

Marek Hołyński, Zbigniew Poznański
Instytut Maszyn Matematycznych

PLANOWANIE ROZDZIAŁU ZADAŃ W DYSKRETNYCH PROCESACH
PRZEMYSŁOWYCH METODĄ MODELOWANIA CYFROWEGO.

Streszczenie. Przedstawiono model symulacyjny centrum obróbczego złożonego z k stanowisk i magazynu przejściowego. Strumień detali dochodzących do centrum dzieli się na n strumieni, z których każdy ma zadany ciąg operacji technologicznych. Model wykorzystano do wyboru takiego algorytmu rozdziału zadań na stanowiska, który zapewni ich największe obciążenie.

Współczesne procesy przemysłowe charakteryzują się dużą ilością stanowisk obróbczych i wielką różnorodnością obrabianych elementów. W dodatku stanowiska te nie są na ogół połączone szeregowo, a sprzęgane w bardziej złożone konfiguracje, elementy zaś nie są dostarczone do nich kolejno, lecz zgodnie z harmonogramami uwzględniającymi skomplikowane wymagania technologiczne. Sytuacja ta spowodowała, że planowanie rozdziału zadań w procesie wytwarzania nabrało szczególnego znaczenia i w wielu przypadkach decyduje o powodzeniu zamierzonej produkcji.

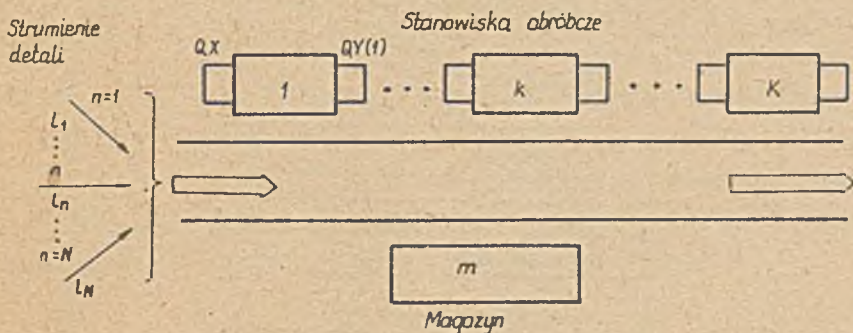
Istnieje wiele opracowań poruszających tę tematykę (na szczególną uwagę zasługuje tu praca [1]). Zazwyczaj rozpatrywana jest ona z punktu widzenia teorii masowej obsługi. Opisy analityczne rozdziału zadań udaje się budować stosunkowo łatwo. Jednakże w złożonych przypadkach posługiwanie się nimi przy badaniu procesu sprawia dużo trudności. Analityczne rozwiązania dotyczą więc zazwyczaj tylko prostych przypadków (proste strumienie zgłoszeń, wykładnicze czasy obsługi). Aby sprostać trudniejszym, należy zatem zastosować narzędzia, które umożliwią konstrukcję i badanie modelu równoważnego opisowi analitycznemu.

Takim właśnie narzędziem jest symulacja cyfrowa.

W niniejszej pracy technika symulacji cyfrowej wykorzystana zostanie do analizy pracy centrum obróbczego złożonego z określonej liczby stanowisk oraz magazynów przejściowych. Model symulacyjny powinien umożliwić badanie różnych algorytmów rozdziału zadań na poszczególne stanowiska, tak aby zapewnić ich najbardziej racjonalne wykorzystanie.

Przyjmijmy zatem, że:

- 1) Na strumień detali dochodzących do centrum składa się $n=N$ strumieni (rys. 1) z których każdy odpowiada zadanemu ciągowi operacji technologicznych dla jednego typu detali (n jest numerem bieżącym strumienia).
- 2) W n -tym strumieniu znajduje się l_n detali określonego typu.
- 3) Centrum obróbcze składa się z $k=K$ stanowisk (k - numer bieżący stanowiska), z których każde służy do wykonywania operacji jednego rodzaju. Wszystkie stanowiska mają dwa bufory - bufor wejściowy $QX(k)$ oraz wyjściowy $QY(k)$ - w których może znajdować się po jednym detalu.
- 4) Czas obróbki detali określonego typu na danym stanowisku jest taki sam i równy $t_{k,n}$. Czasy te są znane dla wszystkich typów detali i wszystkich stanowisk obróbczych.
- 5) Detale oczekujące na wykonanie kolejnej operacji mogą być przechowywane w magazynie o pojemności $m=M$, gdzie m oznacza bieżące wypełnienia magazynu.
- 6) Czasy transportu między stanowiskami, ładowania i rozładowania palet, są pomijalnie małe w porównaniu z czasami wykonania operacji.



Rys. 1 Schemat obiektu

W sformułowanym w powyższy sposób modelu dążymy do ustalenia takiego rozdziału zadań dla stanowisk obróbczych, aby ich obciążenie było największe. Chodzi zatem o to, by uzyskać maksymalną wartość ilorazu $\frac{\tau}{T}$, gdzie

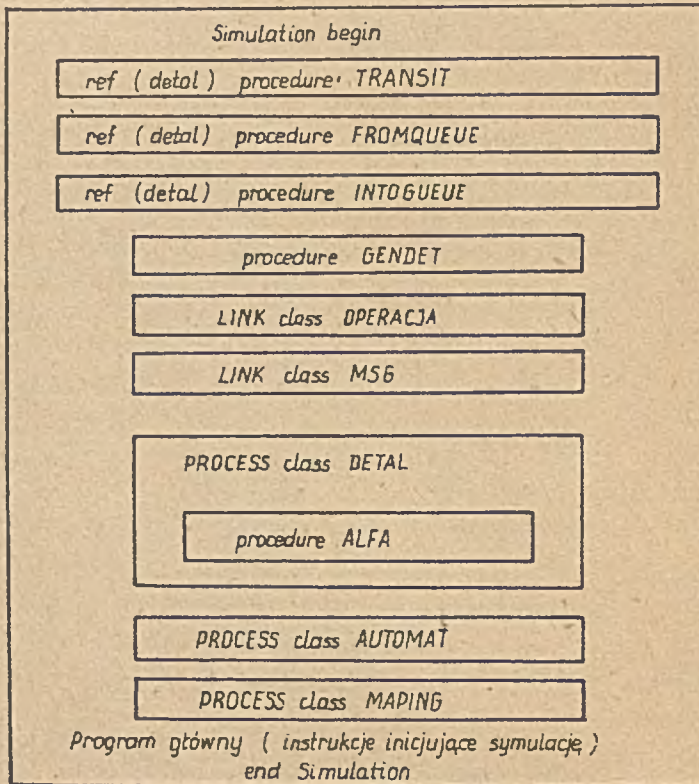
$$T = \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N t_{k,n} \cdot l_n, \text{ a } T \text{ jest czasem od momentu rozpoczęcia obróbki}$$

pierwszego detalu do momentu zakończenia obróbki detalu ostatniego.

Dla rozwiązania tego problemu zostały opracowane dwa algorytmy rozdzielu zadań między stanowiska obróbcze. W jednym z algorytmów detale dochodzą do centrum obróbczego niezależnie od aktualnego stanu magazynu.

W drugim detale dochodzą tylko wówczas, gdy zawartość magazynu nie przekracza ustalonego poziomu. Badania symulacyjne miały za zadanie porównać oba algorytmy i dla lepszego z nich określić rozdział zadań na stanowiska.

Do zbudowania modelu symulacyjnego wykorzystany został język programowania Simula 67. W modelu zdefiniowane zostały obiekty: automat / stanowisko



Rys. 2 Struktura modelu symulacyjnego

obsługi), detal (zgłoszenie), mapping(do wydruku informacji o obciążeniu stanowisk obsługi) - należące do systemowej klasy PROCESS. Ponadto wprowadzono obiekty klasy MSG oraz OPERACJA (należące do systemowej klasy LINK), w których gromadzono informacje o kolejności wprowadzania zgłoszeń do systemu obsługi (MSG) i atrybutach poszczególnych operacji (OPERACJA). Ogólną strukturę modelu symulacyjnego ilustruje rys. 2.

Eksperyment symulacyjny przeprowadzony został na maszynie cyfrowej IRIS-80 (średni czas przebiegu programu wynosił 30 s). Przyjęto następujące parametry procesu: liczba strumieni $N=8$, liczba stanowisk $K=5$, pojemność magazynu $M=10$. Pozostałe dane znajdują się w tabeli 1.

Tabela 1

Nr strumienia	Liczba detali w strumieniu $\{l_n\}$	Liczba operacji dla detali z danego strumienia	Kolejność wykonywania operacji (nr. operacji, czas)				
			1	2	3	4	5
1	4	3	(1,10)	(5,15)	(3,10)		
2	3	4	(2,20)	(5,10)	(4,5)	(1,15)	
3	5	5	(2,10)	(1,15)	(5,10)	(4,30)	(3,10)
4	6	3	(1,25)	(3,30)	(4,10)		
5	3	2	(4,10)	(3,15)			
6	5	4	(4,10)	(1,20)	(2,15)	(3,40)	
7	6	4	(5,10)	(3,30)	(2,20)	(4,40)	
8	4	3	(1,20)	(4,20)	(5,10)		

U w a g a: nr operacji jest numerem stanowiska obsługi, na którym operacja ma być wykonana.

Eksperyment przeprowadzono przy różnych wartościach parametru S oznaczającego "graniczne" zapełnianie magazynu i stanowiącego próg do przyjmowania nowych detali do obróbki, a jego wyniki ilustruje tabela 2.

Tabela 2

Nr stanowiska	S				
	6	7	9	10	∞
1	99,32	99,32	99,32	99,32	99,32
2	58,10	61,00	70,93	70,93	73,49
3	89,68	89,68	89,68	89,68	89,68
4	49,04	49,04	49,04	49,04	49,04
5	33,10	33,10	33,10	33,10	33,10

U w a g a: element (i, j) tabeli 2 oznacza obciążenie stanowiska podane w %, czyli $\frac{T}{T}$.

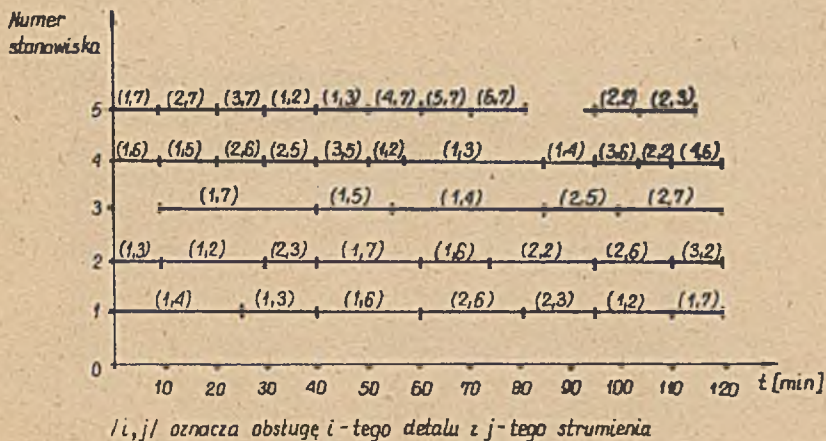
Wynika stąd, że jedynie obciążenie stanowiska nr 2 maleje przy zmniejszeniu wartości S. Obciążenie pozostałych stanowisk pozostaje jednakowe.

A zatem lepszym algorytmem jest ten, w którym detale dochodzą do centrum niezależnie od aktualnego stanu magazynu ($S = \infty$).

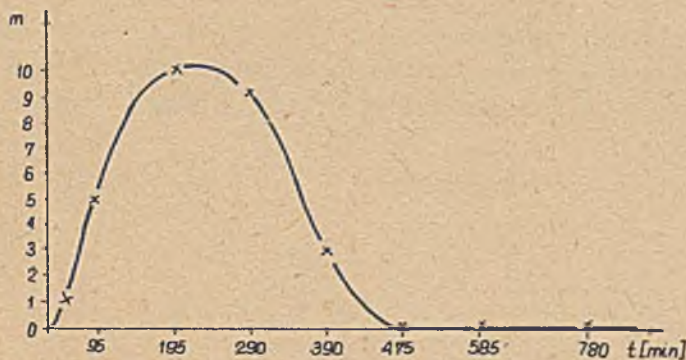
W wyniku symulacji ustalone zostały także: kolejność wprowadzania do centrum detali z poszczególnych strumieni (tabela 3 ilustruje kolejność wprowadzania pierwszych 15 detali) rozkład zadań na poszczególne stanowiska (fragment tego rozkładu ilustruje rys. 3) oraz rozkład zapełnienia magazynu (rys. 4)

Tabela 3

Numer kolejny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Numer strumienia	4	3	6	7	2	5	7	6	7	3	5	5	7	7	7



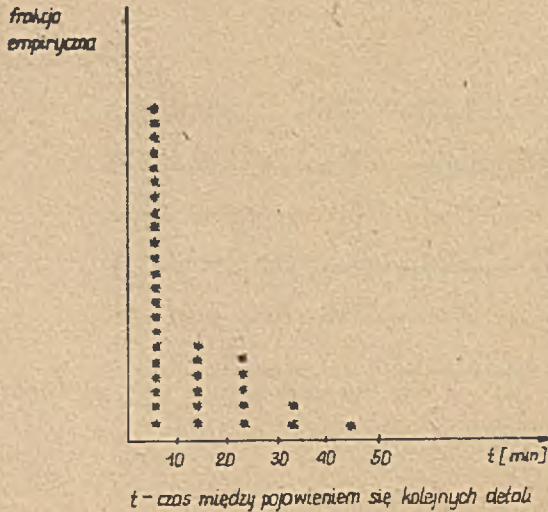
Rys. 3 Rozkład zadań na stanowiska obsługi.



Rys. 4 Rozkład zapelnienia magazynu

Rozkład zapelnienia magazynu w czasie jest zgodny z intuicyjnymi przewidywaniami: zapelnienie magazynu istotnie zwiększa się wraz ze wzrostem liczby detali w obróbce. Następnie maleje, gdy detale zaczynają opuszczać centrum.

Rozkład sumarycznego strumienia detali dochodzących do centrum, będący wynikiem proponowanego algorytmu ilustruje rys. 5. Z charakteru krzywej należy sądzić, że można ją aproksymować rozkładem wykładniczym a strumień detali traktować jako prosty strumień poissonowski.



Rys. 5 Rozkład sumarycznego strumienia detali do centrum

Modułowy charakter powyższego modelu pozwala na jego łatwe rozszerzanie i łatwe wprowadzanie modyfikacji. W swojej obecnej postaci model ma charakter deterministyczny, umożliwia jednak również badanie systemu w warunkach probabilistycznych.

LITERATURA

- [1] Konwey R.W., Makswel W.L., Miller L.W. Teorijs respisénij. Moskwa: Nauka 1975. (Tłumaczenie z języka angielskiego).
- [2] Simula sous Siris 7/SIRIS 8 manuel d'utilisation. Paris: Compagnie Internationale pour l'Informatique, 1972.
- [3] Winkowski J. (Programowanie symulacji procesów . WNT, Warszawa 1974.

ПЛАНОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ДИСКРЕТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ МЕТОДОМ
МАШИННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Р е з ю м е

В работе дана имитационная модель обрабатывающего центра, состоящего из "k" рабочих мест и переходного склада. Поток деталей, приходящих к центру, разделяется на потоков, каждый из этих потоков имеет определённую последовательность технологических операций. Модель используется для такого алгоритма распределения задач на рабочие места, чтобы их нагрузка была наибольшей.

JOB ALLOCATION PLANNING IN DISCRETE PRODUCTION PROCESSES WITH
DIGITAL SIMULATION METHOD

S u m m a r y

A simulation model for a manufacturing complex with "k" production units and an internal storage unit is presented. The model is applied to allocating jobs between production units in a way which maximizes their throughput.