

ПРИЛОЖЕНИЕ НА СИСТЕМАТА ЗА ИМИТАЦИОННО МОДЕЛИРАНЕ GPSS WORLD В УЧЕБНИЯ ПРОЦЕС

Ставри Димитров

stavri_dimitrov@hotmail.com

*главен асистент, д-р, Висше транспортно училище "Тодор Каблешков",
1574 София, ул. "Гео Милев" № 158*

БЪЛГАРИЯ

Резюме: Настоящият доклад представя възможностите за приложение на системата за имитационно моделиране GPSS World_(tm) [3,7] за образователни цели. За целта на базата на конкретен пример за моделиране [4] на система за масово обслужване, подробно е описан, прилаганият в учебния процес методичен подход за провеждане на лабораторни упражнения със студентите по учебната дисциплина "Имитационно моделиране на транспортните системи".

Ключови думи: система, процес, модел, имитационно моделиране, имитационен модел, транспорт, транспортно образование, GPSS, учебен процес, лабораторно упражнение, студенти

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Създаването на модел [4] на реална транспортна система не е лесна задача, тъй като изисква много добро познаване на същността на протичащите в нея процеси и наличието на удобен инструмент за реализация на модела. От друга страна поради необходимостта от отчитане на влиянието на действащите върху процесите в системата случайни фактори е трудно, а понякога дори невъзможно модел на сложна транспортна система да бъде описан аналитично като последователност от формули или чрез ползване на апарата на теорията на масовото обслужване [2], позволяващ изследваната система да се моделира като система за масово обслужване [2]. Ето защо в случай като горните е целесъобразно да се прилага имитационното моделиране [1,2,4].

2. СЪЩНОСТ НА ПРОБЛЕМА

Имитационното моделиране (ИМ), състоящо се в многократно проиграване на процесите в моделираните системи за достатъчно дълъг период от време, при предварително установени закони на разпределение и средни стойности на входните величини - интервали от време между пристигане на заявките (клиентите) на входа на системата, време за тяхното обслужване и др., позволява да се отчетат стойностите на показатели за работа на системите [2] като относителна заетост на обслужващите устройства, среден брой заявки в опашките и в системата, средно време за чакане на заявките в опашките и средно време за престой на заявките в системата. ИМ е мощен инструмент за описание на реални системи, притежаващо предимства, някои от които се изразяват във възможност за създаване на имитационни модели [1,2,4,8] с минимални разходи на време и средства; провеждане на експерименти с модела, които на практика са трудно осъществими; симулиране на работата на системата за продължителен период от време

в рамките на няколко секунди при различни експлоатационни условия; както и разиграване на сценарии, които не биха могли да се реализират в действителност поради оскъдна информация; и не на последно по ред място – постиганата по метода на ИМ точност на крайните резултати е достатъчно висока. Въз основа на получаваните от симулациите резултати може да се предвиди възникването на конкретни събития и сбъдването на възможни в реално време сценарии.

Създаването на модели с метода на ИМ изисква познаване на начина, по който системата функционира, а неговото приложение – достъп до статистически данни за работата на моделираната система. Затова за подобряване работата на всяка система е необходимо систематично да се провеждат наблюдения върху начина на функционирането ѝ, като получените от наблюдения стойности за показателите за работа на същата могат да послужат за входни в модела. Захранването на вече създаден модел с актуални статистически данни е необходимо условие за получаване на изхода на модела на резултати близки до тези, получени от работата на системата в действителност.

Заради гореизброените си предимства имитационното моделиране намира широко приложение в различните дялове на науката и техниката. Прилагането на т.нар. ръчен способ [1] за моделиране на системите особено в случаите, когато за постигане на висока точност е необходимо да се извършат голям брой реализации на модела, а за проучване на поведението на конкретна система – да се разиграят разнообразни сценарии, е неефективен, тъй като отнема много време и ресурси.

3. НАЧИН И ПРЕДПОСТАВКИ ЗА РАЗРЕШАВАНЕ НА ПРОБЛЕМА

В наши дни все по-често научни работници и студенти ползват в работата си съществуващите езици за имитационно моделиране [1,4], които позволяват моделираните системи да се опишат до най-малки детайли, чрез създаване и последваща реализация на различни по сложност модели. В зависимост от задачите, които се решават, за създаване на имитационни модели се използват специализирани програмни езици [1], предназначени за създаване на модели в конкретна област или програмни езици с общо предназначение [1], които са универсално средство за създаване на модели в различни области на науката, в т.ч. и в транспорта.

Необходима предпоставка за успешно използване на съвременните симулационни системи в областта на транспорта е наличието на подготвени за тази цел конкурентноспособни транспортни специалисти. Важно място в подготовката на транспортните специалисти заема транспортното образование. В Република България обучение на кадри за работа в транспорта се провежда, както в професионални гимназии, така и във висши училища и университети, имащи за задача да подготвят специалисти, готови да посрещнат търсенето на пазара на труда и да са в състояние да разрешават възникналите транспортни проблеми.

4. ОСНОВНА ЦЕЛ

Основната цел на настоящия доклад е да покаже някои от възможностите на симулационната система *GPSS (General Purpose Simulation System)*, версия *World* за образователни цели. В тази връзка за представяне на прилагания в учебния процес методичен подход при провеждане на лабораторни упражнения със студенти от ОКС “Магистър” по учебната дисциплина “Имитационно моделиране на транспортните системи”, е разгледан пример за моделиране на система за масово обслужване, в който използвания инструмент за реализация на модела е именно системата за симулации *GPSS*.

5. МЕТОДИЧНИ АСПЕКТИ ПРИ ОБУЧЕНИЕТО НА СТУДЕНТИТЕ

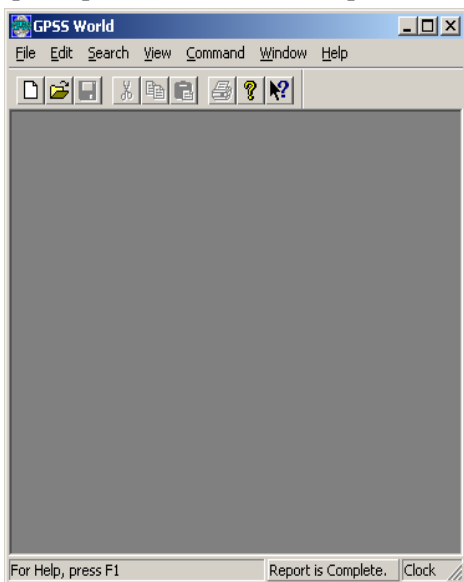
Общата постановка на прилагания в процеса на обучение методичен подход може да се организира в преминаването на следните стъпки:

➤ свеждане до знанието на студентите на информация за изследваната система с цел въведение относно начина на нейното функциониране и изясняване на проблема;

- дефиниране на целта на лабораторното упражнение и задачите, които трябва да се решат за нейното постигане;
- задаване на студентите на предварително разработени варианти, съдържащи като входни данни примерни стойности за параметрите на изследваната система;
- съставяне на принципна схема с цел нагледно представяне на моделираната система;
- построяване с помощта на блокове на структурна блок-схема на моделиращия алгоритъм съгласно използваната в *GPSS* конвенция за обозначаване [5,6], онагледяващ връзките между отделните блокове и логическата последователност на процесите в системата;
- описание на имитационния модел на системата с програмен код, чрез използване на вградения в *GPSS World* програмен език;
- извършване на определен брой реализации на *GPSS* модела за предварително зададената продължителност на симулацията, с разработени сценарии, даващи възможност системата да се постави в различни условия на работа;
- валидиране на модела, чрез добавяне на нови елементи и/или изваждане на съществуващи и последващо извършване на нови реализации с него;
- разчитане на създадените от програмата отчети и диаграми след приключване на симулацията и анализ на получените резултати;
- формиране на изводи, на базата на които студентите посочват мерки и дават препоръки за предприемане на целенасочени действия по подобряване работата на моделираната система;
- накрая, ползвайки създадените по време на упражнението принципна схема, блок-схема на моделиращ алгоритъм, програмен код на модела, както и получените от симулациите резултати, студентите съставят протокол от лабораторното упражнение в определената съгласно неговото съдържание последователност, в отделно обособени за целта точки.

6. ПРИЛОЖЕНИЕ НА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПОДХОД

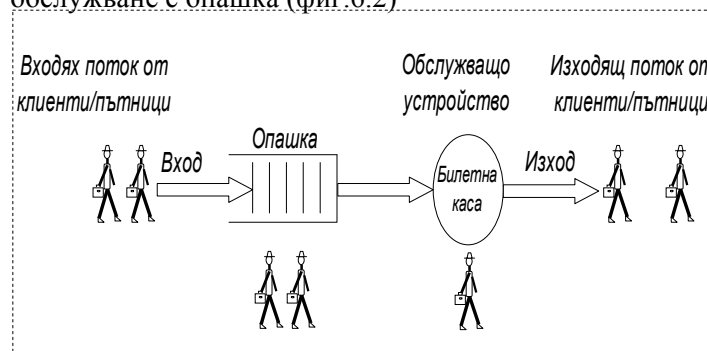
За представяне на приложението на гореописания подход при положение, че студентите са предварително въведени в средата на *GPSS World* (фиг. 6.1) и могат да работят с програмата, е



Фиг. 6.1. Основен прозорец в работната среда на системата за симулации *GPSS World*

разгледан следния пример:

С посочените в табл.6.1 за разработените варианти стойности за моментите на пристигане на заявките (клиентите) на входа на едноканална система за масово обслужване с опашка (фиг.6.2)



Фиг. 6.2. Принципна схема на едноканална система за масово обслужване “Билетна каса”

Таблица 6.1. “Варианти”

N	Моменти на влизане в системата							Времена за обслужване						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	100	300	450	600	950	1250	-	200	350	200	100	100	160	-
2	100	300	350	450	800	1150	1400	150	300	300	110	150	80	200
3	150	280	350	450	700	1150	1350	150	300	300	110	150	80	200
4	50	200	320	400	800	1180	1420	150	300	300	110	150	80	200
5	150	350	500	650	1000	1300	-	200	350	200	100	100	160	-
6	50	260	400	560	900	1200	-	200	350	200	100	100	160	-
7	80	320	330	450	780	1200	1390	150	300	300	110	150	80	200
8	80	280	430	570	930	1220	-	200	350	200	100	100	160	-
9	100	300	450	610	960	1250	-	200	350	200	100	100	160	-
10	50	250	300	400	750	1100	1350	150	300	300	110	150	80	200
11	150	350	400	500	850	1200	1430	150	300	300	110	150	80	200
12	120	320	480	620	970	1270	-	200	350	200	100	100	160	-
13	50	250	400	550	900	1200	-	200	350	200	100	100	160	-
14	100	280	340	450	790	1150	1410	150	300	300	110	150	80	200
15	150	280	350	450	700	1150	1350	150	300	300	110	150	80	200
16	100	300	450	600	950	1250	-	200	350	200	100	100	160	-
17	100	300	450	610	960	1250	-	200	350	200	100	100	160	-
18	50	250	300	400	750	1100	1350	150	300	300	110	150	80	200
19	80	320	330	450	780	1200	1390	150	300	300	110	150	80	200
20	120	320	480	620	970	1270	-	200	350	200	100	100	160	-

и времената за обслужване $t_{об}$ на клиентите, да се попълни табл. 6.2 и

Таблица 6.2. “Входни данни за вариант 2”

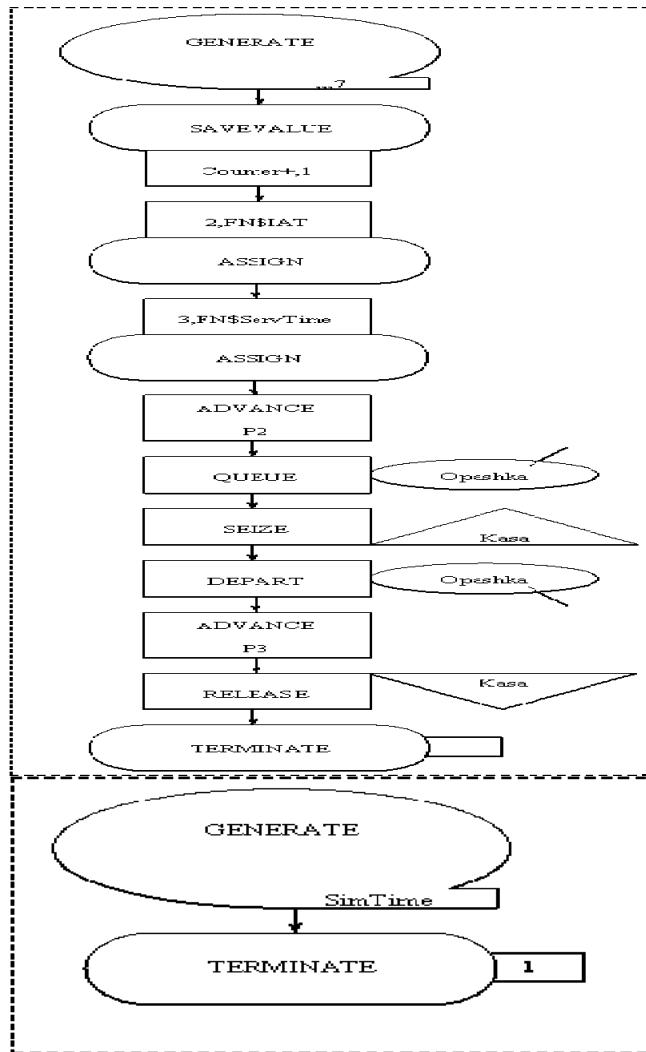
Номер на клиент (заявка)	1	2	3	4	5	6	7
Моменти на влизане на клиентите в системата	100	300	350	450	800	1150	1400
Времена за обслужване на клиентите, секунди	150	300	300	110	150	80	200

моделира работата на едноканална еднофазна система “билетна каса”, като за целта се:

- построи блок-схема на моделиращия алгоритъм на системата;
- изчисли моделното време;
- напише с вградения в *GPSS World* език за програмиране програма на имитационния модел, с който се моделира работата на системата;
- посочат след изпълнение на симулацията и ако е необходимо изчислят следните характеристики на системата:

- относителна заетост на обслужващото устройство – ρ ;
- средно време за обслужване – $\bar{t}_{об}$, сек.;
- среден брой клиенти в опашката – Lq ;
- среден брой клиенти в системата – Ls ;
- средно време за престой на клиентите в опашката – Tq , сек.;
- средно време за престой на клиентите в системата – Ts , сек.;
- максимална дължина на опашката от клиенти – Lq_{max} .

Решение на проблема: Построената структурна блок-схема на моделиращия алгоритъм за конкретно разглежданата в лабораторното упражнение система е показана на фиг. 6.3, а написаният в работната среда на *GPSS* програмен код на имитационния модел - на фиг. 6.4.



Фиг. 6.3. Структурна блок-схема на моделирания алгоритъм на имитационния модел на едноканална система за масово обслужване, построен при спазване на конвенцията за обозначаване на блоковете в GPSS [5,6]

```

*****
*                               *
*           Имитационен модел на билетна каса                               *
*****
*                               *
*           Моделното време е в секунди, като 1 единица моделно време = 1 секунда*
*****
*                               *
*           Константи                                                       *
*****
SimTime    EQU 1600                ;Присвояване на стойност за моделното време от 1600 sec. = 26,67 min x 60 sec./min
*****
*                               *
*           Съхраняеми величини                                             *
*****
INITIAL    X$Counter,0            ;Инициализиране на брояч
*****
*                               *
*           Променливи                                                       *
*****
Var1       VARIABLE    X$Counter    ;Инициализиране на помощна променлива, приемаща стойността на брояча
*****
* Моменти на пристигане на пътниците (заявките) на входа на системата
IAT        FUNCTION    V$Var1,D7
1,100/2,300/3,350/4,450/5,800/6,1150/7,1400
*****
* Времена на обслужване (издаване на билет) на пътниците (заявките) от билетния касиер (едноканалното обслужващо устройство)
ServTime   FUNCTION    V$Var1,D7
1,150/2,300/3,300/4,110/5,150/6,80/7,200
*****
*                               *
*           Моделен сегмент I                                               *
*****
GENERATE    ,,7                    ;Генерират се 7 на брой пътници (заявки/транзакти/клиенти)
SAVEVALUE   Counter+,1            ;Стойността на променливата-брояч се увеличава с единица
ASSIGN      2, FN$IAT              ;На параметър 2 на активния транзакт се присвоява момента от време на пристигане на поредния пътник на билетн.каса
ASSIGN      3, FN$ServTime         ;На параметър 3 на активния транзакт се присвоява времето за обслужване на поредния пътник (клиент)
ADVANCE     P2                     ;Моделното време се придвижва напред с интервала от време до пристигане на поредния пътник
QUEUE       Opashka                ;Дължината на опашката на билетната каса се увеличава с единица, т.е. поредният пристигнал пътник са нарежда
SEIZE       Kasa                    ;Пътникът постъпва под обслужване от касиера на билетната каса за издаване на билет за пътуване
DEPART      Opashka                ;Дължината на опашката на билетната каса се намалява с единица, т.е. пътникът е излязъл от опашката
ADVANCE     P3                     ;Моделното време се придвижва напред с времето за обслужване на поредния пътник от касиера
RELEASE     Kasa                    ;След като обслужването е приключило пътникът напуска билетната каса
TERMINATE   ;Пътникът напуска (излиза от) системата
*****
*                               *
*           Моделен сегмент II – моделен часовник                          *
*****
* Таймер
GENERATE    SimTime                ;Генерира се продължителността на симулацията, равна на 1600 секунди.
TERMINATE   1                      ;Постъпилият в блока TERMINATE транзакт, генериран слез изтичане на имитационното време, се унищожава и симулацията завършва
*****
*START      1                      ;Извършва се една реализация на модела
*****

```

Фиг. 6.4. Програмен код на имитационния модел на едноканална система за масово обслужване, написан на вградения в GPSS World език за програмиране

След транслиране на програмата (фиг. 6.5) от GPSS и последващо извършване на симулация с разработения имитационен модел,

```

GPSS World - [Single-Server Queueing System]
File Edit Search View Command Window Help

*****
*      Имитационен модел на Билетна каса      *
*****
SimTime EQU 1600

INITIAL  X$Counter,0

Var1    VARIABLE  X$Counter
*****
IAT     FUNCTION  VSVar1,D7
        1,100/2,300/3,350/4,450/5,800/6,1150/7,1400

ServTime FUNCTION  VSVar1,D7
        1,150/2,300/3,300/4,110/5,150/6,80/7,200
*****
GENERATE ,,,7
SAVEVALUE Counter+,1
ASSIGN   2,FNSIAT
ASSIGN   3,FNSServTime
ADVANCE  P2
QUEUE   Opashka
SEIZE   Kasa
DEPART Opashka
ADVANCE P3
RELEASE Kasa
TERMINATE

*****
GENERATE SimTime
TERMINATE 1
*****
*START 1
  
```

Фиг. 6.5. Моделен прозорец в GPSS

за приключването на която потребителят е информиран от журнала на събитията (фиг. 6.6),

```

GPSS World - [Single-Server Queueing System.4.sim - JOURNAL]
File Edit Search View Command Window Help

07/17/11 19:06:06 Model Translation Begun.
07/17/11 19:06:06 Ready.
07/17/11 19:06:06 Simulation in Progress.
07/17/11 19:06:06 The Simulation has ended. Clock is 1600.000000.
07/17/11 19:06:06 Reporting in Single-Server Queueing System.4.1 - REPORT Window.
  
```

Фиг. 6.6. Прозорец “Журнал” в GPSS

получените от имитацията резултати се извеждат в автоматично съставен от GPSS подробен отчет (фиг. 6.7).

```

GPSS World Simulation Report - Single-Server Queueing System

START TIME      END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGE
0.000           1600.000  13       1            0

NAME            VALUE
COUNTER         10001.000
IAT              10003.000
KASA             10006.000
OPASHKA         10005.000
SERVTIME        10004.000
SIMTIME         1600.000
VARS            10002.000

LABEL   LOC  BLOCK TYPE  ENTRY COUNT  CURRENT COUNT  RETRY
1  GENERATE  7  0  0
2  SAVEVALUE 7  0  0
3  ASSIGN   7  0  0
4  ASSIGN   7  0  0
5  ADVANCE  7  0  0
6  QUEUE    7  0  0
7  SEIZE    7  0  0
8  DEPART   7  0  0
9  ADVANCE  7  1  0
10 RELEASE  6  0  0
11 TERMINATE 6  0  0
12 GENERATE 1  0  0
13 TERMINATE 1  0  0

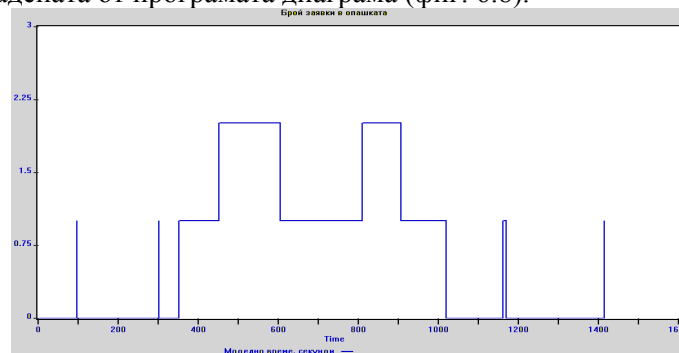
FACILITY  ENTRIES  UTIL.  AVE. TIME  AVAIL.  OWNER  PEND  INTER  RETRY  DELAY
KASA      7  0.806  184.286  1  8  0  0  0  0

QUEUE    MAX CONT.  ENTRY ENTRY(0)  AVE. CONT.  AVE. TIME  AVE. (-)  RETRY
OPASHKA  2  0  7  3  0.575  131.429  230.000  0

SAVEVALUE  RETRY  VALUE
COUNTER    0  7.000
  
```

Фиг. 6.7. Прозорец “Отчет” в GPSS

Динамиката в изменението на броят на заявките в опашката по време на имитацията може да се проследи на създадената от програмата диаграма (фиг. 6.8).



Фиг. 6.8. Брой заявки в опашката

Една част от усреднените характеристики на системата се извличат от изведения отчет, а друга – изчисляват от студентите с ползване на стойностите на първите и заместване с тях в познатите в теорията на масовото обслужване формули на Литъл [2], както следва:

- относителната заетост на обслужващото устройство (билетна каса) е равна на $\rho = 0,8$;
- средното време за обслужване (издаване на билет на пътника от билетният касиер) от обслужващото устройство е $t_{об} = 184$ секунди;

- по време на симулацията в опашката са били наредени средно около $L_q = 0,6$ клиенти;
- всеки от тях е чакал в опашката средно около $T_q = 131$ секунди. $3^{ма}$ от всички 7 пътници, пристигнали на входа на системата за времето на имитацията са минали през опашката без да престояват в нея, т.е. чакали са 0 секунди;

- в системата са чакали и са били под обслужване средно:

$$(6.1) L_s = L_q + \rho = 0,6 + 0,8 = 1,4 \text{ пътници};$$

- средният времепрестой на един пътник в системата е:

$$(6.2) T_s = T_q + \bar{t}_{об} = 131 + 184 = 315 \text{ секунди или малко над } 5 \text{ минути};$$

- максималният брой пътници, чакащи в опашката е $L_{qmax} = 2$ души (фиг. 6.8).

Резултатите от отчета (фиг. 6.7) сочат, че в момента на приключване на симулацията са обслужени общо $6^{ма}$ от $7^{те}$ клиенти, а последният все още се намира под обслужване.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опитът при работата със студенти по време на усвояване на лекционния материал и прилагане на придобитите знания от обучаемите на практика при провеждане на лабораторни упражнения по учебната дисциплина “Имитационно моделиране на транспортните системи” показва, че:

- компютърът е незаменим помощник на студентите, намиращ широко приложение в обучението и подготовка на кадри за различните отрасли на икономиката, в това число и в транспорта;

- симулационният софтуер е полезен инструмент, ползването в учебния процес на който спомага на обучаемите да овладеят и в последствие приложат мощта на имитационното моделиране като съвременен метод за разрешаване на проблеми;

- последователното преминаване през отделните стъпки от предложения методичен подход допринася за лесното и бързо усвояване на учебната материя, натрупване на необходимите знания и лекота при тяхното приложение дори и от страна на студенти, притежаващи скромни компютърни умения;

- съчетанието на бързодействащи и мощни компютри, подходящо избрана за целите на обучението симулационна система и добре подготвени студенти е сериозна предпоставка за успешното прилагане на придобитите знания и умения от бъдещите транспортни инженери, както по време на обучение, така и в бъдещата им работа.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Качаунов, Т. Т., Карагъзов, К. Ст., Купенов, Д. П., Размов, Т. К., “Имитационно моделиране на транспортните процеси”, Печатница ВВТУ “Т. Каблешков”, София, 1998г.

[2] Качаунов, Т. Т., “Моделиране и оптимизация на транспортните процеси”, второ преработено издание, Печатница при ВТУ “Тодор Каблешков”, София, 2005 г.

[3] Кудрявцев, Е. М., “GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем”, ДМК Пресс, Москва, 2004 г.

[4] Советов, Б. Я., Яковлев, С. А., “Моделирование систем”, Учебник для вузов: 3-е издание, переработанное и дополненное, Москва: Высшая школа, 2001

[5] Шрайбер, Т. Дж., “Моделирование на GPSS”, Машиностроение, Москва, 1980 г.

[6] Bobillier, P. A., Kahan, B. C., Probst, A. R., “Simulation with GPSS and GPSS V”, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1976

[7] GPSS World^(tm) Reference Manual, Minuteman Software, 2007

[8] Solomon, S. L., “Simulation of waiting line systems”, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1983

APPLICATION OF THE SIMULATION MODELING SYSTEM GPSS WORLD AT THE LEARNING PROCESS

Stavri Dimitrov

Assist. Prof., Ph.D., Eng., Higher School of Transport "Todor Kableshkov"
1574 Sofia, 158 Geo Milev Str.

BULGARIA

Key words: *system, process, model, simulation modeling, simulation model, transport, transport education, GPSS World, learning process, laboratory exercise, students*

Abstract: *This paper presents the potentialities for application of the simulation system GPSS World_(m)[3,7] for educational purposes. For the purpose on the basis of concrete example for queueing system modeling [4] is described the applied at the learning process methodical approach for conducting lab exercises with students in "Simulation modeling of transportation systems" course.*