

Zbigniew KOŁODZIEJ, Mirosław ZABOROWSKI
Politechnika Śląska

PRZYKŁAD NADRZĘDNEGO PLANOWANIA PRODUKCJI TYPU MONTAŻ NA ZLECENIE W SYSTEMIE BAAN IV

Streszczenie. W artykule przedstawiono wybrane problemy związane z planowaniem nadrzędnym. Pokazano planowanie nadrzędne w kontekście środowiska produkcyjnego typu montaż na zlecenie. Następnie opisano moduł MPS w systemie Baan IV odpowiedzialny za planowanie nadrzędne. Przykładowe dane przedstawiono w postaci raportów wygenerowanych dla harmonogramu nadrzędnego stworzonego dla fabryki samochodów.

EXAMPLE OF MASTER PLANNING FOR ASSEMBLE TO ORDER PRODUCTION TYPE IN BAAN IV SYSTEM

Summary. In the paper some aspects of master planning are discussed. Master planning is shown in the context of assemble to order environment. Next, the MPS module of Baan IV is described. Exemplary data is shown in the form of reports generated for master schedule that is created for a car factory.

1. Planowanie nadrzędne a struktura systemów klasy MRP II

W systemach klasy MRP II (Manufacturing Resource Planning) można wyróżnić hierarchiczną strukturę planistyczną składającą się z czterech poziomów:

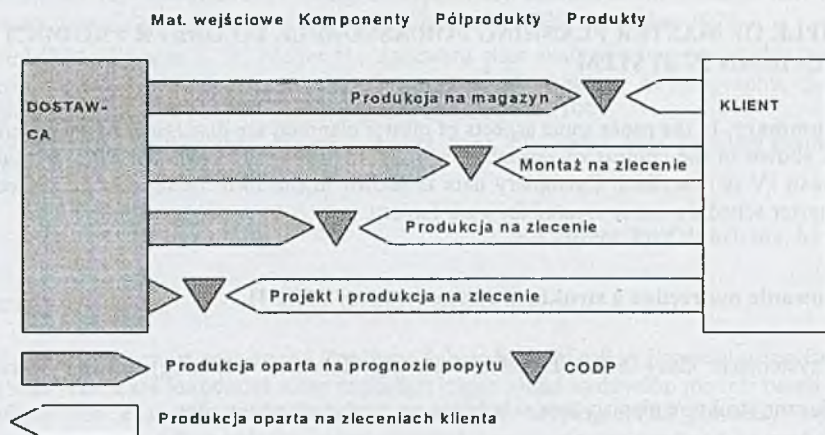
- planowania taktycznego,
- operacyjnego planowania nadrzędnego,
- planowania potrzeb materiałowych,
- planowania obciążeń centrów roboczych.

Warstwa planowania taktycznego obejmuje czynności związane z planowaniem sprzedaży oraz zdolności produkcyjnych w długoterminowym horyzoncie planowania. Jej celem jest zapewnienie zdolności produkcyjnych wystarczających do zaspokojenia przewidywanych poziomów sprzedaży. Z warstwy tej do warstwy operacyjnego planowania nadrzędnego przekazywana jest tzw. długoterminowa polityka zdolności produkcyjnych. Po jej uwzględnieniu tworzony jest zbiór planów dla pozycji asortymentowych przypisanych systemowi nadrzędnego harmonogramowania produkcji (MPS), w tym przede wszystkim dla

produktów finalnych. W oparciu o powyższe plany (MPS) następuje obliczenie zapotrzebowań na elementy składowe pozycji asortymentowych. Do tego celu wykorzystywane jest planowanie potrzeb materiałowych (MRP). Efektem działania funkcji planowania potrzeb materiałowych jest otrzymanie zbioru planowanych zleceń produkcji oraz zakupów. Planowane zlecenia produkcji są następnie przetwarzane w warstwie planowania obciążeń centrów roboczych (CRP, SFC), gdzie następuje ich zwolnienie do produkcji [1].

2. Produkcja typu montaż na zlecenie

W przedsiębiorstwach przemysłowych można wyróżnić cztery główne typy produkcji: produkcję na magazyn (*ang. make to stock MTS*), montaż na zlecenie (*ang. assemble to order ATO*), produkcję na zlecenie (*ang. make to order MTO*) oraz projektowanie i produkcję na zamówienie (*ang. engineer to order ETO*) (rys.1) [1] [5].



Rys.1. Systemy logistyczne dla różnych typów produkcji

Fig. 1. Logistic systems for different production types

W przypadku produkcji na magazyn planowanie odbywa się w oparciu o prognozę popytu, a realizacja zamówień klientów odbywa się poprzez pobór wyrobów z magazynu. W produkcji na zamówienie czas oczekiwania na realizację zamówienia obejmuje cały cykl produkcyjny, podczas gdy w przypadku projektowania i produkcji na zlecenie jest on dodatkowo powiększony o czas potrzebny na przygotowanie projektu. Montaż na zlecenie jest przypadkiem pośrednim. System logistyczny takiego przedsiębiorstwa jest podzielony na dwie części przez tzw. Punkt Oddzielenia Zamówień Klienta (*ang. Customer Order Decoupling Point – CODP*). W części znajdującej się przed CODP następuje planowanie tzw.

produkcji bazowej. Produkcja bazowa zaspokaja potrzeby systemu produkcyjnego w zakresie podzespołów oraz półproduktów, z których w procesie montażu finalnego powstaje gotowy produkt. W części znajdującej się przed CODP planowanie produkcji bazowej odbywa się w oparciu o prognozy popytu oraz zamówienia, natomiast w części po CODP produkcja (montaż) jest planowana w oparciu o napływające zlecenia klientów. Ze względu na fakt, że idealne zbilansowanie potrzeb rzeczywistych z prognozami jest bardzo rzadko osiąganym, w punkcie CODP często utrzymywane są zapasy bezpieczeństwa.

3. Planowanie nadrzędne

Planowanie nadrzędne jest łącznikiem pomiędzy systemem produkcyjnym a rynkiem. Ma ono do spełnienia dwie główne role. Pierwsza z nich polega na zapewnieniu tego, aby system produkcyjny odpowiadał na nałożone na niego zapotrzebowania. Rola ta obejmuje identyfikację powyższych zapotrzebowań oraz stworzenie i zarządzanie odpowiadającego im harmonogramu nadrzędnego. Harmonogram nadrzędny (MPS) określa, *co* będzie produkowane, *kiedy* oraz w *jakiej* ilości [2]. Można powiedzieć, że planowanie nadrzędne służy do „napędzania” całego systemu produkcyjnego. Kolejna rola polega na wyznaczaniu odpowiedniej daty dostawy zlecenia w procesie zwanym akceptacją zamówień (*ang. order promising*). Opisanie powyższe role planowania nadrzędnego są realizowane przez dwie oddzielne, lecz mocno ze sobą zintegrowane funkcje: harmonogramowania nadrzędnego oraz zarządzania zamówieniami klientów [1].

Tablica 1

Przykładowa tablica planistyczna

Pozycja MPS : samochód	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5
Prognoza $S(t)$	10	10	10	10	10
Zamówienia klientów $D(t)$	8	8	4	4	
Popyt netto $H(t)$	10	10	10	10	10
Nadrzędny harmon. produkcji (MPS) $P(t)$	25		25	10	10
Planowany dostępny zapas (PAI) $V(t)$	20	10	25	15	15
Dostępne dla zbytu (ATP) $B(t)$	14		17		10

Początkowy zapas dostępny = 2, cykl produkcyjny = 1 tydzień.

Tworząc nadrzędny harmonogram produkcji (*ang. master production schedule – MPS*) korzysta się z tablic planistycznych, w których przetwarzane są dane dla każdej z pozycji asortymentowych przypisanych do systemu harmonogramowania nadrzędnego (tabl. 1).

Kolejne wiersze tablicy planistycznej mają następujące znaczenie:

- prognoza (*ang. forecast*) to całkowity oczekiwany popyt w danym okresie planistycznym obejmujący zarówno popyt pewny (*ang. firm demand*) oparty na rzeczywistych zamówieniach klientów, jak i popyt przewidywany (*ang. anticipated demand*),
- zamówienia klientów (*ang. customer orders*) odzwierciedlają popyt pewny danego okresu,
- popyt netto (*ang. net demand*) to popyt, który zostanie użyty jako podstawa do tworzenia MPS,

$$H(t) = \text{Max}(S(t), D(t)) \quad \text{dla } t \in 1 \dots T \quad (1)$$

gdzie: $H(t)$ – popyt netto w okresie t ,

$S(t)$ – prognoza popytu w okresie t ,

$D(t)$ – zamówienia klientów w okresie t ,

T – numer ostatniego okresu planistycznego w planie,

- nadrzędny harmonogram produkcji (*ang. master production schedule*) wyraża planowaną dla danego okresu wielkość produkcji danej pozycji, tworzony często w wyniku kumulacji wartości popytu netto z kilku następnych okresów,
- planowany zapas dostępny (*ang. projected available inventory - PAI*) powstaje z dodania do zapasu z poprzedniego okresu planistycznego wielkości produkcji (MPS) z danego okresu i odjęcia popytu netto z danego okresu

$$V(t) = V(t-1) + P(t) - H(t) \quad \text{dla } t \in 1 \dots T \quad (2)$$

gdzie: $V(t)$ – planowany zapas dostępny na końcu okresu t ,

$V(t-1)$ – planowany zapas dostępny na końcu okresu $(t-1)$,

$P(t)$ – nadrzędny harmonogram produkcji w okresie t ,

$H(t)$ – popyt netto w okresie t ,

T – numer ostatniego okresu planistycznego w planie,

$V(0)$ – zapas dostępny na początku okresu 1,

- zapas dostępny dla zbytu (*ang. available to promise - ATP*) mówi o tym, jaka ilość produktu jest dostępna dla potencjalnych klientów w danym okresie

$$B(t) = B(t-1) + P(t) - \sum_{i=0}^n D(t+i) \quad (3)$$

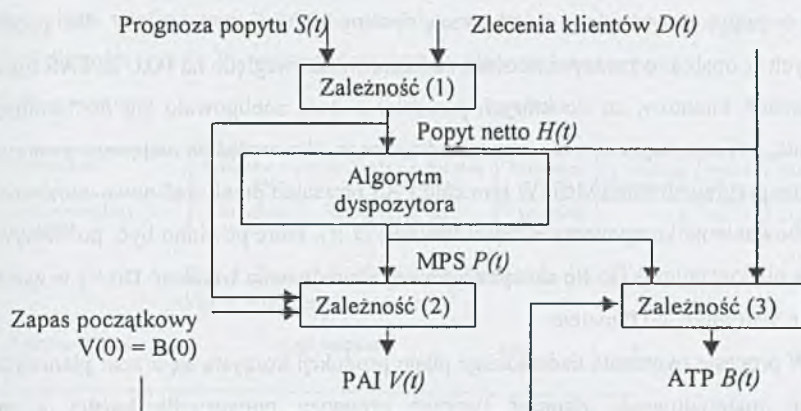
gdzie: $B(t)$ – zapas dostępny dla zbytu na końcu okresu t ,

$B(t-1)$ – zapas dostępny dla zbytu na końcu okresu $(t-1)$,

$B(0)$ – zapas dostępny na początku okresu 1,

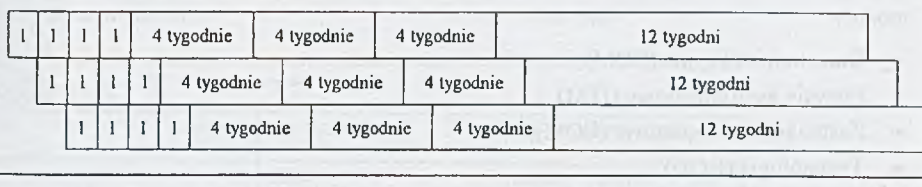
n – liczba kolejnych okresów planistycznych po okresie t , w których $P(t+i) = 0$.

Opisane powyżej zależności pokazuje rys.2, przy czym „Algorytm dyspozytora” reprezentuje regułę, według której dyspozytor grupuje popyt netto z kilku okresów w jedno zlecenie fabryczne składające się w MPS. Może to być reguła PNP (partia na partię) lub inna z reguł dynamicznego doboru wielkości partii.



Rys.2. Kolejność korzystania z tablicy planistycznej
Fig.2. Sequence of planning table usage

Często w nadrzednym harmonogramie produkcji korzysta się z tzw. krocącego horyzontu planowania (*ang. rolling planning horizon*), który polega na tym, że wraz z upływem czasu długość horyzontu planowania nie ulega zmniejszeniu, lecz rozciąga się w przyszłość. Długość horyzontu planistycznego dla danej pozycji MPS (produktu finalnego) powinna być co najmniej równa sumie czasu potrzebnego na zamówienie jej komponentów u dostawców przedsiębiorstwa, dostawy oraz wyprodukowania tej pozycji. Horyzont planowania nie musi być podzielony na przedziały czasu równej długości. Pierwsze okresy czasowe mogą być krótkie, a następne coraz dłuższe. Przykładowy podział krocącego horyzontu planowania został przedstawiony na rys.3.



Rys.3. Przykładowy podział krocącego horyzontu planowania
Fig.3. Exemplary segmentation of a rolling planning horizon

Obecność w systemie produkcyjnym Punktu Oddzielenia Zamówień Klienta wymaga stworzenia dwóch oddzielnych harmonogramów. W produkcji typu montaż na zlecenie jest to harmonogram nadrzędny produkcji (MPS) oraz harmonogram montażu finalnego (*ang. final assembly schedule - FAS*). MPS jest tworzony dla takich elementów składowych wyrobu końcowego, jakie są niezbędne w procesie montażu finalnego. Jego generacja następuje w oparciu o popyt pewny oraz popyt przewidywany. FAS jest tworzony dla produktów końcowych w oparciu o rzeczywiste zlecenia klientów. Ze względu na fakt, że FAS opiera się na zleceniach klientów, co do których przedsiębiorstwo zobligowało się do terminowego wykonania, nabiera wagi rola planowania nadrzędnego jako narzędzia mającego gwarantować wykonanie przyjętych zamówień. W tym celu FAS powinien przeliczać nowe zamówienia na zapotrzebowanie na komponenty z części bazowej $D^+(t)$, które powinno być porównywane z aktualnie planowanym ATP. Po akceptacji nowego zamówienia wielkość $D(t+i)$ w zależności (3) rośnie, natomiast ATP maleje.

W procesie tworzenia nadrzędnego planu produkcji korzysta się z tzw. planistycznych zestawień materiałowych. Zamiast tworzyć prognozy popytu dla każdej z pozycji asortymentowych opracowywane są prognozy na bardziej zagregowanym poziomie (np. rodziny produktów). W oparciu o te prognozy generowany jest dla rodziny produktów nadrzędny harmonogram produkcji. Następnie na podstawie planistycznego zestawienia materiałowego można dokonać jego dezagregacji na harmonogramy produkcji dla poszczególnych pozycji MPS.

4. Realizacja planowania nadrzędnego w systemie BAAN IV

System Baan IV jest systemem zarządzania przedsiębiorstwem klasy ERP (*ang. Enterprise Resource Planning*). Składa się on z pakietów grupujących funkcjonalnie powiązane ze sobą moduły. Moduł jest zbiorem funkcji, z których każda posiada swój unikalny kod. Do sterowania produkcją służy pakiet Produkcja obejmujący następujące moduły:

- Dane konstrukcyjne (EDM),
- Pozycje asortymentowe (ITM),
- Zestawienia materiałowe (BOM),
- Technologia (ROU),
- Harmonogram główny produkcji (MPS),
- Planowanie potrzeb materiałowych (MRP),
- Planowanie zapotrzebowania na zdolności produkcyjne (CRP),

- Produkcja powtarzalna (RPT),
- Sterowanie produkcją (SFC),
- Konfiguracja produktu (PCF) [5].

W celu stworzenia nadrzędnego harmonogramu produkcji korzysta się z modułu MPS. Pierwszym krokiem w procesie jego tworzenia było zdefiniowanie kodów planów (rys.4). Dla każdego planu zdefiniowano horyzont planistyczny, który podzielono na okresy czasowe zmiennej długości (rys.5). Stworzono plany będące planami kroczącymi [1].

Date : 02-11-99 11:40
Samochody

PLAN CODES

Plan Code	Description	Plan Start Date	Plan Finish Date	Rolling Plan	Reference Date	Rolling Frequency	Multi Site	Planner ID
1	Plan rzeczywisty	04-10-98	03-10-99	Yes	18-10-98	7	No	student2
2	Synulacja	18-10-98	24-10-99	Yes	01-11-98	7	No	student2

Rys.4. Raport zdefiniowanych kodów planów
Fig.4. Plan codes report

Date : 02-11-99 11:35
Samochody

PLAN PERIODS

Page : 1
Company : 103

Plan Code : 1 Plan rzeczywisty

Up to Date	Period Length
27-12-98	7
03-10-99	28

Rys.5. Raport okresów planu
Fig.5. Plan periods report

Po zdefiniowaniu danych podstawowych planu wprowadzono dane podstawowe pozycji planu (rys.6) [2]. Do planu przypisano oraz zdefiniowano niezbędne parametry wszystkich pozycji, dla których miał zostać przeprowadzony proces planowania. System umożliwia zdefiniowanie planistycznych zestawień materiałowych opisujących powiązania pomiędzy rodzinami i pozycjami planu. Powyższy sposób pozwala planować na poziomie rodziny (stosuje się wtedy agregowanie danych) lub też na poziomie pozycji planu (dezagreguje się plan z poziomu rodziny).

Date : 02-11-99 11:42
Samochody

PLAN ITEMS

Plan Code : 1 Plan rzeczywisty
Plan Level : 2

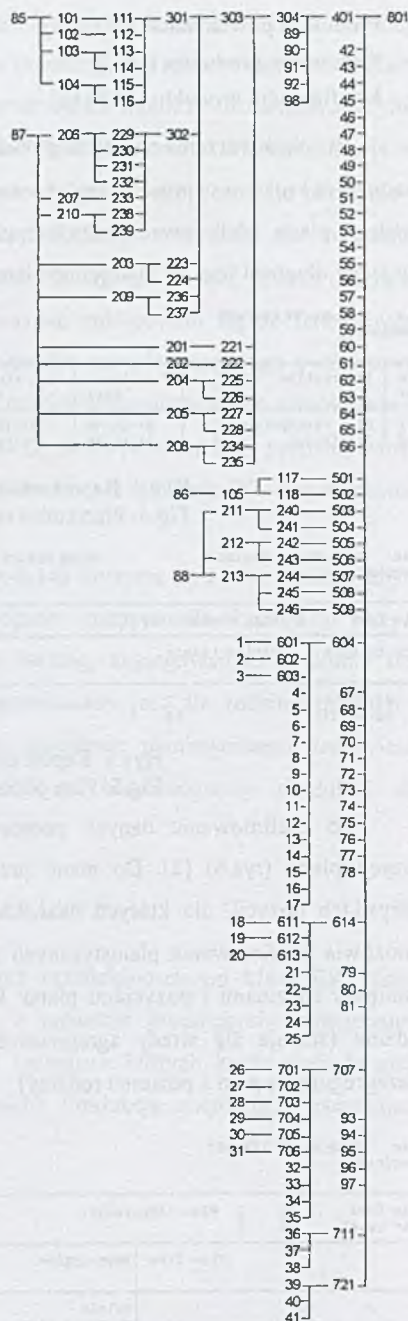
Plan Item	Description	Search Key	PI Item Type	Tac Fnc	Round Off
604	silnik	SILNIK	MPS I	7	Yes
614	skrzynia biegow	SKRZYNIA B	MPS I	7	Yes
707	tylny most	TYLNY MOST	MPS I	7	Yes
711	uklad kierowniczy	UKLAD KIER	MPS I	7	Yes

Rys.6. Raport pozycji planu
Fig.6. Plan items report

Kolejnym krokiem było utworzenie nadrzędnego harmonogramu produkcji, w wyniku czego dla każdej pozycji objętej planowaniem otrzymano tablicę planistyczną. W czasie generacji harmonogramu należy zwrócić uwagę na to, jaką wartość przyjmuje tzw. planistyczne okno czasowe. System BAAN generuje bowiem planowane zlecenia tylko w tym planistycznym oknie. Szerokość tego okna jest obliczana jako iloczyn Mnożnika Okna Czasowego (*ang. Time Fence Multiplier*) oraz Okna Czasowego Pozycji Planu (*ang. Plan Item Time Fence*).

Po uzyskaniu akceptowalnego harmonogramu nadrzędnego wygenerowano na jego podstawie planowane zlecenia produkcji dla pozycji MPS. Po ostatecznym ich zatwierdzeniu przetransferowano je do modułu Planowania Potrzeb Materiałowych.

Opisaną powyżej procedurę zastosowano dla danych przykładowej fabryki samochodów. Strukturę wytwarzanego w niej wyrobu końcowego pokazano na rys.7. Nadrzędny harmonogram produkcji (MPS) stworzono dla pozycji o kodach: 604 (silnik), 614 (skrzynia biegów), 707 (tylny most), 711 (układ kierowniczy) znajdujących się na szczycie części bazowej zaprezentowanego na Rys.7 zestawienia materiałowego. Montaż produktu finalnego, jakim był samochód (pozycja 801) produkowany w kilku wersjach, odbywał się zgodnie z harmonogramem montażu finalnego (FAS).



Rys. 7. Struktura produktu
Fig. 7. Product's structure

5. Podsumowanie

System Baan IV umożliwia zastosowanie modułu MPS w każdym z głównych środowisk produkcyjnych: produkcji na magazyn, produkcji na zlecenie, projektu i produkcji na zlecenie oraz montażu na zlecenie. Charakterystyczna dla montażu na zlecenie jest możliwość tworzenia planistycznych zestawień materiałowych. Umożliwia to tworzenie planów na poziomie rodziny produktów, a następnie ich dezagregację do poziomu pozycji tworzących rodzinę. Zatwierdzone plany są źródłem danych dla funkcji planowania potrzeb materiałowych, która w sposób automatyczny oblicza zapotrzebowania dla elementów znajdujących się na niższych poziomach drzewa struktury wyrobu. System Baan IV bardzo ułatwia analizę możliwości przyjęcia nowych zamówień i ewentualne korekty nadrzędnych planów produkcji.

LITERATURA

1. Higgins P., Le Roy P., Tierney L.: Manufacturing Planning and Control. Chapman & Hall 1996.
2. Kolodziej Z.: Analiza systemu sterowania produkcją na magazyn. Praca dyplomowa Instytut Automatyki Politechniki Śląskiej, Gliwice 1998.
3. Landvater D., Gray C.: MRP II Standard System. Oliver Wight Publications, Inc., 1983.
4. Perreault Y., Vlesic T.: Implementing Baan IV. Que Corporation, 1998.
5. Dokumentacja systemu Baan IV.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Z.Banaszak

Abstract

In the paper selected problems of master planning are covered. Master planning is positioned in the structure of MRP II environment as function of tactical planning and control layer. Master planning is shown in the context of assemble to order environment. Special attention is paid to show difference between master production scheduling in assemble to order production type and the other common production environments. Two main roles of master planning are discussed: driving the manufacturing system and responding to market demands. The first role involves the identification of the demands imposed on the manufacturing system, generation and maintenance of a master schedule. The second role comprises determination of appropriate delivery dates by a process called order promising. Exemplary planning table is used to show what quantities have impact on creation of master schedule. These quantities are subsequently described. Rolling planning horizon and its segmentation are discussed. Term planning bill of material is introduced as a tool used for creating aggregated master schedule for product family.

Procedure of master production schedule creation in Baan IV system is shown. Exemplary reports are generated for master schedule of a car factory.