



ИМИТАЦИОНЕН МОДЕЛ НА ВЕРИГА ЗА ДОСТАВКИ

Ставри Димитров

stavri@vtu.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
ул. „Гео Милев“ 158, 1574, София
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: верига за доставки, звено, процес, система, модел, имитационен модел, симулация, GPSS, складови наличности (запас), оптимален размер на поръчката

Резюме: Настоящият доклад представя имитационен модел на верига за доставки, разработен чрез използване на студентската версия на общоцелевата симулационна система GPSS World(tm). Разработеният модел позволява да се симулира работата на верига за доставки за предварително зададен период от време – ден, седмица, месец, година, което дава възможност за изучаване на поведението на моделираната система при разнообразни работни условия и извърши обстоен анализ на моделните резултати, които биха могли да послужат като основа за вземане на управленски решения. Създаденият модел е реално приложим в учебния процес при обучение на студенти по учебни дисциплини като “Проектиране и управление на логистични вериги” и “Имитационно моделиране на транспортни системи”.

ВЪВЕДЕНИЕ

Важна предпоставка, способстваща за ефективното управление и извършване на последващ анализ на работата на веригите за доставки е, както задълбоченото изучаване и познаване на процесите, протичащи в звената от веригата (фиг. 1), така и яснота относно взаимодействието на отделните звена помежду им по протежение на цялата верига, когато тя е разглеждана като една система.



Фиг. 1. Принципна блок-схема на верига за доставки

За да е възможно да се осъществи такова управление е необходимо регулярно да се извършват наблюдения върху и систематично събират данни за работата на цялата верига за снабдяване и в частност на съставлящите я звена. Предвид факта, че всяка верига за доставки сама по себе си представлява достатъчно сложна система, може да се окаже, че въпреки съществуващите възможности за информационно осигуряване, изразяващи се във внедряване и използване на съвременни, комплексни програмни продукти от типа на ERP (Enterprise Resource Planning) системите, постигането на синхрон в работата на отделните звена по веригата – доставчици на суровини, превозвачи, фабрики, складове, дистрибутори, търговци на едро и дребно и крайни

потребители, а оттам осъществяването на управление на цялата верига, не е лесна за решаване задача.

СЪЩНОСТ И НАЧИНИ ЗА РАЗРЕШАВАНЕ НА ПРОБЛЕМА

На практика не винаги е възможно протичащите в сложните динамични системи процеси, в т.ч. и във веригите за доставки, да бъдат описани в аналитичен вид с формули, чрез използване на познатите математически методи и средства. Удобно средство за справяне с възникналите в подобни ситуации затруднения се явява имитационното моделиране, което дава възможност да се извършва алгоритмично описание на процесите в моделираната система и позволява посредством извършване на симулации с построен за целта модел на изследваната система с минимални усилия и незначителен разход на машинно време да се изучи достатъчно добре поведението на моделираната система при различни условия на работа, като по този начин се установят някои закономерности и специфични особености относно начина, по който системата функционира.

Като основни, но не и единствени предимства на имитационното моделиране, подпомагащи избора на способ за построяване и реализация на модел, могат да се изтъкнат:

- имитационното моделиране не е скъпо и спестява, както време за създаване на модели, така и разходи от построяването на физически модели;
- продължителните по време процеси, протичащи в реално действащата система могат да се реализират с модела за кратко време – от порядъка на няколко секунди до минути, колкото всъщност трае самата симулация;
- възможността за разиграване на сценарии относно очаквани да се случат в бъдеще най-разнообразни ситуации с различно съчетание на входните параметри;
- симулациите позволяват да се провеждат експерименти, изпълнението на които на практика е много трудоемко, а понякога дори и невъзможно.

В 21^{-ви} век, когато човечеството живее в ерата на високо развитите информационни технологии, приложението на имитационното моделиране като средство за създаване на модели на сложни динамични системи е неразривно свързано с използването на компютрите и съществуващите симулационни софтуерни продукти – програмни езици за имитационно моделиране и системи за извършване на симулации. Необходимостта от компютри и голяма изчислителна мощ при приложение на имитационното моделиране е породена най-вече от големия брой на извършваните реализации на модела в резултат от проиграване на сценарии, с които се симулира функционирането на системите в различни работни условия и ситуации.

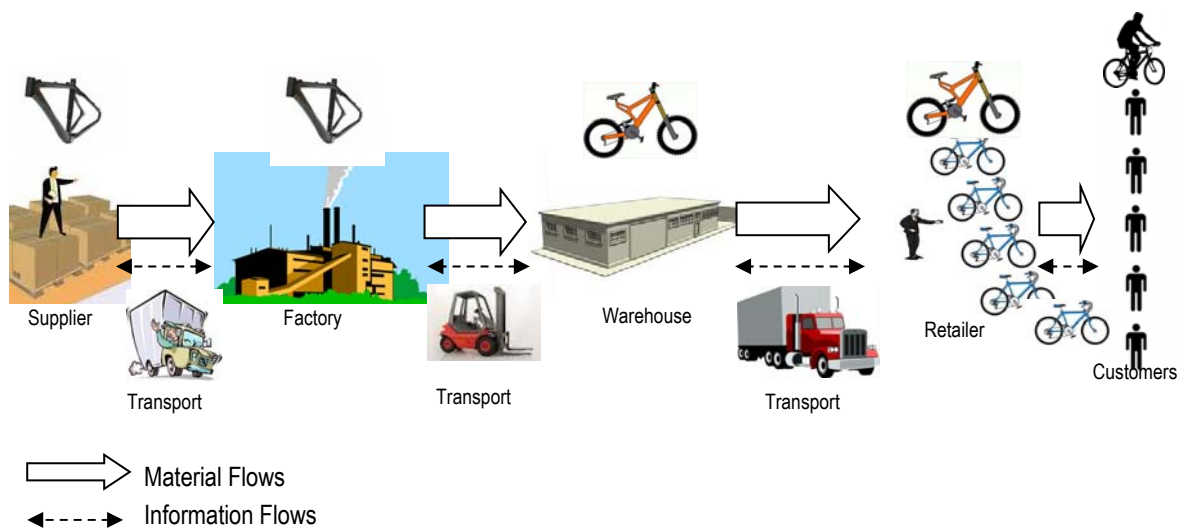
От горното произтича и извода, че за да бъде създаден имитационен модел, който детайлно и достатъчно точно описва процесите в изследваната система, е необходимо да се извърши избор на най-подходящия за целта в дадената област на изследване инструмент – симулационна система. При съществуващото разнообразие от софтуер за симулации – универсални и специализирани програмни езици и софтуерни системи за непрекъснато и дискретно моделиране – най-често изборът се обуславя от поставените цели и желаното ниво на детайлизация на процесите, позволяващо със задоволително висока точност да се опишат и имитират реално протичащите процеси в изследваната система.

СЪЗДАВАНЕ НА ИМИТАЦИОНЕН МОДЕЛ НА ВЕРИГА НА ДОСТАВКИ

Разработеният имитационен модел на верига за доставки, принципна схема на която е показана на фиг. 2, се състои от следните основни звена:

- доставчик на суровини (части за велосипеди);

- транспорт – превозни средства (камиони или микробуси), доставящи частите за велосипеди от склада на доставчика до фабриката, където същите се използват за сглобяване на велосипеди;
- фабрика, съоръжена с производствен цех и снабдена със склад за съхранение на готовата продукция – сглобените в цеха велосипеди;
- машини за манипулиране на товари – мотокари, които се използват за преместване на сглобените велосипеди от производствения цех до склада на фабриката, където последните се съхраняват;
- транспорт – транспортни средства, използвани за доставяне на крайния продукт (сглобени велосипеди) от склада с готова продукция до склада на търговеца, където велосипедите се складираат и подготвят за продажба на клиентите (крайните потребители);
- търговец на готова продукция (велосипеди);
- крайни потребители – клиенти, закупуващи си от търговеца велосипеди.



Фиг. 2. Илюстрирана принципна схема на верига за доставки

- Входните данни за модела са:
- вместимост на склада за велосипедни части във фабриката;
 - вместимост на склада в производственото предприятие (фабриката);
 - вместимост на салона за продажба на велосипеди у търговеца;
 - брой налични части за велосипеди в склада на доставчика;
 - брой на наличните части за сглобяване на велосипеди, намиращите се в производствения цех на фабриката;
 - наличен брой сглобени велосипеди в склада на фабриката;
 - брой велосипеди в магазина на търговеца, готови за продажба;
 - точка на поръчване (ROP – Re-Order Point);
 - оптимален размер на поръчката (EOQ – economic order quantity) от велосипеди за доставяне от склада на фабриката до склада на търговеца;
 - интензивност на потока от клиенти (крайни потребители), пристигащи в магазина на търговеца за продължителността на симулацията;
 - продължителност на симулацията;
 - време за доставка на части от доставчика до фабриката;
 - време за едновременно сглобяване велосипеди;
 - време за закарване на сглобените велосипеди до склада на фабриката;
 - време за доставка на сглобените велосипеди от склада на фабриката до

магазина на търговеца.

В агрегиран вид моделът на веригата за доставки (фиг. 3) може да се разглежда като съставен от 3 основни части:

- вход на модела (*Input*), на които се подават входните параметри със специфичните за разиграваните сценарии стойности;
- “черна” кутия (*Black Box*), в която въведените на входа на модела данни се обработват и използват в процеса на извършване на симулации с модела;
- изход на модела (*Output*), на който във формата на отчет излизат резултатите, получени в хода на симулациите за извършения брой реализации на модела.



Фиг. 3. Принципна схема на модела

Моделирацият алгоритъм на модела, описващ логиката съобразно която протичат процесите във веригата за доставки, е показан във вид на детайлна блок-схема (фиг. 4), на която може да се проследи пътят на материалните потоци по звената, съставляващи веригата, а програмния код, чрез който е описан модела – непосредствено след схемата.

Програмното описание и реализацията на моделиращия алгоритъм на създадения имитационен модел са извършени в работната среда на общоцелевата симулационна система *GPSS World(tm) Student Version* – продукт на *Minuteman Software*, причислена към системите за моделиране на дискретни системи. Фактът, че системата *GPSS* е предназначена за дискретно-събитийни симулации я прави изключително подходяща за моделиране на процесите във веригите за доставяне.

При построяване на модела и имитация на протичащите процеси в моделираната верига за доставки са направени следните опростявания, приемания и допускания:

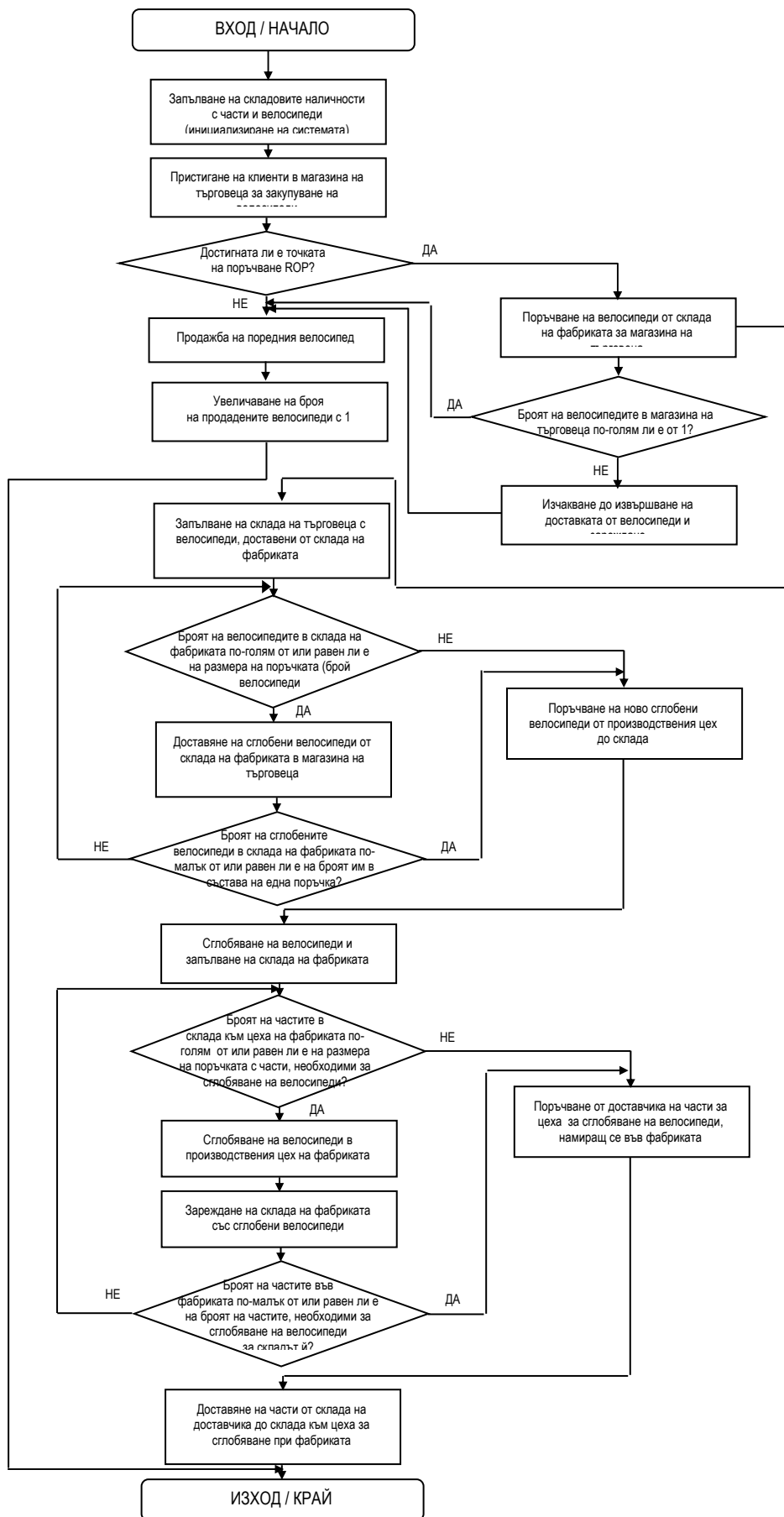
- във веригата за снабдяване има само по един доставчик, едно производствено предприятие и един търговец;
- моделираната система работи без откази, т.е. приема се, че всеки пристигнал в магазина на търговеца клиент си закупува велосипед, ако има в наличност;
- изведените по-долу изводи са базирани на моделните данни, получени при работа на системата в продължение на един моделиран работен ден.

МОДЕЛИРАНЕ НА РАБОТАТА НА ВЕРИГАТА ЗА ДОСТАВКИ

Разработеният имитационен модел е приложен за симулиране работата на примерната верига за доставки в протекание на цял работен ден, при предварително зададени, с цел инициализиране на системата, стойности на входните и управляващите параметри (табл. 1), като са реализирани за целта 3 на брой сценарии, както следва:

Сценарий 1: Симулиране на работата на веригата за доставки при детерминиран входящ поток от клиенти, пристигащи на входа на система през точно определен интервали от време, равен на 10 минути при първоначално зареждане на магазина на търговеца с 30 броя велосипеди;

Сценарий 2: Симулиране на работата на веригата за доставки при детерминиран входящ поток от клиенти, пристигащи на входа на система през точно определен интервали от време, равен на 10 минути при първоначално зареждане на магазина на търговеца с 20 броя велосипеди;



Фиг. 4. Структурна блок-схема на моделиращия алгоритъм

```

*****
*      ИМИТАЦИОНЕН МОДЕЛ НА ВЕРИГА ЗА ДОСТАВКИ      *
*****
*      ДЕКЛАРАТИВНА ЧАСТ      *
*****
*      Капацитети      *
*****
;вместимости на складове
StoreBfM STORAGE 50 ;инициализиране на вместимост на склада за велосипедни части във фабриката, използвани при сглобяване на велосипеди
StoreCapM STORAGE 200 ;инициализиране на вместимост на склада в производственото предприятие (фабриката)
StoreCapR STORAGE 40 ;инициализиране на вместимост на салона за продажба на велосипеди у търговеца
*****
*      Съхранени стойности      *
*****
INITIAL X$BikesSold,0 ;брояч, отчитащ броя на продадените велосипеди за продължителността на един работен ден
*****
*      Променливи      *
*****
;велосипеди и части
BPartQty VARIABLE (EQ) ;необходим брой части за сглобяване
AssemQty VARIABLE (EQ) ;брой на сглобените с използване на частите велосипеди
*****
*      Константи      *
*****
;задаване на интервал от време между пристигане на клиентите в магазина на търговеца, за да закупят велосипед
IATcustr EQU (10#60) ;задаване на стойност на интервала от време, равна на 10 минути

;времена
SimTime EQU ((8#60#60)+(1#60#60)) ;продължителност на симулацията: 9 часа (32400 сек. = 9 часа x 60 мин./час x 60 сек./мин.)

LeadTimeM EQU (2#60#60) ;време за доставка на части от доставчика до фабриката: 2 часа
Assembl EQU (1#60#60) ;време за едновременно сглобяване велосипеди: 1 час
StoreTime EQU (10#60) ;време за закарване на сглобените велосипеди до склада на фабриката: 10 минути
LeadTimeR EQU (1#60#60) ;време за доставка на сглобените велосипеди от склада на фабриката до търговеца: 1 час

;нива на запасите от велосипеди
ROP EQU 9 ;достигане на точка на поръчване на велосипеди за салона на търговеца
EOQ EQU 10 ;оптимален размер на поръчката от велосипеди за доставяне от склада на фабриката до склада на търговеца
*****
*      МОДЕЛЕН СЕГМЕНТ I      *
*****
*      Складови наличности в началото на симулацията      *
*****
;Инициализиране на наличния във всеки от складовете брой велосипеди или части за тях преди отваряне на магазина на търговеца за продажби
GENERATE ,,0,1,10 ;генерира се един транзакт, имащ функция да извърши начално запълване на складовите наличности

ENTER StoreBfM,20 ;запълване на склада на фабриката с части за сглобяване на велосипеди
ENTER StoreCapM,20 ;запълване на склада на фабриката със сглобени велосипеди
ENTER StoreCapR,20 ;зареждане на магазина на търговеца с велосипеди за продажба

TERMINATE ;унищожава се транзакта
*****
*      Пристигане на клиенти в магазина на търговеца      *
*****
;симулиране на пристигнали клиенти в салона на търговеца за закупуване на велосипеди
GENERATE IATcustr,,0 ;в магазина пристига клиент на всеки 10 минути; GENERATE (EXPONENTIAL(1,0,IATcustr)),,0 - за сценарий 3
TEST G$$StoreCapR,ROP,DelivBksR ;ако наличния бр.байкове е > от точк.на поръчване-търговецът продава,иначе поръчва-транзактът отива към блок DelivBksR
SellBike LEAVE StoreCapR,1 ;породният пристигнал клиент си закупува велосипед
SAVEVALUE BikesSold+,1 ;увеличаване на броя на продадените велосипеди с един
TERMINATE ;след като клиентът си е закупил велосипед напуска магазина на търговеца

DelivBksR LOGIC S DeliverBikesToR ;разрешава се извършването на доставка на велосипеди от склада на фабриката до магазина на търговеца
TEST GE S$$StoreCapR,1 ;проверка дали броят на останалите в магазина на търговеца велосипеди е по-голям или равен на 1
TRANSFER ,SellBike ;ако горното условие е вярно, транзактът отива до блок SellBike, където се имитира продажбата на поредния велосипед

```

```

*****
* Запълване на склада на търговеца *
*****
;поръчване на нови велосипеди за запълване на склада на търговеца
GENERATE ,,0,1 ;в момент 0 се генерира един единствен транзакт

Test2 GATE LS DeliverBikesToR ;ако е разреш. доставяне на байкове от фабриката до търговеца, транзактът продължава надолу, ако не е - изчаква в GATE
TEST GE $$$StoreCapM,EOQ,DelivBksM ;ако бр.велосипеди във фабр.е >=EOQ - извършва се доставка до търговеца,иначе в склада на фабр. се доставят велосипеди
ADVANCE LeadTimeR ;имитира продължителността от време за доставка на сглобените велосипеди от склада на фабриката до склада на търговеца.
LEAVE StoreCapM,EOQ ;намаляване на броя на велосипедите в склада на фабриката с размера на поръчката от велосипеди
ENTER StoreCapR,EOQ ;запълване на складовите наличности при търговеца с брой велосипеди, съответстващ на размера на поръчката
LOGIC R DeliverBikesToR ;забранява се извършването на повече доставки
TEST LE $$$StoreCapM,EOQ,Test2 ;ако броят байкове във фабриката е достигнал ниво<=на EOQ, транзактът продължава към следв. блок, иначе отива към Test2
DelivBksM LOGIC S DelivAssembledBikes ;разрешава се зареждането на сглобени велосипеди до складът на фабриката от цехът й
TEST GE $$$StoreCapM,EOQ ;транзактът стои в блока TEST докато доставката на сглобени велосипеди от цеха на фабриката към склада приключи

TRANSFER ,Test2 ;транзактът извършва безусловен преход към блока Test2
*****
* Производство и запълване на склада на фабриката*
*****
;производство на нови велосипеди и зареждане с тях склада на фабриката
GENERATE ,,0,1 ;в момент 0 се генерира един единствен транзакт

Test1 GATE LS DelivAssembledBikes ;ако е разреш. зарежд. на склада на фабр. от цехът й за сглобяв.,транзак.продълж.надолу, ако не е - изчаква в блок GATE
TEST GE $$$StoreBPM,EOQ,DelivBksP ;ако резерв.части в цехът на фабр.,използв.за сглоб.на велосип.е>=на необх.колич.=>сглобяв.,иначе доставяне от доставч.
ADVANCE Assembl ;симулира се времето за сглобяване на велосипедите в производствения цех във фабриката
LEAVE StoreBPM,V$BPartQty ;след сглобяване на велосипедите складовите наличности в производств.цех на фабр. са намалени с броя на използваните

части
ADVANCE StoreTime ;имитира се едновременното преместване на сглобените велосипеди от цехът до склада на фабриката
ENTER StoreCapM,V$AssemQty ;увеличаване на броя на велосипедите в склада на фабриката с броя на ново сглобените байкове в нейния цех
LOGIC R DelivAssembledBikes ;прекратава се доставянето на сглобени велосипеди от цеха на фабриката до складът й
TEST LE $$$StoreBPM,EOQ,Test1 ;ако бр. части за сглобяване във фабриката е <= на EOQ, транзактът продължава към следващия блок, иначе отива към Test1
DelivBksP LOGIC S DelivBikeParts ;разрешава се доставянето на части за сглобяване на велосипеди от склада на доставчика до цеха на фабриката
TEST GE $$$StoreBPM,EOQ ;транзактът стои в блока TEST докато доставката на части за велосипеди от доставчика до цеха на фабриката приключи

TRANSFER ,Test1 ;транзактът извършва безусловен преход към блока Test1
*****
* Доставка на части за производство *
*****
;Доставяне на велосипедни части от доставчика до фабриката на производителя
GENERATE ,,0,1 ;в момент 0 се генерира един единствен транзакт

NewDeliv GATE LS DelivBikeParts ;ако е разреш. доставяне на части от доставч.до цеха на фабриката,транзактът продължава надолу,ако не - изчаква в GATE
ADVANCE LeadTimeM ;време за доставка на велосипедни части от склада на доставчика до цеха за сглобяване към фабриката
ENTER StoreBPM,V$BPartQty ;увеличаване на броя на частите за велосипеди в цеха на фабриката с размера на поръчания брой от доставчика
LOGIC R DelivBikeParts ;прекратава се извършването на доставка на части за сглобяване на велосипеди от доставчика до цеха на фабриката

TRANSFER ,NewDeliv ;преход на транзакта до блок NewDeliv до изчакване на момента за нова доставка на части от доставч. до цеха на фабрик.
*****
* МОДЕЛЕН СЕГМЕНТ II *
*****
* Моделен часовник *
*****
;моделиране на продължителността на симулацията, т.е. имитационното време
GENERATE SimTime ;генерира се 1 транзакт след изтичане на продължителността на 1 работен ден
TERMINATE 1 ;унищожава се генерирания транзакт и симулацията приключва
*****
;START 1 ;изпълнява се една реализация на модела на веригата за доставки
*****

```

Сценарий 3: Симулиране на работата на веригата за доставки при пуасонов входящ поток от клиенти, при който интервалите от време между пристигащите на клиентите на входа на системата се разглеждат като случайни величини, разпределени по експоненциален закон със средна стойност 10 минути.

Получените от извършените симулации резултати са представени по-надолу, както в табличен вид (табл. 2), така и графично (фиг. 5 – 7).

Таблица 1. Входни данни

Сценарий №	Продължителност на симулацията, сек.	Вид на входящия поток от клиенти	Интервали от време между пристигане на клиентите, сек.	Вместимост на склада за велосипедни части във фабриката, бр.	Вместимост за велосипеди в склада на производственото предприятие(фабрика), бр.	Вместимост за велосипеди в салона за продажба у търговеца, бр.	Наличност от части за велосипеди в склада на доставчика, бр.	Наличност от части за сглобяване на велосипеди в производствения цех на фабриката, бр.	Наличност от сглобени велосипеди в склада на фабриката, бр.	Време за доставка на части от доставчика до фабриката, сек.	Време за едновременно сглобяване велосипеди, сек.	Време за закарване на сглобените велосипеди до склада на фабриката, сек.	Време за доставка на сглобените велосипеди от склада на фабриката до търговеца, сек.
1	32400	Детерминиран	600	50	200	40	20	20	30	7200	3600	600	3600
2									20				
3		Пуасонов											

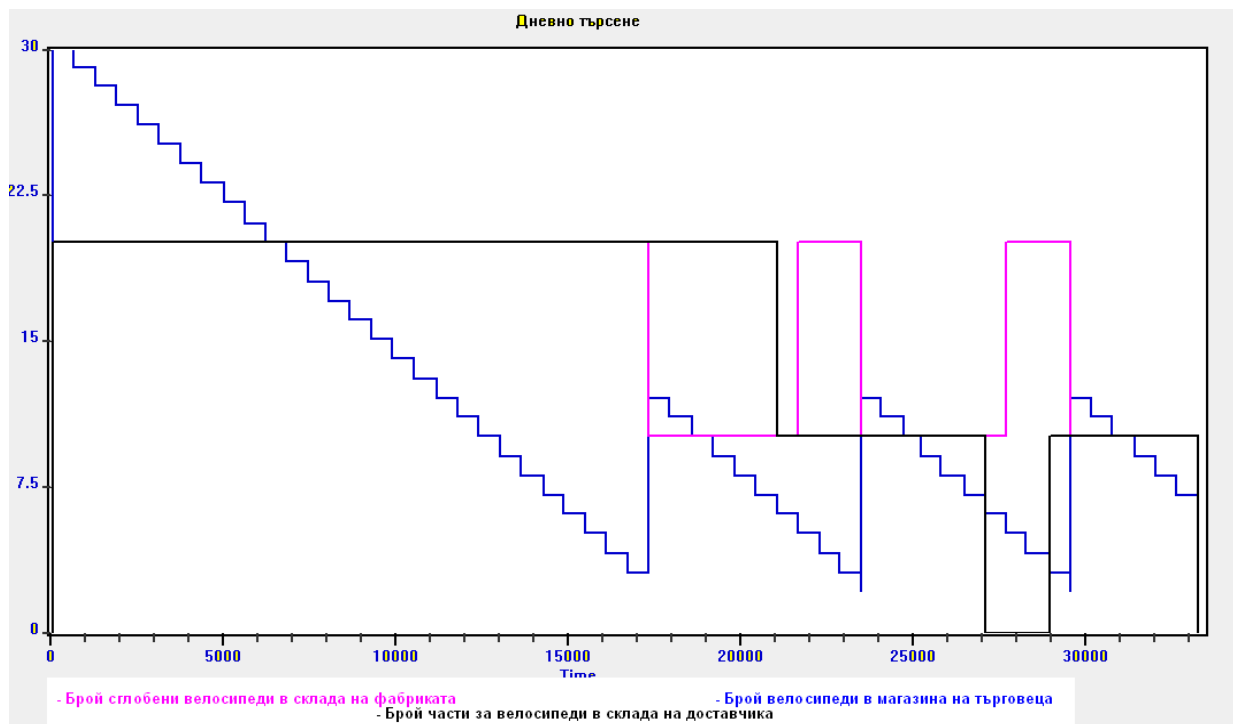
Таблица 2. Изходни данни – резултати от симулациите

Сценарий №	Продължителност на симулацията, сек.	Вид на входящия поток от клиенти	Помещения	Вместимост (капацитет) на помещението	Минимално запълване на помещението	Максимално запълване на помещението	Брой преминали през помещението части и велосипеди	Средно напълване на помещението с части или велосипеди	Относителна заетост на помещението за времето на симулацията	Брой обслужени клиенти (продадени велосипеди)	
1	32400	Детерминиран	Склад за велосипедни части във фабриката	50	0	20	30	15,7	0,32	54	
			Склад за велосипеди във фабриката	200	0	20	40	16,3	0,081		
			Салон за продажба у търговеца	40	0	30	60	12,4	0,31		
2			Пуасонов	Склад за велосипедни части във фабриката	50	0	20	30	12	0,24	54
				Склад за велосипеди във фабриката	200	0	20	50	15	0,075	
				Салон за продажба у търговеца	40	0	20	60	9	0,23	
3		Пуасонов	Пуасонов	Склад за велосипедни части във фабриката	50	0	20	40	15,2	0,3	52
				Склад за велосипеди във фабриката	200	0	20	40	10,7	0,053	
				Салон за продажба у търговеца	40	0	20	60	9,3	0,23	

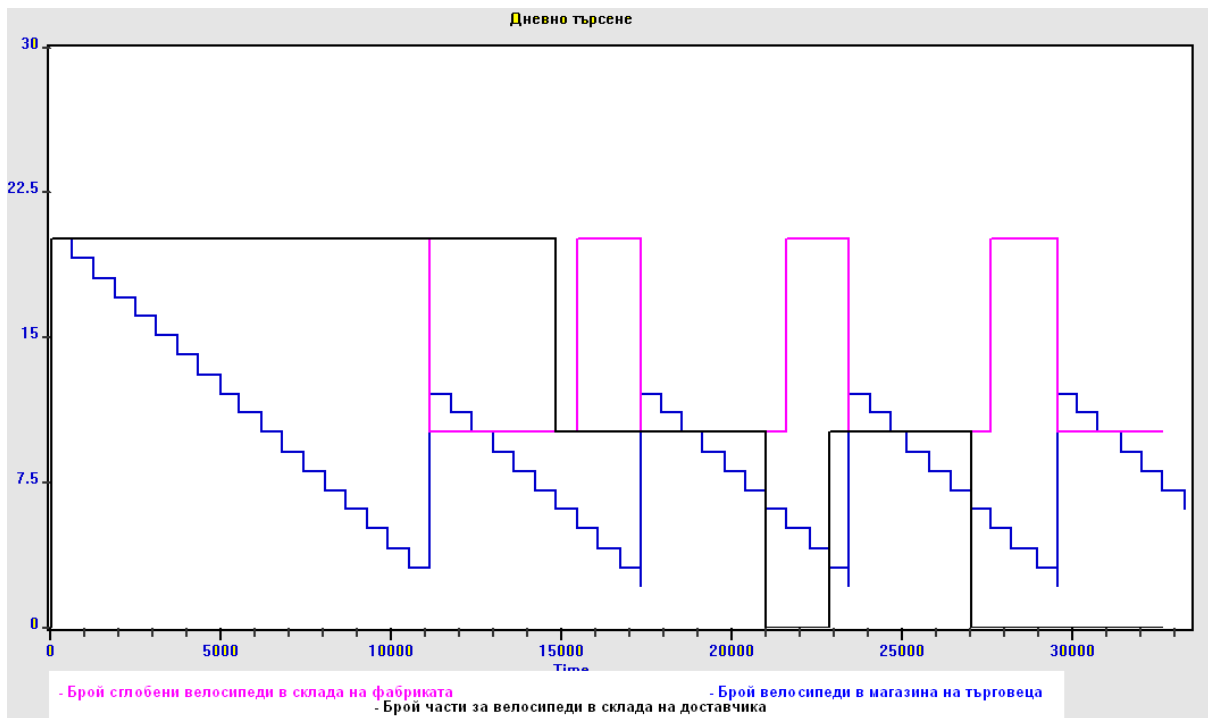
АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

За всеки от разиграните 3 сценарии на фиг. 5 до фиг. 7 е показано как протича процеса на изразходване на складовите наличности от части и велосипеди в звената по веригата за снабдяване – доставчик, фабрика и търговец, както и моментите от време на тяхното последващо запълване с количества, съответстващи на оптималния размер на поръчката (*EOQ*) след поредната доставка, в т.ч. могат да се видят и точките на поръчване на нови количества (*ROP*) – бройки велосипеди в търговската мрежа.

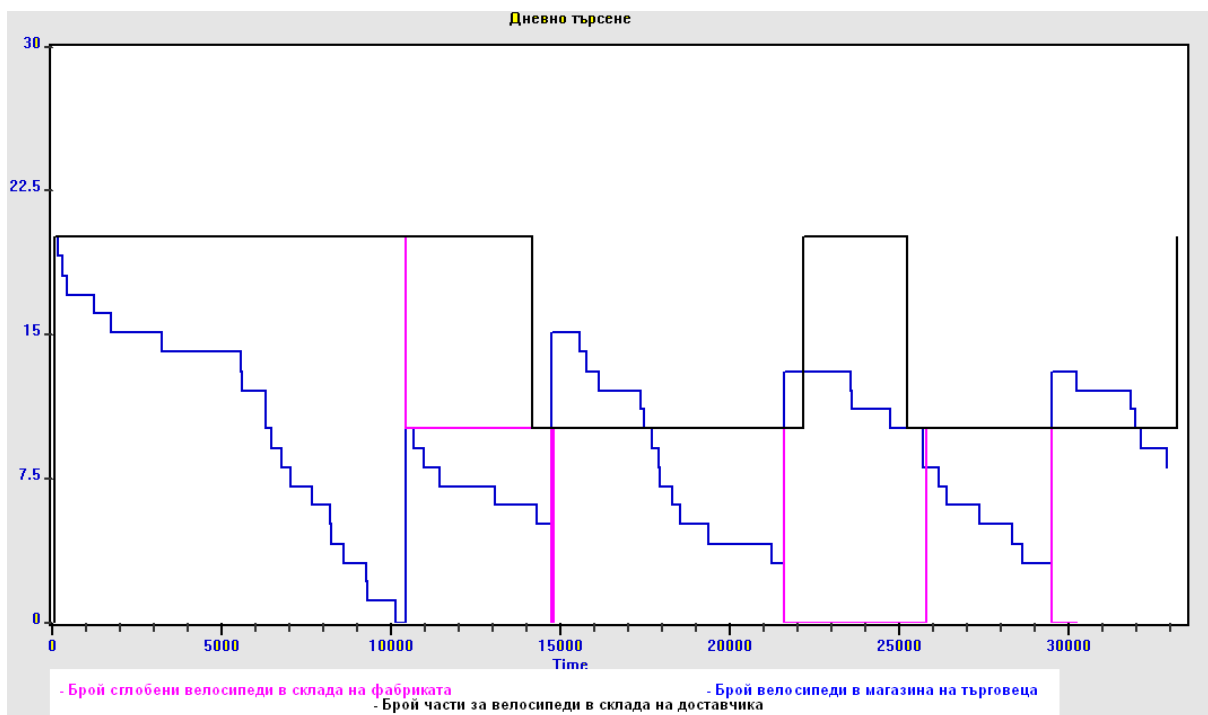
От сравнението на построените диаграми (фиг. 5 – 7) за разгледаните 3 сценарии се вижда, че за разлика от първите два сценария, при които за продължителността на симулацията потокът от клиенти, влизащи в магазина на търговеца е детерминиран, което внася яснота относно това кога и колко да се поръча, то при сценарий 3 пуасоновият входящ поток от клиенти отчита факта, че интервалите от време между пристигане на клиентите се разглеждат като случайни величини, внася доза неопределеност в модела. Оттук може да се заключи, че докато на теория нещата изглеждат предопределени, т.е. знае се кога и колко да се поръча, то на практика, поради вероятностния характер на процеса, може да се окаже, че всъщност това не е точно така и представения пример на фиг. 7 относително добре показва това.



Фиг. 5. Сценарий 1



Фиг. 6. Сценарий 2



Фиг. 7. Сценарий 3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите, получени от приложението на разработения имитационен модел на верига за доставки, позволяват да се направят следните по-важни изводи:

1. Ефективното управление на веригите за доставки, водещо до удовлетворяване на възникналото потребителско търсене, чрез осигуряване за тази цел на навременни доставки с оптималните количества продукция, изисква отлично познаване на протичащите във всички звена по веригата процеси, една част от които е възможно да имат, както детерминиран, така и вероятностен характер.

2. Тъй като всяка верига за доставки представлява достатъчно сложна за описание система, за вземането на адекватни управленски решения по отношение на начина на нейното функциониране, е необходимо да се осъществяват систематични наблюдения и контрол на работните процеси и складовите наличности, и извършват задълбочени проучвания и анализ на причините за появата на събития пораждащи смущения и водещи до нарушаване на синхрона на работата на взаимодействащите помежду си звена по веригата.

3. Подходящо средство за изследване на процесите във веригите за доставки, особено в случаите, когато е трудно или дори невъзможно протичащите в тях процеси да бъдат описани аналитично, се явява имитационното моделиране, а симулационната система *GPSS*, намираща приложение при дискретно-събитийните симулации - мощен инструмент за описание на модели на вериги за доставки, тяхната програмна реализация и извършване на последващ следсимулационен анализ.

4. Разработеният имитационен модел на верига за доставки, дава възможност да се симулират протичащите във веригата процеси за дълъг период от време – работна седмица, месец, дори година и детайлно изучи и анализира начина на функциониране на отделните звена в нея, в резултат на което могат да се вземат необходимите управленски решения.

5. Създаденият модел на верига за доставки е особено подходящ за използване от студентите в процеса на тяхното обучение. Независимо от факта, че предложения модел е предназначен предимно за учебни цели, след увеличаване на нивото на детайлизация на процесите в отделните звена по веригата, същият би могъл да послужи като основа за надграждане до усложнен модел на верига за доставки, състояща се от повече на брой доставчици на части; производствени предприятия, снабдени със складове; търговци, удовлетворяващи търсенето у крайните потребители. След захранване с достатъчен обем данни и последващото му калибриране, моделът би могъл да се приложи и на практика за моделиране на работните процеси в реално действаща верига за доставки. Възможно е да създаде функционалност, позволяваща на модела на базата на възникналото потребителско търсене, да се самонастройва относно размера на поръчката така, че при евентуални резки отклонения в търсенето, системата да бъде в готовност да отговори на завишеното търсене, като не позволява наличието на дефицит от стоки.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бауэрсокс, Д. Дж., Клосс, Д. Дж., “Логистика: интегрированная цепь поставок”, 2-е изд., /пер. с англ. Н. Н. Барышниковой, Б. С. Пинскера/, ЗАО “Олимп-Бизнес”, Москва, 2008 г.

[2] Димитров, С. Д., Приложение на системата за имитационно моделиране *GPSS World* в учебния процес, ТРАНСПОРТ 2011: XX Международна Научна Конференция, 04-05 Ноември 2011 г., ВТУ “Тодор Каблешков”, София, <https://mtc-aj.com/library/644.pdf>

[3] Егоров, А.Е., Романовски, Р.П., “Компютърно моделиране”, Proel Ltd., София, 1993 г.

[4] Казаков, Н., “Логистика“, Софтрейд, 2001 г.

[5] Казаков, Н., Димитров, И., Македонска, Д., “Основи на логистиката“, Транслогистик, София, 2001 г.

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

- [7] Качаунов, Т. Т., Карагъзов, К. Ст., Купенов, Д. П., Размов, Т. К., “Имитационно моделиране на транспортните процеси”, Печатница ВВТУ “Т. Каблешков”, София, 1998 г.
- [8] Кудрявцев, Е. М., “GPSS World. Основы имитационного моделирование различных систем”, ДМК Пресс, Москва, 2004 г.
- [9] Сергеева, В. И., “Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов“, Москва, Инфра-М, 2005 г.
- [10] Советов, Б. Я., Яковлев, С. А., “Моделирование систем”, Учебник для вузов: 3-е издание, переработанное и дополненное, Москва: Высшая школа, 2001 г.
- [11] Шрайбер, Т. Дж., “Моделирование на GPSS”, Машиностроение, Москва, 1980 г.
- [12] Bobillier, P. A., Kahan, B. C., Probst, A. R., “Simulation with GPSS and GPSS V”, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1976
- [13] GPSS World^(tm) Reference Manual, Minuteman Software, 2007, http://www.minutemansoftware.com/reference/reference_manual.htm

SUPPLY CHAIN SIMULATION MODEL

Stavri Dimitrov
stavri@vtu.bg

***Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Str., 1574, Sofia
THE REPUBLIC OF BULGARIA***

Key words: *supply chain, link, process, system, model, simulation, simulation model, GPSS World, inventory (stock level), economic order quantity*

Abstract: *This paper presents a simulation model of a supply chain which was developed by using the well-known general purpose simulation systems GPSS World^(tm) Student Version. The model developed enables simulating the operation of a supply chain for a predetermined period of time – day, week, month, year, which makes it possible to study the behavior of the modeled system under various operating conditions and perform a thorough analysis of the model output results which in turn could serve as a basis for decision making. The model developed could be applied in the educational process when teaching students in courses such as "Supply chains design and management" and "Simulation modeling of transport systems".*