

*mgr inż. Dariusz Gattner, mgr inż. Sławomir Kłos,
Instytut Organizacji i Zarządzania Politechniki Zielonogórskiej
prof. dr hab. Zbigniew Banaszak,
Instytut Robotyki i Inżynierii Oprogramowania Politechniki Zielonogórskiej*

ZARZĄDZANIE PRZEPLYWEM WIELOASORTYMENTOWEJ PRODUKCJI RYTMICZNEJ: WERYFIKACJA ZLECEŃ

Praca przedstawia koncepcję metodyki szybkiej weryfikacji zleceń produkcyjnych. W sytuacji gdy dany jest opis systemu produkcyjnego i specyfikacja zleceń produkcyjnych metoda ta pozwala, na wyznaczenie tych spośród zleceń, których realizacja spełnia założone ograniczenia terminowej ich realizacji. Dla zaakceptowanych zleceń wyznaczana jest jednocześnie wielkość partii produkcyjnych oraz wielkości niezbędnych magazynów składowania międzyoperacyjnego. Koncepcję podejścia oraz opis odpowiedniego systemu doradczego ilustruje załączony przykład.

WORKFLOWS MANAGEMENT IN REPETITIVE MANUFACTURING: PRODUCTION ORDER VALIDATION

In the paper an approach to rapid validation of a production order is considered. Using an analytical framework the methodology proposed enables one to select from presumed set of production orders the ones those can be processed due to a assumed data in a given production system. The relevant batch size as well as a required capacity of buffers is calculated. An illustrative example and description of a computer-aided decision supporting system are enclosed.

1. WSTĘP

Potrzeba szybkiej weryfikacji zleceń w wieloasortymentowej produkcji powtarzalnej jest wymuszana przez rosnącą konkurencję tak na rynku producenta, jak i na rynku konsumenta. W szczególności, rosnące wymagania zleceniodawcy związane z koniecznością udzielenia natychmiastowej i zobowiązującej odpowiedzi na pytania dotyczące ceny i terminu realizacji zleceń produkcyjnych, wymuszają podejmowanie szybkich i wiarygodnych decyzji. Decyzje te winny każdorazowo uwzględniać aktualny stan systemu produkcyjnego, jego możliwości i zapasy, jak również parametry rozpatrywanego zlecenia. Złożoność tego typu decyzji wymaga korzystania z narzędzi wspomaganie komputerowego. Narzędzia te, w większości przypadków są systemami wykorzystującymi metody symulacji komputerowej [7] [9]. Oznacza to, że decyzja podejmowana jest każdorazowo w wyniku przeprowadzenia, uprzednio zaprogramowanego i zaplanowanego eksperymentu symulacyjnego. Należy podkreślić tutaj również wysoką czasochłonność i pracochłonność takiego podejścia. Ponadto wiarygodność tak podejmowanych decyzji ogranicza się w praktyce, tylko do uprzednio przesymulowanych wariantów realizacji produkcji. Alternatywą dla tego podejścia jest postępowanie polegające na etapowym podejmowaniu decyzji kolejno ograniczających zbiór rozwiązań dopuszczalnych. Oznacza to, że rozważany

zbiór zleceń jest analizowany najpierw pod kątem możliwości terminowej realizacji jego elementów składowych, tzn. w sytuacji gdy każde z nich miałyby się realizować oddzielnie. Następnie, w kolejnych etapach weryfikacji sprawdzana jest możliwość terminowej, jednoczesnej realizacji różnych kombinacji zleceń, możliwości tej realizacji w istniejących ograniczeniach zasobowych (np. ograniczeniach stawianych przez dostępne pojemności magazynów) oraz sposoby realizacji (np. w zakresie wielkości partii produkcyjnych, organizacji przepływu produkcji itp.).

Prezentowana koncepcja szybkiej weryfikacji zleceń (oceny stopnia dedykowalności zleceń produkcyjnych) korzysta z technik analitycznych; metod logiki klasycznej, metod algebry liniowej oraz teorii grafów. Umożliwia podejmowanie decyzji (bez potrzeby przeprowadzania pracochłonnych symulacji) dotyczących możliwości realizacji danego zlecenia przy zadanych ograniczeniach związanych z rezerwami systemu i wymaganiami zleceniodawcy. Podejście to jest uszczegółowieniem (w odniesieniu do procesu produkcyjnego) koncepcji zarządzania poprzez całościowe procesy (niem. Prozeßorientierte Auftragsabwicklung) [1], [2], [4]. Koncepcje tą charakteryzuje orientacja na klienta. Występujący w niej model systemu wytwórczego zorientowany jest według procesów składowych realizacji zlecenia, które przebiegają ponad podziałami instytucjonalnymi w przedsiębiorstwie. W proponowanym podejściu, organizacja przepływu produkcji wieloasortymentowej bazuje na podziale zlecenia na partie produkcyjne. Ich wielkość determinowana jest przez wąskie gardła (zasoby krytyczne) i może być przedmiotem wyboru, podobnie jak ma to miejsce w technice optymalnej technologii produkcji (ang. Optimized Production Technology, - OPT) [3] [6].

W rozdziale 2 podano założenia, dla których sformułowano problem pracy. W rozdziale 3 przedstawiono i na przykładzie procedurę weryfikacji zleceń produkcyjnych. Rozdział 4 przedstawia system doradczy Weryfikacji Zleceń Produkcyjnych. Proponowane podejście oraz kierunki dalszych badań podsumowano w rozdziale 5.

2. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Przyjęto założenie, że przepływ wieloasortymentowej produkcji cyklicznej sterowany jest w sposób rozproszony. W rozproszonym systemie sterowania dostęp procesów do zasobów dzielonych determinowany jest przez tzw. lokalne reguły rozstrzygania konfliktów zasobowych.

Definicja 1. Lokalna reguła rozstrzygania konfliktów zasobowych $\sigma_i = (P_{a1}, P_{a2}, \dots, P_{aM})$ (ang. dispatching rule) gdzie $i \in \{1, 2, \dots, N\}$, $a_j \in \{1, 2, \dots, M\}$, (N - liczba zasobów, M - liczba procesów przebiegających przez zasób dzielony M_i , na którym alokowano regułę σ_i), określa liczbę i kolejność procesów realizowanych na zasobie M_i . Każdorazowe wykonanie reguły gwarantuje przynajmniej jedną realizację operacji należącej do każdego z procesów przebiegających przez M_i .

Odpowiedź na pytanie: Czy dane zlecenie może być umieszczone w systemie, w którym realizowane są już inne zlecenia? może być rozpatrywana w kontekście następujących założeń:

1. Nowo wprowadzone zlecenie zaburza przepływ procesów już realizowanych w systemie - oznacza to konieczność wyznaczenia (przejścia do) nowego przebiegu ustalonego;
2. Nowo wprowadzone zlecenie nie zaburza przepływu procesów realizowanych już w systemie - pewnego ustalonego przepływu.

Przyjęcie pierwszego założenia oznacza konieczność wyznaczania nowego przebiegu ustalonego każdorazowo przy wprowadzaniu kolejnego zlecenia. Realizacja nowego przebiegu ustalonego pociąga za sobą konieczność sprawdzenia możliwości terminowej realizacji, tak zleceń już realizowanych w systemie, jak i zlecenia nowo wprowadzonego.

Spełnione muszą być również, wcześniej przyjęte, ograniczenia odnoszące się do: wielkości magazynu, wydajności maszyn, terminowość realizacji zleceń itp.

Przyjęcie drugiego założenia mówiącego, że wprowadzanie nowych zadań nie powinno zakłócać przebiegu zleceń już realizowanych w systemie oznacza, że dopuszczalna zmiana przebiegu ustalonego zakładu możliwość zmiany tylko jednej z jego charakterystyk – zmianę okresu T . Proponowane dalej rozwiązanie nawiązuje do tego właśnie założenia.

Rozważany problem ma postać:

Dany jest system produkcyjny, w którym realizowana jest określona produkcja rytmiczna. Dany jest zbiór zleceń produkcyjnych A . Poszukiwane są warunki spełnienia których gwarantuje realizacja zbioru zadań $A' \subseteq A$, w zadanych terminach i przy założeniu nie zakłóconego przepływu procesów już realizowanych w systemie.

Poszukiwane rozwiązanie zakłada, że realizacja zlecenia w systemie odbywa się partiami. Wyróżnia się następujące podproblemy:

1. Czy istnieją wielkości partii produkcyjnej, dla których realizacja zlecenia $Z_{n+1} \in A$ nie zakłóca przepływu procesów już realizowanych w systemie?
2. Jaki okres wprowadzania partii produkcyjnej o zadanej wielkości zlecenia $Z_{n+1} \in A$, gwarantuje brak zakłóceń w przepływie procesów już realizowanych w systemie?
3. Jaka alokacja magazynów międzyoperacyjnych, dla danej wielkości partii produkcyjnej zlecenia $Z_{n+1} \in A$, gwarantuje brak zmian w przepływie procesów już realizowanych w systemie?
4. Czy możliwa jest realizacja zlecenia w zadanym terminie z daną wielkością partii produkcyjnej?

3. WERYFIKACJA ZLECEŃ

3.1. Procedura

Powyższe pytania determinują etapy weryfikacji zlecenia produkcyjnego pod kątem możliwości jego realizacji w systemie.

Etap I → Wyznaczenie reguł rozstrzygnięcia konfliktów zasobowych.

Udzielenie odpowiedzi na pytania 1 i 2 jest równoznaczne określeniu i alokacji reguł rozstrzygnięcia konfliktów zasobowych gwarantujących nie występowanie zakłóceń w przepływie procesów już realizowanych w systemie.

Etap II → Wyznaczenie alokacji pojemności magazynów międzyoperacyjnych.

Odpowiedź na pytanie 3 jest równoznaczna z dokonaniem wyboru wielkości i alokacji pojemność magazynów międzyoperacyjnych.

Etap III → Realizacja zlecenia w zadanym terminie.

Odpowiedź na ostatnie, 4 pytanie, decyduje o tym czy zlecenie, które nie zakłóca przebiegu procesów realizowanych w systemie może być zrealizowane w zadanym terminie.

Poniższy przykład ilustruje realizację ww. etapów.

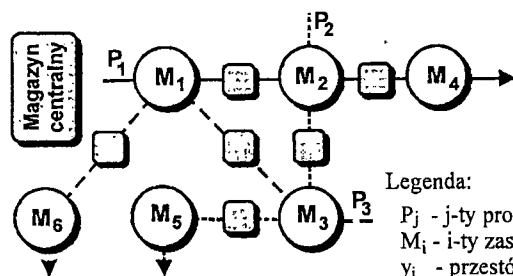
3.2. Przykład

3.2.1. Dane wejściowe

Dany jest system produkcyjny złożony z sześciu zasobów i jednego magazynu centralnego (rys.1a). Znane są czasy realizacji operacji na zasobach. Z magazynu centralnego wydzielane są magazyny międzyoperacyjne. Początkowo, w systemie realizowane są zlecenia Z_1 i Z_2 w partiach po $b_1 = 2$ i $b_2 = 2$, specyfikowane przez procesy P_1, P_2 . Pierwsza operacja procesu P_1 ,

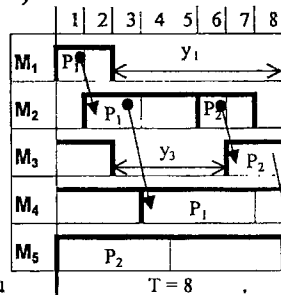
$O_{1,1}$ realizowana jest na zasobie M_1 w czasie $t_{1,1} = 1$, i odpowiednio: druga i trzecia operacja procesu P_1 : $O_{1,2} \rightarrow M_2 \rightarrow t_{1,2} = 2$, $O_{1,3} \rightarrow M_4 \rightarrow t_{1,3} = 4$. Operacje procesu P_2 : $O_{2,1} \rightarrow M_2 \rightarrow t_{2,1} = 1$, $O_{2,2} \rightarrow M_3 \rightarrow t_{2,2} = 2$, $O_{2,3} \rightarrow M_5 \rightarrow t_{2,3} = 5$. Okresy wprowadzania partii produkcyjnych procesów P_1 i P_2 , $T_1 = T_2 = 8$. Okres systemu $T = 8$, jest równy najmniejszej wspólnej wielokrotności okresów T_1 , T_2 (rys.1b). Dostępna pojemność magazynu centralnego wynosi $\xi_d = 2$.

a)



Legenda:
 P_j - j-ty proces,
 M_i - i-ty zasób (maszyna),
 y_i - przestoje i-tego zasobu

b)



Rys. 1. a) Schemat marszrut procesów; b) diagram wykorzystania zasobów dla procesu P_1 i P_2 .

Do realizacji w systemie planowane jest zlecenie Z_3 o wielkości $Q_3 = 4$ sztuk wyrobów i wymaganym terminie realizacji $\tau_3 = 30$, specyfikowane przez proces P_3 : $O_{3,1} \rightarrow M_3 \rightarrow t_{3,1} = 1$, $O_{3,2} \rightarrow M_1 \rightarrow t_{3,2} = 2$, $O_{3,3} \rightarrow M_6 \rightarrow t_{3,3} = 4$.

Poszukiwana jest odpowiedź na następujące pytanie: Czy jest możliwa realizacja zlecenia Z_3 w zadanym terminie, nie powodująca zakłóceń w przepływie procesów P_1 i P_2 ?

3.2.2. Wyznaczanie reguł rozstrzygnięcia konfliktów zasobowych.

Krok 1: Poszukiwana jest odpowiedź na pytanie: Jaka jest maksymalna wielkość partii produkcyjnej zlecenia Z_3 , dla której obciążenie zasobów wspólnych M_3 i M_1 realizacją zlecenia Z_3 , nie zakłóca przepływu procesu P_1 i P_2 ?

Wielkość partii produkcyjnej determinują przestoje zasobów wspólnych z marszrutu procesu P_3 . Zatem, dla zasobu M_3 , dopuszczalna wielkość partii produkcyjnej zlecenia Z_3 wynosi: $b_3^{M_3} = y_3/t_{3,3} = 4/1 = 4$ (rys.1b). Dla zasobu M_1 , dopuszczalna wielkość partii produkcyjnej zlecenia Z_3 wynosi: $b_3^{M_1} = y_1/t_{3,2} = 6/2 = 3$. Maksymalna wielkość partii produkcyjnej jest wielkością minimalną z już wyznaczonych. Zatem, $b_3^{\max} = 3$ tworzy zbiór dopuszczalnych wielkości partii produkcyjnych $D_3 = \{1, 2, 3\}$, dla których realizacja zlecenia Z_3 nie zakłóca przepływu procesów P_1 i P_2 .

Krok 2: Następnie poszukiwana jest odpowiedź na pytanie: Jaki okres wprowadzania partii produkcyjnych ze zbioru D_3 nie zakłóca przepływu procesów P_1 i P_2 ?

Okres co jaki wprowadzana może być partia produkcyjna zlecenia Z_3 determinowany jest przez zasoby wspólne z marszrutu procesu P_3 . Przestoje zasobów M_1 i M_3 mają miejsce co $T = 8$ jednostek czasu. Zatem, okres wprowadzania partii produkcyjnych procesu P_3 musi być zsynchronizowany z realizacją procesu P_1 na zasobie M_1 i procesu P_2 na zasobie M_3 . Oznacza to, że jest on wielokrotnością okresu systemu.

Dla partii produkcyjnej $b_3 = 1$ i $b_3 = 2$ rozważono okres wprowadzania partii produkcyjnych $T_3 = 8$. Dla takiego okresu ilość elementów podawanych w okresie na stanowisko M_6 jest równa ilości elementów przez nie konsumowanych. Zatem, jest spełniony warunek bilansu systemu [8], który jest warunkiem istnienia przebiegu ustalonego. Okres systemu po wprowadzeniu procesu P_3 równy jest $T' = 8$.

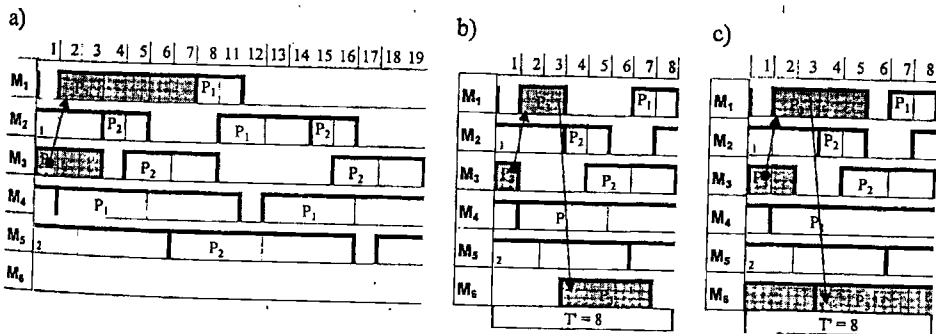
Przyjęcie $T_3 = 8$ dla partii produkcyjnej $b_3 = 3$ nie jest dopuszczalne. Dla okresu tego, nie jest spełniony warunek bilansu systemu. Z kolei przyjęcie $T_3 = 2T = 16$ gwarantuje spełnienie warunku bilansu systemu, a więc istnienie przebiegu ustalonego. W takim przypadku okres systemu po wprowadzeniu procesu P_3 równy jest $T' = 16$.

Znajomość okresów wprowadzania partii produkcyjnych pozwala odpowiedzieć na pytanie:

Krok 3: Czy jest możliwe wyznaczenie przebiegu ustalonego systemu spełniającego warunki: technologicznego następstwa operacji i nie zakłóconego przebiegu dotychczasowo realizowanych procesów?

Dla rozważanego przykładu efektem realizacji procedury wyznaczenia przebiegu ustalonego systemu są następujące wyniki:

Alokacja drugiej operacji procesu spowodowała dla $b_3 = 3$ zakłócenia w przebiegu dotychczas realizowanych procesów (rys.2a). Objawia się to brakiem krytyczności zasobów M_4 i M_5 , które przed wprowadzeniem procesu P_3 były zasobami krytycznymi. Wynika to z faktu, że realizacja procesu P_3 na zasobie M_1 powoduje przesunięcie planowanego terminu realizacji procesu P_1 . Zatem, proces P_3 nie może być zrealizowany w partiach po $b_3 = 3$. Prowadzi to do ograniczenia zbioru D_3 do zbioru $D_3^I = \{1, 2\}$.



Rys.2. Alokacja drugiej operacji procesu P_3 : a) $b_3 = 3$; b) $b_3 = 1$; c) $b_3 = 2$.

Alokacja trzeciej operacji procesu dla partii $b_3 = 1$ jest równoznaczna z wyznaczeniem przebiegu ustalonego systemu (rys.2b). Długość cyklu produkcyjnego partii produkcyjnej o wielkości $b_3 = 2$ przekracza okres T' . Zatem, przebieg ustalony otrzymywany jest w wyniku przeniesienia części obciążenia, które wykracza poza okres T' , do wspólnego okresu (rys.2c). Rekonstrukcja reguł rozstrzygania konfliktów zasobowych realizowana jest na podstawie analizy przebiegu ustalonego (proceduralne wyszukanie początków realizacji operacji na partii produkcyjne). Zarówno dla partii $b_3 = 1$ jak i dla partii $b_3 = 2$ przyjmują one następującą postać: $\sigma_1 = (P_3, P_1)$, $\sigma_2 = (P_2, P_1)$, $\sigma_3 = (P_3, P_2)$, $\sigma_4 = (P_1)$, $\sigma_5 = (P_2)$, $\sigma_6 = (P_3)$.

3.2.3. Wyznaczanie alokacji pojemności magazynów międzyoperacyjnych.

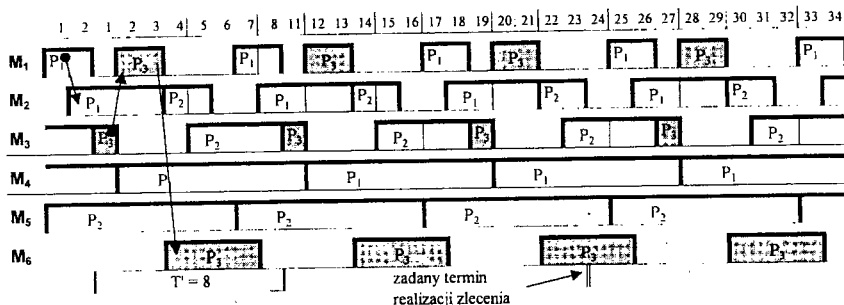
Określenie alokacji magazynów pozwala na określenie zapotrzebowania na pojemność magazynu centralnego. Skonfrontowanie tej wielkości z dostępną wielkością magazynu centralnego pozwala ograniczyć zbiór dopuszczalnych wielkości partii produkcyjnych D_3^I do zbioru D_3^I .

W proponowanym podejściu przepływ elementów w partii produkcyjnej odbywa się w układzie szeregowo-równoległym. Dla wielkości partii produkcyjnej $b_3 = 1$ nie jest wymagana pojemność magazynów międzyoperacyjnych, gdyż po zakończeniu operacji na detalu jest on natychmiast obrabiany na następnym stanowisku z marszruty. Dla wielkości partii produkcyjnej $b_3 = 2$, przed stanowiskiem mniej wydajnym gromadzi się zapas równy 1.

Zatem, wielkość magazynów międzyoperacyjnych pomiędzy operacją 1 i 2 procesu P_3 : $\xi_1 = 1$ oraz operacją 2 i 3: $\xi_2 = 1$. Tak więc, sumaryczne zapotrzebowanie na pojemność magazynową równe jest 2. Jest to wielkość równa dysponowanej pojemności magazynu centralnego. Tak więc, zlecenie Z_3 może być przyjęte do realizacji z wielkością partii $b_2 = 2$. Zbiór dopuszczalnych wielkości partii produkcyjnych $D^{\text{II}}_3 = D^{\text{I}}_3 = \{1, 2\}$.

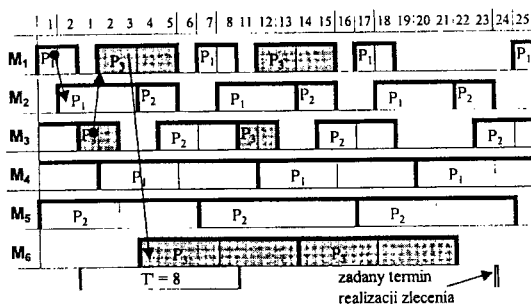
3.2.4. Realizacja zlecenia w zadanym terminie.

Dla rozpatrywanego przykładu zakończenie realizacji zlecenia Z_3 z wielkością partii $b_3 = 1$ wypada w 34 jednostce czasu pracy systemu. Zadany termin realizacji to 24 jednostka czasu pracy systemu. Tak więc, zlecenie Z_3 nie może być zrealizowane z jednostkową wielkością partii produkcyjnej w zadanym terminie (rys.3).



Rys.3. Przebieg realizacji zlecenia Z_3 z wielkością partii produkcyjnej $b_3 = 1$.

Dla wielkości partii produkcyjnej $b_3 = 2$ zakończenie realizacja zlecenia wypada w 22 jednostce czasu pracy systemu. Tak więc, zlecenie Z_3 jest realizowalne w zadanym terminie z wielkością partii $b_3 = 2$ (rys.4).



Rys.4. Przebieg realizacji zlecenia Z_3 z wielkością partii produkcyjnej $b_3 = 2$.

Ostatecznie, zbiór dopuszczalnych wielkości partii produkcyjnych zlecenia Z_3 , jest zbiorem jednoelementowym - $D^{\text{III}}_3 = \{2\}$.

Zatem, zastosowanie proponowanej koncepcji weryfikacji zlecenia prowadzi do wyznaczenia zbioru dopuszczalnych wielkości partii produkcyjnych $D^{\text{III}} \subseteq D^{\text{II}} \subseteq D^{\text{I}} \subseteq D$. Jeżeli końcowy zbiór nie jest zbiorem pustym, wówczas dane zlecenie jest akceptowane do realizacji w systemie. W przeciwnym wypadku jest ono odrzucane.

4. SYSTEM DORADCZY

Poprawność omawianej metodyki gwarantują warunki stanowiące przedmiot twierdzeń prezentowanych w pracy [5]. Struktura proponowanej metodyki ma charakter liniowy (brak iteracji) i sprowadza się do kolejnego sprawdzania warunków odpowiadających:

- etapowi I: Istnienia wielkości partii produkcyjnej gwarantującej brak zakłóceń w przepływie procesów już realizowanych w systemie; wyznaczenie maksymalnej wielkości partii produkcyjnej; wyznaczenia okresu przebiegu ustalonego, wyznaczenia chwili ustalenia rytmicznej realizacji partii produkcyjnych zlecenia Z_{n+1} ,
- etapowi II: Wyznaczenia chwili t^m okresu T_{n+1} , w której zapas międzyoperacyjny osiąga po raz ostatni swoje maksimum; wyznaczenia maksymalnego zapasu międzyoperacyjnego w i -tym magazynie; wyznaczenia minimalnego zapasu międzyoperacyjnego i przedziału czasu jego występowania,
- etapowi III: Weryfikacji terminowości realizacji zlecenia.

Postępowanie to umożliwia wyznaczenie zbioru alternatywnych wariantów realizacji wprowadzanych zleceń produkcyjnych. Rozwiązanie stanowiące zbiór pusty oznacza, że w danym systemie rozważane zlecenie nie może zostać zrealizowane w terminie. Można oczywiście oszacować termin w którym zlecenie to zostanie zrealizowane. W celu przyspieszenia procesu weryfikacji opracowany został system doradczy Weryfikacji Zleceń Produkcyjnych. System ten zaimplementowany w środowisku Windows na bazie języka Visual Basic dla aplikacji – Excel, umożliwia weryfikację możliwości terminowej realizacji zleceń w trybie automatycznym. Przykładowy ekran aplikacji przedstawia rys.5.

Wielkość zlecenia - Q_j		Wymagany termin realizacji - t_j	Ilość operacji	Macierzowa reprezentacja procesu - MP_j									
Ilość zleceń planowanych do realizacji =			4										
Wielkość partii produkcyjnej pierwszego zlecenia =			3										
Pojemność magazynu centralnego =			34										
Ilość maszyn w systemie =			8										
Z_1	60	600	7	V_1	4	3	1	2	5	7	6	8	
				C_1	1	2	3	4	5	6	7	8	
Z_2	50	398	2	V_2	3	1							
				C_2	4	7							
Z_3	35	225	2	V_3	4	3							
				C_3	2	5							
Z_4	15	202	3	V_4	5	6	2	1					
				C_4	1	4	9	10					

Rys.5. Przykładowy ekran systemu doradczego Weryfikacji Zleceń Produkcyjnych.

System ten wspomaga użytkownika w procesie planowania produkcji. W wyniku kolejnego wprowadzania zadań, możliwe jest wyznaczenie asortymentu produkcji realizowanej w systemie. Rozwiązanie to, oprócz wyznaczenia które zlecenia i jakimi partiami mają być realizowane przy dostępnych ograniczeniach pojemności magazynu systemu, dostarcza również reguł wyboru priorytetu (reguł rozstrzygania konfliktów zasobowych). Alokcja tych reguł do wspólnych zasobów systemu umożliwia implementację strategii sterowania rozproszonego, w

której o kolejności dostępu procesów do wspólnie wykorzystywanego zasobu decyduje reguła przypisana temu zasobowi.

5. ZAKOŃCZENIE

W pracy przedstawiono ideę metodyki automatycznej weryfikacji zleceń produkcyjnych dla wieloasortymentowej produkcji rytmicznej. Analityczny „charakter” metody oznacza, że istota jej zasadza się na systematycznym przeglądzie warunków wystarczających, gwarantujących spełnienie określonych parametrów charakteryzujących sposób przyjęcia zlecenia do realizacji. Określenie ww. warunków wystarczających, oraz opracowanie na ich podstawie procedury szybkiego prototypowania wariantów organizacji przepływu produkcji umożliwiło opracowanie procedury a następnie budowę systemu doradczego Weryfikacji Zleceń Produkcyjnych.

LITERATURA

- [1] Eversheim, W., (1995), *Prozeßorientierte Unternehmensorganisation - Konzepte und Methoden zur Gestaltung schlanker Organisationen*, Springer Verlag, Berlin, Heilderberg, New York.
- [2] Eversheim W., Heuser T., (1995), *Prozeßorientierte Auftragsabwicklung in der kundenorientierten Fabrik*, ZWF 90, Carl Hanser Verlag, München, Vol. 1-2, pp. 28-30.
- [3] Gattner D., Kłos S., Banaszak Z., (1997), *Wytwarzanie biologiczne synteza procedur sterowania rozproszonego*, III Konferencja Naukowo - Techniczna Mechatronika '97, Warszawa 20-22 listopad, pp. 464-469.
- [4] Gattner D., Kłos S., (1996), *Planowanie i sterowanie produkcją jako element systemu logistycznego przedsiębiorstwa*, Nowoczesne zarządzanie przedsiębiorstwem, Konferencja naukowa - Zielona Góra 1996, pp. 194-203.
- [5] Gattner D., (1998), *Algorytmy sterowania przepływem wieloasortymentowej produkcji cyklicznej w warunkach deterministycznych ograniczeń zasobowych*, Praca Doktorska, Wydział Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej.
- [6] Goldratt E., Cox J., (1987), *The Goal*, Rev.ed. Croton on Hudson, NY, North River Press.
- [7] Hromada J., Gregor M., Kusturjak J., (1997), *Simulation of Production Control Strategies. Simulation Study in ARENA*, DYCOMANS WORKSHOP IV, Preprints, Edited by Krzysztof Simek, 25 - 28 September 1997, Zakopane, Poland, str. 53-59.
- [8] Kłos S., Skołod B., Gattner D., (1998), *Terminowość realizacji zleceń w systemie współbieżnych procesów produkcyjnych*, Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, Zakopane, 12-14.01.1998, pp. 161-168.
- [9] Smith J.S., Peters B.A., (1998), *Simulation as a Decision-Making Tool for Real-time Control of Flexible Manufacturing Systems*, IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 16-20, 1998, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium, pp. 568-590.