ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978
Seria: Automatyka z.44 Nr kol. 580

Andrzej Adrabiński
Mieczysław Wodecki
Uniwersytet Wrocławski

Józef Grabowski
Politechnika Wrocławska

SYSTEM INFORMATYCZNY PLANOWANIA OPERATYWNEGO Z ZASTOSOWANIEM ALGORYTMÓW OPTYMALIZACJI ZAGADNIEŃ SEKWENCYJNYCH (NA PRZYKŁADZIE ZPRE-WROCŁAW)

Streszczenie. Omówiony zostanie system programów, służący do wyznaczenia optymalnego operatywnego planu produkcji, oraz harmonogramów pracy stanowisk roboczych. Może on być stosowany w tych gałęziach przemysłu, w których występuje przepływ materiałów i półproduktów w ciągu technologicznym.

1. Wstęp

Dyskretny system produkcyjny w przemyśle maszynowym, hutniczym, budowlanym charakteryzuje się przepływem materiałów i półproduktów w ciągu technologicznym w postaci pojedynczych elementów podzespołów i zespołów. Elementy te poddawane są operacjom obróbki (toczenie, walcowanie, wytop stali, obróbka ręczna itp.) na kolejnych stanowiskach roboczych,wyposażonych w maszyny (tokarki, piece do wytopu stali, brygady pracowników itp.), przy czym znane są czasy wykonania poszczególnych operacji na maszynach. Podobne problemy występują przy realizacji przedsięwzięć inwestycyjnych. Wówczas elementami przepływającymi przez system są maszyny budowlane, brygady pracowników itp.

Zagadnienie optymalnego sterowania procesem produkcyjnym polega na ustaleniu takiej kolejności wykonywania poszczególnych operacji na maszynach (zgodnie z wymogami ciągu technologicznego),aby zapewnić optymalne efekty mierzone wartością pewnego kryterium efektywności. W naszym przy-

padku za kryterium efektywności przyjęliśmy minimum czasu wykonania całego zadania produkcyjnego. W literaturze zagadnienie to określane jest jako zadanie planowania kalendarzowego lub zagadnienie kolejnościowe (zobacz [3]).

Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Remontowe Energetyki we Wrocławiu wykonuje remonty urządzeń energetycznych oraz produkuje niezbędne części zamienne. Duża ilość i różnorodność produkowanych wyrobów oraz prowadzonych przez przedsiębiorstwo usług powoduje, że proces planowania długoterminowego i operatywnego jest bardzo pracochłonny i przy zastosowaniu manualnej techniki przetwarzania informacji, małoefektowny i nieskuteczny. Poza tym przy stosowaniu dotychczasowej techniki przetwarzania informacji układanie harmonogramów pracy poszczególnych stanowisk roboczych, przy równoczesnym wyznaczaniu optymalnej kolejności wprowadzania detali do produkcji, nie jest możliwe. Zlecono więc Instytutowi Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego opracowanie modelu matematycznego, algorytmu a następnie oprogramowanie tzw. podstawowego zagadnienia kolejnościowego (zobacz [3], [4]), które to można określić następująco:

Mamy n operacji, które mają być wykonane przy użyciu q maszyn. Niektóre z tych operacji mają być wykonane w zadanym porządku technologicznym. Podstawowe zagadnienie kolejnościowe polega na ustaleniu takiej kolejności wykonywania operacji na maszynach, aby łączny czas wykonania wszystkich operacji, tzn. całego zadania produkcyjnego był minimalny. Przy tym powinny być spełnione następujące ograniczenia:

(i) każda z operacji ma być wykonywana na określonej, dokładnie jednej maszynie,

(ii) żadna maszyna nie może wykonywać jednocześnie więcej niż jedną operację,

(iii) wykonywanie operacji na danej maszynie nie może być przerwane,

(iv) przy wykonywaniu operacji ma być zachowany zadany porządek technologiczny,

(v) czasy wykonania przezbrojeń maszyn są równe zeru.

Algorytm rozwiązania tego zagadnienia oparty jest na metodzie podziału i ograniczeń z mieszaną strategią przeglądania drzewa rozwiązań i sprowadza się do znalezienia drogi minimaksymalnej w grafie dysjunktywnym, odpowiadającym temu zagadnieniu (zobacz [3]).

2. Opis programów wchodzących w skład oprogramowania podstawowego zagadnienia kolejnościowego

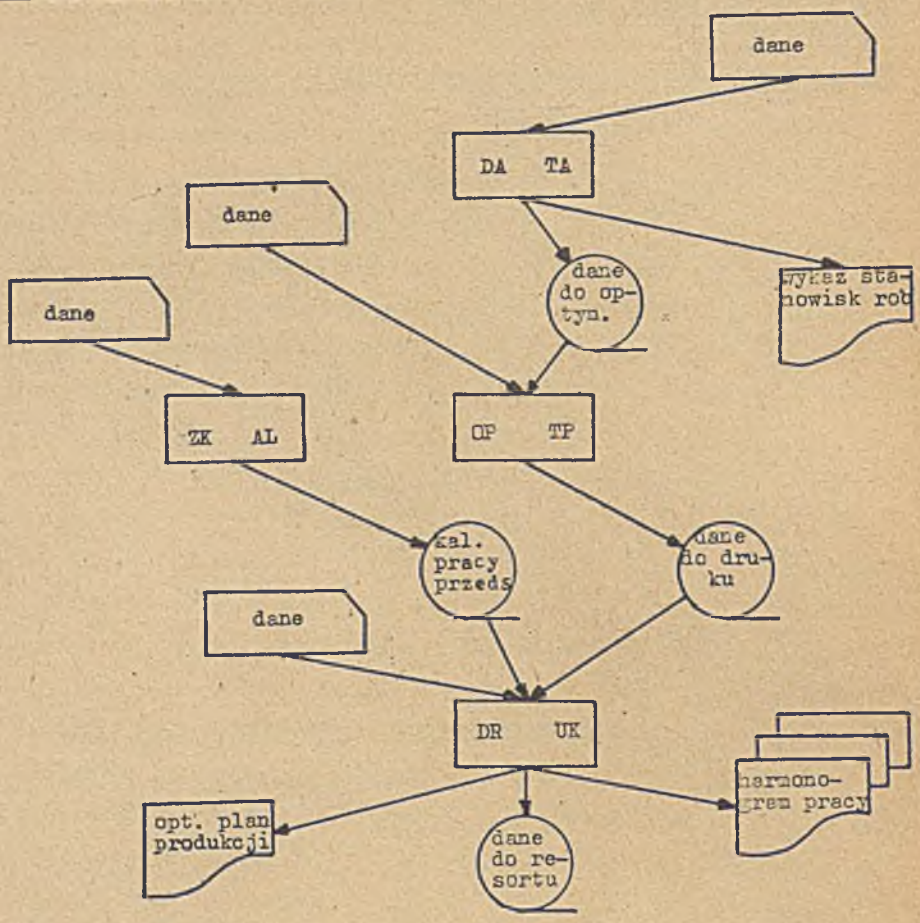
Oprogramowanie tworzy system programów służący do wyznaczenia operatywnego planu produkcji, tj. określenia takiej kolejności wykonywania operacji na maszynach (zgodnie z wymogami porządku technologicznego), aby czas wykonania całego zadania produkcyjnego był minimalny, oraz harmonogramów pracy stanowisk roboczych. Stosowanie systemu umożliwia nie tylko optymalne wykorzystanie czasu pracy maszyn i urządzeń, ale również wprowadzenie ładu i porządku na stanowiskach roboczych, szczególnie w przypadku dużej różnorodności produkowanych wyrobów.

W skład systemu wchodzą cztery programy:

- DATA,
- OPTP,
- ZKAL,
- DRUK.

Program DATA przygotowuje dane do programu OPTP, który z kolei wyznacza optymalny plan produkcji. Natomiast program DRUK, wykorzystując kalendarz pracy przedsiębiorstwa wyznaczony przez program ZKAL, tabelaryzuje otrzymane wyniki i wyprowadza je na drukarkę wierszową. Programy główne zostały napisane w języku ALGOL, a część podprogramów w języku FORTRAN, na maszyny cyfrowe serii ODRA 1300. Dane wejściowe do programów wprowadzane są z kart dziurkowanych. Na rys. 1 przedstawiony jest schemat blokowy systemu.

Danymi wejściowymi do programu DATA są informacje zawarte na kartach technologicznych opisujących proces produkcyjny. Karty te określają dla każdego z detali, między innymi, rodzaj operacji, jakim ma on podlegać oraz kolejność (porządek technologiczny) i czas ich wykonywania. Wielkości te po przetworzeniu umożliwiają konstrukcję grafu dysjunktywnego, w programie OPTP, odpowiadającego danemu procesowi produkcyjnemu. W grafie tym będziemy rozwiązywali zagadnienie wyznaczania drogi minimaksymalnej, które jest równoważne wyznaczaniu optymalnego planu produkcji (zobacz Tw. 5.1 [4]).



Rys. 1. Schemat blokowy systemu

Zasadniczą częścią programu OPTP jest procedura OPTKOLOBR (zobacz [1]), będąca realizacją programową algorytmu rozwiązania podstawowego zagadnienia kolejnościowego. Jednym z parametrów procedury jest czas maszyny cyfrowej, jaki przeznaczamy na wykonanie obliczeń. W przypadku przekroczenia dopuszczalnego czasu obliczeń, tzn. jeżeli w przydzielonym czasie wyznaczanie optymalnego planu nie zostało zakończone, wówczas następuje przerwanie obliczeń i odczytanie najlepszego rozwiązania znalezionego do tej pory. Oczywiście, tak uzyskany plan produkcji jest planem suboptymal-

nym. Mając taki plan można ponownie uruchomić program OPTP. Przeglądanie drzewa rozwiązań rozpoczyna się wówczas nie od korzenia, lecz od wierzchołka, w którym poprzednio uzyskano rozwiązanie suboptymalne. Można także rozpocząć proces optymalizacji od dowolnego znanego rozwiązania początkowego. Rozwiązaniem tym może być, np. stosowany do tej pory, plan produkcji.

W programie istnieje także możliwość uwzględnienia czasów dostępu maszyn, tzn. jeżeli w chwili rozpoczęcia realizacji zadania produkcyjnego niektóre maszyny wykonują jeszcze operacje z poprzedniego zadania lub też są niedostępne, np. z powodu remontu, wówczas zajętości tych maszyn, tj. czasy, w których są one niedostępne, wprowadzane są do programu i są one uwzględniane przez system w aktualnie wyznaczanym planie operatywnym.

Danymi wyjściowymi z programu DRUK jest wydruk na drukarce wierszowej planu operatywnego produkcji oraz harmonogramu pracy każdego stanowiska, biorącego udział w procesie produkcji. Przy drukowaniu uwzględnianych jest szereg parametrów określających pracę przedsiębiorstwa, takich jak: ilość zmian pracy (1 lub 2 zmiany), czas rozpoczęcia pierwszej zmiany, długość zmian, czas rozpoczęcia przerwy śniadaniowej itp. Wykorzystywany jest także kalendarz pracy przedsiębiorstwa (otrzymany w wyniku przebiegu programu ZKAL i zapisany w zbiorze na taśmie magnetycznej), w którym uwzględnione są dni wolne od pracy (święta, niedziele, wolne soboty itp.) oraz dni, w których długość zmian jest mniejsza (soboty).

Wszystkie dane wyjściowe z programów, które następnie wykorzystywane są przez któryś z programów systemu, jako dane wejściowe, zapisuje się w zbiorze na taśmie magnetycznej. Nie ma więc potrzeby dziurkowania dodatkowych kart z danymi.

Dokładny opis systemu zawarty jest w opracowaniu [2].

3. Uwagi

Ponieważ czas trwania obliczeń zależy głównie od ilości stanowisk roboczych, biorących udział w realizacji planu i ilości wszystkich operacji technologicznych, zaleca się łączyć stanowiska robocze w gniazda przedmiotowe. W ten sposób plany operatywne można opracowywać dla poszczególnych gniazd przedmiotowych niezależnie. Ma to duże znaczenie przy

pojawianiu się zakłóceń w produkcji. Pojawienie się zakłócenia w jednym gnieździe przedmiotowym nie wpływa ujemnie na przebieg procesu produkcyjnego w pozostałych gniazdach.

System został w całości uruchomiony, między innymi na danych rzeczywistych przygotowanych przez Wydział Informatyki PPRE. Obecnie jest on wdrażany i wstępnie eksploatowany. Ponadto, obecnie oprogramowywane jest tzw. ogólne zagadnienie kolejnościowe (zobacz [3], [4]). Model matematyczny tego zagadnienia opisuje szerszą klasę procesów produkcyjnych występujących w praktyce. W zagadnieniu tym dowolna operacja może być wykonywana na jednej z kilku maszyn należących do tego samego typu, przy czym czasy wykonania tej operacji na różnych maszynach mogą być różne. Powstały system zostanie w przyszłości wdrożony także w ZPRE.

LITERATURA

[1] A. Adrabiński, J. Grabowski: Instrukcja obsługi i użytkowania procedury "OPTKOLOBR", Instytut Informatyki, Uniwersytet Wrocławski, 1975.

[2] A. Adrabiński, M. Wodecki: Instrukcja obsługi i użytkowania modułu wyznaczającego optymalny plan produkcji w ramach systemu "PLANOR", Instytut Informatyki, Uniwersytet Wrocławski, 1977.

[3] J. Grabowski: Algorytmy optymalizacji i sterowania w dyskretnych procesach produkcyjnych. Prace Naukowe Instytutu Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej 7 (42), 1977.

[4] J. Grabowski, M. Sysło: Metody matematyczne optymalnego planowania operatywnego w dyskretnym procesie produkcyjnym. Centrum Obliczeniowe Instytutu Matematyki, Uniwersytet Wrocławski, 1974.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ ОПТИМАЛИЗАЦИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Р е з ю м е

В роботе рассматривается система программ используемых для определения оптимального оперативного плана производства, а также графиков операций рабочих мест. Система может применятся в тех отраслях промышленности, к которых технологичесий процесс состоит из потока материалов и полфабрикатов.

AN INFORMATION SYSTEM FOR OPERATIVE PLANNING USING ALGORITHMS FOR THE OPTIMIZATION OF SEQUENCING PROBLEMS (ON THE EXAMPLE OF ZPRE WROCŁAW)

S u m m a r y

A software system for the optimum operative produktion planning and scheduling of jobs is presented. It may be applied in discrete technological processes.