

Jarosław WIKAREK¹, Paweł SITEK¹, Mirosław ZABOROWSKI²

¹Politechnika Świętokrzyska

²Politechnika Śląska

PROBLEM REALIZOWALNOŚCI ZLECEŃ PRODUKCYJNYCH W SYSTEMACH MRP II

Streszczenie. Standard MRP II nie zapewnia optymalności ani realizowalności generowanych zleceń produkcyjnych. W celu zapewnienia ich realizowalności zaproponowano algorytm heurystyczny.

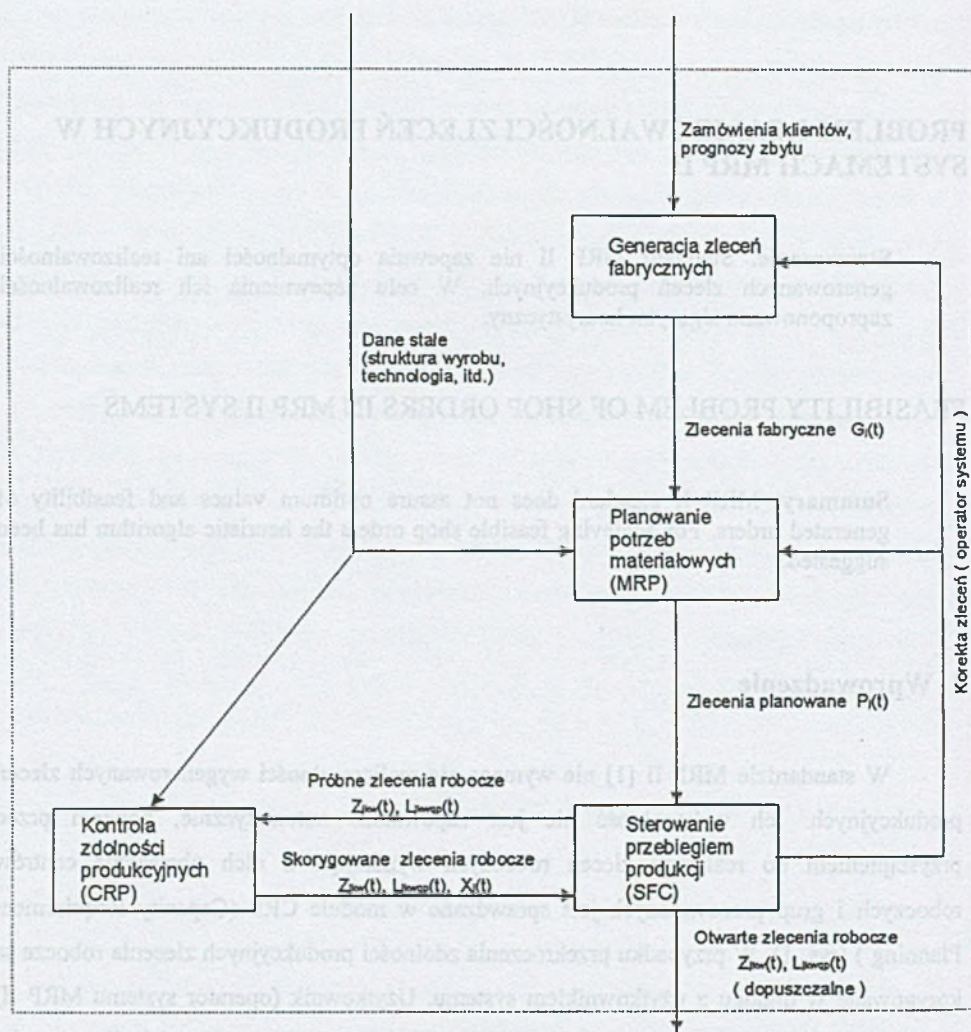
FEASIBILITY PROBLEM OF SHOP ORDERS IN MRP II SYSTEMS

Summary. MRP II standard does not assure optimum values and feasibility of generated orders. For achieving feasible shop orders the heuristic algorithm has been suggested.

1. Wprowadzenie

W standardzie MRP II [1] nie wymaga się realizowalności wygenerowanych zleceń produkcyjnych. Ich wykonalność nie jest zapewniana automatycznie, bowiem przed przystąpieniem do realizacji zleceń roboczych wynikające z nich obciążenie centrów roboczych i grup pracowniczych jest sprawdzane w module CRP (Capacity Requirement Planning) (rys. 1). W przypadku przekroczenia zdolności produkcyjnych zlecenia robocze są korygowane w dialogu z użytkownikiem systemu. Użytkownik (operator systemu MRP II) tak długo zmienia harmonogram przydziału zleceń roboczych do centrów, jak długo moduł CRP sygnalizuje przekroczenie zdolności produkcyjnych. Jeśli procedura ta nie daje rezultatu, to operator zmienia zlecenia planowane, otrzymane uprzednio z modułu MRP (Material Requirements Planning), co na ogół wymaga także zmian zleceń fabrycznych, niekiedy po negocjacjach z klientami. Dlatego celowe było podjęcie prac nad poszerzeniem funkcjonalności systemów klasy MRP II przez taką integrację funkcjonalności zawartych w

modułach MRP, CRP i częściowo SFC (Shop Floor Control), która przy wystarczających zasobach systemu (zdolnościach produkcyjnych) zapewni realizowalność wygenerowanych zleceń roboczych [5].



Rys.1. Sterowanie produkcją systemie MRP II
Fig.1. Production control in an MRP II system

Tablica 1

Opis wielkości występujących na rysunku 1

Symbol	Znaczenie
$G_j(t)$	Zlecenie fabryczne, czyli zewnętrzne zapotrzebowanie na produkt fabryczny j w okresie t
$P_j(t)$	Zlecenie produkcyjne na pozycję j w okresie t
$Z_{jkw}(t)$	Część zadania k wykonywana w centrum roboczym w , w okresie t , w ramach zlecenia produkcyjnego j
$L_{jkwqp}(t)$	Pracochłonność (mierzona w roboczogodzinach) części zadania k wykonywanego w okresie t , w centrum roboczym w , w ramach zlecenia na element j , przez pracownika (lub pracowników) z grupy p w zakresie specjalności q
$X_j(t)$	Korekta zlecenia fabrycznego, większa od zera tylko wtedy, gdy pełna realizacja zlecenia fabrycznego prowadzi do sprzeczności ograniczeń

2. Algorytm heurystyczny rozszerzonej metody planowania potrzeb materiałowych

W pracy zaproponowano algorytm heurystyczny, który dokonuje odpowiednich korekt automatycznie, a więc z punktu widzenia użytkownika działa jednoprzęściowo, prezentując po zakończeniu pracy ostateczne wyniki. W trakcie obliczeń algorytmu przydział centrów roboczych i grup pracowniczych do zleceń roboczych, obliczanie ich obciążenia oraz porównywanie tego obciążenia ze zdolnościami produkcyjnymi następują bezpośrednio po zaplanowaniu zapotrzebowania na daną pozycję indeksu materiałowego. Dzięki temu, po pierwsze, można uruchomić korektę wcześniej, nie czekając na przetworzenie danych z całego grafu struktury wyrobów. Skraca to pętlę sprzężenia zwrotnego w systemie planowania potrzeb materiałowych. Po drugie, w przypadku gdy korekta nie jest skuteczna, natychmiast znane jest aktualne wąskie gardło systemu produkcyjnego, czyli centrum robocze, którego zdolność produkcyjna jest nieusuwalnie przekroczona. Zanim algorytm wyemituje taką informację, dokonywane są obliczenia korekcyjne. Ich regułą jest rozbiecie na dwie części zlecenia planowanego, którego całościowa realizacja przekracza zdolności produkcyjne określonych centrów roboczych lub grup pracowniczych. Pierwsza część zlecenia jest wyznaczana na podstawie dostępnych zdolności produkcyjnych, a pozostała część jest przenoszona do realizacji na okresy wcześniejsze. Schemat działań procedury obliczeniowej realizującej to rozbiecie jest przedstawiony w rozdziale 2.2.

Danymi wejściowymi algorytmu heurystycznego są:

- zbiór zleceń fabrycznych,
- struktura produkcyjna,
- struktura wyrobów,
- zdolności produkcyjne centrów roboczych i grup pracowniczych,
- dane o technologii (np. jednostkowe czasy operacji).

Wyjściem algorytmu jest zbiór realizowalnych zleceń roboczych i zleceń zakupu, które określają co, kiedy, ile i gdzie wytwarzać lub kupować. Zlecenia robocze dotyczą wszystkich komponentów wytwarzanych dla realizowanego zbioru zleceń fabrycznych.

Algorytm heurystyczny został zaimplementowany w Edukacyjnym Systemie Symulacji Sterowania Produkcją (ESSSP), którego charakterystykę oraz strukturę zintegrowanej relacyjnej bazy danych, będącą integralną częścią systemu, przedstawiono w [4]. Do implementacji wykorzystano język zarządzania relacyjną bazą danych pracujący w środowisku Windows Informix NewEra.

Procedurę główną algorytmu heurystycznego przedstawiono na rys. 2. Użyte w niej wielkości zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Wielkości procedury głównej

Symbol	Znaczenie
δ	Numer aktualnie przetwarzanego poziomu rozwinięcia w grafach struktury wyrobów
δ^*	Numer następnego poziomu rozwinięcia wybranego do przetwarzania w grafach struktury wyrobów
δ^{\max}	Numer maksymalnego poziomu rozwinięcia we wszystkich drzewach struktury wyrobów
j	Indeks pozycji kartoteki zapasów
J	Zbiór indeksów wszystkich pozycji kartoteki zapasów
δ_j	Najniższy poziom rozwinięcia we wszystkich drzewach struktury dla pozycji o indeksie j
t	Numer aktualnie przetwarzanego okresu planistycznego
t_j^b	Numer początkowego okresu planistycznego dla pozycji o indeksie j
t_j^f	Numer końcowego okresu planistycznego dla pozycji o indeksie j
R_{jt}	Zapotrzebowanie brutto na pozycję j w okresie t
C_{jt}	Zapotrzebowanie na pozycję j w okresie t ze strony podsystemu produkcji na zamówienie (rys.1)
D_{jt}^o	Prognoza popytu na pozycję j w okresie t jeżeli pozycja j jest częścią zamienną
V_{jt}^m	Zapasy planowane dla pozycji j w okresie t

cd. tablicy 2

B_{jt}	Zlecenie fabryczne, czyli zewnętrzne zapotrzebowanie na produkt fabryczny j w okresie t
$R_{j t}$	Zapotrzebowanie brutto na pozycję j w okresie t wynikające z realizacji zlecenia fabrycznego na pozycję j w okresie t
$A_{j t}$	Zapotrzebowanie na pozycję j w okresie t wynikające z realizacji jednostkowego zlecenia fabrycznego na pozycję j w okresie t

$\delta = 0$
Dopóki $\delta \leq \delta^{\max}$, wykonaj
Pisz : "Obliczam plany dla poziomu rozwinięcia " δ
$\delta^* = \delta$, $\delta = \delta + 1$
Dla $j \in J$ $\delta_j = \delta^*$, wykonaj
Ustaw warunki początkowe
Dla $t = t_j^b + 1, \dots, t_j^f$, wykonaj
$B_{jt} = C_{jt} + D_{jt}^o + V_{jt}^m - V_{j,t-1}^m$
$R_{j t} = B_{jt}, A_{j t} = 1$
Jeśli $\delta_j = 0$, to $R_{jt} = B_{jt}$
Jeśli $\delta_j \geq 0$, to
Oblicz potrzeby brutto
Zaplanuj produkcję lub zaopatrzenie i oblicz przekroczenie ograniczeń
Skoryguj plan zaopatrzenia
Oblicz zlecenia planowane

Rys.2. Schemat działań procedury głównej algorytmu heurystycznego

Fig.2. Diagram of the main procedure of heuristic algorithm

Dla wszystkich poziomów rozwinięcia grafu struktury wyrobów procedura główna algorytmu (rys.2) określa w kolejnych okresach planistycznych zlecenia fabryczne dla wyrobów końcowych, a dla wszystkich pozycji kartoteki zapasów uruchamia procedurę:

- *Oblicz potrzeby brutto,*
- *Zaplanuj produkcję lub zaopatrzenie i oblicz przekroczenie ograniczeń,*
- *Skoryguj plan zaopatrzenia,*
- *Oblicz zlecenia planowane.*

2.1. Procedura „Oblicz potrzeby brutto”

Zapotrzebowanie brutto na pozycję $j \in J$ w okresie planistycznym t zależy od wielkości planu produkcji swoich pozycji macierzystych. Źródłem danych o tej zależności są zestawienia materiałowe. Uwzględniane są również dane o wyprzedzeniu czasowym na cykl realizacji danej pozycji [3].

2.2. Procedura „Zaplanuj produkcję lub zaopatrzenie i oblicz przekroczenie ograniczeń”

Procedura „Zaplanuj produkcję lub zaopatrzenie i oblicz przekroczenie ograniczeń” powoduje rozdział obciążenia, wynikającego z wykonania poszczególnych pozycji, na centra robocze i grupy pracownicze, oraz wylicza obciążenie centrów i grup w poszczególnych okresach planistycznych. Schemat działań procedury przedstawiono w [5]. Aby dokonać rozdziału obciążeń i zbilansować zdolności produkcyjne w ramach procedury „Zaplanuj produkcję lub zaopatrzenie i oblicz przekroczenie ograniczeń” dla każdej pozycji produkowanej uruchamiane są następujące procedury obliczeniowe:

- *Rozdziel obciążenie centrów roboczych i oblicz przekroczenie ograniczeń,*
- *Rozdziel obciążenie grup pracowniczych i oblicz przekroczenie ograniczeń,*
- *Skoryguj zlecenia.*

W procedurze „Rozdziel obciążenie centrów roboczych i oblicz przekroczenie ograniczeń” dokonuje się rozdziału obciążenia na centra robocze. Obciążenie wynika z wykonania poszczególnych operacji potrzebnych do powstania pozycji $j \in J$. Przy rozdziale obciążeń uwzględnia się tylko te centra robocze, w których może być wykonana pozycja j , przy czym do realizacji wybierane są centra robocze o mniejszych stawkach godzinowych. W procedurze dodatkowo bilansuje się obciążenie przydzielone do centrum roboczego z jego zdolnościami produkcyjnymi. W procedurze „Rozdziel obciążenie grup pracowniczych i oblicz przekroczenie ograniczeń” dokonuje się rozdziału obciążenia na grupy pracownicze. Obciążenie wynika z wykonania poszczególnych operacji potrzebnych do powstania pozycji $j \in J$. Przy rozdziale obciążeń uwzględnia się tylko te grupy pracownicze, które mogą wykonywać pozycje j , przy czym do realizacji wybierane są grupy pracownicze o mniejszych stawkach godzinowych. W procedurze dodatkowo bilansuje się obciążenie przydzielone do grupy pracowniczej z jej zdolnościami produkcyjnymi. Procedura „Skoryguj zlecenia” uruchamiana jest w przypadku braku możliwości realizacji zlecenia, to znaczy gdy rozdział obciążeń powoduje przekroczenie zdolności produkcyjnych (centrum roboczego lub grupy pracowniczej). W ramach procedury dokonywana jest próba przesunięcia tej części wygenerowanego zlecenia planowanego, która powoduje przekroczenie zdolności produkcyjnych na wcześniejsze okresy planistyczne. Zaproponowane podejście zapobiega powstawaniu anomalii przy generacji zleceń roboczych na komponenty. Jeśli zasoby produkcyjne systemu (zdolności produkcyjne) są zbyt małe, aby wykonać zlecenia fabryczne w terminie, dokonuje się korekty zlecenia fabrycznego. Wielkości wykorzystane przy

budowie procedury „Skoryguj zlecenia” umieszczono w tablicy 3. Schemat działań procedury pokazano na rys. 3.

Tablica 3

Wielkości procedury „Skoryguj zlecenia”

Symbol	Znaczenie
j	Indeks pozycji kartoteki zapasów
J	Zbiór indeksów wszystkich pozycji kartoteki zapasów
t	Numer aktualnie przetwarzanego okresu planistycznego
r	Numer aktualnie przetwarzanego okresu planistycznego
s	Numer aktualnie przetwarzanego okresu planistycznego
t_j^b	Numer początkowego okresu planistycznego dla produktu o indeksie j
V_{jt}	Zapasy produktu j na końcu okresu planistycznego t
H_{jt}^*	Wielkość zapotrzebowania na produkt j w okresie t powodująca przekroczenie zdolności produkcyjnych
$H_{jr s}^*$	Część zlecenia na produkt końcowy l z okresu s powodująca przekroczenie zdolności produkcyjnych przy realizacji produktu j w okresie r
$R_{j t s}$	Zapotrzebowanie brutto na produkt j w okresie t wynikające z realizacji zlecenia fabrycznego na produkt końcowy l w okresie s
$A_{j t s}$	Zapotrzebowanie na produkt j w okresie t wynikające z realizacji jednostkowego zlecenia fabrycznego na produkt końcowy l w okresie s
X_{ls}	Korekta zlecenia fabrycznego dla produktu końcowego l w okresie s
P_{jt}	Zapotrzebowanie netto na produkt j w okresie t

$P_{jr s} = P_{jr} - H_{jr s}^*$, $H_{jr s}^* = H_{jt}^*$, $A_{jr s} = A_{j t s}$
$P_{jr} = P_{jt} - H_{jt}^*$, $V_{jt} = V_{jt} + H_{jt}^*$
Dopóki $H_{jt}^* > 0$ i $r > t_j^b$
$P_{j,r-1 s} = P_{j,r-1 s} + H_{jt}^*$
$P_{j,r-1} = P_{j,r-1} + H_{jt}^*$
$s = r-1$, $H = H_{jt}^*$, $H_{jt}^* = 0$
„Rozdziel obciążenie centrów roboczych i oblicz przekroczenie ograniczeń”
„Rozdziel obciążenie grup pracowniczych i oblicz przekroczenie ograniczeń”
Jeśli $H_{jt}^* > 0$
$B_{ls} = H_{jr s}^* / A_{jr s}$

Rys. 3. Schemat działań procedury „Skoryguj zlecenia”

Fig. 3. Diagram of the procedure “Correcting orders”

2.3. Procedura „Skoryguj plan zaopatrzenia”

W procedurze „Skoryguj plan zaopatrzenia” dokonywane jest porównanie planowanych zleceń zakupu na pozycje $j \in J$, z harmonogramem zaopatrzenia. Jeżeli zostanie

wykryty niedobór, tzn. planowane zlecenia zakupu są większe od planowanych dostaw, to automatycznie w wyniku działania procedury zaproponowane jest uzupełnienie dostaw o brakującą ilość. Schemat działania procedury zamieszczono w [5].

2.4. Procedura „Oblicz zlecenia planowane”

W procedurze „Oblicz zlecenia planowane”, na podstawie danych uzyskanych z procedury „Zaplanuj produkcję lub zaopatrzenie i oblicz przekroczenie ograniczeń”, wyliczane są planowane zlecenia produkcyjne. Wynikające z nich wielkości zapotrzebowania na pozycję $j \in J$ są zwiększane do całkowitej wielokrotności partii transportowej, jeżeli nie powoduje to przekroczenia zdolności produkcyjnych. Schemat działania procedury zamieszczono w [5].

3. Podsumowanie

Rozważany problem realizowalności zleceń produkcyjnych generowanych w systemie MRP II prowadzi do harmonogramowania z ograniczeniami [7], po którym nie jest potrzebna korekta zleceń roboczych w module CRP. Do rozwiązania problemu zaproponowano algorytm heurystyczny, który umożliwia uzyskanie rozwiązania dopuszczalnego (zbioru zleceń realizowalnych w systemie) albo wskazanie źródeł przekroczenia zdolności produkcyjnych. W drugim przypadku algorytm heurystyczny uaktywnia mechanizmy korekty zleceń fabrycznych będących wymuszeniami systemu MRP II. Algorytm heurystyczny łączy w sobie funkcjonalność modułów planowania potrzeb materiałowych, kontroli zdolności produkcyjnych oraz częściowo sterowania przepływem produkcji. Przedstawiony algorytm oraz model optymalizacji zleceń produkcyjnych [6] są istotnym rozszerzeniem w stosunku do standardu MRP II, który wymaga od systemu komputerowego wspomagającego zarządzanie jedynie dostarczania użytkownikom odpowiednich informacji o stanie systemu produkcyjnego, oraz zdolności do obliczania odpowiedzi na pytania, jakie będą skutki hipotetycznych decyzji. Wyposażenie systemu w algorytmy wspomagania decyzji, w tym w procedury optymalizacji zleceń, zmienia system zarządzania produkcją z informacyjnego na informacyjno-decyzyjny.

LITERATURA

1. Landvater D.V., Gray C.D.: MRP II Standard System. Oliver Wight Publications 1989.
2. Niederliński A.: Constraint Logic Programming – From Prolog to CHIP. Proceedings of the Workshop on Constraint Programming for Decision and Control, Gliwice 1999, s.27-34.
3. Orlicky J.: Material Requirements Planning. Mc Graw-Hill. New York 1975.
4. Sitek P., Wikarek J., Zaborowski M.: Edukacyjny system symulacji sterowania produkcją zgodny ze standardem MRP II. Materiały III K.K. Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie. WNT, Warszawa 2000, s. 160 – 170
5. Wikarek J.: Optymalizacja zleceń produkcyjnych w systemach MRP II. Rozprawa doktorska, Gliwice 2002.
6. Wikarek J., Sitek P., Zaborowski M.: Problem optymalizacji zleceń produkcyjnych w systemach MRP II. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, ser. Automatyka, nr 135, Gliwice 2002.
7. Zaborowski M.: Problem harmonogramowania z ograniczeniami w środowisku MRP II. Inżynieria Maszyn, r.5, z.1-2, 2000, s. 95-114.

Recenzent: Dr hab. inż. Bożena Skołod

Abstract

MRP II standard does not assure optimum values of generated orders. What's more, their feasibility is not assured automatically. Before realization of shop orders, the charge of work centers and of workers' groups, which depends on them, is checked in CRP (Capacity Requirement Planning) module. The user of a standard MRP II system changes iteratively allocation of work centers to planned orders, so as to obtain a feasible schedule. For automating this procedure and achieving feasible shop orders at once, the heuristic algorithm has been suggested. The structure and the main assumptions of this algorithm have been presented in the paper.