

Wiesław Pierzchała, Stanisław Rusinek,
Jolanta Szadkowska-Skrzypiciel, Antoni Szymczak
Politechnika Krakowska

OCENA STRUKTURY ELASTYCZNEGO SYSTEMU PRODUKCYJNEGO Z WYKORZYSTANIEM MACIERZOWEGO MODELU SYMULACYJNEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono przykład modelowania i symulacyjnego wyznaczania wartości przyjętych wskaźników efektywności ESP z wykorzystaniem modelu macierzowego. Opisano oprogramowanie przyjętego modelu.

1. Wstęp

Jednym z istotnych zadań w procesie projektowania ESP jest wybór optymalnego wariantu struktury, zapewniającego uzyskanie maksymalnej efektywności. Z reguły zadanie to jest rozwiązywane w czterech etapach:

- # opracowanie alternatywnych wariantów struktury;
- # opracowanie odpowiednich modeli;
- # wyznaczenie wskaźników efektywności;
- # wybór wariantu optymalnego.

Podstawą prac pierwszego etapu jest technologia grupowa obejmująca metody typizacji procesów technologicznych i metody opracowywania grupowych marszrutowych i operacyjnych procesów technologicznych [2]. Wykonują je projektanci ESP wykorzystując posiadane doświadczenie. W drugim etapie w szeregu przypadkach możliwe jest wykorzystanie jednego ogólnego modelu, np. opartego na teorii masowej obsługi czy teorii sieci [5]. Stosowane są również inne metody, w tym metody symulacji [6]. Jedną z nich jest opracowana w Instytucie Technologii Maszyn Politechniki Krakowskiej oryginalna, macierzowa metoda symulacji komputerowej. Do najistotniejszych wskaźników efektywności, wyznaczanych w etapie trzecim, należą: czas cyklu produkcyjnego, wskaźnik obciążenia urządzeń, wydajność produkcyjna [7].

Celem pracy jest przedstawienie możliwości symulacyjnego wyznaczania wartości przyjętych wskaźników efektywności ESP z wykorzystaniem modelu macierzowego. Na podstawie tych wskaźników możliwa jest ocena struktury

ESP zarówno w odniesieniu do rozwiązań projektowych, jak i w przypadkach analizy ofert producentów tego typu obiektów.

2. Wskaźniki efektywności elastycznego systemu produkcyjnego.

Podstawę do oceny struktury ESP stanowią wartości istotnych wskaźników efektywności, uzyskiwane w trakcie realizacji określonych zadań produkcyjnych.

Przyjęto oznaczenia:

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_j, \dots, u_m\}$ - zbiór urządzeń ESP (np. maszyn, wózków, robotów);

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_j, \dots, p_n\}$ - zbiór produkowanych partii wyrobów;

k_i - liczebność partii p_i ;

t_{rozp_i} - termin rozpoczęcia pierwszej czynności związanej z wykonywaniem partii p_i ;

t_{zak_i} - termin zakończenia ostatniej czynności związanej z wykonywaniem partii p_i ;

τ_j - łączny czas pracy (bez przestoju) urządzenia u_j .

Rozpatrywane wskaźniki efektywności ESP zdefiniowano w następujący sposób:

- czas cyklu produkcyjnego dla partii p_i :

$$T_i = t_{zak_i} - t_{rozp_i}; \quad (1)$$

- czas cyklu produkcyjnego dla wszystkich produkowanych wyrobów (czas wykonania zadania produkcyjnego):

$$T = \max_{i=1, \dots, n} t_{zak_i} - \min_{i=1, \dots, n} t_{rozp_i}; \quad (2)$$

- wskaźnik obciążenia urządzenia u_j :

$$\eta_j = \tau_j / T; \quad (3)$$

- wydajność produkcyjna dla partii p_i :

$$w_i = k_i / T; \quad (4)$$

- wydajność produkcyjna:

$$V = \sum_{i=1}^n k_i / T; \quad (5)$$

3. Oprogramowanie macierzowej symulacji ESP.

W pracy wykorzystano macierzowy model symulacyjny ESP, przedstawiony szczegółowo w [3]. Istotną cechą tego modelu jest przejrzystość zapisu struktury ESP i logiki jego działania. W celu zapisu struktury wyodrębnia

się zbiór czynności elementarnych oraz elementów biorących w nich udział i tworzy tzw. tablicę wyjść. Na podstawie tej tablicy budowana jest i przekształcana rekurencyjnie (za pomocą prostego algorytmu) macierz stanu, opisująca z wystarczającą dokładnością stan modelowanego systemu w poszczególnych etapach jego funkcjonowania.

Oprogramowanie modelu składa się z trzech programów: TRANSYM, EDPSYM, i FMSYM. Zostały one napisane w języku TURBO PASCAL i uruchomione na mikrokomputerze IBM/XT/AT.

Wymagane dane stanowią: tablica wyjść, warunki początkowe i warunki ograniczające.

Tablica wyjść, podstawowy zbiór danych, zawiera dla każdego elementu biorącego udział w określonej czynności, numery czynności, które z punktu widzenia tego elementu mogą być wykonane w następnej kolejności (tzw. wyjścia). Ponadto zawiera ona także czas trwania każdej czynności. Przyjęto następującą konwencję zapisu tablic wyjść (przykład w p.1):

W klamrach << >> są umieszczane komentarze stanowiące m.in. nazwy czynności, których skrócony, symboliczny zapis oparty jest na dwóch schematach:

1. Dla czynności związanych z transportem elementów:
{< element >> , < skąd > ---> < dokąd >>.
2. Dla czynności przygotowawczych, obróbki, mycia, kontroli itp.:
{< elementy > * }.

W nawiasach okrągłych << >> są umieszczane numery elementów lub litera t dla oznaczenia czasu trwania czynności w przyjętych jednostkach.

Każdy wiersz tablicy wyjść (odnoszący się do jednej czynności) rozpoczyna się od litery W pełniącej rolę identyfikatora dla programu tłumaczącego, a kończy średnikiem niezależnie od tego, w ilu liniach został zapisany. Poszczególne pola wiersza zawierają numer elementu i ciąg wyjść. Pozostałe znaki pełnią rolę separatorów.

Gwiazdka <+> jako pierwszy znak w linii kończy tablicę wyjść.

Tablica wyjść przygotowywana jest za pomocą dowolnego edytora tekstu i zapisywana pod dowolną nazwą w pliku dyskowym. Wczytywanie, tłumaczenie, przetwarzanie danych z tego pliku i tworzenie plików z danymi dla pozostałych programów wykonuje program TRANSYM. W trakcie wczytywania kontrolowana jest formalna poprawność zapisu tablicy wyjść.

Przed rozpoczęciem symulacji należy określić warunki początkowe, wynikające ze stanów poszczególnych elementów modelowanego systemu na początku eksperymentu. Podaje się tutaj terminy gotowości każdego z

elementów do udziału w odpowiednich czynnościach, w których dany element po raz pierwszy ma uczestniczyć. Jeżeli termin ten dla któregośkolwiek elementu nie mieści się w symulowanym okresie czasu, oznacza to, że nie bierze on udziału w eksperymencie. Wprowadzanie warunków początkowych wykonuje się za pomocą programu EDPSYM, będącego specjalnym do tego celu napisanym edytorem ekranowym.

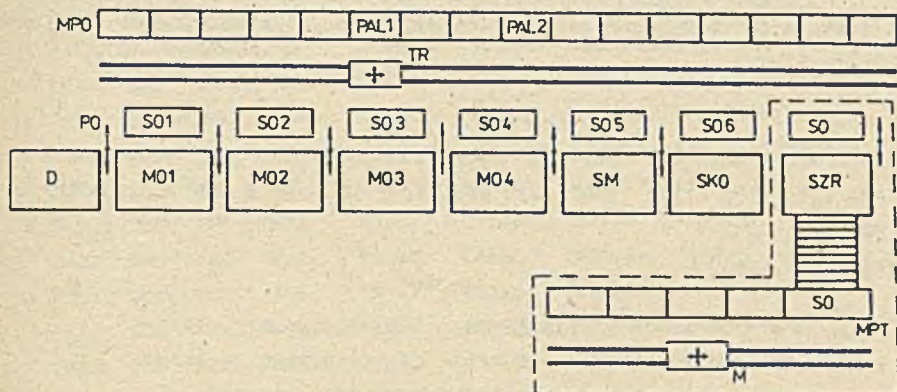
Powiązania strukturalne pomiędzy elementami systemu i czynnościami, zawarte w tablicy wyjść, pozwalają na wyznaczenie w każdym etapie pracy systemu czynności możliwych do wykonania. Należy wyeliminować możliwość wyboru spośród nich tych, które mogłyby doprowadzić do zablokowania systemu, a ponadto określić odpowiednią taktykę postępowania dla osiągnięcia przyjętego kryterium efektywności systemu. Aby zapewnić właściwą kolejność i częstość wykonywania czynności, wprowadza się do modelu zbiór warunków ograniczających, blokujących możliwość wykonania niektórych z nich w poszczególnych fazach procesu. Czynność tylko wtedy może zostać wybrana i wykonana w kolejnym kroku symulacji, gdy spełnione są wszystkie warunki, które zostały jej przypisane. Warunki mają postać równań i nierówności algebraicznych, wiążących stany liczników przypisanych czynnościom i zliczających przypadki ich wykonania od początku eksperymentu. W wyrażeniach określających warunki liczniki te występują jako zmienne postaci $\langle \text{Numer czynności} \rangle$. Wpisywanie warunków ograniczających odbywa się po uruchomieniu głównego programu symulacyjnego o nazwie FMSYM i jest możliwe zarówno na początku, jak i w dowolnej fazie jego pracy. Program ten przetwarza macierz stanu i wyświetla na ekranie aktualną jej postać. W dolnym okienku podany jest zestaw wybieralnych poleceń, uruchamiających poszczególne tryby pracy programu. Jedno z nich (polecenie W) włącza edytor umożliwiający dopisywanie, poprawianie, i usuwanie warunków ograniczających.

Program FMSYM tworzy i zapisuje na dysku zbiory plików zawierające dane niezbędne do wyliczenia wielkości opisanych wzorami (1)...(5). Natomiast program o nazwie RYS czyta dane z dysku i wykonuje obliczenia. Program RYS pracuje w trybie konwersacyjnym, co umożliwia prowadzenie obliczeń wskaźników dla dowolnie wybranych elementów.

Szczegółowy opis omawianego pakietu, konwencji zapisu tablic wyjść oraz przykłady zastosowań do modelowania różnych struktur ESP zawiera praca [4].

4. Przykład modelu i wyniki eksperymentu symulacyjnego.

Opracowano model elastycznego systemu produkcyjnego do obróbki korpusów typ ESP-500 opisanego w pracy [1]. Konfigurację elementów systemu przedstawiono na rys 1. System składa się z czterech modułów obróbkowych (MO1-MO4), stacji mycia, stabilizacji termicznej i czasowego zabezpieczenia przedmiotów obrabianych i palet (SM, stacji kontroli ostatecznej (SKO), sześciu stanowisk oczekiwania (SO1-SO6), magazynu palet



Rys.1. Elastyczny system produkcyjny ESP-500

Fig.1. Flexible Manufacturing System ESP-500

obróbkowych, tzn. półfabrykatów i przedmiotów obrabianych zamocowanych na paletach obróbkowych (MPO), transportera regałowego (TR), sześciu podajników operacyjnych (PO), stacji załadowczo-rozładowczej (SZR) ze stanowiskiem oczekiwania (SO), magazynu palet transportowych (MPT) z własnym manipulatorem (układarką) (M) i stanowiskiem odkładczym (SO) oraz pomieszczenia dyspozytora (D).

Moduły obróbkowe oraz stacje technologiczne systemu ustawione zostały liniowo. Wzdłuż nich zabudowano jednostronny magazyn palet obróbkowych z transporterem regałowym do odkładania lub pobierania palet z magazynu oraz stanowisk oczekiwania modułów obróbkowych i stacji technologicznych. Transport palet między stanowiskami oczekiwania modułów obróbkowych i stacji technologicznych a tymi modułami i stacjami zapewniają przenośniki operacyjne. Obok systemu ustawiony został magazyn regałowy palet transportowych, gdzie gromadzi się przedmioty przeznaczone do obróbki. Magazyn posiada własny manipulator (układarkę) służący do podania na stanowisko oczekiwania właściwej palety z przedmiotami. Paleta wraz z

przedmiotami ze stanowiska oczekiwania magazynu podawana jest specjalnym transporterem rolkowym, zabudowanym w podłodze, na stację załadowczo-rozładowczą. Po ustaleniu i zamocowaniu przedmiotów na paletach obróbkowych, transporter regałowy przenosi je do magazynu.

W opracowanym modelu założono obróbkę dwóch rodzajów przedmiotów (korpusów) zamocowanych na paletach (PAL1 i PAL2) w liczbie 25 sztuk. Każdy przedmiot jest obrabiany na jednym z modułów obróbkowych, a następnie kierowany kolejno do: SM, SKO, MPO.

Model systemu ESP-500 stanowią: tablica wyjść, warunki początkowe i warunki ograniczające.

Tablica wyjść.

(TR PAL1 PAL2 S01 S02 S03 S04 S05 S06 M01 M02 M03 M04)
 ([1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13])
 (SM SKO CZAS)
 ([14] [15] [16])

(PAL1, MPO → TR) W1: (1)23/4/5/6/ (1)23/4/5/6/61/ (t)2/;
 (PAL2, MPO → TR) W2: (1)7/8/9/10/ (3)27/8/9/10/62/ (t)2/;
 (PAL1, TR → S01) W3: (1)71/ (2)11/ (4)211/ (t)2/;
 (PAL1, TR → S02) W4: (1)71/ (2)12/ (5)212/ (t)2/;
 (PAL1, TR → S03) W5: (1)71/ (2)13/ (6)213/ (t)2/;
 (PAL1, TR → S04) W6: (1)71/ (2)14/ (7)214/ (t)2/;
 (PAL2, TR → S01) W7: (1)71/ (3)15/ (4)215/ (t)2/;
 (PAL2, TR → S02) W8: (1)71/ (3)16/ (5)216/ (t)2/;
 (PAL2, TR → S03) W9: (1)71/ (3)17/ (6)217/ (t)2/;
 (PAL2, TR → S04) W10: (1)71/ (3)18/ (7)218/ (t)2/;
 (PAL1, S01 → M01) W11: (2)19/ (4)27/ (10)219/ (t)0.5/;
 (PAL1, S02 → M02) W12: (2)20/ (5)28/ (11)220/ (t)0.5/;
 (PAL1, S03 → M03) W13: (2)21/ (6)29/ (12)221/ (t)0.5/;
 (PAL1, S04 → M04) W14: (2)22/ (7)30/ (13)222/ (t)0.5/;
 (PAL2, S01 → M01) W15: (3)23/ (4)31/ (10)223/ (t)0.5/;
 (PAL2, S02 → M02) W16: (3)24/ (5)32/ (11)224/ (t)0.5/;
 (PAL2, S03 → M03) W17: (3)25/ (6)33/ (12)225/ (t)0.5/;
 (PAL2, S04 → M04) W18: (3)26/ (7)34/ (13)226/ (t)0.5/;
 (P01, M01*) W19: (2)27/ (10)27/ (t)30/;
 (P01, M02*) W20: (2)28/ (11)28/ (t)30/;
 (P01, M03*) W21: (2)29/ (12)29/ (t)30/;
 (P01, M04*) W22: (2)30/ (13)30/ (t)30/;

| | | | |
|----------------------------|--------|---------|------------------------------------|
| { P02, M01* } W23: | (3)31/ | (10)31/ | (t)40/; |
| { P02, M02* } W24: | (3)32/ | (11)32/ | (t)40/; |
| { P02, M03* } W25: | (3)33/ | (12)33/ | (t)40/; |
| { P02, M04* } W26: | (3)34/ | (13)34/ | (t)40/; |
| { PAL1, M01→S01 } W27: | (2)35/ | (4)35/ | (10)11/15/ (t)0.5/; |
| { PAL1, M02→S02 } W28: | (2)36/ | (5)36/ | (11)12/16/ (t)0.5/; |
| { PAL1, M03→S03 } W29: | (2)37/ | (6)37/ | (12)13/17/ (t)0.5/; |
| { PAL1, M04→S04 } W30: | (2)38/ | (7)38/ | (13)14/18/ (t)0.5/; |
| { PAL2, M01→S01 } W31: | (3)39/ | (4)39/ | (10)11/15/ (t)0.5/; |
| { PAL2, M02→S02 } W32: | (3)40/ | (5)40/ | (11)12/16/ (t)0.5/; |
| { PAL2, M03→S03 } W33: | (3)41/ | (6)41/ | (12)13/17/ (t)0.5/; |
| { PAL2, M04→S04 } W34: | (3)42/ | (7)42/ | (13)14/18/ (t)0.5/; |
| { PAL1, S01→TR } W35: | (1)43/ | (2)43/ | (4)3/7/ (t)2/; |
| { PAL1, S02→TR } W36: | (1)44/ | (2)44/ | (5)4/8/ (t)2/; |
| { PAL1, S03→TR } W37: | (1)45/ | (2)45/ | (6)5/9/ (t)2/; |
| { PAL1, S04→TR } W38: | (1)46/ | (2)46/ | (7)6/10/ (t)2/; |
| { PAL2, S01→TR } W39: | (1)47/ | (3)47/ | (4)3/7/ (t)2/; |
| { PAL2, S02→TR } W40: | (1)48/ | (3)48/ | (5)4/8/ (t)2/; |
| { PAL2, S03→TR } W41: | (1)49/ | (3)49/ | (6)5/9/ (t)2/; |
| { PAL2, S04→TR } W42: | (1)50/ | (3)50/ | (7)6/10/ (t)2/; |
| { PAL1(S01), TR→S05 } W43: | (1)71/ | (2)51/ | (8)51/ (t)0.8/; |
| { PAL1(S02), TR→S05 } W44: | (1)71/ | (2)51/ | (8)51/ (t)0.6/; |
| { PAL1(S03), TR→S05 } W45: | (1)71/ | (2)51/ | (8)51/ (t)0.4/; |
| { PAL1(S04), TR→S05 } W46: | (1)71/ | (2)51/ | (8)51/ (t)0.2/; |
| { PAL2(S01), TR→S05 } W47: | (1)71/ | (3)52/ | (8)52/ (t)0.8/; |
| { PAL2(S02), TR→S05 } W48: | (1)71/ | (3)52/ | (8)52/ (t)0.6/; |
| { PAL2(S03), TR→S05 } W49: | (1)71/ | (3)52/ | (8)52/ (t)0.4/; |
| { PAL2(S04), TR→S05 } W50: | (1)71/ | (3)52/ | (8)52/ (t)0.2/; |
| { PAL1, S05→SM } W51: | (2)53/ | (8)55/ | (14)53/ (t)0.5/; |
| { PAL2, S05→SM } W52: | (3)54/ | (8)56/ | (14)54/ (t)0.5/; |
| { P01, SM* } W53: | (2)55/ | (14)55/ | (t)5/; |
| { P02, SM* } W54: | (3)56/ | (14)56/ | (t)5/; |
| { PAL1, SM→S05 } W55: | (2)57/ | (8)57/ | (14)51/52/ (t)0.5/; |
| { PAL2, SM→S05 } W56: | (3)58/ | (8)58/ | (14)51/52/ (t)0.5/; |
| { PAL1, S05→TR } W57: | (1)59/ | (2)59/ | (8)43/44/45/46/47/48/49/50/ (t)2/; |
| { PAL2, S05→TR } W58: | (1)60/ | (3)60/ | (8)43/44/45/46/47/48/49/50/ (t)2/; |

- < PAL1(S05), TR → S06 > W59: (1)71/ (2)61/ (9)61/ (t)0.2/;
 < PAL2(S05), TR → S06 > W60: (1)71/ (3)62/ (9)62/ (t)0.2/;
 < PAL1, S06 → SKO > W61: (2)63/ (9)65/ (15)63/ (t)0.5/;
 < PAL2, S06 → SKO > W62: (3)64/ (9)66/ (15)64/ (t)0.5/;
 < P01, SKO* > W63: (2)65/ (15)65/ (t)10/;
 < P02, SKO* > W64: (3)66/ (15)66/ (t)10/;
 < PAL1, SKO → S06 > W65: (2)67/ (9)67/ (15)61/62/ (t)0.5/;
 < PAL2, SKO → S06 > W66: (3)68/ (9)68/ (15)61/62/ (t)0.5/;
 < PAL1, S06 → TR > W67: (1)69/ (2)69/ (9)59/60/ (t)2/;
 < PAL2, S06 → TR > W68: (1)70/ (3)70/ (9)59/60/ (t)2/;
 < PAL1, TR → MPO > W69: (1)71/ (2)G1/ (t)2/;
 < PAL2, TR → MPO > W70: (1)71/ (3)G2/ (t)2/;
 < TR* > W71: (1)1/2/35/36/37/38/39/40/41/42/57/58/67/68/ (t)0/;

¹⁾ Pary (element, czynność), dla których podano warunki początkowe przyjmując pewien stan wyjściowy systemu, zaznaczono w tabelicy wyjść przez podkreślenie

Warunki ograniczające.

| numer czynności | warunek ograniczający |
|-----------------|---|
| 1 | $N1 < 25$ $N1 + N2 < N35 + N36 + N37 + N38 + N39 + N40 + N41 + N42 + 4$ $N1 = N2$ |
| 2 | $N1 + N2 < N35 + N36 + N37 + N38 + N39 + N40 + N41 + N42 + 4$ $N2 < 25$ |
| 35 | $N35 + N36 + N37 + N38 + N39 + N40 + N41 + N42 < N57 +$ $+ N58 + 1$ |
| 36 | $N35 + N36 + N37 + N38 + N39 + N40 + N41 + N42 < N57 +$ $+ N58 + 1$ |
| 37 | $N35 + N36 + N37 + N38 + N39 + N40 + N41 + N42 < N57 +$ $+ N58 + 1$ |
| 38 | $N35 + N36 + N37 + N38 + N39 + N40 + N41 + N42 < N57 +$ $+ N58 + 1$ |
| 39 | $N35 + N36 + N37 + N38 + N39 + N40 + N41 + N42 < N57 +$ $+ N58 + 1$ |
| 40 | $N35 + N36 + N37 + N38 + N39 + N40 + N41 + N42 < N57 +$ $+ N58 + 1$ |
| 41 | $N35 + N36 + N37 + N38 + N39 + N40 + N41 + N42 < N57 +$ $+ N58 + 1$ |
| 42 | $N35 + N36 + N37 + N38 + N39 + N40 + N41 + N42 < N57 +$ $+ N58 + 1$ |

57. N57+N58 < N67+N68+1

58. N57+N58 < N67+N68+1

Uruchomienie pakietu programów opisanych w punkcie 3. dla wyżej przedstawionego systemu pozwala na uzyskanie, m. innymi następujących wskaźników efektywności:

Wskaźników obciążenia dla transportera regałowego TR (element nr 1 w tablicy wyjść), modułów obróbkowych M01-M04 (nr 10 - 13), stacji mycia SM (nr 14), stacji kontroli ostatecznej SKO (nr 15). Wartości tych wskaźników przedstawiono graficznie.

Czasów cykli produkcyjnych T_1, T_2 dla dwóch rodzajów przedmiotów P01, P02 (elementy nr 2 i 3).

Czasu cyklu dla zadania produkcyjnego T.

Wydajności produkcyjnych W_1, W_2 dla przedmiotów P01, P02. Liczbę przedmiotów określa liczba powtórzeń ostatnich czynności związanych z ich wykonaniem (dla P01 czynność nr 69, dla P02, czynność nr 70).

Wydajności dla zadania produkcyjnego W.

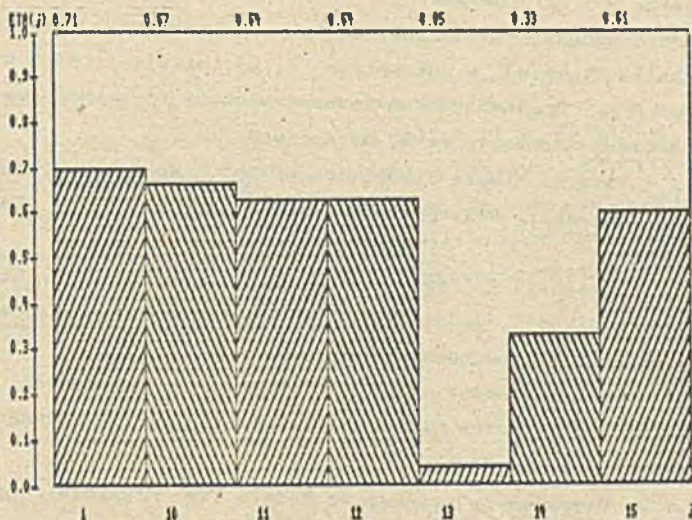
Zamieszczony poniżej wydruk zawiera uzyskane wyniki.

Wskaźniki obciążenia urządzeń

Podaj liczbę elementów : 7

Podaj numery elementów :

1
10
11
12
13
14
15



Czasy cykli produkcyjnych w [min]

Podaj liczbę elementów :

2

Podaj numery elementów :

2

3

Czas cyklu $T1(2) = 869.4$

Czas cyklu $T2(3) = 903.8$

Czas cyklu dla zadania produkcyjnego $T = 903.80$

Wydażność produkcyjna w [szt/min]

Podaj liczbę elementów :

2

Podaj numery czynności :

69

70

$W(2) = 0.028$

$W(3) = 0.028$

Wydażność produkcyjna $v = 0.055$

5. Zakończenie.

Uznano, że łatwość przygotowania danych do modelu, prostota eksperymentu symulacyjnego i uzyskania wartości wskaźników efektywności czyni z metody macierzowej łatwe do stosowania narzędzie oceny struktury ESP i poszukiwania rozwiązań optymalnych.

LITERATURA

- [1] Arankiewicz S., Bardyszewski J.: Elastyczne systemy produkcyjne na przykładzie technologii obróbki części korpusowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Automatyka, z. 85, Gliwice 1986.
- [2] Бляхерман М.Х.: Организационно-технологическое группирование деталей в ГПС. Вестник Машиностроения, nr 6, 1986.
- [3] Cyklis J.: Towards Simple Simulation of FMS. Selected Works in the Field of Mechanics. Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki, Krakow, 1987.
- [4] Cyklis J., Pierzchała W., Piąza M., Rusinek S., Szadkowska J., Szymczak A.: Wstępna weryfikacja modelu symulacyjnego ESP. Opracowanie dla CPBP 02.04. ITM Politechniki Krakowskiej, Krakow 1987.
- [5] Литвинов А.Л., Шаповалов Н.И.: Варианты компоновок гибких производственных систем для изготовления деталей. Механизация и Автоматизация Производства, nr 3, 1987.
- [6] Suri R.: An Overview of evaluative Models for Flexible Manufacturing

Systems. Proc. of First ORSA/TIMS Conf. on FMS, 1984.

- [7] Murotsu Y., Oba F., Iwata K., Yasuda K.: A Production Scheduling System for Flexible Manufacturing Systems. Computer Applications in Production and Engineering, E.A. Warman (ed.). North Holland Publishing Company, IFIP, 1983.

Recenzent: Prof. dr inż. H. Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 1988-04-30.

ОЦЕНКА КОМПОНОВКИ ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЧНОЙ СИМУЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Р е з ю м е

При проектировании гибких производственных систем выбор оптимального варианта обеспечивающего максимальную эффективность, является важной задачей. Как правило эта задача решается путём моделирования.

В работе приведён пример моделирования и симуляционного определения значений показателей эффективности ГАП с использованием его симуляционной модели. Описано опрограммирование принятой модели.

THE EVALUATION OF A FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM BY THE MATRIX SIMULATION MODEL

S u m m a r y

The choice of the optimal alternative design of a flexible manufacturing system is a crucial task for obtaining the maximum effectiveness of the system. This task is usually performed by the means of modelling.

The example of the simulation modelling for the determination of the FMS objectives is shown in the paper. The computer programmes for the accepted matrix model are also described.