyklu uzupełniającego (zapewniającego realizację zlecenia zgodnie z wymogami ilościowymi zadanymi przez klienta) oraz cyklu wtórnego będącego powtarzalną sekwencją cyklu pierwotnego i uzupełniającego. Dalsze prace w tym zakresie będą obejmowały określanie reguł wspomagających podejmowanie decyzji co do przyjmowania zleceń do realizacji w systemie produkcyjnym.

LITERATURA

1. Ostafiński W., Banaszak Z., Majdzik P.: Systemy sekwencyjnych procesów cyklicznych: Modele mechanizmów synchronizacji. Prace naukowe Instytutu Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej, Nr 96, z serii Konferencje Nr 43, Wrocław 1996, s.198-207.
2. Pinedo M.: Scheduling. Theory, Algorithms and Systems. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1995.
3. Sawik T. Optymalizacja dyskretna w elastycznych systemach produkcyjnych. WNT, Warszawa 1992.
4. Skołod B.: Dedykowane systemy wytwarzania. Przyjęto na VI Krajową Konferencję Robotyki. Świeradów 1998.
5. Skołod B., Kłos S., Gattner D.: Zdecentralizowane sterowanie gniazdami wytwórczymi. II Wiosenna Szkoła pt.: Komputerowe wspomaganie projektowania wytwarzania i eksploatacji, Zegiestów, 11-15.05.1998, Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej, Warszawa 1998, s.91-96.

Recenzent: Dr hab.inż. Mirosław Zaborowski, prof.Pol.Śl.

Abstract

Scheduling belongs to the NP.-hard class of problems. The observing tendency is building of production systems for the very close defined class of production orders - dedicated systems. It means that the system configuration and organisation is dedicated to the specific class of production orders.

The new look for manufacturing systems description needs an estimation of the possible realisation time for the given order. The approach characterises the resignation of the optimisation tasks on behalf of satisfaction tasks (looking for the solution „no more then” or „no less then”).

In the paper the problem of balancing of processes operating in the system is given. Results of this approach are two original cycles and one secondary cycle. The secondary one is the cycle of the system. The illustrative example of this approach is given in the paper.