

Klemens WRÓBLEWSKI, Anna JURECKA, Ryszard KRAWCZYŃSKI

Politechnika Warszawska
Instytut Organizacji Zarządzania

WYNIKI BADAŃ NAD ZASTOSOWANIEM REGUŁ PRIORYTETU
DO STEROWANIA PRZEBIEGIEM PRODUKCJI

Streszczenie. W referacie przedstawiono cel i założenia programu badań skuteczności zastosowania reguł priorytetu, charakterystykę komórki produkcyjnej będącej obiektem badań, zaprezentowano wyniki badań i wytypowano najskuteczniejsze reguły priorytetu oraz przedstawiono ideowy schemat algorytmu planowania obciążeń stanowisk operacyjnymi z wykorzystaniem reguł priorytetu.

Niniejszy referat stanowi kontynuację problematyki zaprezentowanej na II Krajowej Konferencji Automatyzacji Dyskretnych Procesów Przemysłowych w referacie pt. "Zastosowanie reguł priorytetu do sterowania dyskretnymi procesami produkcyjnymi", w którym przedstawiono następujące zagadnienia:

- definicje pojęć podstawowych,
- klasyfikację reguł priorytetu,
- model pracy komórki produkcyjnej,
- algorytm symulacyjny, służący do badania wpływu poszczególnych reguł priorytetu na wartości kryteriów oceny pracy komórki produkcyjnej.

Reguły priorytetu są pewnymi regułami decyzyjnymi, umożliwiającymi ustalenie kolejności wykonania operacji wyrobów na poszczególnych stanowiskach roboczych w komórce produkcyjnej. Mogą one być stosowane wszędzie tam, gdzie tworzą się kolejki wyrobów przed stanowiskami i należy podjąć decyzję, który z wyrobów poddać obróbce w pierwszej kolejności. Sytuacje takie zdarzają się najczęściej w komórkach o jednostkowym, małym lub średnioseryjnym typie produkcji. Przez zastosowanie reguł priorytetu można osiągnąć lepsze wyniki pracy komórek produkcyjnych w świetle przyjętych kryteriów oceny.

Badania reguł priorytetu miały na celu określenie skutków stosowania różnych reguł do sterowania przebiegiem produkcji z punktu widzenia określonych kryteriów i ustalenie najskuteczniejszych reguł spośród badanego zbioru.

W literaturze, dla oceny efektów zastosowania reguł priorytetu, porównywania skuteczności ich działania między sobą oraz doboru reguł do określonych warunków pracy komórki produkcyjnej stosowane są najczęściej następujące kryteria:

- dotrzymanie dyrektywnych terminów zakończenia zadań,
- minimalizacja cykli produkcyjnych zadań,
- minimalizacja objętości prac w komórce produkcyjnej,
- maksymalizacja wykorzystania funduszu czasu stanowisk roboczych,
- maksymalizacja wykorzystania funduszu czasu pracowników.

Każde z powyższych kryteriów może być charakteryzowane odpowiednimi miernikami.

Badania przeprowadzone przez autorów wykazały, że najistotniejsze do oceny wpływu działania reguł priorytetu na efekty pracy komórki produkcyjnej są trzy pierwsze spośród wymienionych kryteriów. W badaniach zastosowano model uwzględniający rzeczywiste warunki pracy komórek produkcyjnych, tzn. awaryjność pracy stanowisk, absencję pracowników, braki oprzyrządowania, rzeczywiste czasy operacji, rzeczywiste terminy przybyć zadań do komórki produkcyjnej, dyrektywne terminy zakończenia zadań itp. Przedmiotem badań były procesy produkcyjne realizowane w Wydziale Mechanicznym jednego z przedsiębiorstw przemysłu maszynowego. Podstawowe dane charakteryzujące wspomniany wydział podano w tabelicy 1.

Tabela 1

Charakterystyka badanego Wydziału Mechanicznego

Lp.	Nazwa parametru	Wartość (stan)
1	2	3
1	Stopień komórki	Komórka produkcyjna II stopnia
2	Liczba stanowisk	268
3	Liczba gniazd	8
4	Liczba grup stanowisk wzajemnie zamiennych	23
5	Struktura produkcyjna gniazd	Technologiczne
6	Średnia liczba zadań (operacji) wykonywanych	900±1100 (4200)/miesiąc
7	Średnia liczba operacji przypadających na zadanie	12 (min 1, max 20)
8	Planowane średnie obciążenie stanowisk	65%
9	Długość okresu planistycznego	1 miesiąc
10	Podobieństwo procesów technologicznych	Różne kolejności technologiczne
11	Sposób napływu zadań do komórki	Na początku i w trakcie okresu planistycznego

cd. tablicy 1

1	2	3
12	Sposób spływu zadań z komórki	Na koniec okresu planistycznego
13	Przyczyny niedostępności stanowisk	Awarie Remonty i przeglądy planowe Absencje pracowników Braki oprzyrządowania
14	Wielostrumieniowość	Nie występuje
15	Zmienność między grupami stanowisk	Występuje
16	Braki	Normatywny wskaźnik braków
17	Operacje pozatechnologiczne	Normatywy

Badaniom poddano ponad 60 reguł priorytetu, przy czym dla niektórych reguł badania powtorzono wielokrotnie, zmieniając wartości współczynników wagowych. Badania polegały na symulowaniu w komórce produkcyjnej procesu produkcyjnego zadań zaplanowanych do wykonania w ciągu okresu planistycznego. Kolejność wykonania operacji na stanowiskach była ustalana za pomocą badanych reguł priorytetu. W każdym przebiegu symulacyjnym stosowano inną regułę i obliczano wartości mierników oceny pracy komórki, które stanowiły podstawę do wyciągnięcia wniosków odnośnie do skuteczności działania poszczególnych reguł priorytetu. Dysponowano również wartościami wspomnianych mierników oceny pracy komórki produkcyjnej dla rzeczywistego przebiegu procesu produkcyjnego w badanym wydziale, tzn. zarejestrowano wszystkie istotne z punktu widzenia prowadzonych badań zdarzenia, które miały miejsce podczas realizacji zaplanowanego zbioru zadań w badanym obiekcie i na tej podstawie obliczono wartości mierników oceny.

Badania potwierdziły celowość stosowania reguł priorytetu do sterowania przebiegiem procesu produkcyjnego w komórce produkcyjnej. Uzyskane wyniki dla większości badanych reguł priorytetu były korzystniejsze niż wyniki obliczone dla przebiegu rzeczywistego, podczas którego kolejność wykonania operacji ustalana była w oparciu o intuicję i doświadczenie planisty.

Jak wykazały badania, jednym z najistotniejszych parametrów charakteryzujących warunki pracy komórki produkcyjnej i wpływającym na skuteczność działania reguł priorytetu jest sposób napływu zadań do komórki. W badaniach rozróżniono dwa sposoby napływu zadań: "otwarty", który charakteryzuje się bieżącym napływem zadań w okresie planistycznym i "zamknięty", w którym wszystkie zadania są planowane i dostępne do wykonania na początku okresu planistycznego.

Wyniki badań, zarówno dla zamkniętego, jak i otwartego zbioru zadań, potwierdziły istnienie następującego związku między niektórymi miernikami:

$$\bar{c} = \bar{L} + \bar{d} - \bar{r} = \frac{\bar{V}}{\bar{c}_n} = \frac{1}{\lambda} \bar{N}(0, T) = \frac{1}{\lambda} (\bar{Q}(0, T) + m\bar{U}),$$

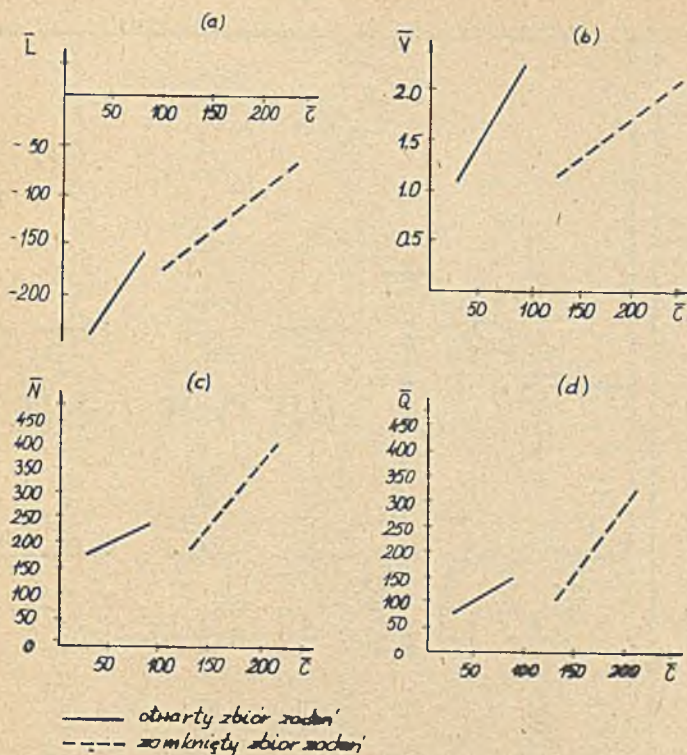
gdzie:

- \bar{c} - średni cykl produkcyjny zbioru zadań (miernik),
- \bar{L} - średnie odchylenie od dyrektywnych terminów zakończenia zadań (miernik),
- \bar{d} - średni dyrektywny termin zakończenia zadań,
- \bar{r} - średni termin przybycia zadań do komórki produkcyjnej,
- \bar{V} - średni wskaźnik wydłużenia cykli produkcyjnych zbioru zadań (miernik),
- \bar{c}_n - średni normatywny cykl produkcyjny zbioru zadań,
- λ - intensywność napływu zadań do komórki produkcyjnej,
- $\bar{N}(0, T)$ - średnie liczbę zadań przebywających w komórce produkcyjnej w okresie planistycznym $\langle 0, T \rangle$ (miernik),
- $\bar{Q}(0, T)$ - średnia liczba zadań oczekujących w kolejkach przed stanowiskami w okresie planistycznym $\langle 0, T \rangle$ (miernik),
- m - liczba stanowisk roboczych w komórce produkcyjnej,
- \bar{U} - średni wskaźnik wykorzystania funduszu czasów stanowisk roboczych.

Zależność powyższe świadczy, że reguły priorytetu minimalizujące średni cykl produkcyjny zbioru zadań minimalizują również w mniejszym lub większym stopniu pozostałe związane z nim mierniki (jak i odwrotnie). Zatem znając wpływ reguł priorytetu na jeden z powyższych mierników można wnioskować o zachowaniu się danych reguł w stosunku do pozostałych mierników. Ilustrację wspomnianych zależności przedstawiono na rysunku 1.

W wyniku przeprowadzonych badań wyselekcjonowano reguły, które dawały najkorzystniejsze rezultaty z punktu widzenia określonych kryteriów i ich mierników. Przeprowadzono również ocenę wielokryterialną działania reguł, adaptując do tego celu metodę taksonomicznej miary rozwoju [5]. W tabelicach 2 i 3 zamieszczono przykładowe wyniki badań. W tabelicy 2 zestawiono formalne zapisy najskuteczniejszych reguł priorytetu, stosując następujące oznaczenia:

- A - zbiór operacji oczekujących przed stanowiskiem,
- b - wartość stała większa od najdłuższego czasu z rozpatrywanego zbioru operacji wykonywanych w komórce produkcyjnej,
- d_i - dyrektywny termin zakończenia zadania i,
- e - współczynnik wagowy,
- g_i - liczba operacji zadania i,
- i - indeks zadania,
- j - numer rozważanej operacji zadania,



Rys. 1. Zależność między średnim cyklem produkcyjnym zbioru zadań i średnim odchyleniem od dyrektywnych terminów zakończenia zadań (a), średnim wskaźnikiem wydłużenia cykli produkcyjnych zadań (b), średnią liczbą zadań w komórce produkcyjnej (c), średnią liczbą zadań oczekujących w kolejkach przed stanowiskami (d)

$N_{ij}(t)$ - liczba operacji oczekujących w kolejce zawierającej operację j zadania i w chwili t ,

$N_{ij+1}(t)$ - liczba operacji oczekujących przed stanowiskiem, do którego przejdzie zadanie i po wykonaniu operacji j na rozważanym stanowisku. Dla ostatniej operacji zadania $N_{ij+1}(t) = 0$,

n - liczba zadań,

$P_{IJ}(t)$ - wskaźnik priorytetu operacji J zadania I posiadającej priorytetu w chwili t ,

t - czas bieżący,

t_{kj} - czas operacji j zadania i ,

t_{pkj} - czas przygotowawczo-zakończeniowy operacji j zadania i ,

U - wartość stała mająca na celu przyspieszenie wykonania określonej grupy zadań,

u - współczynnik wagowy,

w_{ij} - czas oczekiwania operacji j zadania i przed stanowiskiem,

Zestawienie formalnych zapisów najszybszych reguł priorytetu

Symbol klasyfikacyjny	Nazwa reguły priorytetu	Zapis modelu reguły priorytetu
1	2	3
1.1.1	Reguła priorytetu dla najkrótszego czasu operacji	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = t_{ij} \right\}$
1.1.2	Reguła priorytetu dla najdłuższego czasu operacji	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = -t_{ij} \right\}$
1.6.1	Reguła priorytetu dla minimalnej długości następnej kolejki	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = N_{ij+1}(t) \right\}$
2.1.3	Reguła priorytetu dla najdłuższego czasu wykonania operacji	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = -(tpz_{ij} + t_{ij}) \right\}$
2.1.4	Reguła priorytetu dla najmniejszej pozostałej stanowiskochłonności zadania	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = \sum_{l=j}^{g_i} t_{il} \right\}$
2.1.6	Reguła priorytetu dla największej pozostałej stanowiskochłonności bez rozważanej operacji	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = \sum_{l=j+1}^{g_i} t_{il} \right\}$
2.1.7	Reguła priorytetu dla najmniejszej całkowitej stanowiskochłonności zadania	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = \sum_{l=1}^{g_i} t_{il} \right\}$
2.1.11	Reguła priorytetu dla najmniejszego stosunku czasu operacji do całkowitej stanowiskochłonności zadania	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = \frac{t_{ij}}{\sum_{l=1}^{g_i} t_{il}} \right\}$

1	2	3
2.1.12	Reguła priorytetu dla minimalnego stosunku czasu operacji do ważonej pozostałej stanowiskochłonności zadania	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = \frac{t_{i1}}{\left(\sum_{l=j}^{g_i} t_{il} \right)^u} \right\}, \quad u = 0.5$
2.1.13	Reguła priorytetu dla minimalnej sumy ważonego czasu operacji i ważonej stanowiskochłonności w następnej kolejce	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = ut_{ij} + (1-u)Y_{ij+1}(t) \right\}, \quad u=0.25$
2.1.17	Reguła priorytetu dla minimalnego stosunku sumy czasu operacji i stanowiskochłonności w następnej kolejce do ważonego czasu następnej operacji	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = \frac{ut_{ij} + (1-u)Y_{ij+1}(t)}{(t_{ij+1})^v} \right\} \quad \begin{matrix} u=0.5 \\ v=0.5 \end{matrix}$
2.2.7	Reguła priorytetu dla minimalnego ważonego dynamicznego zapasu czasu zadania i ważonego czasu oczekiwania	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = d_i - t - e^{-t_{ij}} - u \sum_{l=j+1}^{g_i} t_{il} - v \sum_{l=j}^{g_i} w_{il} \right\}$ <p style="text-align: center;">$e=0.5, \quad u=1, \quad v=0.5$</p>
2.2.19	Reguła priorytetu dla minimalnego stosunku dynamicznego zapasu czasu zadania bez czasu oczekiwania do liczby pozostałych do wykonania operacji	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = \frac{d_i - t - \sum_{l=j}^{g_i} (t_{il} + w_{il})}{g_i - j + 1} \right\}$
2.2.21	Reguła priorytetu dla minimalnej sumy ważonego czasu operacji i ważonego stosunku dynamicznego zapasu czasu zadania do ważonej liczby pozostałych do wykonania operacji zadania	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} \left\{ z_{ij}(t) = ut_{ij} + (1-u) \frac{d_i - t - \sum_{l=j}^{g_i} t_{il}}{(g_i - j + 1)^v} \right\} \quad \begin{matrix} u=0.9 \\ v=1 \end{matrix}$

1	2	3
3.2.4	Reguła priorytetu dla najkrótszego czasu operacji w obrębie dwóch grup dynamicznego zapasu czasu zadania	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} z_{ij}(t) = \begin{cases} t_{ij} & \text{jeśli } d_1 - t - \sum_{l=1}^{g_1} t_{il} < 0 \\ t_{ij} + 100 & \text{jeśli } d_1 - t - \sum_{l=1}^{g_1} t_{il} > 0 \end{cases}$
3.2.5	Reguła priorytetu dla najkrótszego czasu operacji w obrębie dwóch grup zmodyfikowanego dynamicznego zapasu czasu zadania	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} z_{ij}(t) = \begin{cases} t_{ij} & \text{jeśli } d_1 - t - \sum_{l=1}^{g_1} t_{il} - U \leq 0 \\ t_{ij} + 100 & \text{jeśli } d_1 - t - \sum_{l=1}^{g_1} t_{il} - U > 0 \end{cases}$
3.3.1	Reguła priorytetu dla najdłuższego czasu operacji lub najkrótszego czasu operacji z ograniczeniem liczby operacji w kolejce	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} z_{ij}(t) = \begin{cases} -t_{ij} & \text{jeśli } N_{ij}(t) \leq N \\ t_{ij} & \text{jeśli } N_{ij}(t) > N \end{cases}$
3.3.2	Reguła priorytetu dla najkrótszego czasu operacji z ograniczeniem długości następnej kolejki	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} z_{ij}(t) = \begin{cases} t_{ij} & \text{jeśli } N_{ij+1}(t) \leq N \\ t_{ij} + 100 & \text{jeśli } N_{ij+1}(t) > N \end{cases}$
3.3.5	Reguła priorytetu dla minimalnej różnicy ważonego czasu operacji i ważonego czasu następnej operacji zadania	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} z_{ij}(t) = \begin{cases} ut_{ij} - (1-u)t_{ij+1} & \text{dla } j < g_1 \\ ut_{ij} - (1-u)b & \text{dla } j = g_1 \end{cases}$
3.5.3	Reguła priorytetu dla pierwszej połowy liczby operacji zadania	$P_{IJ}(t) = \min_{(i,j) \in A} z_{ij}(t) = \begin{cases} 0 & \text{dla } g_1 - j + 1 \geq \frac{g_1}{2} \\ 1 & \text{dla } g_1 - j + 1 < \frac{g_1}{2} \end{cases}$

Tablica 3

Zestawienie najskuteczniejszych reguł priorytetu
w warunkach zamkniętego i otwartego zbioru zadań
dla każdego przypadku podano symbole dwóch najskuteczniejszych reguł

Kryteria i mierniki	Reguły priorytetu			
	dla zamkniętego zbioru zadań		dla otwartego zbioru zadań	
I. Dotrzymanie dyrektywnych terminów zakończenia zadań	2.1.7	1.1.1	3.3.2	2.2.21
1. Udział zadań opóźnionych	2.1.13	2.1.7	2.2.7	2.2.19
2. Średnie opóźnienie zadań	3.5.3	3.2.4	2.2.19	3.3.5
3. Średnie odchylenie od dyrektywnych terminów	2.1.4	1.1.1	3.3.5	3.2.5
II. Minimalizacja cykli produkcyjnych zadań	2.1.11	3.3.5	3.2.5	2.2.21
1. Średni cykl produkcyjny zbioru zadań	2.1.4	1.1.1	3.3.5	3.2.5
2. Wariancja cykli produkcyjnych zadań	2.1.6	3.5.3	3.3.5	2.2.21
3. Wariancja wskaźników wydłużenia cykli produkcyjnych zadań	2.1.7	2.1.4	2.1.7	2.1.4
4. Maksymalny cykl produkcyjny ze zbioru zadań	3.2.4	2.1.11	2.2.19	2.2.21
III. Minimalizacja objętości prac w komórce	2.1.4	2.1.7	2.1.7	3.3.5
1. Średnia liczba zadań przebywających w komórce	2.1.4	1.1.1	3.3.5	3.2.5
2. Średnia stanowiskochłonność operacji oczekujących w kolejkach przed stanowiskami	1.1.2	2.1.3	1.6.1	2.1.17
IV. Dotrzymanie dyrektywnych terminów zakończenia zadań i minimalizacja cykli produkcyjnych zadań I+II	2.1.7	2.1.12	3.3.5	2.2.21
V. Dotrzymanie dyrektywnych terminów zakończenia zadań i minimalizacja objętości prac w komórce I+III	2.1.4	2.1.7	2.2.19	3.3.1
VI. Minimalizacja cykli produkcyjnych zadań i minimalizacja objętości prac w komórce II+III	2.1.4	2.1.7	2.1.7	3.3.5
VII. Dotrzymanie dyrektywnych terminów, minimalizacja cykli produkcyjnych zadań i minimalizacja objętości prac w komórce I+II+III	2.1.7	2.1.12	3.3.1	3.3.2

$Y_{ij+1}(t)$ - suma stanowiskłoności operacji oczekujących w kolejce przed stanowiskiem, do którego przejdzie zadanie i po wykonaniu operacji j , czyli dla wykonania operacji $j+1$. Dla ostatniej operacji zadania $Y_{ij+1}(t) = 0$.

$z_{ij}(t)$ - wskaźnik priorytetu operacji j zadania i w chwili t .

$d_i - t - \sum_{l=j}^{n_i} t_{il}$ - dynamiczny zapas czasu zadania i .

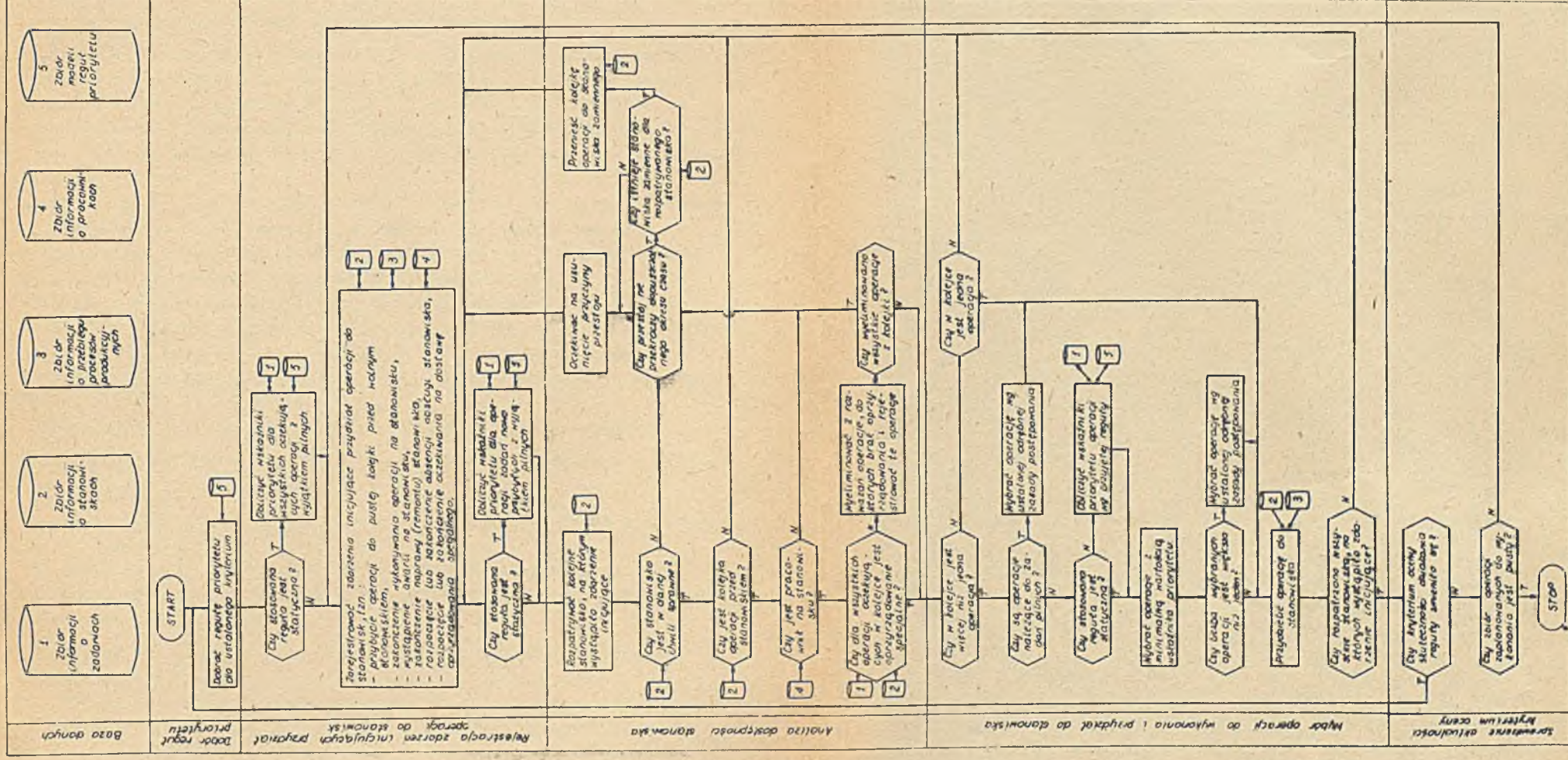
W tabelicy 3 zestawiono najskuteczniejsze reguły priorytetu w warunkach zamkniętego i otwartego zbioru zadań w zależności od przyjętych kryteriów i mierników oceny skuteczności działania reguł wg wyników badań autorów.

Reguły priorytetu można wykorzystać w systemach sterowania wewnętrzno-komórkowego do podejmowania obiektywnych decyzji dotyczących ustalania kolejności wykonania operacji na stanowiskach z punktu widzenia realizacji określonych celów. Mogą one być stosowane zarówno w systemach wspomnianych elektroniczną techniką obliczeniową, jak i w systemach tradycyjnych. Istnieje grupa reguł na tyle prostych, że może je stosować mistrz lub rozdzielca w komórce produkcyjnej, dysponujący prostymi środkami organizacyjno-technicznymi. Do takich reguł należy np. reguła priorytetu dla najkrótszego czasu operacji. Są również reguły priorytetu, których stosowanie jest możliwe tylko w przypadku dysponowania bardzo szczegółowymi informacjami o stanie zaawansowania prac w całej komórce produkcyjnej i wymaga zastosowania nowoczesnych środków technicznych do zbierania, przechowywania i przetwarzania informacji.

Planowanie obciążeń stanowisk roboczych operacjami z wykorzystaniem reguł priorytetu może przebiegać zgodnie z algorytmem, którego schemat ideowy przedstawiono na rysunku 2. Do budowy algorytmu założono istnienie następujących zbiorów informacji, które mogą występować w różnej postaci i mieć różną strukturę wewnętrzną w zależności od konkretnych warunków:

1. Zbiór informacji o zadaniach zawierający dane o wszystkich zadaniach znajdujących się w trakcie wykonywania w komórce produkcyjnej oraz o zadaniach, które zostały zaplanowane do wykonania w danym okresie planistycznym. Dane te dotyczą numerów zadań, terminów przybycia do komórki, dyrektywnych terminów zakończenia, pilności zadań, numerów operacji w procesie technologicznym, czasów operacji, czasów przygotowawczo-zakończeniowych, tyłów stanowisk, liczebności partii produkcyjnej, numerów przyrzadzania specjalnego.

2. Zbiór informacji o stanowiskach i ich stanach zawierający dane dotyczące tyłów stanowisk, porównywalnej wydajności stanowisk zamiennych, dostępności stanowisk, zajętości stanowisk, niesprawności stanowisk, liczby oczekujących przed stanowiskami operacji zadań.



Rys. 2. Schemat algorytmu planowania obrotów stanowisk operacji z wykorzystaniem reguł priorytetu

3. Zbiór informacji o aktualnym przebiegu procesów produkcyjnych zadań. Informacje te określają takie stany zadań jak oczekiwanie zadania w kolejce, wykonywanie zadania na stanowisku, wykonywanie zadania w ramach kooperacji w innej komórce, oczekiwanie zadania na oprzyrządowanie specjalne, termin przybycia zadania do stanowiska, termin rozpoczęcia wykonywania zadania na stanowisku, termin zakończenia wykonania zadania.

4. Zbiór informacji o pracownikach zawierający dane o ich kwalifikacjach i obecności w pracy.

5. Zbiór modeli reguł priorytetu zawierający procedury obliczania wskaźników priorytetu reguł.

Poza przyjętymi wyżej zbiorami założono również, że:

- decyzję o wyborze kolejnej operacji do wykonania na stanowisku spośród oczekujących w kolejce podejmuje się w momencie, gdy na stanowisku zakończono uprzednio wykonywaną pracę i jest ono wolne i sprawne,
- operacje zadań pilnych, czyli posiadających bezwzględny priorytet przydzielane są do wykonania w pierwszej kolejności wg odrębnie ustalonych zasad,
- operacje, których wykonywanie zostało przerwane na danym stanowisku przekazywane są do stanowiska zamiennego, jeśli takie istnieje. Jeśli takiego stanowiska nie ma lub jest niedostępna, to operacje oczekują przed danym stanowiskiem do momentu usunięcia awarii,
- obliczanie wskaźników priorytetu przy zastosowaniu statycznych reguł priorytetu dokonywane jest bezpośrednio po przybyciu zadania do komórki produkcyjnej, natomiast przy zastosowaniu dynamicznych reguł priorytetu - dokonywane jest każdorazowo przed podjęciem decyzji o wyborze kolejnej operacji do wykonania,
- zakłada się bieżącą aktualizację wszystkich zbiorów informacji.

Funkcjonowanie algorytmu odbywa się w pięciu następujących etapach:

1. Dobór reguły priorytetu.
2. Rejestracja zdarzeń inicjujących przydział operacji do stanowisk.
3. Analiza dostępności stanowisk.
4. Wybór operacji do wykonania i przydział do stanowiska.
5. Sprawdzenie aktualności stosowanego kryterium oceny skuteczności działania reguły.

Przedstawiony w referacie algorytm ideowy sterowania kolejnością wykonania operacji z wykorzystaniem reguł priorytetu oraz wyniki przeprowadzonych badań nad skutecznością działania reguł priorytetu mogą stanowić podstawę do projektowania systemów sterowania wewnątrzkomórkowego dla komórek produkcyjnych charakteryzujących się dyskretnymi procesami produkcyjnymi, a więc np. w warunkach przedsięwzięć przemysłu elektromaszynowego.

LITERATURA

- [1] Eilon S., Cotterill D.J.: A Modified SI Rule in Job Shop Scheduling. The International Journal of Production Research. 6, 1, 1978.
- [2] Jurecka A., Krawczyński R., Wróblewski K.J.: Badanie modeli reguł priorytetu oraz warunków ich zastosowania do ustalania przydziału operacji do stanowisk roboczych. Opracowanie Instytutu Organizacji Zarządzania Politechniki Warszawskiej, 1979.
- [3] LeGrande E.: The Development of a Factory Simulation Using Actual Operating Data. Management Technology. 3, 1, 1963.
- [4] Jurecka A., Kasprzyk S., Krawczyński R.: Zastosowanie reguł priorytetu do sterowania dyskretnymi procesami produkcyjnymi. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Automatyka, Z. 54. Gliwice 1980.
- [5] Pluta W.: Wielowymiarowa analiza porównawcza w badaniach ekonomicznych. Warszawa PWE, 1977.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Antoni NIEDERLIŃSKI

Wpłynęło do Redakcji 15.05.1982 r.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАД ПРИМЕНЕНИЕМ ПРАВИЛ ПРИОРИТЕТА
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ХОДА ПРОИЗВОДСТВА**

Р е з ю м е

В докладе представлено основы и цель программы исследования влияния правил приоритета на разные критерия эффективности работы производственных участков, характеристику производственного участка, для которого проведено исследования. Представлено тоже результаты исследований, самые лучшие правила приоритета и схему алгоритма планирования нагрузки станков операциями при помощи правил приоритета.

**RESULTS OF INVESTIGATION OF THE PRIORITY RULES APPLICATION
TO THE CONTROL OF THE PRODUCTION PERFORMANCE**

S u m m a r y

In the paper the objective and assumptions of the program investigating the efficiency of priority dispatching rules application are presented. For a class of job-shops, the most efficient priority rules and an algorithm of planning the machine load are presented.