



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

**ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA
METOD ILOŚCIOWYCH
I TECHNIK INFORMATYCZNYCH
WSPOMAGAJĄCYCH PROCESY
DECYZYJNE**

Redakcja:

Jan Studziński
Ludostław Drelichowski
Olgierd Hryniewicz

**ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA
METOD ILOŚCIOWYCH
I TECHNIK INFORMATYCZNYCH
WSPOMAGAJĄCYCH PROCESY
DECYZYJNE**

Redakcja:

Jan Studziński

Ludosław Drelichowski

Olgierd Hryniewicz

Wydanie tej publikacji było możliwe dzięki pomocy finansowej
MINISTERSTWA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO.

Książka zawiera wybór artykułów poświęconych omówieniu aktualnego stanu badań w kraju w zakresie rozwoju i zastosowań metod, modeli, technik i systemów informatycznych w procesach podejmowania decyzji. Kilka artykułów przedstawia rezultaty projektów badawczych finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego i realizowanych przez polskie instytucje badawcze.

Recenzenci:

Prof. Olgierd Hryniewicz

Prof. Andrzej Straszak

Dr hab. Jan Studziński

Komputerowa edycja tekstu: Anna Gostyńska

© Instytut Badań Systemowych, Warszawa 2006

Wydawca: Instytut Badań Systemowych PAN
Newelska 6, PL 01-447 Warszawa

Sekcja Informacji Naukowej i Wydawnictw
e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl

ISBN 83-894-7506-5

9788389475060

ISSN 0208-8029



**ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA
METOD ILOŚCIOWYCH I TECHNIK
INFORMATYCZNYCH
WSPOMAGAJĄCYCH PROCESY
DECYZYJNE**

Instytut Badań Systemowych • Polska Akademia Nauk
Seria: Badania Systemowe
Tom 49

Redaktor Naukowy:
Prof. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2006



KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PROCESU DECYZYJNEGO W SYSTEMIE EKSPLOATACJI TRANSPORTU MIEJSKIEGO

Maciej WOROPAY¹⁾, Andrzej NEUBAUER²⁾

¹⁾Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy
<kem@atr.bydgoszcz.pl>

²⁾Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
<aneub@uni.torun.pl>

Streszczenie: *W pracy przedstawiono opis metody budowy symulacyjnego decyzyjnego stochastycznego modelu procesu eksploatacji realizowanego w systemie transportu miejskiego. Matematycznym modelem procesu eksploatacji jest proces semi-Markowa. Wykazano możliwość budowy modelu, opisano algorytmy generatorów zmiennych losowych oraz program komputerowy stanowiący narzędzie do rozwiązywania zagadnienia optymalizacji procesu eksploatacji.*

Słowa kluczowe: Decyzyjny proces Markowa, model procesu eksploatacji, proces decyzyjny, proces eksploatacji, proces stochastyczny, strategia, strategia markowska, system eksploatacji.

1. Wprowadzenie

W wielu zastosowaniach inżynierskich w szczególności dotyczących sterowania procesami eksploatacji oraz związanych z modelowaniem charakterystyk jakości i niezawodności obiektów technicznych wykorzystywane są procesy semi-Markowa. (Limnios, 1997; Cinlar, ?; Csenki, 1994; Grabski, 1982) Podstawową zaletą tych procesów jest to, że dla modelowania czasów pozostawania w stanach procesu można używać zmiennych losowych o dowolnych rozkładach, a nie tylko zmiennych o rozkładzie wykładniczym, jak to ma miejsce w przypadku procesów Markowa.

W rzeczywistych systemach czasy pozostawania obiektów technicznych w stanach nie są na ogół opisane rozkładem wykładniczym. Powoduje to, że do modelowania tych systemów używane są ogólniejsze procesy stochastyczne. (Limnios, 1997)

W niniejszej pracy rozpatrujemy zagadnienie optymalnego sterowania procesem stochastycznym, w którym w związku z pozostawaniem obiektów technicznych w różnych stanach uzyskiwane są dochody oraz (być może w niektórych stanach) ponoszone są koszty. *Przez optymalne sterowanie rozumie się takie dobieranie ak-*

cji, w chwilach wejścia obiektu technicznego do określonego stanu, aby średnia wartość dochodów uzyskiwanych w określonym skończonym odcinku czasu była maksymalna.

Dla każdego ze stanów określony jest zbiór możliwych do podjęcia akcji, z tym, że sposób wybrania konkretnej akcji opisany jest rozkładem prawdopodobieństwa i w ogólności nie musi być stały. Oznacza to, że wraz z rozwojem procesu w czasie, rozkład prawdopodobieństwa wyboru akcji dla każdego ze stanów może się zmieniać. Może to odwzorowywać w modelu nabywanie doświadczenia przez podsystem decyzyjny. W przypadku niepełnej informacji wybór akcji w modelu może być określony przez rozkład prawdopodobieństwa.

Dla każdego stanu procesu określony jest czas pozostawania w tym stanie, który jest wartością zmiennej losowej o konkretnym rozkładzie i ustalonych parametrach. Parametry charakteryzujące ten rozkład są parametrami wejściowymi modelu. Ponieważ zakładamy, że rozkłady czasów pozostawania w stanach nie będą na ogół wykładnicze, to jako model matematyczny procesu przyjmuje się proces semi-Markowa.

W dużej części prac dotyczących modelowania opartego na procesach Markowa lub semi-Markowa wykorzystuje się procesy jednorodnie tzn. takie, w których prawdopodobieństwa warunkowe znalezienia się procesu w stanie j , przy założeniu, że obecnie znajduje się on w stanie i , określone jako

$$P_{ij} = P(X_{t_2} = j | X_{t_1} = i), \quad t_1 < t_2 \quad t_1, t_2 \in R \quad (1)$$

(gdzie przez t_1 rozumie się chwilę obecną, a przez t_2 chwilę, w której nastąpi następną zmianą stanu procesu) są niezmiennie w czasie realizacji procesu.

W niniejszej pracy przyjmuje się, że proces nie musi być jednorodny. Z założenia tego wynika, że macierz prawdopodobieństw zmian stanów włożonego łańcucha Markowa zależy od stanu, w którym proces się znajduje oraz od akcji, jaką podsystem sterujący wybrał w chwili wejścia procesu do tego stanu.

Liczba macierzy prawdopodobieństw zmian stanów jest zatem skończona, o ile skończona jest przestrzeń stanów procesu S oraz przestrzeń akcji A . Takie podejście pozwala także łatwo realizować modelowanie procesów jednorodnych; wystarczy przyjąć, że dla każdego stanu $i \in S$ i możliwej w tym stanie akcji $a_i \in A$ używana jest taka sama macierz prawdopodobieństw przejść.

Przejścia międzystanowe procesu są określane przez wiele włożonych łańcuchów Markowa. W konkretnym stanie $i \in S$ i przy zastosowaniu akcji $a_i \in A$ prawdopodobieństwa zmian stanów określa macierz przejść jednego z tych łańcuchów.

Natura związku między przestrzenią stanów S i akcji A a macierzą prawdopodobieństw przejść oraz czasami pozostawania w stanach jest na ogół (z wyjątkiem

bardzo prostych sytuacji) trudna do określenia i stanowi jedną z przeszkód w wykorzystywaniu niejednorodnych decyzyjnych procesów Markowa i semi-Markowa do modelowania systemów rzeczywistych.

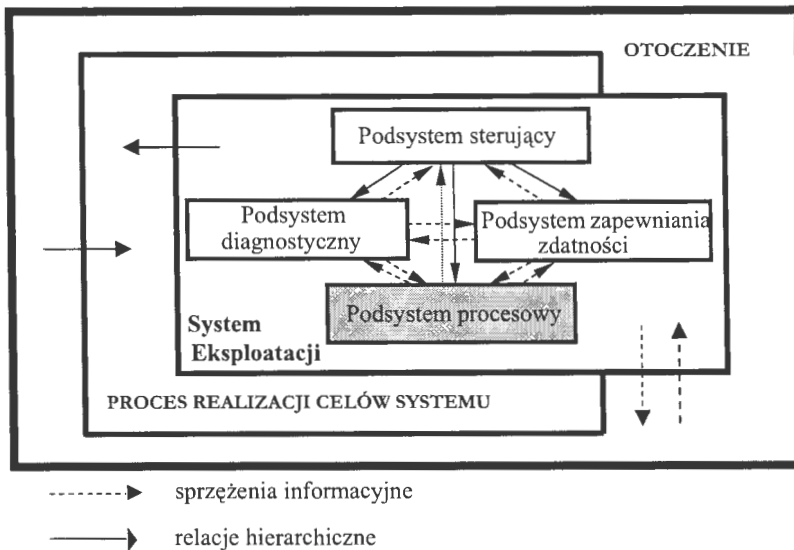
2. Cel i zakres pracy

Celem pracy jest opracowanie metody budowy symulacyjnego modelu decyzyjnego, który można wykorzystać do sterowania procesem eksploatacji realizowanym w rzeczywistym systemie transportowym.

W metodzie tej zawarte są zasady budowy algorytmu symulacji tego procesu oraz program komputerowy, umożliwiający realizację eksperymentów symulacyjnych, pozwalających na wybór optymalnej, ze względu na przyjętą funkcję kryterialną, strategii sterowania procesem eksploatacji realizowanym w rzeczywistym systemie transportowym, z uwzględnieniem wyników badań rzeczywistego systemu.

3. Obiekt badań

Obiektem badań jest proces eksploatacji realizowany w złożonym, rzeczywistym systemie eksploatacji środków transportu. System eksploatacji środków transportu jest systemem działaniowym z zachowaniem celowym, działającym w konkretnym otoczeniu. Oddziaływanie na procesy sterowane, realizowane w tym systemie, umożliwia osiągnięcie wyznaczonych celów oraz jakości działania systemu.



Rysunek 3.1. Zdekomponowany system transportowy (Woropay, Knopik, Landowski, 2001).

W procesie dekompozycji analizowanego systemu eksploatacji wyróżniono cztery podsystemy:

- podsystem sterujący (PS),
- podsystem zapewniania zdatności (PZZ),
- podsystem diagnostyczny (PD),
- podsystem procesowy (PP).

System ten jest systemem socjotechnicznym typu <C — OT — O> (człowiek, obiekt techniczny, otoczenie) o strukturze hierarchicznej i jako taki charakteryzuje się następującymi cechami (Woropay, 1996):

- składa się ze zbiorów celowo zorganizowanych podsystemów, usytuowanych na różnych poziomach hierarchii, między którymi istnieją relacje podporządkowania (relacje nadrzędności i podrzędności),
- prawidłowość działania podsystemów znajdujących się na wyższych poziomach hierarchii jest uzależniona od prawidłowości działania podsystemów znajdujących się na niższych poziomach hierarchii,
- między podsystemami znajdującymi się na tym samym poziomie hierarchii może występować konflikt celów działania, co powoduje konieczność koordynacji działania tych podsystemów przez podsystem sterujący.

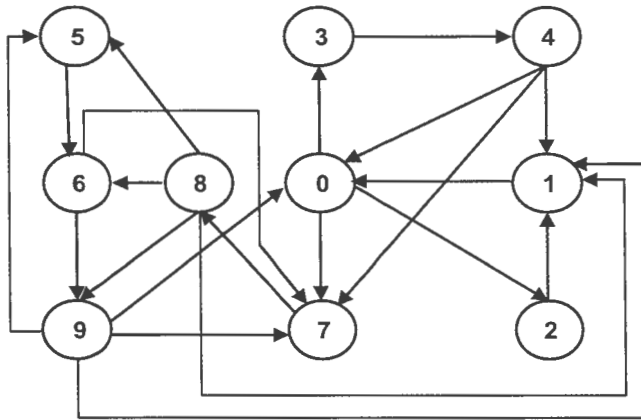
W badanym systemie transportowym eksploatowane są środki transportu, które mogą znajdować się w następujących stanach eksploatacyjnych:

- 0 – stan użytkowania OT**
- 1 – stan oczekiwania OT na podjęcie realizacji zadania**
- 2 – stan oczekiwania OT ze względu na niezdatność otoczenia**
- 3 – stan oczekiwania OT na jednostkę pogotowia technicznego**
- 4 – stan odnowy OT realizowanej w otoczeniu systemu eksploatacji**
- 5 – stan oczekiwania OT na odnowę realizowaną w podsystemie zapewniania zdatności**
- 6 – stan odnowy OT realizowanej w podsystemie zapewniania zdatności**
- 7 – stan oczekiwania OT na diagnozowanie**
- 8 – stan diagnozowania OT**
- 9 – stan postoju organizacyjnego**

Każdemu stanowi przyporządkowany jest czas przebywania w nim obiektu technicznego określony przez zmienną losową o wybranym rozkładzie i parametrach. Parametry i typy rozkładów (zależne od stanu i zastosowanej akcji) można wyznaczyć na podstawie wyników badań eksploatacyjnych rzeczywistego systemu eksploatacji.

Na podstawie wyników badań eksploatacyjnych można również ustalić postać grafu skierowanego zmian stanów eksploatacyjnych. Każdemu łukowi grafu

odpowiada prawdopodobieństwo z jakim dana zmiana stanu może się zdarzyć (Rysunek 3.2). Postać grafu oraz prawdopodobieństwa przypisane łukom mają ścisły związek z macierzą prawdopodobieństw zmian stanów procesu.



Rysunek 3.2. Graf skierowany zmian stanów procesu eksploatacji (Neubauer, 2005).

4. Opis modelu

W pracy przedstawiona jest symulacyjna metoda doboru optymalnego sposobu sterowania polegająca na generowaniu realizacji procesu semi-Markowa dla różnych strategii (ciągu akcji podejmowanych w różnych stanach), a następnie określeniu strategii optymalnych w sensie przyjętej funkcji kryterium. Ze względu na rozważaną w pracy komputerową realizację symulacji procesu semi-Markowa wygodnie jest określać proces następująco (Grabski, 2002):

markowski proces odnowy $\{(\xi_n, \vartheta_n) : n \in N_0\}$ a także odpowiadający mu proces semi-Markowa $\{X(t) : t \in R_+\}$ jest określony wtedy, gdy znany jest jego rozkład początkowy p , macierz $P = [p_{ij}]$ przejść łańcucha Markowa $\{\xi_n : n \in N_0\}$ oraz macierz dystrybant $F(t)$ rozkładów zmiennych losowych T_{ij} $i, j \in S$ określających czasy trwania stanu $i \in S$, jeśli następnym stanem będzie $j \in S$.

Funkcje

$$G_i(t) = \sum_{j \in S} p_{ij} F_{ij}(t) \text{ dla } i \in S, t \in R_+ \quad (2)$$

są bezwarunkowymi dystrybantami rozkładów czasów trwania stanów. Zmienne losowe określone przez powyższe dystrybuanty będziemy oznaczać przez T_i .

Dla każdego stanu $i \in S$ oraz akcji $a_i \in A$ jest określona macierz stochastyczna $P^{(i,a_i)}$, której elementy są warunkowymi prawdopodobieństwami zmian stanów procesu. Zatem jest to łańcuch Markowa, w którym prawdopodobieństwo przejścia ze stanu i do stanu j przy zastosowaniu w chwili wejścia do stanu i akcji a_i jest określone przez element $p_{ij}^{(i,a_i)}$ macierzy $P^{(i,a_i)}$. Czas pozostawania w stanie określa zmienna losowa $T_i^{(i,a_i)}$ o dystrybucanie zadanej wzorem

$$G_i^{(i,a_i)}(t) = \sum_{j \in S} p_{ij}^{(i,a_i)} F_{ij}(t) \quad (3)$$

Model decyzyjny procesu eksploatacji jest strukturą uporządkowaną postaci:

$$\mathcal{M} = \{ S, A, \mathbf{G}_{SA}, \mathbf{P}_{SA}, \mathbf{R}_{SA} \} \quad (4)$$

gdzie:

S jest skończonym zbiorem stanów eksploatacyjnych, w których może znajdować się obiekt techniczny (środek transportu) analizowanego systemu transportowego,

A jest skończonym zbiorem akcji możliwych do zastosowania do obiektu technicznego w chwili jego znalezienia się w konkretnym stanie; ciąg akcji stosowanych w kolejnych stanach procesu nazywa się strategią,

\mathbf{P}_{SA} jest zbiorem macierzy stochastycznych określających warunkowe prawdopodobieństwa zmian stanów eksploatacyjnych obiektów technicznych w procesie eksploatacji.

\mathbf{G}_{SA} jest zbiorem zmiennych losowych określających czas pozostawania obiektów technicznych w każdym ze stanów. Dla każdego stanu $i \in S$ oraz akcji $a \in A$ określona jest zmienna losowa wyznaczająca czas pozostawania obiektu technicznego w tym stanie

\mathbf{R}_{SA} jest zbiorem funkcji dochodów postaci

$$r_i^a : T \rightarrow R \quad (5)$$

realizowanych w czasie pozostawania obiektu technicznego w stanie $i \in S$ przy zastosowaniu akcji $a \in A$. O funkcjach ze zbioru \mathbf{R}_{SA} zakłada się, że są ograniczone.

Konstrukcja modelu zapewnia możliwość jego wykorzystania w szerokiej klasie problemów związanych z eksploatacją obiektów technicznych. Modelować można między innymi procesy stochastyczne takie jak proces Poissona, proces urodzin, proces urodzin i śmierci, proces odnowy, błądzenie losowe, procesy Markowa i semi-Markowa.

5. Program symulacyjny

Program symulacyjny, który jest komputerową realizacją modelu i który umożliwia realizację eksperymentów symulacyjnych został napisany w języku programowania Visual Basic. Struktura programu została pomyślana tak, aby eksperyment symulacyjny odzwierciedlał w czasie przebiegu rzeczywisty zbiór obiektów technicznych oraz realizujące się w systemie rzeczywistym następstwo zdarzeń, dotyczące poszczególnych obiektów technicznych.

W każdej chwili, w której następuje zmiana stanu dowolnego obiektu technicznego dokonywana jest obsługa tego zdarzenia oraz do pliku wyników zapisywany jest rekord, opisujący to zdarzenie i zawierający dane takie jak: chwila zdarzenia (T_m), numer obiektu, aktualny stan, aktualna akcja, wygenerowany czas pozostawiania w bieżącym stanie, wynik finansowy związany z pozostawianiem w bieżącym stanie przez określony czas i z rodzajem akcji zastosowanej w chwili wejścia do bieżącego stanu. Oprócz tego do pliku wyników zapisuje się też ilości obiektów technicznych, które w danej chwili znajdują się w każdym ze stanów.

W czasie przebiegu symulacyjnego na podstawie przyjętych typów rozkładów generowane są czasy pozostawiania w stanach procesu z wykorzystaniem następujących rozkładów:

Rozkład wykładniczy

Liczba losowa z rozkładu wykładniczego o parametrze λ jest otrzymywana przy pomocy wyrażenia:

$$X = -\lambda \ln(rnd) \quad (6)$$

gdzie: rnd jest liczbą losową z rozkładu równomiernego na odcinku $[0, 1)$. (Wieczorkowski, Zieliński, 1997).

Rozkład gamma

Liczba losowa z rozkładu gamma o parametrach α i λ jest otrzymywana przy pomocy wyrażenia

$$X = -\sum_{k=1}^{[\alpha]} \lambda \ln(rnd) \quad (7)$$

gdzie: $[\alpha]$ oznacza część całkowitą liczby α , a rnd jest liczbą losową z rozkładu równomiernego na odcinku $[0,1)$. (Wieczorkowski, Zieliński, 1997).

Rozkład Weibulla

Liczba losowa z rozkładu Weibulla o parametrach α i λ jest otrzymywana przy pomocy wyrażenia:

$$X = \frac{1}{\lambda} e^{\frac{1}{\alpha} \ln(-\ln(1-rnd))} \quad (8)$$

gdzie: rnd jest liczbą losową z rozkładu równomiernego na odcinku $[0,1)$. (Wieczorkowski, Zieliński, 1997).

Rozkład logarytmiczno-normalny

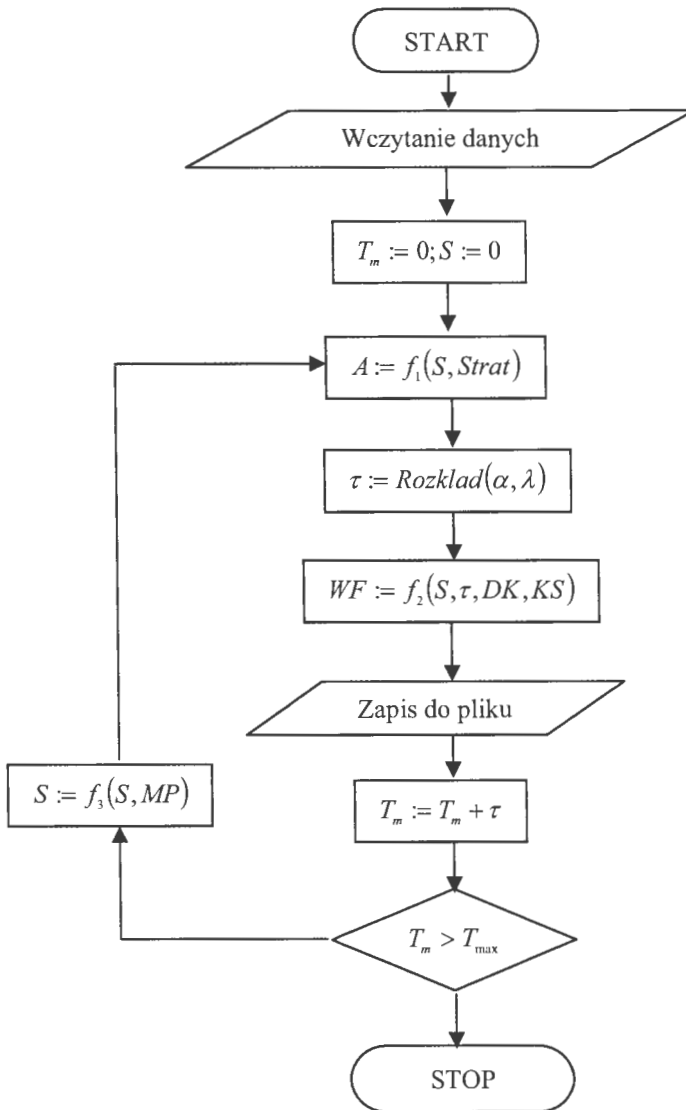
Liczba losowa z rozkładu logarytmiczno-normalnego o parametrach α i λ jest otrzymywana przy pomocy wyrażenia:

$$X = e^{\left(\sum_{i=1}^{12} rnd \cdot \lambda + \alpha \right)} \quad (9)$$

gdzie: rnd jest liczbą losową z rozkładu równomiernego na odcinku $[0,1)$. (Wieczorkowski, Zieliński, 1997).

Przedstawiony na Rysunku 5.1 schemat blokowy algorytmu symulacji procesu eksploatacji realizowanego w systemie transportowym wykorzystuje cztery związki używane do wyznaczania akcji stosowanej w chwili wejścia obiektu technicznego do stanu ($f_1(S, Strat)$), czasu pozostawania w stanie ($Rozklad(\alpha, \lambda)$), wyniku finansowego ($f_2(S, \tau, DK, KS)$) oraz następnego stanu ($f_3(S, MP)$). Akcja jest wyznaczana na podstawie aktualnego stanu oraz strategii, czas pozostawania w stanie jest generowany z określonego rozkładu prawdopodobieństwa na podstawie parametrów określonych dla każdego stanu i akcji. Wynik finansowy oblicza się znając stan i czas pozostawania w stanie oraz tablice dochodów i kosztów. Następny stan określa się na podstawie stanu bieżącego i stochastycznej macierzy warunkowych prawdopodobieństw zmian stanów. Procedury związane z funkcjami f_1 , f_3 oraz $Rozklad$ mają charakter stochastyczny chociaż dla f_1 można także stosować strategię deterministyczną, która jest odwzorowaniem przestrzeni stanów S w przestrzeń akcji A . Procedura f_2 obliczająca wynik finansowy zależy od stochastycznie wyznaczanego czasu pozostawania w stanach τ .

Schemat z Rysunku 5.1 przedstawia przebieg symulacji dla pojedynczego obiektu. W programie symulacyjnym jest możliwe generowanie zdarzeń dla grupy (nawet kilkuset) obiektów technicznych. Powstający w czasie realizacji eksperymentu symulacyjnego plik wyników zawiera chronologiczny zapis zdarzeń dotyczący wszystkich obiektów grupy. Analiza pliku wyników pozwala na wyznaczenie wielu charakterystyk procesu i porównanie ich z ich odpowiednikami z systemu rzeczywistego. Można wyznaczać liczebności i częstości wejść do poszczególnych stanów, średnie czasy przebywania w poszczególnych stanach, wartość wyniku finansowego (średnia lub sumowana w różnych okresach).

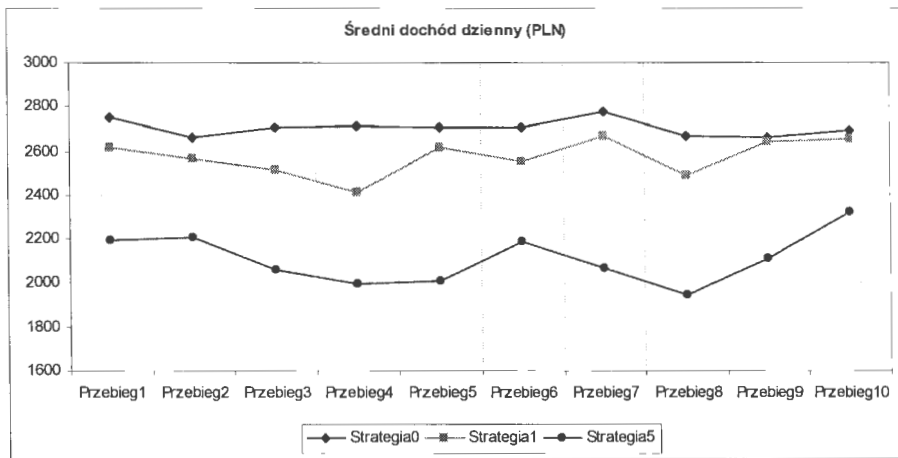


Rysunek 5.1. Schemat blokowy algorytmu symulacji procesu eksploatacji.
(Źródło: Opracowanie własne).

W rezultacie przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych wykazano stabilność działania programu oraz zgodność uzyskiwanych wyników z wynikami otrzymanymi z systemu rzeczywistego.

6. Podsumowanie

Na Rysunku 6.2 przedstawiono wykres wartości średnich dochodów dziennych jakie zostały uzyskane w eksperymencie symulacyjnym dla 10 przebiegów symulacji oraz trzech wybranych strategii. Na wykresie można zauważyć, że wartości średnich dziennych dochodów uzyskiwane przy zastosowaniu strategii o numerze 0 są największe dla każdego przebiegu. Różnice wartości średnich dochodów dla różnych przebiegów symulacyjnych wynikają ze stochastyczności modelu.



Rysunek 6.2. Wartości średnich dochodów dziennych uzyskane w eksperymencie symulacyjnym zrealizowanym dla 10 przebiegów i trzech wybranych strategii. (Neubauer, 2005).

Literatura

- Limnios N. (1997): Dependability analysis os semi-Markov Systems. *Reliability Engineering and System Safety*, **55**: 203-207.
- Cinlar E. (?) Markov renewal theory: a survey.
- Csenki A. (1994) *Dependability for Systems with a Partitioned State Space Markov and semi-Markov Theory and Computational Implementation*. Springer Verlag, New York.
- Grabski F. (1982) Teora sami-Markowskich procesów eksploatacji obiektów technicznych. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Marynarki Wojennej*, 75 A, Gdynia.
- Grabski, F. (2002) Semi-Markowskie modele niezawodności i eksploatacji. IBS PAN, Warszawa, *Seria: Badania Systemowe*, **30**.

- Becker, Camarinopoulos, Zioutas (2000) A semi-Markovian model allowing for inhomogeneities with respect to proces time. *Reliability Engineering and System Safety*, **70**: 41-48.
- Neubauer (2005) Symulacyjna metoda optymalizacji procesu eksploatacji realizowanego w systemie transportowym (praca doktorska).
- Woropay, Knopik, Landowski (2001) *Modelowanie procesów eksploatacji w systemie transportowym*. Instytut Technologii Eksploatacji, Bydgoszcz-Radom.
- Woropay M. (1996) *Podstawy racjonalnej eksploatacji maszyn*. Biblioteka problemów eksploatacji, Instytut Technologii Eksploatacji, Radom.
- Woropay M., Landowski B., Neubauer A. (2004) Wykorzystanie decyzyjnych procesów semi-Markowa do modelowania i symulacji procesu eksploatacji autobusów. Wydawnictwo Naukowe PTNM. *Archiwum Motoryzacji*, **7**, 1.
- Wieczorkowski R., Zieliński R. (1997) *Komputerowe generatory liczb losowych*. WNT, Warszawa.

COMPUTER AIDED DECISION PROCESS IN URBAN AREA TRANSPORTATION SYSTEM

Abstract: *In this article we have described the method of constructing simulation stochastic decision model for the process of exploitation of urban area transportation system. The mathematical model of this process is an inhomogeneous decision semi-Markov process. We have proved the possibility of building that model. We have described the algorithms used to generate random variables according to different distributions and presented description and characteristics of computer program (programmatic realization of model) which is the tool used to determining optimal strategy (for the sake of adopted criterion).*

Keywords: Markov decision process, operation and maintenance process model, decision process, operation and maintenance process, stochastic process, strategy, Markov strategy, operation and maintenance system.

Jan Studziński, Ludosław Drelichowski, Olgierd Hryniewicz
(Redakcja)

**ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA METOD ILOŚCIOWYCH
I TECHNIK INFORMATYCZNYCH WSPOMAGAJĄCYCH
PROCESY DECYZYJNE**

Monografia zawiera wybór artykułów dotyczących informatyzacji procesów zarządzania, prezentując aktualny stan rozwoju informatyki stosowanej w Polsce i na świecie. Zamieszczone artykuły opisują metody, modele, techniki i systemy informatyczne stosowane do wspomaganie procesów podejmowania decyzji, a także omawiają zastosowania narzędzi informatycznych w różnych sektorach gospodarki. Kilka prac przedstawia wyniki projektów badawczych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, dotyczących rozwoju metod informatycznych i ich zastosowań.

ISBN 83-894-7506-5
9788389475060
ISSN 0208-8029

W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 837-35-78 w. 241 e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl