

АНАЛИЗ НА ТРАНСПОРТНИ СИСТЕМИ, ЧРЕЗ ДИСКРЕТНО-СЪБИТИЙНО МОДЕЛИРАНЕ

Тодор Размов

t.razmov@gmail.com

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
ул. „Гео Милев” №158, София 1574,
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** симулационно моделиране, дискретно-събитийно моделиране, транспортни системи*

***Резюме:** В статията се разглежда подхода за представяне на транспортните системи и техните елементи като системи за масово обслужване (СМО) и симулиране на тяхната работа чрез дискретно-събитийно моделиране. За прилагането на този тип моделиране може да бъде използван специализирания език за програмиране GPSS (General Purpose Simulation System).*

В доклада е представен специално разработен сегмент на GPSS за получаване на вероятностите на състоянията на едноканални и многоканални системи за масово обслужване. Това ще спомогне за адекватното изследване на транспортни системи, които могат да се представят като системи за масово обслужване с произволни закони за разпределение на интервалите на входящия поток и времето на обслужване, с по специфични дисциплини на обслужване и липса на крайни аналитични зависимости за определяне на операционните характеристики.

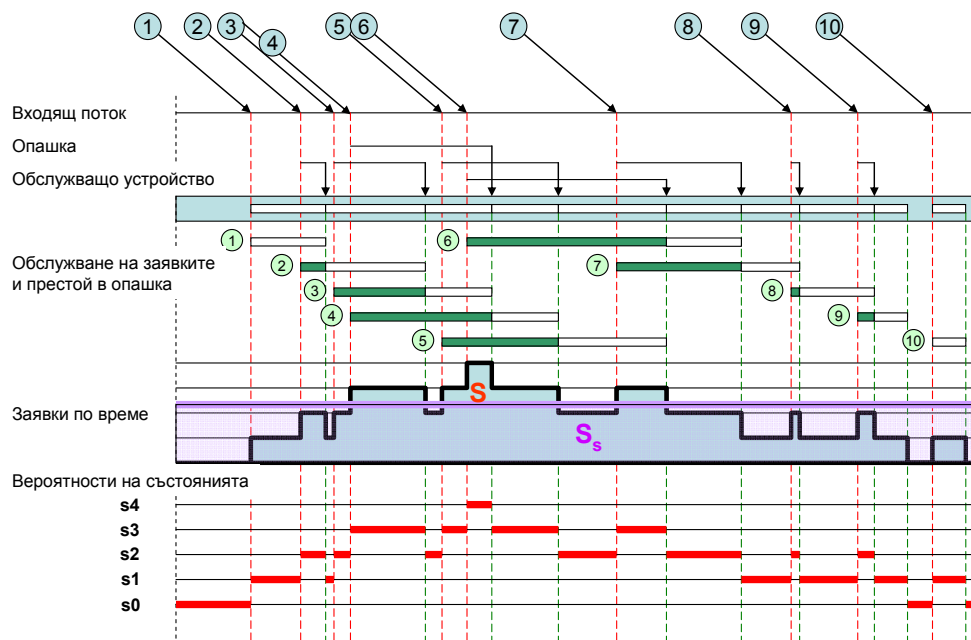
ВЪВЕДЕНИЕ

Много от транспортните системи се представят като системи за масово обслужване [1], за да могат да бъдат изследвани, за да бъдат оразмерявани или за да се проверява ефективността на нови транспортни технологии. Не за всички системи за масово обслужване има аналитични формули за определяне на операционните им характеристики и вероятностите на състоянията им. Също така не винаги за входящият поток и времето за обслужване могат да се използват теоретични разпределения. За да се преодолеят тези трудности е подходящо да бъде използван метода на имитационното моделиране. От трите направления на имитационното моделиране: дискретно-събитийно моделиране, моделиране на динамични системи с обратна връзка (системна динамика) и агентно моделиране, най-подходящо в случая е дискретно-събитийното моделиране [2]. За прилагането на този тип моделиране може да бъде използван специализирания език за програмиране GPSS [3] (General Purpose Simulation System).

В доклада е представен специално разработен на GPSS сегмент за получаване на вероятностите на състоянията на едноканални и многоканални системи за масово обслужване [4]. Това ще спомогне за адекватното изследване на транспортни системи, които могат да се представят като системи за масово обслужване.

ПРЕДСТАВЯНЕ НА ТРАНСПОРТНИТЕ СИСТЕМИ И ТЕХНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ КАТО СИСТЕМИ ЗА МАСОВО ОБСЛУЖВАНЕ. ДИСКРЕТНО-СЪБИТИЕН ПОДХОД ПРИ СИМУЛАЦИОННОТО МОДЕЛИРАНЕ

Всяка транспортна система или неин елемент може да се представи като сложна динамична система с дискретни състояния. Системите за масово обслужване описват и анализират поведението именно на такива сложни динамични системи с дискретни състояния, но със специфични ограничения при прехода от едно дискретно състояние към друго. Прехода от едно състояние на системата към друго става или към съседното по-ниско или съседното по-високо състояние. В СМО се приема, че състоянията на системата се определя от броя заявки, които са в нея. При СМО с ординарен входящ поток системата променя своето състояние при пристигане на нова заявка за обслужване или напускане на обслужена заявка. Пристигането на нова заявка привежда състоянието на системата в съседно по-високо състояние, а напускането на обслужена заявка привежда системата в съседно по-ниско състояние. Промяната на състоянията на системата става мигновено или дискретно. Влизането или излизането на заявки от системата, от опашката или от обслужващото устройство става в дискретни моменти, като тези моменти представляват съответни събития. Поради това, много подходящ подход при моделирането е дискретно-събитийния. Езика за симулационно моделиране GPSS дава подходящ инструментариум за анализирането и изследването на сложни динамични системи с дискретни състояния посредством дискретно-събитийния подход.



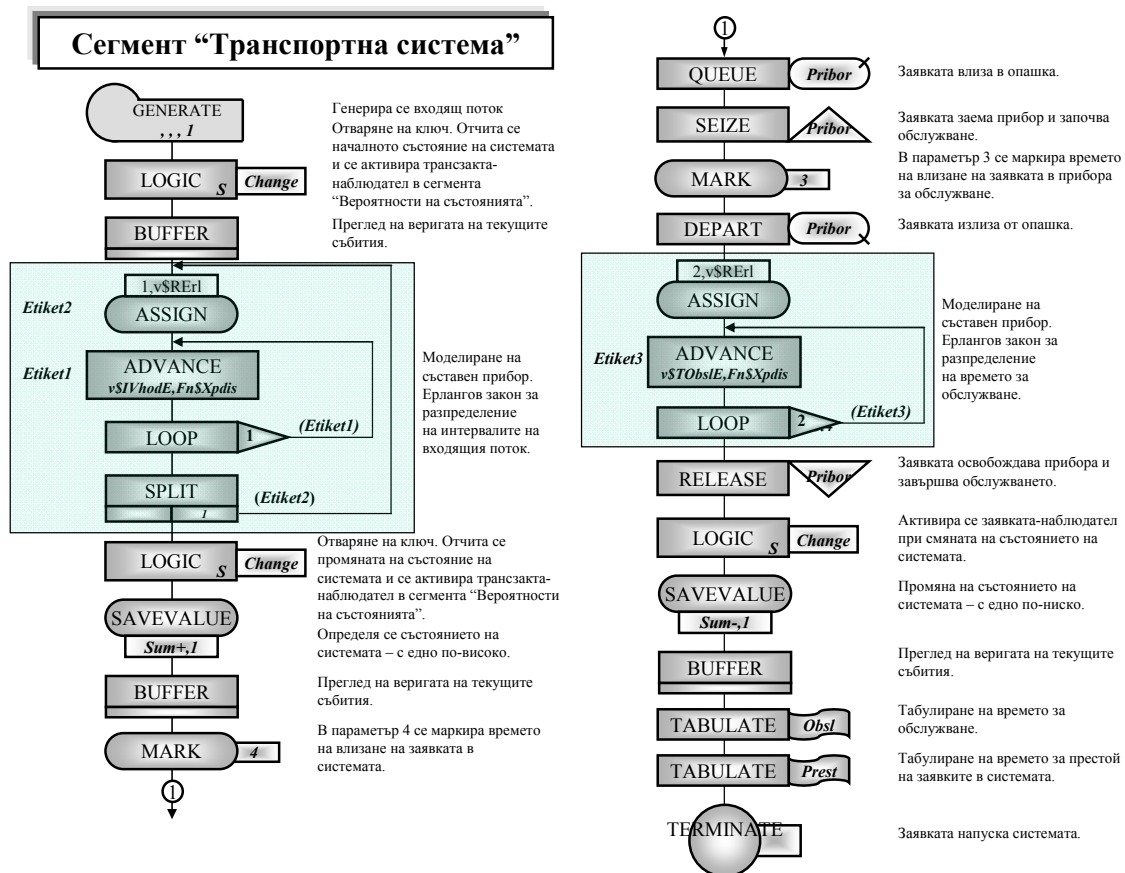
Фиг.1 Дискретно-събитийен подход при представяне на работата на система за масово обслужване

На фиг.1 е представена транспортна система като система за масово обслужване, като са представени всички събития за определено време на моделиране [4]. Интерес представлява определяне на вероятностите на състоянията на системата. Те са важни за определяне на операционните характеристики при невъзможност да се получат аналитични формули за тях.

ИЗПОЛЗВАНЕ НА GPSS ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВЕРОЯНОСТИТЕ НА СЪСТОЯНИЯТА НА СИСТЕМА ЗА МАСОВО ОБСЛУЖВАНЕ

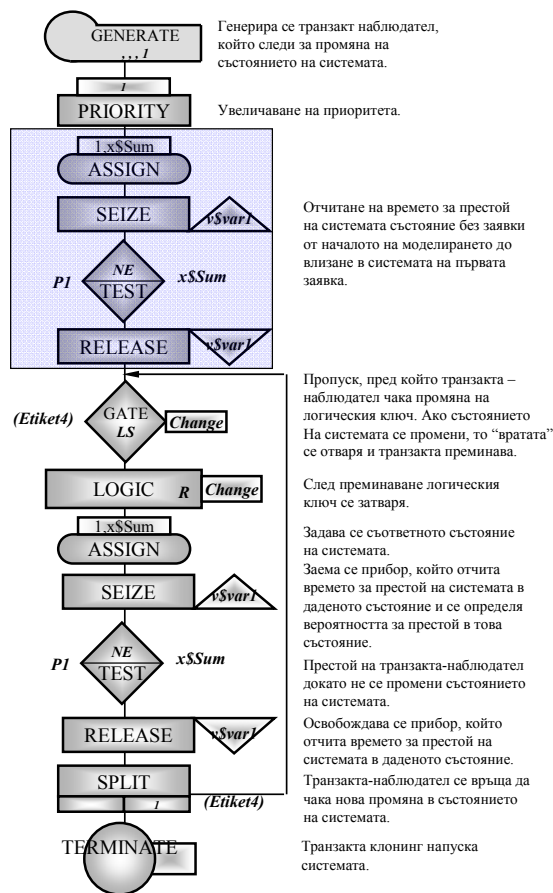
Въз основа на фиг.1 е разработен сегмента в среда на GPSS за определяне на вероятностите на състоянията на системата. Изхожда се от предпоставката, че системата може да бъде за определено време само в едно състояние определено от броя на заявките. Сегмента моделира един транзакт наблюдател, който следи за промяна на състоянието на системата и отчита времето за престой на системата в това състояние. Вероятностите на състоянията се получават като сумарното време, което е престояла системата в дадено състояние се раздели на общото моделно време.

За да се анализират различни системи за масово обслужване с различни входящи потоци и времена за обслужване е моделиран съставен прибор. Този съставен прибор се използва за моделиране на ерлангови закони за разпределение, както за интервалите на входящия поток, така и за времената за обслужване. На фиг.2 е представен моделът на GPSS, чрез който се моделира транспортна система или неин елемент като система за масово обслужване. Предвидена е възможност за моделиране на ерлангови закони за разпределение чрез съставни прибори [5].



Фиг.2 Модел на транспортна система (система за масово обслужване) на GPSS

На фиг.3 е представен специално разработения сегмент на GPSS за определяне на вероятностите на състоянията на моделираната и изследвана система.



Сегмент “Вероятности на състоянията”

Входни данни на модела

Функции

XPDIS – експоненциално разпределение

Променливи

Var1 VARIABLE p+1 – променлива, която определя номера на прибора, който моделира определянето на вероятността на съответното състояние на системата;
 IVhod VARIABLE 2000 – среден интервал между заявките влизачи в системата;
 TObsl VARIABLE 1500 – средно време за обслужване на една заявка;
 RErIi VARIABLE 3 – ниво на ерланговия закон на входящия поток – в случая 3-то ниво;
 RErIO VARIABLE 3 – ниво на ерланговия закон на времето за обслужване – в случая 3-то ниво;
 IVhOdE FVARIABLE v\$IVhod/v\$RErIi – определяне на средния интервал между заявките в съставния прибор, моделиращ входящия поток;
 TObsIE FVARIABLE v\$TObsl/v\$RErIO – определяне на средния интервал между заявките в съставния прибор, моделиращ времето за обслужване.

Съхраняеми величини

Timer – моделно време в секунди;

Sum – определя текущото състояние на системата.

Прибори

PrIbor – изследвана транспортна система, в случая едноканална СМО;
 1, 2, ..., n – прибори с поредни номера, които моделират съответните състояния на системата. Относителната заетост на всеки прибори отговаря на вероятността на състоянието на съответното състояние на системата.

Опашки

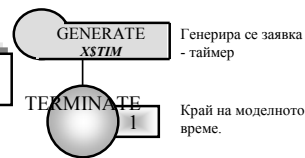
QPribor – опашка пред прибора

Таблицы

Obsl TABLE Mp3,100,200,21 – таблица за изследване на времето за обслужване

Prest TABLE Mp4,100,250,21 – таблица за изследване на времето за престой в системата.

Сегмент “Таймер”



Фиг.3 Сегмент на GPSS за определяне на състоянията на изследваната система

РЕЗУЛТАТИ ОТ МОДЕЛИРАНЕ НА СИСТЕМАТА

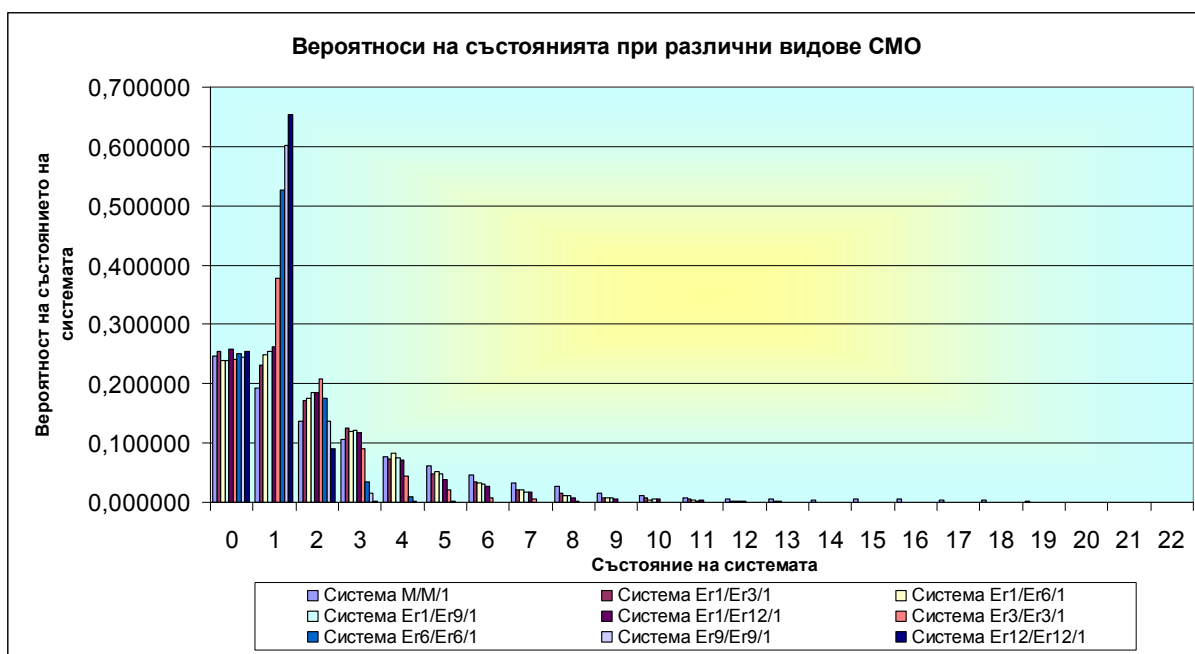
В резултат от моделирането са представени резултати за получените вероятности на състоянията на различни системи, като са използвани ерлангови закони на разпределение на интервалите на входящия поток на заявките и времето на обслужване.

Резултатите от моделирането са представени в табл.1 и на фиг.4.

• Таблица 1

Състояние	M/M/1	Er1/Er3/1	Er1/Er6/1	Er1/Er9/1	Er1/Er12/1	Er3/Er3/1	Er6/Er6/1	Er9/Er9/1	Er12/Er12/1
0	0,248000	0,254636	0,239298	0,238279	0,257452	0,241393	0,251545	0,244666	0,254125
1	0,186496	0,231591	0,248941	0,254940	0,262241	0,378160	0,526323	0,601339	0,654486
2	0,140245	0,171247	0,175295	0,184288	0,184517	0,209129	0,175320	0,136188	0,090062
3	0,105464	0,124585	0,119131	0,120950	0,116733	0,091562	0,033876	0,016327	0,001327
4	0,079309	0,072487	0,083433	0,076033	0,072311	0,044094	0,010281	0,001429	
5	0,059640	0,048319	0,051754	0,048081	0,038635	0,020792	0,002282	0,000051	
6	0,044850	0,035108	0,032036	0,030642	0,026117	0,008674	0,000371		
7	0,033727	0,020910	0,020350	0,018087	0,017866	0,004982			
8	0,025363	0,014640	0,012235	0,011413	0,008501	0,001215			
9	0,019073	0,008255	0,006753	0,008307	0,004833				
10	0,014343	0,007286	0,003582	0,004976	0,005380				
11	0,010786	0,004912	0,003269	0,002768	0,002994				
12	0,008111	0,002509	0,002376	0,001105	0,002158				

13	0,006099	0,002405	0,001378	0,000133	0,000262				
14	0,004587	0,000880	0,000163						
15	0,003449	0,000231	0,000006						
16	0,002594								
17	0,001951								
18	0,001467								
19	0,001103								
20	0,000829								
21	0,000624								
22	0,000469								
Отн.заетост на прибора	0,752000	0,745000	0,761000	0,762000	0,743000	0,759000	0,748000	0,755000	0,746000
Коефициенти на вариация на законите за разпределение									
M	Експоненциален			1,000000		1			
Er3	Ерлангов – 3-ти порядък			0,577350		3			
Er6	Ерлангов – 6-ти порядък			0,408248		6			
Er9	Ерлангов – 9-ти порядък			0,333333		9			
Er12	Ерлангов – 12-ти порядък			0,288675		12			



Фиг.4 Вероятности на състоянията на различни СМО получени след моделиране

ИЗВОДИ

Резултатите от моделирането са напълно адекватни и могат да се използват за практическо приложение свързано с оценката на различни технологии на работа на транспортните системи или на техни елементи, с оразмеряването им или свързани с оценката на инвестиции с цел подобряване на параметрите на тяхната работа.

От резултатите се вижда, че изследваните СМО имат краен брой вероятности на състоянията, които имат смисъл за практическо използване при моделиране на транспортните системи, т.е. имат стойности над 0,001. Колкото по-нисък е коефициентът на вариация на интервалите на входящия поток или на времето на

обслужване или и на двете, то толкова по-малко е броя на вероятностите на състоянията, които са по-големи от 0,001. При СМО М/М/1 броя на вероятностите на състоянията по-големи от 0,001 са 22, при СМО 22Er12/Er12/1 те са само 4.

Предлаганият модел може да се използва успешно за изследване и анализиране на транспортни системи като се прилага дискретно-събитийния подход.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Качаунов Т. Тр., „Моделиране и надеждност на превозния процес”, София, ВТУ „Тодор Каблешков”, 1997.

[2] <http://www.anylogic.com/>

[3] Шрайбер Т. Дж., „Моделирование на GPSS”, М., „Машиностроение”, 1980.

[4] Качаунов Т. Тр., Карагъзов К. Ст., Купенов Д. П., Размов Т. Р., „Имитационно моделиране на транспортните процеси“, София, ВВТУ „Тодор Каблешков”, 1998.

[5] Клейнрок Л., „Теория массового обслуживания”, М., „Машиностроение”, 1979.

ANALYSIS OF THE TRANSPORT SYSTEMS THROUGH DISCRETE-EVENT MODELING

Todor Razmov
t.razmov@gmail.com

*Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia,
BULGARIA*

***Key words:** queuing systems, simulation modeling, discrete-event modeling, transport systems*

***Abstract:** The article examines the approach for representing the transport systems and their components as queuing systems as well as the simulation of their performance through discrete-event modeling. For the application of the latter type of modeling the specialized programming language can GPSS (General Purpose Simulation System) can be used.*

The report presents a specially developed segment of GPSS aimed at obtaining the probabilities of the conditions of one channel and multi-channel queuing systems. This will contribute to the adequate examination of the transport systems, which can be represented as queuing systems with random rules for interval distribution of the incoming flow and the attendance time, with specific disciplines of attendance and with lack of final analytical dependencies for determination of the operational characteristics.