ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985
Seria: GÓRNICTWO z. 139 Nr kol. 826

Józef BENDKOWSKI
Jerzy KOZYRA

WYKORZYSTANIE UKŁADÓW AUTOMATÓW PROBABILISTYCZNYCH DO SYMULOWANIA PROCESÓW EKONOMICZNYCH W GÓRNICTWIE WĘGLOWYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwość zastosowania układów automatów probabilistycznych do symulowania systemów i procesów ekonomicznych w górnictwie. Podano definicję automatu probabilistycznego i układu automatów. Wskazano na niektóre sposoby wykorzystania modeli symulacyjnych w badaniach ekonomicznych górnictwa. Artykuł zakończono uwagami dotyczącymi możliwości wykorzystania automatów probabilistycznych w praktyce zarządzania górnictwa.

1. WPROWADZENIE

Systemy gospodarcze górnictwa węglowego i zachodzące w nich procesy z "natury" są szczególnie złożone. Stąd nauka i praktyka zaleca badanie zachowania się tych systemów w kategoriach systemów szczególnie złożonych. W dostępnej literaturze trudno doszukać się dostatecznie ogólnej definicji pojęcia "system złożony". Badacze w zależności od celu badań oraz badanego obiektu używają różnych określeń na system złożony, które nie zawsze upoważniają ich do użycia tego pojęcia. Nie wdając się w szczegółową analizę spotykanych w literaturze określeń można wskazać podstawowe charakterystyczne cechy systemów złożonych.

- Występowanie dużej liczby wzajemnych powiązań pomiędzy poszczególnymi podsystemami systemów złożonych. Wiadomo, że podział systemu na poszczególne podsystemy ma charakter umowny. Zalecane jest, by podział ten uwzględniał tzw. zasadę samodzielnego rozwiązywania zadań przez poszczególne podsystemy.
- Wielowymiarowość systemu.
- Wielokryterialność wynikająca ze zróżnicowanych celów poszczególnych podsystemów.
- Zróżnicowanie struktury systemu wynikające ze zróżnicowanych struktur podsystemów, powiązań, podporządkowań itp.
- Zróżnicowanie fizycznej natury poszczególnych podsystemów.

Wynika stąd, że złożone systemy gospodarcze górnictwa węglowego charakteryzują się w szczególności wielokryterialnością, hierarchiczną strukturę oraz istnieniem zróżnicowania fizycznej natury poszczególnych podsystemów. Nie zawsze znane metody matematyczne pozwalają wykryć i poznać prawidłowości w funkcjonowaniu jednostek gospodarczych. Dlatego duże znaczenie w badaniach systemów złożonych mają metody symulacyjne. Istota tych metod sprowadza się do badania zachowania się rzeczywistych obiektów za pomocą zaprojektowanych modeli matematycznych w pamięci elektronicznej maszyny cyfrowej. Metody symulacyjne pozwalają, bez konieczności wykonania kosztownych i czasochłonnych eksperymentów na obiektach rzeczywistych, na przeprowadzenie badań złożonych przebiegów procesów, ocenić efektywność przyjętych wariantów rozwiązań z punktu widzenia określonego kryterium lub zbioru kryteriów optymalizacyjnych. Praktyka dowodzi, że metody symulacyjne są najbardziej efektywne w badaniach dynamiki systemów. Uzyskanie pozytywnych rezultatów badania dynamiki systemów jest bardzo utrudnione, gdy w działaniu danego systemu występuję zmienne losowe. Przypadek ten ma miejsce przede wszystkim w górnictwie węglowym. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metody badania złożonych systemów ekonomicznych występujących w górnictwie węglowym, metody, która umożliwi odwzorowanie i optymalizację dynamiki systemów, a więc zmienność procesów w czasie z udziałem czynników stochastycznych w działaniu systemów.

2. METODY SYMULACYJNE W ZASTOSOWANIU DO BADAŃ EKONOMICZNYCH

Pojawianie się maszyn cyfrowych wpłynęło znacząco na rozwój i znaczenie metod symulacyjnych. Wiadomo, że w wielu przypadkach wytworzony produkt, konstrukcja lub przebieg procesu nie odpowiada w pełni zakładanym teoretycznym obliczeniom w warunkach eksploatacyjnych. Tłumaczyć można to tym, że:

- nie każda teoretyczna procedura projektowania zawiera wszystkie zróżnicowane przypadki mogące wystąpić w praktyce,
- nie zawsze możliwe jest przeprowadzenie obliczeń teoretycznych z wymaganą dokładnością.

Dlatego wytworzony produkt, konstrukcja, czy proces poddawany jest badaniom eksploatacyjnym w rzeczywistych warunkach. W celu uzyskania niezbędnych doświadczeń eksploatacyjnych, oraz sprawdzenia dokładności rozważań teoretycznych przeprowadza się badania na modelach symulacyjnych. Metody teoretyczne nie wykluczają zastosowania metod symulacyjnych.

Metody symulacyjne mają dużo większe znaczenie w ekonomice aniżeli w dziedzinach technicznych z kilku powodów:

- Szczególna złożoność zjawisk ekonomicznych sprawia, że stale rozwijane metody matematyczne nie dają gwarancji uzyskania poprawnych wyników. Badania zjawisk ekonomicznych metodami matematycznymi wymagają posiadania dużych zbiorów informacji, zaś uzyskane rezultaty muszą charakteryzować się wysoką dokładnością.

- Doskonalenie stosowanych mechanizmów ekonomicznych, sterowanie procesami ekonomicznymi staje się problemem coraz bardziej złożonym, który nie zawsze można w zadowalający sposób rozwiązać za pomocą znanych metod matematycznych.

Dowolny matematyczny model systemu ekonomicznego może symulować dany proces ekonomiczny. Gdy skonstruowany model pozwala nie tylko na statyczną analizę poszczególnych zjawisk zachodzących w danym obiekcie ale na odwzorowanie jego zachowania się w czasie, to taką klasę modeli można nazwać symulacyjnymi. Wszelki system złożony można scharakteryzować za pomocą:

- określonej struktury,
- zależnościami systemu od otoczenia i oddziaływania systemu na otoczenie,
- ilościowych charakterystyk określających stan systemu w dowolnym czasie,
- zmiany stanów systemu zachodzących w czasie,
- udziałem czynników losowych w funkcjonowaniu systemu.

Przez pojęcie "symulacyjny model systemu ekonomicznego" należy rozumieć modele posiadające określoną strukturę, wzajemne powiązania pomiędzy poszczególnymi elementami, podsystemami systemu ekonomicznego i przede wszystkim symulujące jego dynamikę i rozwój w czasie. W procesie symulacji do modelu mogą być włączone oddzielne bloki pozwalające otrzymać wybrane charakterystyki pracy systemu, dokonać wyboru optymalnych wartości wybranych parametrów, dla których efektywność funkcjonowania systemu jest maksymalna.

Termin "modelowanie symulacyjne" w literaturze jest używane w kilku znaczeniach, a mianowicie:

- proces budowy modeli,
- badanie dynamiki funkcjonowania systemu za pomocą zbudowanych modeli,
- metoda badawcza służąca do analizy dynamicznej systemu.

W niniejszym artykule szczególną uwagę zwrócono na wybór metody badawczej, a więc metody pozwalającej na symulowanie obszernej klasy procesów ekonomicznych występujących w górnictwie węglowym.

3. DEFINICJA AUTOMATU PROBABILISTYCZNEGO

Zastosowanie maszyn cyfrowych ze sterowaniem programowym doprowadziło do powstania abstrakcyjnej, matematycznej teorii przetwarzania informacji. Pierwszymi pracami w tej dziedzinie były publikacje K. Shannona [3] oraz W.J. Szestiakowa [4].

Teoria przetwarzania informacji doprowadziła do utworzenia automatów cyfrowych jako abstrakcyjnych urządzeń przetwarzania informacji. K. Shannon, J. Neumann jako jedni z pierwszych zajmowali się badaniem funkcjonowania automatów z uwzględnieniem czynników losowych. W naukowej literaturze można znaleźć szereg publikacji, w których podano definicję automatu probabilistycznego, opisy badań nad własnościami i ich zachowaniem się. W niektórych z nich losowe czynniki uwzględniono tylko przy sformułowaniu stanu automatu w innych dla sygnałów wyjściowych albo w obu tych przypadkach jednocześnie. Niektóre określenia wykorzystują pojęcie początkowego automatu probabilistycznego z podkreśleniem stanu początkowego. Jedne automaty definiuje się tak, że sygnał wyjściowy istnieje zależnie od wartości sygnału wejściowego (automat Mealy), jeszcze w innych sygnał wyjściowy uzyskuje się tylko poprzez stan automatu. Do dalszych rozważań przyjęto automat dyskretny (cyfrowy), początkowy automat probabilistyczny Moore'a z deterministycznymi wyjściami. Oznacza to, że zmiany stanu automatu i wystąpienie sygnałów wyjściowych zachodzą tylko w całkowitoliczbowych momentach czasu, początkowy stan automatu jest ściśle ustalony, czynniki stochastyczne uwzględnia się tylko przy sformułowaniu stanu wewnętrznego automatu, wartości sygnałów wyjściowych zależą od wartości sygnałów wejściowych tylko poprzez stan wewnętrzny.

Zatem przez pojęcie "automat probabilistyczny" należy rozumieć obiekt posiadający stan wewnętrzny mogący przyjmować sygnał wejściowy i wydawać wyjściowy. W danym momencie czasu automat opisują trzy wielkości: stan wewnętrzny, sygnał wejściowy oraz sygnał wyjściowy. Wielkości te mogą być skalarami lub wektorami. Analizujęc te wielkości trzeba mieć na uwadze zbiór wartości jakie każda z nich może przyjmować, tzn.:

- wewnętrzny alfabet automatu (zbiór dopuszczalnych wartości stanu wewnętrznego),
- alfabety wejściowy i wyjściowy (zbiory wszystkich możliwych wartości, które mogą przyjmować sygnały odpowiednio wejściowy i wyjściowy).

Początkowy stan automatu zawiera niektóre elementy jego wewnętrznego alfabetu. Zasady, na podstawie których formułuje się stan automatu w każdym momencie czasu zależą w ogólności od jego stanu w poprzedzającym momencie czasu, wartości sygnału wejściowego oraz zależności stochastycznych uwzględnianych w funkcjonowaniu automatu. Jeżeli alfabet wewnętrzny przedstawia dany przeliczalny zbiór, to może być zadany za pomocą jednoparametrycznej rodziny kwadratowych macierzy stochastycznych $A(x)$, gdzie parametr x odpowiada wartościom sygnału wejściowego, zaś macierz $A(x)$ dla każdej ustalonej wartości x posiada stopień równy liczbie elementów alfabetu wewnętrznego. Dla opisu danego automatu trzeba określić zasady, na podstawie których dokonuje się wyboru sygnału wyjściowego. Dla przyjętej definicji automatu probabilistycznego sygnał wyjściowy nie zawiera wielkości probabilistycznych, przedstawia daną funkcję określoną poprzez alfabet wewnętrzny automatu, zaś sygnał wyjściowy przyjmuje wartości z alfabetu wyjściowego. Stąd początkowy automat probabilistyczny Moore'a może być opisany przez układ sześciu obiektów, a mianowicie:

$\mathcal{X}$ $\mathcal{U}$ η - odpowiednio alfabet danego automatu wejściowy, wewnętrzny i wyjściowy,

$a_o (a_o \in \mathcal{U}_o)$ - stan początkowy,

$A(x) (x \in \mathcal{X})$ - rodzina stochastycznych macierzy określające zasady przejścia automatu z jednego stanu w drugi,

$\varphi(a); (a \in \mathcal{U}\ \varphi \in \eta)$ - funkcje wyjścia.

Opisanie modelu złożonych systemów za pomocą automatów probabilistycznych dla systemów ekonomicznych górnictwa węglowego może być utrudnione. Aby uprościć opis poszczególnych automatów probabilistycznych można skonstruować losowe funkcjonały przejścia automatu w postaci tablicy.

Tablice przejścia losowych funkcjonałów dla danych automatów pozwalają w prosty sposób opisać funkcjonowanie rzeczywistych systemów lub ich elementów.

Wykazać można, że dowolny automat probabilistyczny jest uogólnionym łańcuchem Markowa.

4. UKŁAD AUTOMATÓW PROBABILISTYCZNYCH

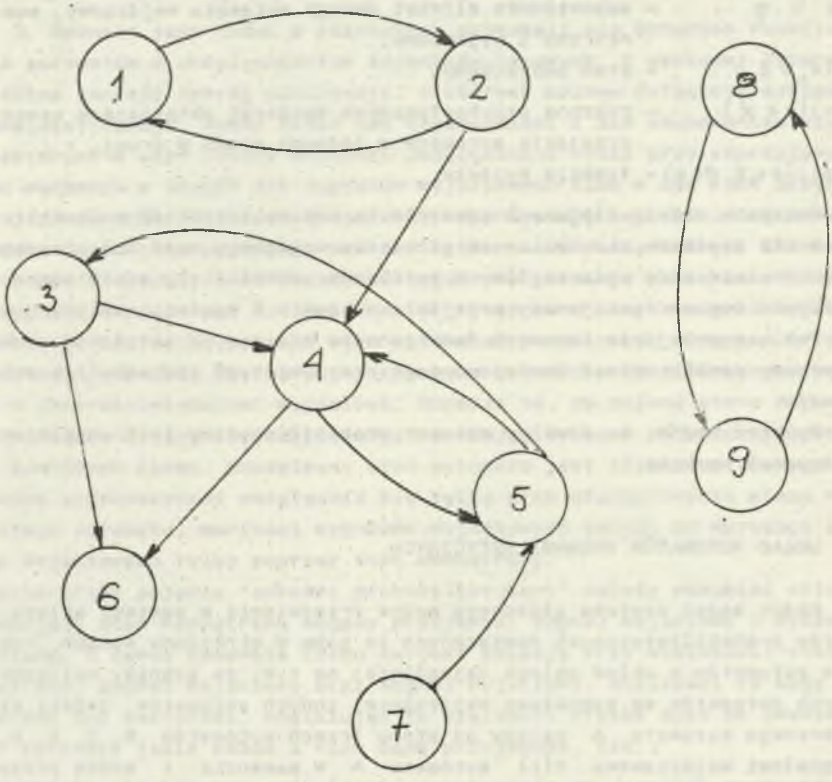
Każdy model systemu złożonego można przedstawić w postaci układu automatów probabilistycznych powiązanych ze sobą w określony sposób. Powiązanie automatów w układ polega najogólniej na tym, że sygnały wyjściowe jednych automatów są sygnałami wejściowymi innych automatów. Jeżeli stan wybranego automatu A zależy od stanu trzech automatów B, C i D, to sygnałowi wejściowemu $X(t)$ automatu A w momencie t można przyporządkować trójkę liczb:

$$X(t) = \left\{ y_1(t);\ y_2(t);\ y_3(t) \right\},$$

gdzie:

$y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$ - sygnały przekazywane odpowiednio od automatów B, C, D do automatu A.

Przyjmuje się tutaj, że od jednego automatu do jakiegokolwiek innego przekazywany jest jeden sygnał. W szczególności alfabety sygnałów wejściowych B, C, D powinny zawierać elementy alfabetu sygnału wejściowego automatu A. Wynika stąd przyjęcie racjonalnego sposobu opisania powiązań pomiędzy poszczególnymi automatami układu. Dokonuje się tego za pomocą grafu wzajemnych powiązań (rys. 1), który odzwierciedla jakościowe zależności pomiędzy wszystkimi automatami układu. Strukturę takiego układu automatów przedstawia się w postaci grafów skierowanych. Aby układ automatów probabilistycznych był zadany określić trzeba funkcję wyjścia każdego automatu. Podanie dostatecznie ogólnej funkcji dla wszystkich automatów jest zadaniem trudnym, ponieważ poszczególne automaty mogą posiadać różną postać oraz różne są powiązania międzyautomatowe.



Rys. 1. Graf międzyautomatowych powiązań układu składającego się z 9 automatów

Dla większości występujących w praktyce modeli systemów ekonomicznych funkcje wyjścia można podzielić na trzy grupy i w ramach poszczególnych grup dokonać standaryzacji opisu tej funkcji

1^o - dla wszystkich dwójkowych powiązań,
2^o - sygnał wyjściowy powiązany jest ze stanem wewnętrznym automatu,
3^o - zadanie funkcji wyjścia dokonuje się za pomocą specjalnych wzorów i algorytmów.

Podobnie jak dla automatów probabilistycznych, opisanie układu automatów dokonać można za pomocą pięciu obiektów:

- macierzy alfabetów,
- systemu funkcji wyjście,
- wektora stanów początkowych,
- tablic przejścia logicznych funkcjonałów, automatów (skrót TPLF),
- zestawu rozkładów niezależnych losowych wielkości występujących w TPLF.

5. WYKORZYSTANIE UKŁADU AUTOMATÓW PROBABILISTYCZNYCH W BADANIACH EKONOMICZNYCH GÓRNICTWA

Automatowy model w zależności od dokonanej formalizacji symuluje zachowania się systemu ekonomicznego. Aby dany system ekonomiczny osiągnął maksymalną efektywność, znany musi być zbiór parametrów regulacyjnych właściwy dla danego systemu. Wskaźniki efektywnej pracy systemu ekonomicznego są zdeterminowane poprzez funkcyjne zależności ze zbiorem parametrów regulacyjnych. Zwykle taką funkcję nazywa się funkcję celu lub kryterium efektywności systemu. Na początku badań postać funkcji celu jest nieznana. Dowolne zadanie z zakresu modelowania w ekonomice polega na tym, aby z zadanego zbioru wartości parametrów regulacyjnych wybrać taki ich układ wartości, przy których funkcje celu przyjmuje wartości minimalne lub maksymalne. Jeżeli kryteriów efektywności jest kilka, to maksymalna efektywność ze względu na różne kryteria dla jednych i tych samych parametrów regulowanych może istnieć tylko warunkowo przy wykluczających się ograniczeniach. Model symulacyjny automatowy pozwala otrzymać wartości funkcji celu dle całego zbioru parametrów regulowanych.

Można tu wyróżnić dwa sposoby postępowania:

- Opracowany model automatowy pozwala ocenić efektywność systemu wg różnych kryteriów.
  Przy rozwiązywaniu każdego konkretnego zadania przyjęte wartości parametrów regulowanych pozwalają obliczyć jedną określoną funkcję celu.
- Spotykane w praktyce szczególnie złożone systemy ekonomiczne wymagają przy ich ocenie efektywności uwzględnienia wielu wskaźników. Wtedy mówiąc o efektywności systemu przyjmuje się spełnienie normy dla określonej grupy planowanych wskaźników, np. koszty własne, wielkość zatrudnienia, wydajność pracy itd. W tym przypadku postąpić można następująco:

a) ze zbioru wskaźników efektywności wybiera się najbardziej ważne i tylko dla tych wybranych wskaźników ocenia się efektywność systemu,
b) dobiera się taką postać funkcji celu, która zawiera wszystkie lub większość wskaźników efektywności,
c) korzysta się z doświadczeń i wiedzy specjalistów praktyków dla doboru wskaźników efektywności.

Niezwykle perspektywicznie i wielce obiecujący jest problem połączenia metod symulacyjnych z jedną ze znanych metod optymalizacyjnych, np. programowania liniowego, nieliniowego, planowania sieciowego itd. Ten kierunek badawczy dotychczas nie jest jeszcze w pełni rozpracowany.

Automatowe modelowanie systemów ekonomicznych wymaga zastosowania EMC. Oznacza to, że jednym z dostatecznie ważnych etapów badania systemów ekonomicznych jest ułożenie algorytmu i programu. Jedną z zalet automatowego modelowania jest standaryzacja modelowanego algorytmu modelu.

6. PRZYKŁAD AUTOMATOWEGO MODELU WYBRANEGO SYSTEMU EKONOMICZNEGO

Niechaj dany proces ekonomiczny da się opisać modelem systemu masowej obsługi, w którym przedziały czasu pomiędzy momentami obsługi są ekwiwalentne zmiennej losowej ξ oraz charakteryzują się geometrycznym rozkładem prawdopodobieństwa w postaci.

$$p_k = (1 - p)^{k-1} \cdot p; \quad (k = 1,2,\dots,0 \leqslant p \leqslant 1)$$

Jeżeli wiadomo, że w danym momencie wystąpiły wymagania dotyczące obsługi, to ich liczba odpowiada zmiennej losowej η mającej dowolny rozkład dyskretny w zbiorze wszystkich dodatnich liczb całkowitych, a więc:

$$q_k = p\left\{\eta = k\right\} \quad (k = 1,2,\dots; \quad \sum_{k=1}^{\infty} q_k = 1; \quad 0 \leqslant q_k \leqslant 1)$$

Niechaj α - dwójkowa losowa wielkość o rozkładzie:

$$\left\{1 - p, p\right\}$$

Jeżeli rozkład geometryczny jest dyskretnym analogiem rozkładu Poissona, to stan systemu w momencie t $(t = 0,1,2,\dots)$ można w pełni scharakteryzować dwoma wielkościami: czasem trwania obsługi i długością kolejki. Dla tych wielkości przyjęto oznaczenie odpowiednio $a_2(t)$ oraz $a_3(t)$.

Nietrudno wykazać, że dwuwymiarowy losowy proces:

$$\bar{a}(t) = \left\{a_2(t), a_3(t)\right\} \tag{6.1}$$

jest prostym, jednorodnym łańcuchem Markowa, z losowo niezależnymi składowymi.

Niechaj dla wybranych t $(t = 0,1,2,\dots)$, $a_2(t) = 1$ oraz $a_3(t) = 0$. Wówczas warunkowy rozkład zmiennej losowej $a_3(t+1)$ dla warunku $\left\{a_2(t) = 1 \wedge a_3(t) = 0\right\}$ ma postać:

$$\left\{1 - p + p \cdot q_1, \; p \cdot q_2, \; p \cdot q_3, \dots\right\} \tag{6.2}$$

Niech dodatkową informacją uzupełniającą warunek jest zależność $a_2(t+1) = 7$. Mówi to o tym, że w momencie czacu $t + 1$ wystąpiły w systemie nowe wymagania odnośnie do czasu trwania obsługi.

Warunkowy rozkład zmiennej losowej $a_2(t+1)$ dla warunku

$$\left\{a_2(t) = 1 \wedge a_3(t) = 0 \wedge a_2(t+1) = 7\right\}$$

będzie:

$$\{q_1, q_2, q_3, \ldots\} \tag{6.3}$$

Układ automatów probabilistycznych niech ma postać:

$$\Gamma = \{A_1, A_2, A_3\}$$

Wewnętrzny stan $a_1(t)$ automatu A_1 niech równa się 1, jeżeli w momencie $(t+1)$ wystąpiły wymagania obsługi w systemie oraz 0 w każdym innym przypadku. Wewnętrzne stany pozostałych automatów opisują składowe wektora (6.1). Sygnał wyjściowy $x_1(t)$ automatu A_1 określony jest z założenia poprzez jego stan wewnętrzny.

Macierz alfabetów ma następującą postać:

$$\begin{bmatrix} D & D & D \\ \circledast & N & D \\ \circledast & D & N \end{bmatrix}$$

gdzie:

D - alfabet dwójkowy,
N - alfabet liczb naturalnych,
$\circledast$ - miejsca zerowe.

Układ funkcji wyjścia:

$$\begin{array}{c|c} x_1(t) & a_1(t) = 0 \\ x_2(t) & a_2(t) \leqslant 1 \\ x_3(t) & a_3(t) > 0 \end{array}$$

Tablica przejście logicznych funkcjonałów przedstawia się następująco:

A_1	α		
A_2	$a_2(t) > 1$	$a_2(t) \leqslant 1 \wedge x_3(t) = 1;$	$a_2(t) \leqslant 1 \wedge x_2(t) = 0$
	$a_2(t)-1$	ξ	$\xi \quad x_1(t)$
A_3	$\max\{0;\ a_3(t) + \gamma x_1(t) - x_2(t)\}$		

Należy sprawdzić własność losowej niezależności składowych wektora $\bar{a}(t)$. Niechaj dla wybranego t $(t = 0,1,2,\ldots)$ znane są wartości $a_1(t)$, $a_2(t)$ oraz $a_3(t)$, przy czym dla wartości:

$a_1(t+1)$ - zależą tylko od realizacji α,
$a_2(t+1)$ - zależą tylko od realizacji ξ,
$a_3(t+1)$ - zależą tylko od realizacji γ.

Warunek niezależności składowych wektora jest oczywisty. Zatem zbudowany układ automatów probabilistycznych Γ jest modelem rozpatrywanego systemu masowej obsługi. Przeprowadzone rozważania aczkolwiek dotyczyły konkretnego przypadku i miały charakter przykładu bardzo prostego, mogą być przeprowadzone dla dowolnie skomplikowanego systemu rzeczywistego oraz obszernej klasy problemów ekonomiki górnictwa.

6. ZAKOŃCZENIE

Przedstawiona w zarysie metoda symulowania systemów i procesów ekonomicznych w górnictwie węglowym wykorzystuje zasady funkcjonowania układów automatów probabilistycznych. Do niewątpliwych zalet przedstawionej metody zaliczyć trzeba:

- maksymalną unifikację i standaryzację budowy modeli symulacyjnych, algorytmów oraz programów EMC,
- możliwość budowy modeli dynamicznych z uwzględnieniem działania czynników losowych,
- możliwość symulowania kompleksowych, szczególnie złożonych systemów produkcyjnych i ekonomicznych.

W Instytucie Organizacji i Ekonomiki Górnictwa, Wydziału Górniczego Politechniki Śląskiej prowadzone są prace naukowo-badawcze w zakresie rozwoju metod symulacyjnych do zagadnienia ekonomiki i organizacji górnictwa.

LITERATURA

[1] Bendkowski J.: Podejście sytuacyjne w doborze systemów informatycznych zarządzania do zróżnicowanych struktur organizacyjnych głębinowych kopalń węgla kamiennego. ZN Politechniki Śląskiej nr 771, Gliwice 1983.

[2] Bakajew A.A., Kostina N.J., Jarowizki N.W.: Algorit - mische Modellierung ökonomischer Probleme, Berlin, Akad Verlag, 1974.

[3] Skannon C.E.: The synthesis of two-terminal swithing circuits - Bell. Syst. Techn. J. N 28, pp. 59-98.

[4] Szestiakow W.J.: Algebra dwuch-poljusnych schiem, postrojennych isklјuczitelno iz dwuchpoljusnikow. Algebra A-schiem. J.T.F. 1941, 11, Nr 6, ss. 532-549.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ АВТОМАТОВ ДЛЯ ИММИТИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р е з ю м е

В стетье представлена возможность применения вероятностных автоматов для иммитирования систем и экономических процессов в горнодобывающей промышленности. Дано определение вероятностного автомата и системы автоматов. Указаны некоторые опособы использования иммитационных моделей в экономических исследованиях горнодобывания. В статье даются замечания по поводу возможности использования вероятностных автоматов для управления в горнодобывающей промышленности.

THE USE OF THE PROBABILITY AUTOMATA FOR THE SIMULATION OF ECONOMIC PROCESSES IN COAL MINING

S u m m a r y

In the paper is presented the possibility of using probability automata for simulation of economic systems and processes in mining. A definition of probability automation and system of automata are given. The paper ends with remarks on the possibility of using probability automata in the mining management practice.

ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985

Seria: GÓRNICTWO z. 139 Nr kol. 826

Edmund LESIK
Lidia PENAR

MODELE EKONOMICZNO-STATYSTYCZNE O ZMIENNEJ STRUKTURZE W BADANIACH DYNAMIKI SYSTEMÓW ORGANIZACYJNYCH PRZEMYSŁU WYDOBYWCZEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę modelowania ekonomiczno-statystycznego z zastosowaniem modeli o zmiennej strukturze. Podano genezę, cel oraz warunki stosowania tej klasy modeli dla potrzeb analizy i prognozowania działalności obiektów gospodarczych przemysłu wydobywczego.

Zaproponowaną metodę zilustrowano przykładem zastosowania modelu ekonomiczno-statystycznego do prognozowania dynamiki wydobycia nowo projektowanych kopalń węgla kamiennego. Artykuł zakończono wnioskami.

1. WPROWADZENIE

Problem opisu dynamiki wskaźników ekonomiczno-produkcyjnych obiektów gospodarczych z jednoczesnym uwzględnieniem zmian w czasie istniejących złożonych zależności pomiędzy cechami charakteryzującymi dany obiekt jest obecnie jednym z najbardziej złożonych problemów modelowania ekonomiczno-statystycznego.

Problem ten do tej pory nie doczekał się zadowalającego rozwiązania. Jedną z interesujących metod dających jak dotychczas najlepsze rozwiązania tego problemu jest metoda modelowania oparta na stosowaniu modeli ekonomiczno-statystycznych (MES) o zmiennej strukturze. Podstawę budowania MES stanowią informacje o obiekcie uzyskane w pewnym okresie czasu poprzez obserwację jego cech oraz uzyskiwanych wskaźników uznanych jako wynikowe. Aby uzyskany w ten sposób obraz obiektu był jak "najwierniejszy", traktuje się obiekty jako "systemy złożone". Potraktowanie systemów organizacyjnych przemysłu wydobywczego jako systemów złożonych wymaga uwzględnienia w badaniach dynamiki następujących ich cech ogólnych:

- stochastycznego charakteru zachowania się systemu; oznacza to niemożliwość jednoznacznego określenia przyszłych wartości wskaźników wynikowych na podstawie informacji o ich wielkościach z przeszłości oraz na podstawie wartości informacji wejściowych. Decyduje o tym niepełność naszej wiedzy o badanym obiekcie, losowe zachowanie się określonych wejściowych czynników, jak np. warunki geologiczno-górnicze i wreszcie nieścisłości danych statystycznych.

- sterowalności, tj. możliwości celowego kierowania pewnymi wartościami wejściowymi wskaźników systemu, tzn. że część wejściowych wskaźników można poddać regulacji w pewnym dopuszczalnym zakresie,
- inercyjności, tj. zależności stanu systemu w danej chwili od stanów przyszłych. Uwarunkowana jest ona niemożnością zmiany w przedziale małego okresu czasu technologicznej struktury procesów ekonomicznych. Przyczynami tego są między innymi opóźnienia w uzyskiwaniu informacji o konieczności przyjęcia nowych rozwiązań sterujących opóźnienia reakcji sterowania na zmianę sytuacji zewnętrznej systemu. Stopień inercyjności systemu jest tym większy, im wyższe jest miejsce danego obiektu w poziomie hierarchicznym obowiązującego systemu ekonomicznego.

Uwzględnienie tych cech skłania do podziału budowanych obrazów obiektów - MES - na dwa podstawowe typy:
- modele ekonomiczno-statystyczne o stałej strukturze,
- modele ekonomiczno-statystyczne o zmiennej strukturze.

Przez strukturę MES rozumie się tu zbiór wejściowych oraz wyjściowych zmiennych, zbiór parametrów modelu oraz zbiór relacji zachodzących pomiędzy elementami tych zbiorów.

2. ISTOTA MODELOWANIA EKONOMICZNO-STATYSTYCZNEGO O ZMIENNEJ STRUKTURZE MODELI

MES o stałej strukturze są zorientowane głównie na badanie własności statystycznych obiektu. Pozwalają one opisać przyszłe stany obiektu za pomocą ekstrapolacji pewnych mierników jego zachowania się w przeszłości. Zakłada się wtedy, że zachowanie się systemu w całym analizowanym okresie czasu można opisać tym samym procesem losowym.

Cechą, która skłania do stosowania tego typu modeli jest inercyjność.

MES o zmiennej strukturze zorientowane są na dostarczenie informacji o możliwych stanach obiektu w zależności od przyjętych różnych rozwiązań organizacyjno-ekonomicznych z uwzględnieniem zmian jakościowych w zachowaniu się obiektu. Cechami, które przemawiają za stosowaniem tego typu modeli są stochastyczność i sterowalność.

Wybór typu modelu zależy więc od stopnia inercyjności, sterowalności i stochastyczności zachowania się danego obiektu. Modele o stałej strukturze stosuje się dla obiektów, w których badany proces ma charakter stacjonarny lub jest zbieżny do stacjonarnego. Jeżeli jednak przyjąć tezę o zmieniającej się efektywności wykorzystania zasobów przemysłowych oraz fakt, że im dłuższy jest okres obserwacji obiektu, tym bardziej chwiejna okazuje się stacjonarność badanego procesu, to modele ekonomiczno-statystyczne ze zmienną strukturą dają "bardziej prawdopodobny" obraz badanego obiektu. W literaturze spotyka się już podejście traktujące MES o zmiennej strukturze jako szeroką klasę modeli zawierającą zbiór modeli o sta-