ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2003
Seria: TRANSPORT z. 50 Nr kol. 1607

Grzegorz SIERPIŃSKI[1]

PROCES SYMULACJI POTOKÓW RUCHU REALIZOWANY METODĄ KOLEJNYCH ZDARZEŃ

Streszczenie. W artykule omówiono metodę kolejnych zdarzeń jako odpowiednią do realizacji symulacji potoków ruchu. Przedstawiono także model symulacyjny systemu jednokanałowej obsługi pojazdów zrealizowany przy wykorzystaniu tej metody.

SIMULATION OF TRAFFIC FLOW PROCESS REALIZED BY METHOD OF THE NEXT EVENTS

Summary. The article includes a review of a method of the next events as a reliable one for realization of the traffic flow simulation. The simulation model of the one-canal system of vehicle assistance realized using this method was described.

1. WSTĘP

Symulacja komputerowa daje szerokie możliwości badania skomplikowanych stanów i procesów zachodzących w ruchu drogowym, dobrze oddając dynamikę systemów transportowych. Technika symulacji umożliwia uzyskanie w krótkim czasie wyników w wystarczająco dobry sposób odzwierciedlających rzeczywiste procesy ruchu, których empiryczne poznanie byłoby czasochłonne, a niejednokrotnie wręcz niemożliwe.

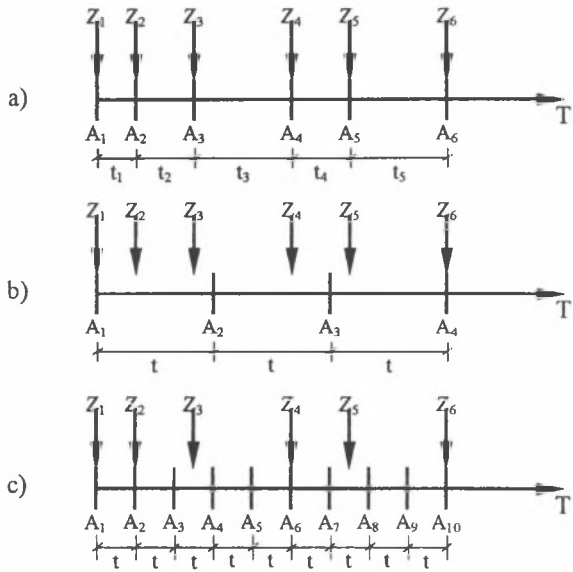
2. METODY SYMULACJI

Istnieją dwie podstawowe metody tworzenia modeli symulacyjnych – metoda kolejnych zdarzeń oraz metoda stałego kroku [3, 8].

W metodzie kolejnych zdarzeń analiza stanu systemu po zaistnieniu danego zdarzenia następuje zaraz po analizie dla zdarzenia poprzedniego. W procesie symulacji czas między kolejnymi zdarzeniami jest równy zero.

Metoda stałego kroku (zwana również kwantowaniem czasu) polega na analizie zaistniałych zdarzeń po ustalonym czasie t, zwanym krokiem symulacji.

[1] Wydział Transportu, Politechnika Śląska, Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, grzesier@polsl.katowice.pl



Rys. 1. Przebieg procesu symulacji: a) w metodzie kolejnych zdarzeń, b) i c) w metodzie stałego kroku (dla różnej długości kroku)
$Z_1, Z_2, ..., Z_6$ – wystąpienie zdarzeń; $A_1, A_2, ..., A_n$ – analizy stanu systemu w danej chwili procesu symulacji

Fig. 1. Progress of simulation process: a) method of the next events; b), c) method of the even step (for different length of the step);
$Z_1, Z_2 \ldots Z_6$ – events appearance; $A_1, A_2 \ldots A_n$ –analyses of the system condition at the precise moment of simulation process

Porównanie procesu symulacji dla obu metod przedstawiono na rysunku 1. Przez Z_1, Z_2, ..., Z_6 oznaczono rzeczywiste momenty wystąpienia zdarzeń (oznaczających zmianę stanu systemu), natomiast A_1, A_2, ..., A_n oznaczają momenty badania zmian, jakie zaszły w systemie od chwili poprzedniej analizy. Jak łatwo zauważyć, w metodzie kolejnych zdarzeń czas nie wpływa na częstotliwość wykonywania analizy systemu, ponieważ następuje ona jedynie w przypadku wystąpienia zdarzenia. Takie rozwiązanie pozwala uzyskać wynik symulacji niemal natychmiast po jej uruchomieniu, podczas gdy w metodzie kolejnego kroku program musi wykonać wszystkie założone z góry kroki. W metodzie kwantowania czasu duży kłopot stanowi odpowiedni dobór wielkości kroku, ponieważ:

- wybranie zbyt długiego kroku (aby przyspieszyć proces symulacji) prowadzi do uzyskania błędnych, a wręcz niemożliwych wyników (rys. 1b), kiedy to w danym przedziale czasu wystąpiły dwa zgłoszenia, które zostają potraktowane jako jednoczesne (co w systemie kolejkowym nie ma miejsca);
- wybranie zbyt krótkiego kroku powoduje wydłużenie procesu symulacji i jest rozwiązaniem niekorzystnym, ponieważ analizy wykonywane są bez względu na to, czy w danym przedziale czasu (kroku) nastąpiła zmiana systemu czy też nie.

Ponadto rzeczywisty czas wystąpienia zdarzenia zostaje zastąpiony przez moment czasowy przypadający na początek najbliższego kroku symulacji.

Wady metody stałego kroku spowodowały, że za efektywniejszą i lepszą metodę, w przypadku symulacji ruchu potoków pojazdów, uważa się metodę kolejnych zdarzeń.

3. PRZYKŁAD SYMULACJI ZREALIZOWANEJ METODĄ KOLEJNYCH ZDARZEŃ

W celu zilustrowania metody kolejnych zdarzeń wykonano symulację obsługi pojazdów dla modelu jednokanałowej obsługi. W klasyfikacji Kendalla model ten jest oznaczany jako M/M/1 [10, 11]. Oznacza to poissonowski proces zgłoszeń oraz wykładniczy rozkład czasu obsługi. Model M/M/1 (rys. 2) funkcjonuje w sposób następujący:

- pojazdy zgłaszają się do systemu pojedynczo, niezależnie od siebie i niezależnie od czasu obsługi (rozkład zgłoszeń Poissona – wykładnicze odstępy między zgłoszeniami);
- czas obsługi pojazdów jest zmienną losową o rozkładzie wykładniczym;
- pojazdy, które nie mogą być obsłużone w momencie zgłoszenia, oczekują w kolejce;
- kolejność obsługi pojazdów jest realizowana zgodnie z regułą FIFO, tzn. decyduje kolejność zgłoszenia – nie ma pojazdów nadrzędnych;
- pojazdy nie mają możliwości wyprzedzania;
- pojazd, którego obsługa została zakończona, natychmiast opuszcza system;
- gdy kanał obsługi jest pusty, od razu rozpoczyna się obsługa pierwszego oczekującego pojazdu;
- jeśli kanał obsługi jest pusty i brak oczekujących pojazdów (brak nowych zgłoszeń), system czeka na zgłoszenie kolejnego pojazdu, którego obsługa rozpoczyna się bezzwłocznie.

Rys. 2. Schemat modelu systemu M/M/1
Fig. 2. Scheme of model of the M/M/1 system

W przykładzie zdarzeniami są momenty przybycia kolejnych pojazdów oraz momenty rozpoczęcia i zakończenia obsługi.

Celem symulacji jest wyznaczenie czasów oczekiwania poszczególnych pojazdów oraz określenie, kiedy system jest pusty.

W trakcie realizacji procesu symulacji metodą kolejnych zdarzeń tworzona jest tak zwana historia zdarzeń. Zapisywane są w niej wszystkie istotne dla badającego parametry aktualnych stanów systemu. W tym przypadku są to:

- numer kolejny;
- wartość wylosowanego odstępu (wyrażona w jednostkach czasu);
- moment przybycia pojazdu;
- moment rozpoczęcia obsługi kolejnego pojazdu;
- długość obsługi (będąca zmienną losową);
- moment zakończenia obsługi danego pojazdu przez system.

Fragment historii zdarzeń otrzymanej w wyniku przeprowadzenia symulacji modelu M/M/1 przedstawiono w tablicy 1. Rozpoczęcie symulacji nastąpiło z chwilą zgłoszenia pierwszego pojazdu do systemu, którego obsługa rozpoczęła się bezzwłocznie. Kolejny pojazd, mimo że zgłosił zapotrzebowanie na obsługę, musi poczekać, aż kanał obsługi będzie wolny. Jak widać, w trakcie procesu symulacji zdarzały się też momenty, w których system był pusty (pierwsza taka chwila nastąpiła po zakończeniu obsługi czwartego pojazdu). Warto rozważyć jeszcze jeden element – długość kolejki. Na zaprezentowanym fragmencie przebiegu symulacji na obsługę oczekiwał maksymalnie jeden pojazd. Wyjątek stanowi czas obsługi pojazdu 18, gdy do systemu zgłosiły się kolejno w krótkim czasie dwa pojazdy. Dla

przedstawionego wycinka historii zdarzeń symulacji średnie opóźnienie na pojazd wyniosło 1,35 jednostki, natomiast system był pusty średnio przez 0,8 jednostki.

Tablica 1

Fragment historii zdarzeń procesu symulacyjnego modelu M/M/1

Numer kolejnego pojazdu	Odstęp między zgłoszeniami	Moment przybycia	Początek obsługi	Czas obsługi	Koniec obsługi	Opóźnienie	Czas „pustego" systemu
1	-	0	0	3	3	0	0
2	1	1	3	4	7	2	0
3	4	5	7	2	9	2	0
4	3	8	9	2	11	1	0
5	6	14	14	4	18	0	3
6	5	19	19	5	24	0	1
7	9	28	28	2	30	0	4
8	2	30	30	7	37	0	0
9	6	36	37	3	40	1	0
10	3	39	40	4	44	1	0
11	7	46	46	1	47	0	2
12	2	48	48	8	56	0	1
13	9	57	57	4	61	0	1
14	4	61	61	2	63	0	0
15	6	67	67	9	76	0	4
16	2	69	76	7	83	7	0
17	8	77	83	2	85	6	0
18	7	84	85	5	90	1	0
19	3	87	90	1	91	3	0
20	1	88	91	4	95	3	0

Historia zdarzeń otrzymana po przeprowadzeniu symulacji zrealizowanej metodą kolejnych zdarzeń jest zrozumiała i umożliwia łatwą analizę wyników.

4. PODSUMOWANIE

Wykorzystanie metody kolejnych zdarzeń do procesu symulacji pozwala na uzyskanie wyników niemal natychmiast. Jest to metoda dużo bardziej efektywna i dokładna niż metoda kwantowania czasu (metoda stałego kroku), ponieważ zdarzenia są w niej rejestrowane w rzeczywistych chwilach ich wystąpienia, a czas między zdarzeniami w trakcie przebiegu symulacji nie jest uwzględniany (następuje przeskok do kolejnego zdarzenia).

Metoda kolejnych zdarzeń jest odpowiednia w przypadku symulacji ruchu potoków pojazdów.

Literatura

1. Akçelik R., Besley M.: Microsimulation and analytical methods for modelling urban traffic. The Conference on Advance Modeling Techniques and Quality of Service in Highway Capacity Analysis, Truckee, California, USA, July 2001.
2. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu. WKiŁ, Warszawa 1999.

3. Ewans G. W., Wallance G. F. Sutherland G. L.: Symulacja na maszynach cyfrowych. WNT, Warszawa 1973.
4. Fishman G. S.: Symulacja komputerowa. Pojęcia i metody. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1981.
5. Gartner N., Messer C. J., Rathi A. K.: Traffic Flow Theory A State-of-the-Art Raport. Transportation Research Board, http://wwwcta.ornl.gov/cta/research/trb/tft.html
6. Perkowski P.: Technika symulacji cyfrowej. WNT, Warszawa 1980.
7. Popularna Encyklopedia Powszechna, Kraków 1998.
8. Praca zbiorowa pod red. Krystek R.: Symulacja ruchu potoku pojazdów. WKiŁ, Warszawa 1980.
9. Rajski J., Tyszer J.: Modelowanie i symulacja cyfrowa. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1986.
10. Vandaele N., Woensel T. V., Verbruggen A.: A Queueing Based Traffic Flow Model. Transportation Research – D: Transport and Environment, January 2000, vol. 5, nr 2, pp 121-135
11. Woch J.: Teoria potoków ruchu (w druku)

Recenzent:Dr hab. Tomasz Amboziak prof. Politechniki Warszawskiej

Abstract

Computer simulation gives a wide spectrum of possibilities to test the complicated road traffic states and processes, and properly represent dynamic of the transportation systems. The simulation technique allows receiving results in a very short time and they reflect the real traffic processes well enough. What is more, empiric methods are time-consuming and very often impossible to apply.

Applying the next events method to the simulation process allows getting results almost immediately. This method is much more efficient and precise than time quantization method (even step method). The events are recorded at the exact moment of their appearance and time between events is not included during the simulation (a jump to the following event is generated).

The method of the next events is sufficient for traffic flow simulation.