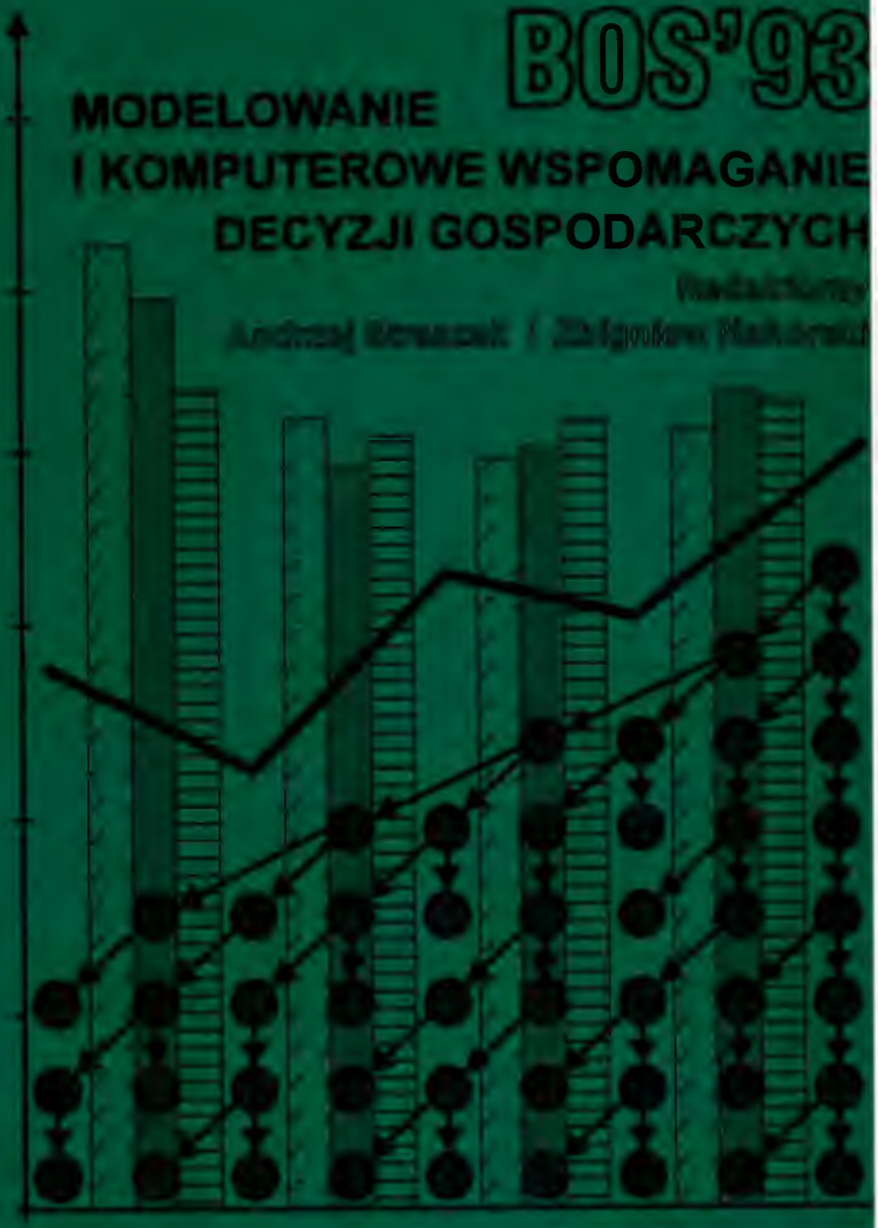
BOS'93

MODELOWANIE I KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE DECYZJI GOSPODARCZYCH

Redaktorzy:
Andrzej Borowski / Zbigniew Piotrowski



PTMGN, IBS PAN, AGH, WAT

WARSZAWA 1994

MODELOWANIE I KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE DECYZJI GOSPODARCZYCH

POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH PAN
AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ
WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA

MODELOWANIE I KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE DECYZYJI GOSPODARCZYCH

Redaktorzy:

Andrzej Straszak i Zbigniew Nahorski

WARSZAWA 1994

Materiały III Krajowej Konferencji Badań Operacyjnych i Systemowych
odbywającej się pod honorowym protektoratem Ministra Obrony Narodowej
Dra Janusza Onyszkiewicza

Organizator Konferencji:

Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych

przy współpracy:

Instytutu Badań Systemowych PAN
Akademii Obrony Narodowej
Wojskowej Akademii Technicznej
Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego
Polskiego Towarzystwa Naukowo-Technicznego Eksploatacji

Komitet naukowy konferencji:

Andrzej Ameljańczyk, Zdzisław Bubnicki, Jerzy Hołubiec, Tadeusz Jemioło (wiceprzewodniczący), Zbigniew Nahorski (sekretarz), Roman Kulikowski (przewodniczący), Stanisław Piasecki, Piotr Sienkiewicz, Andrzej Straszak, Jan Węglarz

Komitet organizacyjny konferencji:

Jan Chojnowski (sekretarz), Marian Chudy, Andrzej Kałuszko (sekretarz), Eugeniusz Olearczuk, Piotr Sienkiewicz (wiceprzewodniczący), Andrzej Straszak (przewodniczący)

Redaktorzy naukowi materiałów:

Andrzej Straszak, Zbigniew Nahorski

Książka dotowana przez Komitet Badań Naukowych.

A. Straszak, Z. Nahorski (red.):
MODELOWANIE I KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE DECYZJI GOSPODARCZYCH.
PTBOiS, IBS PAN, AON, WAT. Warszawa 1994.

Anna ŁAWRYNOWICZ *

HYBRYDOWE SYSTEMY ZARZĄDZANIA

W referacie przedstawiono system komputerowego wspomagania zarządzania produkcją. Koncepcja oprogramowania aplikacyjnego bazuje na idei hybrydowych systemów, w których obok modeli matematycznych stosowane są metody sztucznej inteligencji do rozwiązywania problemów, do których zastosowanie metod numerycznych jest mało efektywne lub niemożliwe. Do zrealizowania oprogramowania wykorzystano modele zamkniętej sieci kolejek oraz rachunek predykatów.

1. WPROWADZENIE

Tendencją wdrażania komputerów w przedsiębiorstwie wydaje się być komputerowa integracja wytwarzania. Z budową zautomatyzowanych systemów produkcyjnych wiąże się jednak konieczność pokonania wielu barier. Szczególnie trudne okazuje się m.in. komputerowe zintegrowanie zarządzania produkcją, które posiada przeważnie rozproszoną, wielopoziomową strukturę. Ten problem, jak również wiele innych związanych z komputerową integracją wytwarzania, udało się w ostatnich latach rozwiązać dzięki rozwojowi badań nad sztuczną inteligencją. W rezultacie tych badań powstało wiele hybrydowych systemów planowania i sterowania przebiegiem produkcji, jak np.: łączących modele zamkniętej sieci kolejek z systemami ekspertowymi [1] oraz systemów będących kombinacją sieci Petri i systemu ekspertowego [2].

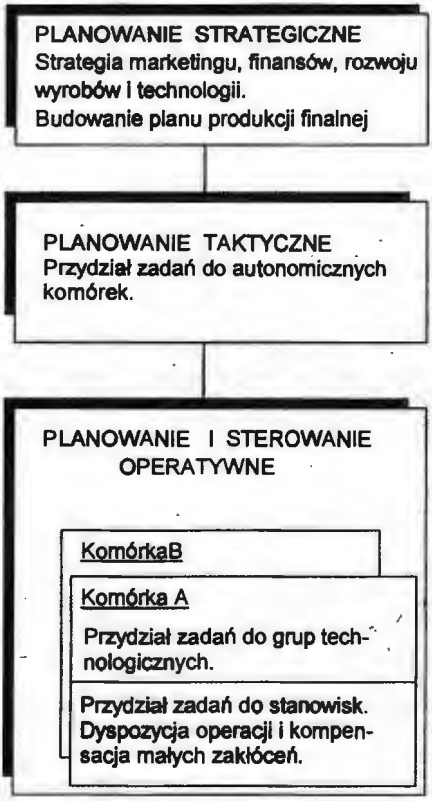
2. ZARZĄDZANIE PRODUKCJĄ W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Zarządzanie produkcją w przedsiębiorstwie realizowane jest na ogół na trzech poziomach i obejmuje (rysunek 1):
- planowanie strategiczne,
- planowanie taktyczne,
- planowanie i sterowanie operatywne.

Na najwyższym szczeblu zarządzania określane są strategie marketingu, finansów, rozwoju wyrobów i technologii. W oparciu o te strategie a także zawarte bądź negocjowane kontrakty budowany jest plan produkcji. Plan ten określa strukturę asortymentowo-ilościową wyrobów finalnych do wykonania. Plan produkcji bilansowany jest z dysponowanymi zasobami produkcyjnymi.

Pierwszy stopień dekompozycji planowania dokonuje rozbicia planu produkcji na zadania dla poszczególnych autonomicznych komórek produkcyjnych proporcjonalnie do zdolności produkcyjnych ich wyposażenia oraz okresów planistycznych. Wstępna

* Katedra Technologii Maszyn Akademii Techniczno-Rolniczej
85 - 763 Bydgoszcz, ul. Prof. S. Kaliskiego 7



Rys. 1. Zarządzanie produkcją w przedsiębiorstwie

analiza przepustowości systemów produkcyjnych zbudowanych z wzajemnie zastępowalnych stanowisk produkcyjnych (np. elastycznych systemów produkcyjnych, które tworzą zastępowalne centra obróbkowe) może być przeprowadzona z wykorzystaniem klasycznych modeli systemów obsługi masowej np. modelu M/M/n/r.

Najniższy szczebel planowania przebiegu produkcji to planowanie wewnątrzkomórkowe. Polega ono na rozbiciu planu pracy dla całej komórki produkcyjnej na zadania dla poszczególnych grup stanowisk (technologicznie zamiennych) i następnie na zadania dla pojedynczych stanowisk. Rozdziału zadań dokonuje się w taki sposób, aby zapewnić maksymalne wykorzystanie zdolności produkcyjnej maszyn i urządzeń. Po rozłożeniu zadań na grupy technologiczne stanowisk planowany jest przebieg procesu produkcyjnego, a więc wyznaczana jest kolejność uruchomień poszczególnych wyrobów tak, aby dotrzymać nałożonych terminów ich realizacji z jednej strony, a z drugiej utrzymać maksymalne wykorzystanie grup stanowisk.

Występujące na wszystkich szczeblach zarządzania bilansowanie zadań z możliwoś ciami produkcyjnymi jest jedną z najbardziej pracochłonnych czynności planistycznych Wielokrotne bilansowanie odbywa się już podczas napływu zamówień. Wyniki tego bilansowania są podstawą szeregu decyzji dotyczących m.in. przyjęcia lub odrzucenia zamówienia, zmiany wyposażenia, uruchomienia dodatkowej zmiany roboczej, zmiany struktury produkcyjnej itp. Zbilansowanie obciążeń stanowisk z ich zdolnością produkcyjną na niższych szczeblach zarządzania umożliwia podjęcie decyzji dotyczących alokacji produkcji. W następnym etapie rozwiązywany jest problem sterowania kompleksami operacji.

Problematyka projektowania i sterowania kompleksami operacji jest wspólna dla operacji o różnej naturze i obejmuje na ogół problemy rozdziału zadań i zasobów, szeregowania zadań oraz sterowania wykonaniem oddzielnych operacji w systemie [3]. Pojęcie kompleksu operacji odniesiono tu do dyskretnego procesu produkcyjnego typowego dla przemysłu maszynowego, w którym najważniejszymi elementami są:

- zasoby (obrabiarki, detale, ludzie),
- czasy operacji,
- powiązania pomiędzy operacjami technologicznymi, tj.struktura kompleksu oparta na pewnych uwarunkowaniach czasowych (np. pewne operacje mogą rozpocząć się dopiero po zakończeniu innych),
- priorytety będące miarą pilności wykonania detalu.

W przypadku procesów produkcyjnych realizowanych m.in. w gniazdach o szybko zmiennym asortymencie produkcji sterowanie kompleksami operacji staje się trudnym dla dyspozytora systemu problemem. Niewłaściwe decyzje podejmowane w tej fazie produkcji powodują na ogół wydłużenie czasów oczekiwania na wykonanie poszczególnych operacji, przeciążenie pewnych grup maszyn oraz niepełne wykorzystanie innych, co w rezultacie doprowadza do przekroczenia terminów wykonania detali. W związku z tym ciągle rozwijane są kierunki badań, które umożliwiałyby budowę systemów, w których decyzje sterujące podejmowane byłyby w bardzo krótkim czasie i jednocześnie optymalizowałyby przepływ produkcji głównie ze względu na takie kryteria, jak dotrzymanie terminu zlecenia i pełne wykorzystanie zasobów.

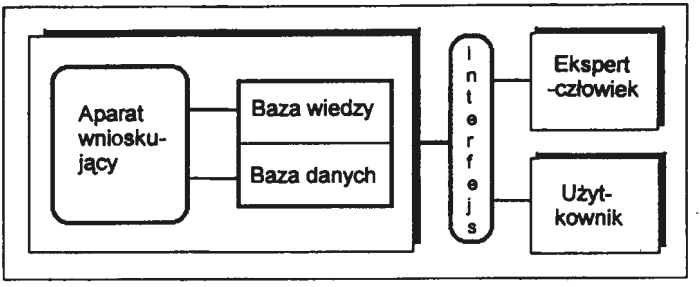
3. SYSTEMY EKSPERTOWE ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Współczesne systemy zarządzania produkcją wykorzystują na ogół osiągnięcia trzech dyscyplin naukowych: badań operacyjnych, sztucznej inteligencji i teorii sterowania. Najnowsze realizacje w zakresie zarządzania produkcją to m.in. systemy ekspertowe o architekturze tablicowej i rozproszone systemy ekspertowe [4,5,6].

Postęp w budowie komputerowych systemów wspomagających zarządzanie produkcją w znacznym stopniu uzależniony był od rozwoju w modelowaniu baz danych. Obecnie komputerowe systemy wspomagające planowanie i sterowanie przebiegiem produkcji bazują na ogół na relacyjnym modelu baz danych. Istnieje wiele narzędzi programistycznych, które umożliwiają implementację tego typu modeli [7]. Wygodnym językiem programowania do niemal bezpośredniej implementacji relacyjnych baz danych jest m.in. Prolog [8,9]. Wykorzystanie tego języka do tworzenia baz danych ma szczególne znaczenie, ponieważ język ten umożliwia nie tylko tworzenie i zarządzanie bazami danych ale także ułatwia budowę tak dynamicznie rozwijających się systemów ekspertowych [10].

Systemy ekspertowe realizowane w języku Prolog wykorzystują techniki sztucznej inteligencji oparte na rachunku predykatów. W logice matematycznej predykatem nazywana jest funkcja dowolnej liczby zmiennych przyjmująca wartości logiczne T i N (tak i nie, prawda i fałsz, 1 i 0). Predykaty są często stosowanym efektywnym narzędziem modelowania wiedzy a w szczególności mogą służyć do formalizowania faktów, zdarzeń, procesów, opisów strukturalno-funkcjonalnych oraz reguł wnioskowania [3,11].

Strukturę typowego systemu ekspertowego tworzą na ogół trzy główne człony: baza wiedzy, baza danych i aparat wnioskujący [11]. Podstawowe człony systemu ekspertowego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Podstawowe człony systemu ekspertowego

Baza wiedzy zawiera informacje opisujące prawidłowości danego obszaru przedmiotowego, pozwalające modyfikować bazę danych. Baza wiedzy zawiera więc reguły i procedury wnioskowania. Prologowe systemy ekspertowe używają reguł typu: "IF(jeżeli)..., THEN(to)...". Baza danych zawiera określone fakty z przedmiotowej dziedziny, z których korzysta człon bazy wiedzy. Aparat wnioskujący kieruje procesem rozumowania. Działanie systemu ekspertowego jest oparte na interakcji z użytkownikiem. Jakość interfejsu odgrywa więc ogromną rolę w poprawności rozumowania. Język, w którym prowadzony jest dialog musi być zrozumiały dla użytkownika.

4. ZINTEGROWANY SYSTEM ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Prezentowany w referacie system może wspomagać zarządzanie produkcją w procesach wytwórczych o szybko zmiennym asortymencie produkcji. Na system ten składają się trzy główne programy napisane w języku Turbo Prolog 2.0 oraz Turbo Pascal 6.0. Pierwszy program wspomaga użytkownika w rozdziale zadań do komórek produkcyjnych. Program ten powstal w oparciu o model zamkniętej sieci kolejek M/M/n/r i zaimplementowany został w języku Turbo Pascal 6.0. Pozostałe dwa programy napisane zostały w języku Turbo Prolog 2.0 i umożliwiają zintegrowane zarządzanie autonomiczną komórką produkcyjną. Pierwszy z tych programów wspomaga użytkownika w budowaniu dziennych planów zadań dla komórki produkcyjnej. Drugi program to system ekspertowy wspomagający operatora w rozdziale operacji technologicznych, ze skończonego ich zbioru zawartego w dziennym planie zadań.

Komputerowe budowanie planu zadań rozpoczyna się od wprowadzenia danych o detalooperacjach (rysunek 3). Mogą to być:

1) Dane otrzymane z wyższego szczebla zarządzania produkcją, jak np.:
- wykazy detali, otrzymane w wyniku rozwinięcia wyrobów,
- marszruty technologiczne detali,
- czasy jednostkowe i przygotowawczo-zakończeniowe,
- wielkości partii produkcyjnych,
- priorytety dla partii.

Te informacje przechowywane są w etykietowanej bazie danych detalooperacji.

2) Dane z niższego szczebla o nie wykonanych zadaniach z powodu bardzo dużych zakłóceń w procesie produkcyjnym, które powinny być korygowane na poziomie rozdziału zadań do komórek produkcyjnych.

Dane wejściowe mogą być wprowadzane z bazy danych przechowywanej w pamięci dyskowej lub przez operatora za pośrednictwem klawiatury.

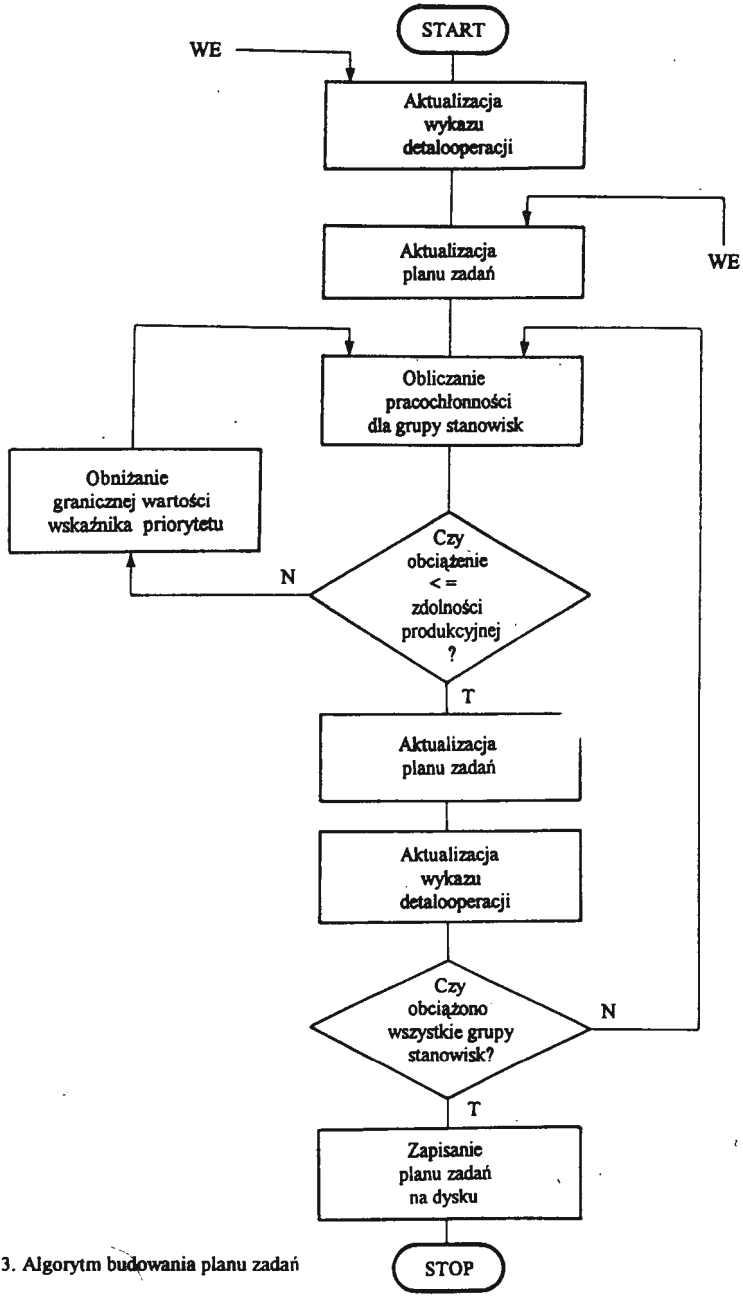
Po aktualizacji baz danych, dla wybranej grupy stanowisk, obliczana jest sumaryczna pracochłonność wykonania operacji. W przypadku, gdy obliczona pracochłonność przekracza zdolność produkcyjną danej grupy stanowisk, istnieje możliwość ponowienia próby obciążenia tej grupy operacjami o odpowiednio niższym wskaźniku priorytetu (określonym przez użytkownika). Wtedy, kiedy pracochłonność zadań ograniczona wskaźnikiem priorytetu nie przekracza zdolności produkcyjnej grupy stanowisk następuje aktualizacja baz danych - wykazu detalooperacji oraz planu zadań. Program umożliwia zapisanie aktualnego planu zadań w pliku na dysku. Tak utworzony dzienny plan zadań jest bazą danych dla systemu ekspertowego wspomagającego sterowanie produkcją. Poza bazą danych - dzienny plan zadań komputerowo zintegrowany system wykorzystuje następujące bazy danych:
- wykaz wolnych stanowisk obróbczych,
- wykaz pilnych zadań,
- zestawienie produkcji w toku,
- wykonanie planu zadań.

System ekspertowy sterowania produkcją dodatkowo, do przechowywania wyników pośrednich korzysta z dwóch baz danych:
- wykazu zajętych stanowisk,
- wykazu oczekujących na przydział zadań.

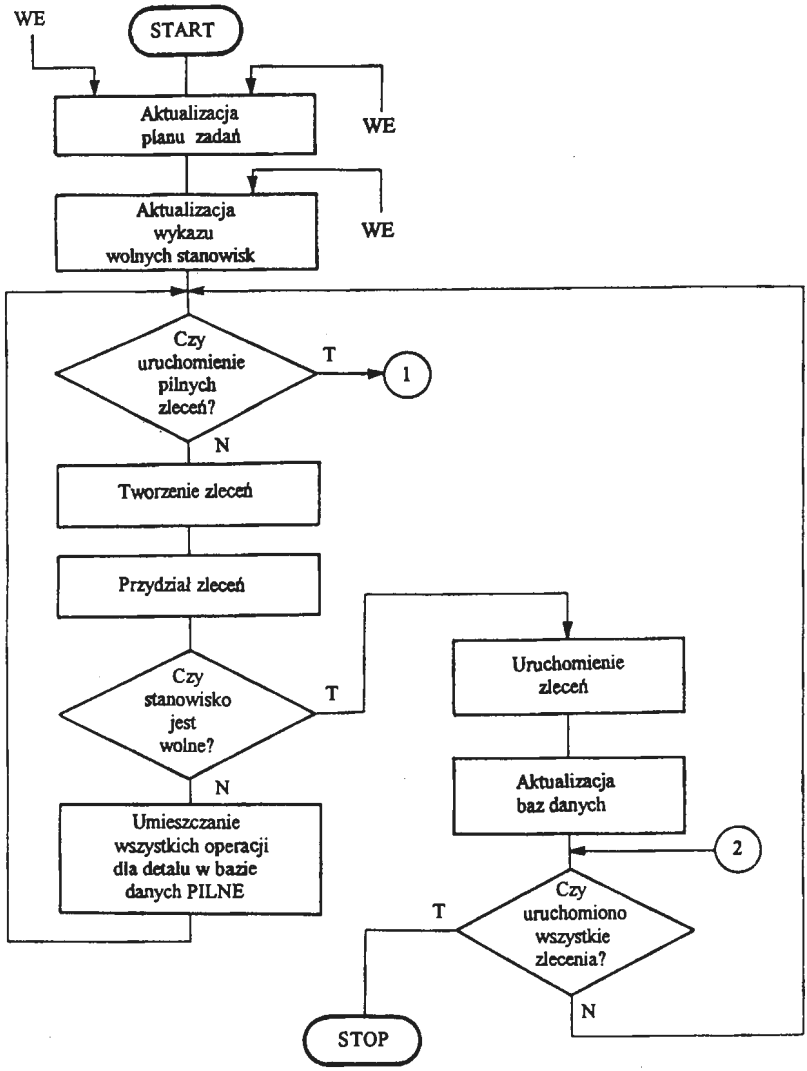
Wszystkie operacje w systemie są dokonywane w pamięci operacyjnej za pomocą predykatów dynamicznej zmiany pamięci. Sterowanie produkcją realizowane jest w oparciu o reguły "Jeżeli/to", które operują na faktach zawartych w pamięci operacyjnej.

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono algorytm sterowania produkcją. Po aktualizacji baz danych, z listy detali przewidywanych do wykonania w systemie produkcyjnym zostaje wybrany ten, który posiada najniższy wskaźnik priorytetu. Następnie z listy operacji do wykonania na tym detalu wybrana zostaje ta operacja, która posiada najniższy numer. W ten sposób jednoznacznie zostaje określona detalooperacja. Jeżeli stanowisko, do którego została przypisana operacja jest wolne to następuje uruchomienie zlecenia wykonania tej detalooperacji. Z uruchomieniem zlecenia, ze względu na zmianę stanu zasobów uczestniczących w procesie produkcji wiąże się każdorazowo automatyczna aktualizacja baz danych.

Jeżeli po wytypowaniu detalooperacji do wykonania okaże się, że stanowisko do którego została przypisana detalooperacja jest zajęte to wszystkie operacje do wykonania na wybranym detalu zostają umieszczone w bazie danych jako pilne. Po zwolnieniu



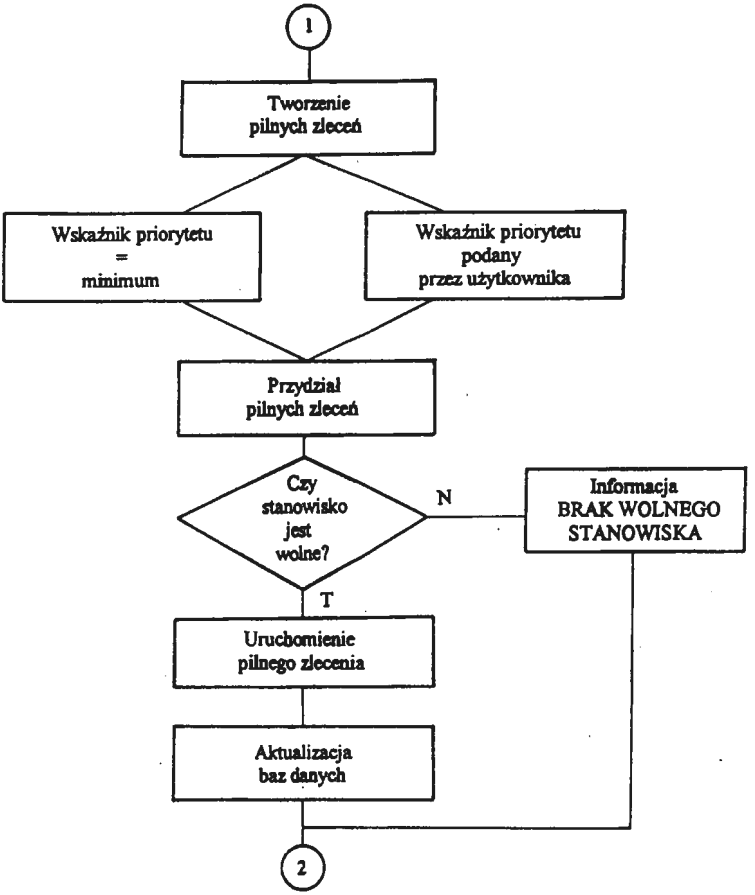
Rys. 3. Algorytm budowania planu zadań



Rys. 4. Algorytm sterowania produkcją

jakiegokolwiek stanowiska każdorazowo podejmowana jest próba uruchomienia w pierwszej kolejności pilnych zadań (z możliwością podwyższania wskaźnika priorytetu).

System ekspertowy realizuje także pewne funkcje objaśniania, m.in. informuje użytkownika o umieszczaniu operacji dla detalu w bazie danych jako pilne oraz braku stanowisk dla pilnych detalooperacji.



Rys. 5. Algorytm uruchamiania pilnych zadań

5. UWAGI O REALIZACJI PROGRAMOWEJ

Prezentowany system zarządzania produkcją jest systemem konwersacyjnym. Kolejne opcje głównego "menu", w każdym z programów napisanych w Turbo Prologu 2.0, pozwalają użytkownikowi na: zakładanie, aktualizowanie i wyprowadzanie zawartości "wewnętrznych" baz danych. Aktywowanie wybranej z głównego "menu" opcji powoduje rozwinięcie podrzędnego "menu" w celu dokonania wyboru bazy danych, której zawartość chcemy poznać lub modyfikować (np. w przypadku dużych zakłóceń w procesie produkcyjnym wymagających ingerencji operatora systemu).

Tworzenie zleceń oraz typowanie detalooperacji do uruchomienia przez system ekspertowy realizowane jest z wykorzystaniem predykatu standardowego findall, który tworzy listę wszystkich rozwiązań zwracanych przez predykaty niedeterministyczne.

Predykat ten ma następującą postać:

```
findall(ZmiennaX,cel(...,ZmiennaX,...),Lista)
```

i powoduje:

- wywołanie celu podanego jako drugi parametr,
- znalezienie wszystkich rozwiązań zmiennej wymienionej jako parametr pierwszy,
- utworzenie z tych rozwiązań listy, której nazwa jest podana jako parametr trzeci.

Przytoczony niżej fragment programu pokazuje użycie predykatu findall.

```
findall(Priorytet,db_planZad(_,_,Priorytet,_,_,_,_),ListaP),
minP(ListaP,MinimumP),
db_planZad(KodDet,NrOper,Priorytet,NazwaSt,Partia,CzasW,Plan),
Priorytet=MinimumP,
assert(db_oczekuje(KodDet,NrOper,Priorytet,NazwaSt,Partia,CzasW,oczekuje)),fail.
```

Predykat minP(ListaP,MinimumP) podaje wartość najmniejszego elementu (MinimumP) listy (ListaP) a tym samym dokonuje wyboru detalu o najniższym wskaźniku priorytetu. Predykat standardowy assert powoduje umieszczenie operacji dla tego detalu w bazie danych detali oczekujących na obróbkę.

Sposób wybierania najmniejszego elementu z listy pokazano niżej.

```
minP([G|[ ]],G).
minP([G|O],MinimumP) :-
minP(O,N1),
mi(G,N1,MinimumP),!.
mi(A,B,A) :-
A<B.
mi(A,B,B) :-
A>=B.
```

Zaletą prologowych systemów wspomagania zarządzania produkcją jest stosunkowo nieskomplikowane przygotowywanie danych do podejmowania decyzji sterujących, co często stanowiło pewną barierę w rozwiązywaniu problemów sterowania kompleksami operacji [12].

LITERATURA

[1] Bruno G., Elia A., Laface P.: A rule-based system to schedule production. Artificial Intelligence in Industry Series, Springer-Verlag, 1988,s.452-465

[2] Tzafestass S.: Petri-net a knowledge - based methodologies in manufacturing system modelling simulation and control. Proceedings of the 5th CIM Europe Conference "Computer Integrated Manufacturing", Athens 1989, s.39-50

[3] Bubnicki Z.: Wstęp do systemów ekspertowych. PWN, Warszawa 1990

[4] Appels S., Ayel J., Laurent J.P., Lanusse A., Panet B.P.: Controller module for coordination of supervision activities on production management systems. Proceedings of the 5th CIM Europe Conference "Computer Integrated Manufacturing" Athens 1989,s.3-14

[5] Ławrynowicz A.: Sztuczna inteligencja w zarządzaniu produkcją. Przegląd Mechaniczny 1993/9, s.7-10

[6] Stawicki J.:BB_POL - narzędzie do budowy tablicowych systemów ekspertowych. Informatyka 1992/10, s.14-18

[7] Ławrynowicz A.: Reprezentacja wiedzy w sztucznej inteligencji. Przegląd Mechaniczny 1993,4, s.16-20
[8] Lucas R.: Database applications using Prolog. Ellis Horwood Limited, Chichester 1988
[9] Ławrynowicz A.: Prologowy system wspomagający zarządzanie produkcją. Materiały z II Konferencji Naukowej pt."Inżynieria Wiedzy i Systemy Ekspertowe", Wrocław 1993, Tom II, s.564-570
[10] Merritt D.: Building Expert Systems in Prolog, Springer-Verlag, 1989
[11] Staugaard A.C.: Robotics and AI: An Introductions to Applied Machine Intelligence. Prentice-Hall Inc. New Jersey 1987
[12] Zaborowski M.: Optymalizacja planów w systemach operatywnego sterowania produkcją. Archiwum Automatyki i Robotyki 1991,2, s.313-325

ISBN 83-85847-80-4