

Zbigniew Banaszak, Jacek Jarnicki
Politechnika Wrocławska

SYMULACJA PROCESÓW PRODUKCYJNYCH Z WYKORZYSTANIEM SIECI PETRIEGO
W WARUNKACH STOCHASTYCZNYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono koncepcję budowy systemu komputerowo wspomaganego planowania procesów współbieżnych przebiegających w systemach z redundantną strukturą funkcjonalną. Podano metodę symulacyjnej analizy stopnia wykorzystania zasobów systemu oraz metodę analitycznej, niezawodnościowo-funkcjonalnej oceny systemu podatnego na uszkodzenia.

1. Wstęp

Integracja komputerowa zadań przygotowania produkcji i samej produkcji stała się podstawą rozwoju metod komputerowo wspomaganego wytwarzania [8, 10], łączących w ramach jednego systemu funkcje sterowania, kierowania i zarządzania produkcją. Podstawowymi jej elementami są systemy komputerowo wspomaganego projektowania wyrobów oraz planowania związanych z ich wytwarzaniem procesów produkcyjnych [5].

Oprócz zadań związanych z alokacją zasobów systemu, harmonogramowaniem zadań czy też balansowaniem linii produkcyjnych, istotnego znaczenia nabierają problemy niezawodnościowo-funkcjonalnej oceny pracy systemu. Niezawodnościowa ocena pracy systemu, uwzględniająco losowość parametrów procesów produkcyjnych, umożliwia analizę wpływu zjawisk powodujących niepowtarzalność czasów operacji, uszkodzeń obiektów systemu itp.

Celem pracy jest przedstawienie metod: analizy symulacyjnej procesów potokowych przebiegających współbieżnie oraz analitycznej oceny niezawodnościowej pracy systemów podatnych na uszkodzenia. Prezentowane podejście umożliwia, dla danej struktury procesów technologicznych, wyznaczenie sieciowego modelu dopuszczalnych (tzn. bezblokadowych) realizacji procesu oraz związanej z tą strukturą miary odporności na uszkodzenia obiektów systemu. Uzyskane rezultaty potwierdzają użyteczność przedstawianych metod dla budowy systemów komputerowo wspomaganego planowania procesów produkcyjnych.

W rozdziale 2 sformułowano założenia określające klasę systemów, dla której rozważane będą wybrane problemy planowania procesów. W rozdziałach 3 i 4 przedstawione zostały odpowiednio: metoda modelowania sieciowego procesów współbieżnych oraz metoda analizy pracy systemu w warunkach występowania uszkodzeń. Uwagi wskazujące na możliwości wykorzystania uzyskanych rezultatów oraz na kierunki dalszych prac zebrane zostały w rozdziale 5.

2. Sformułowanie problemu

W prowadzonych rozważaniach przyjmuje się, że system produkcyjny składa się ze zbioru maszyn $\{M_i | i \in N_1^F\}$, gdzie każda maszyna M_i wykonuje operacje zadane zbiorem $\{O_j^i | j \in N_1^V\}$, przy czym wykonywanie w danym momencie jednej wyklucza wykonywanie wszystkich pozostałych.

W systemie realizowany jest zbiór współbieżnie przebiegających procesów $\{P_i | i \in N_1^V\}$. Realizowane procesy są ciągami następujących po sobie operacji, przy czym czas trwania każdej operacji opisany jest rozkładem wykładniczym. Kolejność operacji w każdym procesie P_i zadana jest przez sekwencję $CT_i = (R_i^j | j \in N_1^Q)$, gdzie R_i^j jest zbiorem zamiennie wykonywanych (na różnych zasobach systemu) operacji i -tego etapu realizacji procesu. Oznacza to w szczególności, że dana maszyna może być wykorzystana przy realizacji operacji w różnych procesach, stanowiąc dla tych procesów wspólny zasób. Zakłada się ponadto, że:

- maszyny systemu produkcyjnego są obiektami naprawialnymi,
- uszkodzenia obiektów systemu są procesami niezależnymi,
- czas do uszkodzenia maszyny i czas odnowy opisany jest rozkładem wykładniczym,
- w chwilach zakończenia operacji, pojawienia się uszkodzenia lub zakończenia odnowy może nastąpić zmiana organizacji przepływu procesów,
- algorytm organizacji przepływu procesów może mieć, w ogólności, charakter probabilistyczny.

Przyjęcie powyższych założeń pozwala na budowę modelu systemu produkcyjnego przydatnego do ilościowej analizy wpływu uszkodzeń maszyn na przebieg procesów oraz oceny różnych sposobów rekonfiguracji systemu w przypadku uszkodzenia się jego części.

Metodę analizy, pozwalającą na ocenę systemu na podstawie badania odpowiedniego procesu stochastycznego, przedstawiona w rozdziale 4. Natomiast w rozdziale 3 opisana została ogólna metoda symulacji (funkcjonująca również przy słabszych niż powyższe założeniach) przydatna w szczególnym przypadku do wyznaczania bezblokadowych realizacji procesów.

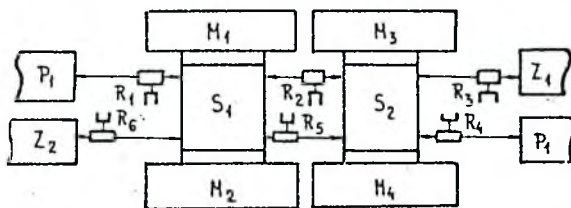
3. Modelowanie procesów współbieżnych

Niezbędnym elementem umożliwiającym analizę dynamiki współbieżnie przebiegających procesów potokowych jest ich model formalny. W ogólności model ten winien zapewniać pełną ocenę systemu, uwzględniającą m.in. weryfikację jego poprawności, analizę stanów blokad i sytuacji konfliktowych, ocenę wrażliwości na zmiany parametrów itp. Dokończonym narzędziem modelowania współbieżnie przebiegających, występujących w procesach produkcyjnych strumieni materiałów, energii i informacji jest aparat teorii sieci Petriego [7,9].

W oparciu o reprezentację sieci Petriego opracowany został algorytm automatycznej syntezy sieciowych modeli procesów [1,3]. Wyznaczone za jego pomocą modele reprezentują wszystkie bezblokadowe (przy niestabilnych czasach trwania operacji) realizacje przebiegu procesów zadanych zbiorami sekwencji CT_1 .

Model sieciowy procesu wraz z algorytmem symulacyjnym (określającym funkcję przejść, reguły priorytetowania zdarzeń konfliktowych itp.) tworzy model symulacyjny procesu [2]. Danymi wejściowymi modelu symulacyjnego są parametry operacji technologicznych i zasobów systemu oraz długości serii produkcyjnych.

W oparciu o przedstawioną koncepcję opracowany został system konwersacyjnego planowania procesów [2] umożliwiający symulacyjną analizę stopnia wykorzystania zasobów systemu, analizę działania systemu w stanach awaryjnych oraz ocenę wybranych reguł priorytetowania zadań i zasobów. Dla ilustracji działania tego systemu rozważmy gniazdo produkcyjne przedstawione na rys. 1, w którym realizowane są procesy zadane sekwencjami: $CT_1 = \{O_{5,1}^1, \{O_{1,1}, O_{2,1}\}, \{O_{6,1}\}, \{O_{3,1}, O_{4,1}\}, \{O_{7,1}\}$, $CT_2 = \{O_{8,1}^1, \{O_{3,2}, O_{4,2}\}, \{O_{9,1}\}, \{O_{2,2}\}, \{O_{10,1}\}$, gdzie O_j^i oznacza i-tą operację wykonywaną na j-tej maszynie.



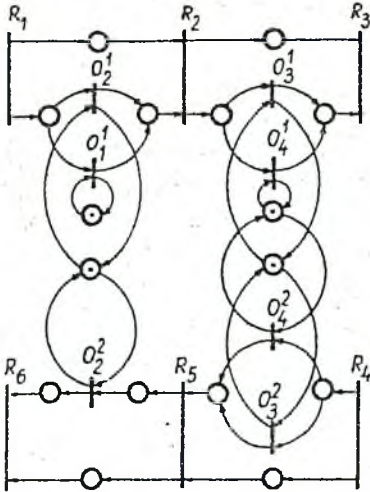
- P - podajnik,
- M_i - maszyna wieloczynnościowa,
- S_i - magazyn detali,
- O - zasobnik

Rys. 1. Gniazdo produkcyjne
Fig. 1. The machining cell

Modelem wszystkich dopuszczalnych realizacji przebiegu procesów współbieżnych jest sieć przedstawiona na rys. 2. Przejścia sieci interpretowane są jako zdarzenia związane z zachodzeniem odpowiednich operacji transportowych (operacje typu O_j^1 , $j \in N_5^{10}$) i technologicznych (operacje O_j^i , $i \in N_1^2$, $j \in N_1^4$). Przyjmuje się, że w operacjach technologicznych, oprócz operacji obróbki, uwzględnione są również działania odpowiednich urządzeń załadowczo-rozładowczych.

Zbiór znakowań osiągalnych ilustruje możliwe rozmieszczenia detali na podajniku, odpowiednich magazynach oraz zasobniku.

Dla czasów realizacji poszczególnych operacji zadanych w tabeli 1 omawiany system wyznacza, w oparciu o zadaną strategię sterowania asynchronicznego, wykres czasowy przebiegu procesów. Przyjmując, że w każdym procesie realizowana jest seria 7 zadań, wykres ilustrujący przebieg pro-



Rys. 2. Model sieciowy procesu
Fig. 2. Net model of the process

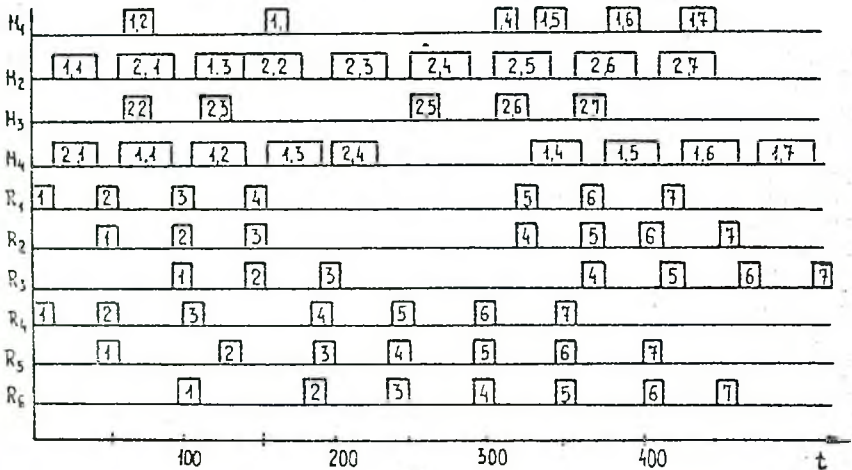
cesu w warunkach występowania uszkodzeń zasobów systemu przedstawiony jest na rys. 3.

W przedziale czasu do chwili $t = 160$ system pracuje bez uszkodzeń; widoczny jest podział funkcji maszyn wykonujących określone operacje. W chwilach $t = 165$, $t = 230$ następują uszkodzenia maszyn, odpowiednio maszyny M_1 i M_4 , co prowadzi do wstrzymania realizacji procesu zadanego ciągiem CT_1 . Naprawy maszyn M_1 , M_4 , występujące w chwilach $t = 305$ i $t = 330$, prowadzą do ustalonego na wstępie przebiegu podziału funkcji maszyn.

Przedstawione rozwiązanie, nie uwzględniając losowego charakteru czasów operacji, pojawiania się uszkodzeń, napraw itp., pozwala jedynie na jakościową ocenę przebiegu procesów.

Tabela 1. Czasy wykonania operacji technologicznych
Table 1. The operation processing times

Zadanie	Ciąg technologiczny					Czasy wykonania operacji								
	operacje					operacje								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
CT_1	0_5^1	0_1^1	0_2^1	0_6^1	0_3^1	0_4^1	0_7^1	10	15	20	10	30	25	10
CT_2	0_8^1	0_3^2	0_4^2	0_9^1	0_2^2	-	0_{10}^1	10	15	20	10	25	-	10



Rys. 3. Wykres Gantta przebiegu procesu
Fig. 3. The Gantt chart of the process performance

Propozycję ilościowej oceny pracy systemu w warunkach występowania uszkodzeń zasobów systemu przedstawia kolejny rozdział.

4. Analiza systemu w warunkach występowania uszkodzeń

Zadaniem analizy systemu jest ilościowe zbadanie zadanych charakterystyk jakości realizacji procesów przy założeniu, że w systemie występują uszkodzenia oraz że znany jest probabilistyczny mechanizm ich powstawania. Jeżeli założymy, że w przypadku wystąpienia uszkodzenia obiektu systemu (maszyny) możliwe są różne sposoby organizacji dalszej pracy systemu (przez zmianę sterowania przepływem procesów), wynik analizy może stanowić podstawę do oceny poszczególnych algorytmów sterowania, a tym samym do wyboru najlepszej strategii sterowania w obecności uszkodzeń.

W przypadku gdy możliwy jest wybór struktury systemu (np. na etapie projektowania), analiza powinna być pomocna przy wyborze takiego wariantu systemu (struktury i algorytmu sterowania), który jest w określonym sensie najlepszy.

Metody analizy systemu mogą być różne, w zależności od przyjętych założeń, co do opisu mechanizmów realizacji procesów oraz występowania uszkodzeń. Ogólnie dzielą się one na symulacyjne i analityczne. Metody symulacyjne pozwalają na analizę dowolnego systemu przy dowolnych założeniach, jednak dla każdego wariantu systemu wymagają przeprowadzenia wielu dość kosztownych eksperymentów obliczeniowych. Metody analityczne obejmują znacznie węższą klasę systemów, jednak w niektórych wypadkach prowadzą do stosunkowo prostego algorytmu obliczeniowego bądź wręcz do jawnego wzoru analitycznego wyrażającego charakterystyki jakości realizacji procesów w funkcji parametrów systemu.

Celem opisanej poniżej analizy jest wyznaczenie wydajności poszczególnych procesów realizowanych w systemie, danej wzorem

$$W_1 = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\omega_1(t)}{t}, \quad (1)$$

gdzie: W_1 - wydajność 1-tego procesu,

$\omega_1(t)$ - średnia liczba zakończonych w przedziale czasu $(0, t)$ zadań wchodzących w skład 1-tego procesu,

przy czym za zakończenie zadania uważa się zakończenie pojedynczej operacji lub określonego zbioru operacji składających się np. na wykonanie wyrobu. Opisana wzorem (1) wydajność jest więc średnią asymptotyczną szybkością realizacji procesu, wyrażającą średnią liczbę wykonanych w jednostce czasu operacji lub wyrobów, przy założeniu, że czas pracy systemu jest dostatecznie długi.

Zagadnienie to może być rozwiązane dla modelu systemu w postaci dyskretnego semimarkowskiego procesu stochastycznego o n stanach, [6]

$$S = \langle P, F \rangle, \quad (2)$$

gdzie: P - macierz prawdopodobieństw przejść między stanami ułożonego łańcucha Markowa,

F - macierz warunkowych dystrybuant czasu przebywania systemu w stanie.

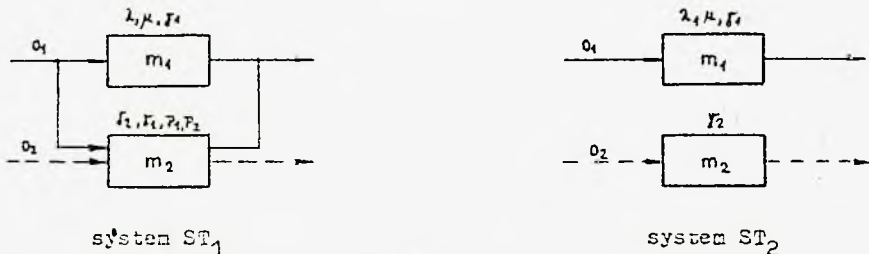
Algorytm analizy obejmuje następujące etapy:

- 1 - określenie zbioru stanów systemu,
- 2 - wyznaczenie macierzy prawdopodobieństw przejścia P,
- 3 - wyznaczenie średnich bezwarunkowych czasów T_i przebywania systemu w poszczególnych stanach,
- 4 - rozwiązanie układu równań liniowych $\pi P = \pi$, $\sum_{i=1}^n \pi_i = 1$, [4] (3)
- 5 - wyznaczenie odpowiednich wydajności procesów ze wzoru:

$$w_1 = \frac{\sum_{i \in S_1} \pi_i}{\sum_{i=1}^n \pi_i T_i}, \quad (4)$$

gdzie: T_i - średni bezwarunkowy czas przebywania procesu w stanie i-tym,
 S_1 - zbiór tych stanów, w których następuje zakończenie l-tego procesu.

Dla ilustracji wpływu rezerwy funkcjonalnej na wydajność procesów rozważmy systemy, których struktury technologiczne pokazano na rys. 4.



Rys. 4. Struktura systemu: z rezerwą funkcjonalną a), bez rezerwy b)
 Fig. 4. System structure: with the functional redundancy a), without redundancy b)

Rozpatrywane systemy złożone są z dwóch maszyn M_1 i M_2 , przy czym maszyna M_1 może się uszkadzać (czas do uszkodzenia i czas odnowy maszyny opisany jest rozkładem wykładniczym z parametrami, odpowiednio λ i μ).

Gdy maszyna M_1 jest sprawna, obie maszyny realizują niezależnie swoje procesy, czyli nieskończone ciągi pojedynczych operacji dwóch typów, których czasy trwania opisane są rozkładami wykładniczymi z parametrami t_1 i t_2 . W przypadku gdy maszyna M_1 ulegnie uszkodzeniu, algorytm organizacji przepływu procesów w systemie ST_1 jest następujący:

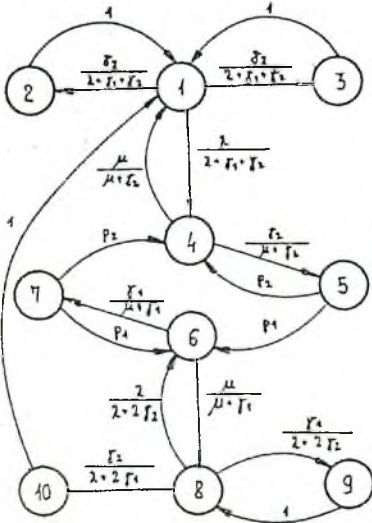
- rozpoczęta przed pojawieniem się uszkodzenia operacja O_2 trwa aż do jej zakończenia,

- gdy M_1 jest uszkodzona i M_2 zakończy operację, to M_2 podejmuje realizację operacji O_1 z prawdopodobieństwem p_1 lub operacji O_2 z prawdopodobieństwem p_2 ($p_1 + p_2 = 1$),
- rozpoczęta przez maszynę M_2 , przed zakończeniem odnowy maszyny M_1 , operacja trwa aż do jej zakończenia.

W systemie ST_2 maszyna M_2 nie ma możliwości wykonywania operacji O_1 , a więc obowiązuje ten sam algorytm przy warunku $p_2 = 1$. System ST_2 jest szczególnym przypadkiem systemu ST_1 i dalsze rozważania prowadzone będą tylko dla ST_1 .

Zbiór stanów systemu można określić następująco:

- stan 1 - M_1 wykonuje O_1 , M_2 wykonuje O_2 ,
- stan 2 - M_1 zakończyła O_1 , M_2 wykonuje O_2 ,
- stan 3 - M_1 wykonuje O_1 , M_2 zakończyła O_2 ,
- stan 4 - M_1 uszkodzona, M_2 wykonuje O_2 ,
- stan 5 - M_1 uszkodzona, M_2 zakończyła O_2 ,
- stan 6 - M_1 uszkodzona, M_2 wykonuje O_1 ,
- stan 7 - M_1 uszkodzona, M_2 zakończyła O_1 ,
- stan 8 - M_1 wykonuje O_1 , M_2 wykonuje O_1 ,
- stan 9 - M_1 zakończyła O_1 , M_2 wykonuje O_1 ,
- stan 10 - M_1 wykonuje O_1 , M_2 zakończyła O_1 .



Rys. 5. pokazuje graf przejść między stanami systemu. Łuki obracają możliwe przejścia, a ich obciążenia są elementami macierzy P , czyli prawdopodobieństwami przejść dla utworzonego łańcucha Markowa. Na rysunku tym wpisano ponadto średnie bezwarunkowe czasy przebywania w poszczególnych stanach.

$$T_1 = \frac{1}{\lambda \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}$$

$$T_4 = \frac{1}{\mu \cdot \delta_2}$$

$$T_6 = \frac{1}{\mu \cdot \delta_2}$$

$$T_8 = \frac{1}{\lambda \cdot 2 \cdot \delta_2}$$

Wydażności dla obu typów operacji można wyznaczyć ze wzoru (4):

$$T_2 = T_3 = T_5 = 0$$

$$T_7 = T_9 = T_{10} = 0$$

$$w_1 = \frac{\pi_2 + \pi_7 + \pi_{10} + \pi_{10}}{\sum_{i=1}^{10} \pi_i T_i}$$

$$w_2 = \frac{\pi_3 + \pi_5}{\sum_{i=1}^{10} \pi_i T_i} \quad (5)$$

Rys. 5. Graf stanu systemu ST_1
Fig. 5. State digraph of the system ST_1

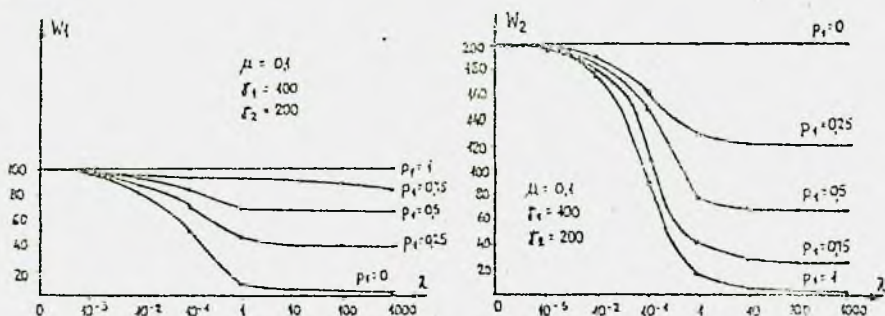
Po podstawieniu rozwiązań układu (3) uzyskuje się ostatecznie:

$$\bar{w}_1 = \delta_1 \left(\frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot \frac{\delta_2 p_1 (\lambda + \mu + \delta_1)}{M} \right),$$

$$\bar{w}_2 = \frac{\delta_1 \delta_2}{M} \left(\frac{\mu}{\lambda + \mu} (\mu + p_1 \delta_2 + p_2 (\lambda + \delta_1)) + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} (\mu + p_2 (\lambda + \delta_2)) \right), \quad (6)$$

gdzie: $M = \delta_1 \mu + (\delta_1 p_2 + \delta_2 p_1) (\lambda + \delta_1)$.

Zmiany wydajności \bar{w}_1 i \bar{w}_2 w funkcji intensywności uszkodzeń maszyny λ_1 pokazano na rys. 6. Można zauważyć, że dla systemu z rezerwą funkcjonalną



Rys. 6. Przebiegi wydajności procesów.

Fig. 6. Characteristics of the processes efficiency.

ST₁, zmieniając prawdopodobieństwo p_1 podjęcia przez maszynę M_2 operacji O_1 , uzyskuje się wpływ na wartości obu wydajności tym większy, im bardziej jest zawodna maszyna M_1 .

W przypadku braku rezerwy funkcjonalnej, jak w przypadku systemu ST₂, wpływ taki jest niemożliwy ($p_1 = 0$). W miarę wzrostu intensywności uszkodzeń wydajność \bar{w}_1 dąży do zera, natomiast \bar{w}_2 jest stała.

5. Uwagi końcowe

W pracy zaprezentowano dwie metody badania systemów produkcyjnych funkcjonujących w obecności uszkodzeń. Metodę symulacyjną polegającą na generacji realizacji procesów oraz metodę analityczną opartą na badaniu pewnego procesu stochastycznego opisującego system.

Obie metody mogą stanowić narzędzie przy ocenie struktur systemów oraz celowości i zakresu stosowania rezerwy funkcjonalnej. Wybór metody uzależniony jest od możliwości przyjęcia określonych założeń. W przypadku, gdy możliwe jest założenie, że rozkłady odpowiednich zmiennych losowych są wykładnicze, można zastosować metodę analityczną. Metoda ta funkcjonuje również dla modelu, w którym rozkłady niwykładnicze aproksymowane są rozkładami Erlanga [4]. Prowadzi to jednak do znacznego wzrostu liczby

stanów i trudności obliczeniowych. Ponadto, w niektórych przypadkach, związanych np. z występowaniem blokad, analiza asymptotyczna nie jest możliwa ze względu na występowanie stanów pochłaniających. Metoda symulacyjna jest natomiast ogólna, nie nakłada ona bowiem żadnych ograniczeń na typy rozkładów oraz pozwala wykryć stany blokady. Jednakże, szczególnie przy badaniu asymptotycznych własności systemów, zmusza do badania wielu realizacji procesów, co wydatnie zwiększa czas analizy i nakłady obliczeniowe.

Dobre wyniki może dać połączenie obu metod, polegające na wstępnym badaniu symulacyjnym w celu wykrycia blokad a następnie zastosowaniu metody analitycznej. Istotnym uproszczeniem pierwszej z wymienionych faz postępowania może być metoda automatycznego generowania bezblokadowych realizacji procesów, przedstawiona w rozdziale 3. Podstawowym zagadnieniem dla zautomatyzowania oceny działania systemu jest algorytmizacja metody analitycznej, determinująca sposób wyznaczania grafu stanów oraz efektywną metodę rozwiązywania układu równań.

LITERATURA

- [1] Banaszak Z.: Algorytmy automatycznego modelowania asynchronicznych procesów współbieżnych, Prace Naukowe Inst. Cybernetyki Techn. PWr., Nr 68, seria: Konf., Nr 27, Wrocław, 1985, s. 105-116.
- [2] Banaszak Z., Mazur M.: System komputerowo wspomaganego planowania procesów współbieżnych, Prace Naukowe Inst. Cybernetyki Techn. PWr., Nr 68, seria: Konf., Nr 27, Wrocław, 1985, s. 117-124.
- [3] Banaszak Z.: Coordination of concurrent processes: automatic program synthesis, Mat. Konf. 8th European Meeting on Cybernetics and Systems Research, Wiedeń, 1-4 kwietnia, 1986.
- [4] Barlow R., Proschan F.: Mathematical Theory of Reliability. J. Wiley and Sons. Inc. New York-London-Sydney, 1965.
- [5] Bullinger H.J., Warnecke H.J. (red.): Toward the factory of the future, Springer-Verlag, Berlin, 1985.
- [6] Koroljuk W.S., Turbin A.F.: Połumarkovskie processy i ich prilozhenija. Naukova Dumka, Kijew, 1976.
- [7] Kotov, V.E.: Seti Petri, Nauka, Moskwa, 1984.
- [8] Hartimer J. (red.): Integrated manufacture, Springer-Verlag, Berlin, 1985.
- [9] Peterson J.L.: Petri net theory and the modelling of systems, Prentice-Hall, New York, 1981.
- [10] Hanky P.G.: The design and operation of FMS (Flexible Manufacturing Systems), North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1983.

Recenzent: Prof.dr h.inż. Stanisław Piasecki

Wpłynęło do Redakcji do 1986.04.30

СИМУЛЯЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ ПЕТРИ В УСЛОВИЯХ СЛУЧАЙНЫХ ПОМЕХ

Р е з ю м е

В работе представлены два метода (имитационный и аналитический) исследования систем с возможными отказами, реализующих параллельные процессы. Имитационный метод заключается в исследовании реализации протекания процессов, генерируемых на основании соответствующей сети Петри и позволяет легко определить некоторые качественные признаки системы, на пример, возникающие блокады. Аналитический метод позволяет оценить систему количественно (принимая экспоненциальное распределение), путём исследования характеристик соответствующего стохастического процесса. Пользуясь аналитическим методом, на примере показано влияние функционального резерва и алгоритма управления ходом процессов в случае повреждения, на производительность процесса. Обсуждена также возможность совмещения обоих методов для нужд проектирования систем с помощью ЭВМ, реализующих параллельные процессы.

SIMULATION OF PRODUCTION PROCESSES BASED ON THE PETRI NETS IN STOCHASTIC ENVIRONMENT

S u m m a r y

The paper deals with the problems of fault-tolerant system design. Their complexity causes growing needs for automated tools supporting the planning as well as the performance evaluation of designed production systems, especially in the case of asynchronous systems with concurrent evolutions. In this paper only concurrent pipeline-like flowing processes are considered. The objective is two-folded: it concerns the computer simulation as well as analytic methods of process performance planning. The former approach, based on the Petri net approach, is aimed at formulating and evaluating the net model of the admissible (i.e. deadlock-free) processflows. The method implemented is based on an algorithm which derives the relevant models taking into account the assumed functional redundancy of the process flow. In the latter case is applied a semistochastic Markov process as a model of the system representation. Such an approach allows to take the mean asymptotic rate of the process efficiency as a measure of the process flow evaluation. Discussion of the above methods is conducted from the point of view of the computer aided planning system design. Their limitations and advantages are pointed out. Some illustrative examples of the possible applications are presented.