

Лазар К. Радовановић
Економски факултет у Брчком

СИМУЛАЦИОНО УПРАВЉАЊЕ ЗАЛИХАМА ЛИЈЕКОВА УЗ РАЧУНАРСКУ ПОДРШКУ

Резиме: У овом раду примијењени су симулациони модели и експерименти по методи Монте Карло на конкретном примјеру за одређивање оптималних вриједности критичних залиха и количине набавке лијекова. Табеларна израчунавања и генерисање случајних бројева обављено је уз помоћ рачунара на основу програмског језика Visual Basic и његових функција Rnd и Int(Rnd*100).

Кључне ријечи: критична количина, случајни бројеви, симулациони модели, експеримент, распоdjела.

MANAGING MEDICINE SUPPLIES BY COMPUTER SUPPORT SIMULATION

Abstract: In this study simulation models and experiments by method Monte Carlo on particular example for determining optimal value of critical supplies and quantity of medicine purchase have been applied. Tabular calculations and generating of random numbers have been carried out by using computers on the basis of program language Visual Basic and its functions Rnd and Int (Rnd * 100).

Key words: critical quantity, random numbers, simulation models, experiment, distribution.

1. ДЕФИНИСАЊЕ ПРОБЛЕМА И МЕТОДА ЊЕГОВОГ РЈЕШЕЊА

Да не би изгубили својства и своју сврху употребе, многи лијекови захтијевају посебан третман (одређену температуру, количину свјетлости, влажност и сл.) због чега су трошкови чувања, односно држања лијекова на залихама велики. С друге стране, лијекови су релативно скупи, па би се њиховим недостатком на залихама, у случају потражње, остварио губитак на име могуће зараде на продаји. Чињеница да се лијекови, посебно у посљедње вријеме, отежано набављају и да је потребан одређени временски период за њихово пристизање, утиче на повећање трошкова пословања. У том контексту, поставља се захтјев да се испита узајамно дјеловање количине залиха послије које се врши наручивање лијекова (критична количина) и количине појединих наруџби, тј.

потребно је остварити такво управљања залихама при коме ће се постићи најмањи трошкови и при томе остварити већа добит.

У циљу рјешења описаног проблема за временску јединицу одбрана је једна седмица (7 дана), а експериментисање је изведено са педесет седмица. Из књиговодства су преузети сљедећи подаци¹: трошкови одржавања једног килограма лијека износе 40 новчаних јединица седмично, трошкови наручивања по једној наруцби су 120 н. ј., а губитак због непродате робе је 1.400 н. ј. Творница лијекова испоручује лијек у паковањима од 5, 10 и 15 кг (картонска кутија). Документациони подаци о потражњи представљени су у табели 1.

Табела 1.

Килограма	Фреквенција	Укупна потражња
0	1	0
1	5	5
2	9	18
3	20	60
4	1,2	48
5	2	10
6	1	6
Свега	50	147

На основу датих података формирна је табела 2 која приказује релативне фреквенције (колона 2) кумулатавне фреквенције (колона 3), као и интервале на основу којих је случајним бројевима придружена симулирана потражња лијекова (колона 4).

¹ Улазни подаци су прузети из пословања одређене апотекарске радње са једном врстом антибиотика, мада се слично може поступити и у неким другим врстама пословања.

Табела 2. Потражња по седмицама

кг	Фреквенција		Закон придруживања	Број седмица/кг
	Релативна	Кумулативна		
0	0,02	0,02	00-01	1
1	0,10	0,12	02-11	5
2	0,18	0,30	12-29	9
3	0,40	0,10	30-69	20
4	0,24	0,94	70-93	12
5	0,04	0,98	94-97	2
6	0,02	1,00	98-99	1

На овај начин је добијена емпиријска степенаста функција расподеле случајне промјенљиве (потражња) чије су вриједности (класе тежине) L_n дате на x -оси. Случајне промјенљиве представљају број интервала коме припадају нормирани случајни бројеви генерисани *Visual Basic (VB)* функцијом "Rnd"

Вријеме стицања пошиљке, фреквенција стицања и број наруџби приказани су у табели 3, на основу које се формира табела 4.

Табела 3.

Вријеме пристизања пошиљки	Фреквенција пристизања	Укупно наруџби
1	25	25
2	15	30
3	7	21
4	3	12
Свега	50	88

Табела 4. Вријеме испоруке

Седмица	Фреквенција		Закон придруживања	Фреквенција
	Релативна	Кумулативна		
1	0,50	0,50	00-49	25
2	0,30	0,80	50-79	15
3	0,14	0,94	80-93	7
4	0,06	1,00	94-93	3

Функција критеријума T (укупни трошкови) у овом случају биће:

$$T = 40x + 120y + 1400z \quad 1.1.$$

гдје је x количина лијека на залихама у току 50 седмица, y број нарудби и z количина лијека која је недостајала.

2. ФОРМИРАЊЕ СИМУЛАЦИОНОГ МОДЕЛА И ИЗВОЂЕЊЕ ЕКСПЕРИМЕНТА

На основу дефинисаних података и услова изведен је низ експеримената, формиран су симулациони модели и одређене случајне промјенљиве (потражња и вријеме испоруке) на описани начин за разне вриједности параметара (критична количина за наручивање и количина нарудбе), табела 5.

Табела 5. Тачке у којима се врше експерименти

Критична количина за наручивање	Количине по нарудби																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
3									$A_1(5,5)$					$A_2(5,10)$			$A_3(5,15)$
4																	
5																	
6									$A_4(6,5)$					$A_5(6,10)$			$A_6(6,15)$
7									$A_7(7,5)$					$A_8(7,10)$			$A_9(7,15)$
8									$A_{10}(8,5)$					$A_{11}(8,10)$			$A_{12}(8,15)$
9																	
10																	

Варирањем промјенљивих и вриједности параметара добијају се различита стања залиха из којих се, помоћу функције критеријума 1.1., израчунавају трошкови. Полази се од експеримента код кога су параметри: критична количина залиха 5 кг – лијека и количина нарудбе 5 кг (тачка $A_1(5,5)$). Нека је почетно стање залиха код свих експеримената 10 кг лијека. Генерише се низ случајних бројева (колони 6) и при томе се сваком случајном броју, на основу табеле 1, придружи случајна промјенљива величина (седмична потражња лијекова у кг). Од почетног стања (10 кг) одузме се симулирана потражња да би се добило ново стање на залихи, па затим од новог стања на залихи поново се одузима симулирана потражња и тако редом док ново стање залиха не падне

испод, или буде једнако, критичној количини залиха (5 кг) када се наручују нове количине. Том приликом генерише се један случајан број коме се, на основу табеле 2, придружује случајна промјенљива, број седмица за који ће наручени лијекови стићи (број у загради поред колоне 3 у симулационом моделу). Приликом пристизања (улаза лијекова) стање залиха повећаваће се за ту количину, а потом се смањује усљед нових потражњи све дотле док се поново не стигне до критичне количине залиха за наручивање, па се врши нова симулирана наруџба уз узимање новог случајног броја и њему придруженог (симулираног) броја седмица послје кога наруџба пристиже. Поступак се наставља све дотле док се не стигне до краја 50. седмице када се симулација завршава (табела 4). На крају се сабирају: трошкови складиштења, трошкови наруџби и губици недостатка робе на залихама. Резултат калкулације представља укупан трошак за 50 седмица, тј. $T_1(5,5) = 19.000$ н. ј. Дијељењем са 50 добија се просјечни симулирани седмични трошак. Резултат експеримента у тачки $A_4(6,5)$, слично претходном експерименту, само за друге вриједности параметара, производи трошак $T_4(6,5) = 17.360$ н. ј. (табела 3-6). Експерименти се настављају да изводе и у тачкама: $A_7(7,5) > A_{10}(8,5)$, $A_2(5,10)$, $A_3(5,15)$, $A_5(6,10)$, $A_6(6,15)$, $A_8(7,10)$ и $A_9(7,15)$.² Добијени резултати су приказани на координантном систему (слика 1.2.) из које се запажа да су трошкови најмањи у тачки $A_3(6,10)$ и износе $T_5(6,10) = 15.940$ н. ј., тј. најмањи су ако су параметри критична количина залиха 6 кг, а колнчина наруџби 10 кг лијека. Даље експериментисање није потребно, јер се уочава раст трошкова.

2. ИНТЕРПРЕТАЦИЈА И ВРЕДНОВАЊЕ ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Спроведеним експериментом је обезбијеђена информација о времену и количини наручивања лијекова. Слична рјешења могла би се добити и за остале лијекове који се пакују на овакав начин, а такође и за управљање залихама друге робе чије је ускладиштење релативно скупо, а производи имају високу трговачку маржу као, на примјер, ТВ пријемници, бијела техника, намјештај и сл. У циљу провјере поузданости добијених рјешења извршено је њихово тестирање. Из табеле 1 види се да је просјечна седмична потражња лијекова 2,94 кг (147:50), а из табеле 3 да је просјечно вријеме испоруке 1,76 (88:50)

² Због ограничености обима за Зборник табеле за остале тачке нису приказане (9 табела, односно 9 страница).

седмица по нарудби. Збир свих симулираних потражњи (143), за тачку $A_5(6,10)$, дијели се са 50 и добија просјечна симулирана седмична потражња 2,86 кг, а збир свих седмица за испоруку (24) дијели се бројем нарудби (14) и добија просјечно симулирано вријеме испоруке 1,71 седмица по нарудби. Према модификованом тесту Колмогоров-Смирнова одступање за потражњу биће:

$$\left| \frac{\overline{x'_n}}{\overline{x_n}} - 1 \right| = \left| \frac{2,84}{2,94} - 1 \right| = 0,0272109, \text{ тј. } \approx 2,72\% , \text{ а за вријеме испоруке:}$$

$$\left| \frac{\overline{x'_n}}{\overline{x_n}} - 1 \right| = \left| \frac{1,71}{1,76} - 1 \right| = 0,0284091, \text{ тј. } \approx 2,84.$$

Како видимо одступања у оба случаја су мала, па се добијени резултати могу прихватити и сматрати релативно поузданим. Добијена рјешења, иако се заснивају на теорији вјероватноће, обезбјеђују значајне информације доносиоцима одлука у овом облику пословања, што потврђује и модификована верзија Колмогоров-Смирновљева теста.

Табела 6. Симулација за тачку $A_1(5,5)$

Седмица	Случајни бројеви		Симулирано седмично кретање			Симулирани трошкови		
	П	ВИ	П	КН	СТ	Складиштења	Наручивања	Губитак
1	07		1		9	360		
2	06		1		8	320		
3	70	69(2)	4		4	160	120	
4	34		3		1	40		
5	06	24(1)	1	5	5	200	120	
6	13		2	5	8	320		
7	42	72(2)	3		5	200	120	
8	10		1		4	160		
9	74	39(1)	4	5	5	200	120	
10	49		3	5	7	280		
11	06	09(1)	1		6	240		
12	48	51(2)	3		3	120	120	
13	72		4	5	4	160	120	
14	93		5		-1			1400
15	28	65(2)	2	5	3	120	120	
16	40		3		0			
17	46	79(2)	3	5	2	80	120	
18	20		2		0			
19	98	38(1)	6	5	-1		120	1400
20	26	58(2)	2		3	120	120	
21	69		3		0			
22	22	22(1)	2	5	3	120	120	
23	09		1	5	7	280		
24	98	02(1)	6		1	40	120	
25	36	92(3)	3	5	3	120	120	
26	80		4		-1			
27	08		1		-1			1400
28	29	40(1)	2	5	3	120	120	1400
29	85	38(1)	4	5	4	160	120	
30	35		3	5	6	240		
31	43	01(1)	3		3	120	120	
32	93	17(1)	4	5	4	160	120	
33	38		3	5	6	240		
34	15	14(1)	2		4	160	120	
35	02		1	5	8	320		
36	55	61(1)	3		5	200	120	
37	50		3		2	80		
38	45	25(1)	3	5	4	160	120	
39	33		3	5	6	240		
40	04	62(2)	1		5	200	120	
41	28		2		3	120		
42	97	25(1)	5	5	3	120	120	
43	17		2	5	6	240		
44	97	67(2)	5		1	40	120	
45	41		3		-2			2800
46	76	18(1)	4	5	1	40	120	
47	17	12(1)	2	5	4	160	120	
48	61		3	5	6	240		
49	02	30(1)	1		5	200	120	
50	38		3	5	7	280		
Укупни трошкови $A_1(5,5) = 19.000$						7428	3120	8400

Литература

1. Цвјетићанин, Д.: *Операциона истраживања*, Економски факултет, Београд, 1992.
2. Ивковић, З.: *Математичка статистика*, Научна књига, Београд, 1976.
3. Kohlas, J.: *Monte Carlo Simulation in Operations Research*, Springer-Verlag, Berlin, 1972.
4. Komarnicki J.: *Simulationstechnik*, VDI-Verlag GmbH, Dusseldorf, 1980.
5. Солдић Алексић, Ј.: *Апликативни софтвер за статистичку анализу и табеларна израчунавања*, Економски факултет, Београд, 1998.
6. Стевић, С., Милићевић, Л., Радовановић, Л.: Примена методе Монте Карло у пословном одлучивању, *Зборник радова СУМ-ОП-ИС 2000*, Београд, октобар 2000.
7. Милићевић, Л., Стевић, С., Радовановић, Л: Теоријски и методолошки аспекти примене методе Монте Карло, 10. Конгрес математичара Југославије, Београд, јануар 2001.