

STUDYING THE INFLUENCE OF MANAGEMENT EFFICIENCY ON THE OPERATION PROCESS OF AN OPEN SERVICING SYSTEM USING SIMULATION MODELLING

Branimir Zhekov

*Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute
Sofia 1504, Bulgaria, 82 Evlogi Georgiev Blvd., tel. (02) 9226536,
e-mail: bzhekov@yahoo.com*

Keywords: *modelling, simulation model, system of mass service, input request flow.*

Abstract: *The major factors which concern and influence the definition of the generalized parameter of estimating the operation efficiency of an open servicing system are considered. It is specified, that the management efficiency servicing channels are one of factors which have essential role and value in the system's operation process. The author suggests studying the influence using simulation modelling. The concept of simulation model of an open servicing system which is presented as m-channel queuing system with the opportunity of managing the service resource is developed. On the basis of the received results of running the model, analysis and estimation of the influence of management efficiency and corresponding conclusions are made.*

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА УПРАВЛЕНИЕ ВЪРХУ ПРОЦЕСА НА ФУНКЦИОНИРАНЕ НА ЕДНА ОТВОРЕНА ОБСЛУЖВАЩА СИСТЕМА

Бранимир Жеков

*Военна академия "Г. С. Раковски", Институт за перспективни изследвания за отбраната
e-mail: bzhekov@yahoo.com*

Ключови думи: *моделирание, симулационен модел, система за масово обслужване, входящ поток от заявки.*

Резюме: *Разгледани са основните фактори, имащи отношение и оказващи влияние при дефинирането на обобщен показател за оценка на ефективността на функциониране на една отворена обслужваща система. Посочено е, че ефективността на управление на съответните обслужващи канали е един от факторите, който има съществена роля и значение за процеса на функциониране. Предложено е влиянието му да бъде изследвано с помощта на симулационно моделиране, като е разработена концепция на симулационен модел на отворената обслужваща система, представена като m-канална система за масово обслужване с възможност за управление на ресурса за обслужване. На базата на получените резултати от проиграването на модела са извършени анализ и оценка на влиянието на ефективността на управление и са направени съответни изводи.*

Въведение в проблема

Изследването на процеса на функциониране на системите за масово обслужване (СМО) е свързано с решаването на множество задачи, голяма част от които са намерили отражение в съвременната теория на масовото обслужване като част от един клон на съвременната приложна математика, а именно изследване на операциите. В класическия си вид, при възприетите ограничения и допускания, за редица от тях са предложени съответни математически зависимости, включително и за оценка на ефективността на функциониране, за които има достатъчно емпиричен материал, потвърждаващ тяхната обективна справедливост.

Когато обаче се изследват комплексни системи с много компоненти, сложни функционални зависимости и реализиращи многомерни процеси, се оказва, че задачата в повечето случаи е нерешима по аналитичен път, тъй като аналитичните модели на системите за масово обслужване само опростени, в определена степен, модели на действителността. Обикновено при тях не се

прилага подхода за съставяне на универсален модел на системата за масово обслужване, а се използва основното достойнство на аналитичните модели - възможността да се изследват параметрите на процесите в зависимост (функция) от параметрите на системата и като следствие се жертва адекватността за сметка на крайния резултат [2, 3].

Алтернативен подход за изследване на СМО, позволяващ преодоляването на посочените особености и ограничения и предоставящ възможност за по-пълно и точно съгласуване с физическата същност на процеса, адекватно задаване на входящите потоци от заявки, времена и дисциплини на обслужване и за осигуряване на лесно и удобно модифициране в процеса на изследване е изборът на симулационното моделиране [1].

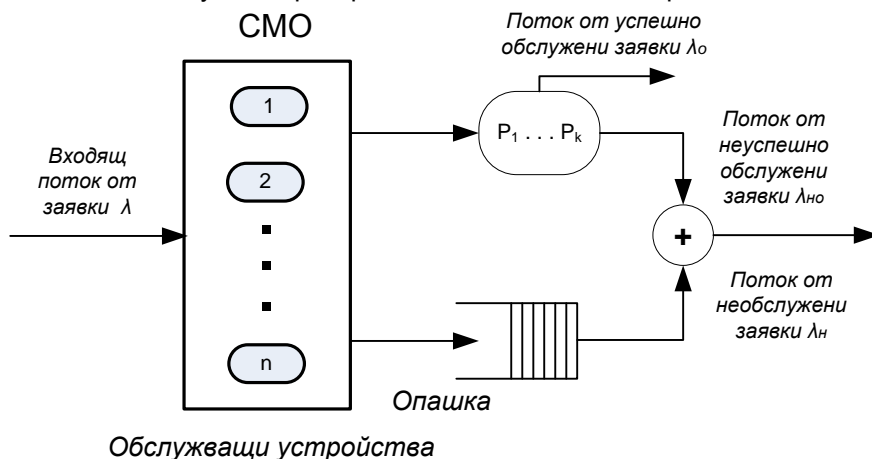
Освен това, когато един или няколко елемента на системата за масово обслужване допускат управляващи въздействия (изменения) по някои от своите параметри, т.е. системата е управляема, възниква необходимостта от оценка на ефективността на множеството от управляващи въздействия, което в общия случай може да бъде отнесено към входящите потоци от заявки, към механизма на обслужване, към дисциплината на опашката и към структурата на системата.

Целта на настоящата работа е с помощта на методите на стимулационното моделиране да се изследва процеса на функциониране на една отворена управляема обслужваща система и се получат определени количествени оценки на съответните и характеристики.

Концептуален модел на системата

Разглежданата обслужваща система може да бъде представена като отворена n -канална система за масово обслужване с ограничено време за пребиваване на заявките в системата, недостоверно обслужване, наличие на информация за резултата от обслужването и отсъствие на взаимопомощ между каналите. Всичките n обслужващи устройства са еднотипни по производителност, характеризират се с едно и също разпределение на времето за обслужване на заявките, с едно и също разпределение на времето за преминаване от обслужване на една заявка към обслужване на друга заявка и наличието на крайно количество ресурсни единици, предназначени за обслужване на заявките. Системата допуска управляващо въздействие, отнасящо се до количеството на едновременно използваните ресурсни единици за обслужване на една заявка (фиг.1).

Изхождайки от конкретни практически съображения, входящият поток от заявки е реализиран като произведен поток от входни заявки, получен чрез трансформация на поасонов входящ поток с интензивност λ . За целта всяка една заявка от поасоновия поток поражда две нови заявки, като моментът на постъпване на първата заявка съвпада с момента на постъпване на заявката от поасоновия поток, а втората заявка постъпва след определено закъснение спрямо първата, което може да бъде постоянно или случайно разпределено в зададен интервал.



Фиг. 1. Структура на обслужващата система

В резултат на управляващото въздействие в системата, приетата на обслужване заявка от всяко обслужващо устройство може да се реализира с изразходването с k ресурсни единици едновременно. При това, ако вероятността за успешно обслужване с една ресурсна единица ($k = 1$) е P_1 , то вероятността за успешно обслужване с k ресурсни единици ще бъде равна [4]:

$$P_k = 1 - (1 - P_1)^k \quad (1)$$

Ако в момент на постъпване на нова заявка има поне едно свободно обслужващо устройство, то тя се приема за обслужване от него. Обслужването може да бъде успешно или неуспешно. Независимо от резултата, след изтичане на времето за обслужване устройството се освобождава.

Ако към момента на пристигането на нова заявка всичките n обслужващи устройства са заети, то тя ще постъпи в опашка за чакане, където ще изчака определено време за престой, след което напуска системата необслужена.

С цел опростяване на модела са приети редица ограничения, отнасящи се до характеристиките и особеностите на потока от заявки, като вид и траектория на движение, ешелониране, групиране, достъпност до обслужващите устройства и др.

Програмна реализация

В съответствие с представения по-горе концептуален модел на разглежданата обслужваща система е разработен симулационен модел на същата с използване на софтуерния продукт за дискретно симулационно моделиране GPSS World на фирмата Minuteman Software [5].

Обслужващите устройства са симулирани чрез n едноканални прибора, позволяващи реализацията на управляващите въздействия в системата, самостоятелното и автономно функциониране както и събиране на съответна статистическа информация за процесите в системата.

В моделираната система за масово обслужване са организирани две опашки, в едната от които постъпват заявките, не приети за обслужване поради липса в момент на постъпването им на свободни обслужващи устройства, а в другата – заявките, претърпели неуспешен опит за обслужване и окончателно напускащи системата. Всяка приетата за обслужване заявка се обслужва еднократно за време, стойностите на което са равномерно разпределени в зададен времеви интервал. Вероятността за успешно приключване обслужването на заявката зависи от определеното количество ресурсни единици и е една и съща за всички обслужващи устройства.

Чрез дефиниране на различни статистически таблици в симулационния модел са табулирани честотните разпределения на различни случайни величини, необходими при анализа на процеса на функциониране на разглежданата обслужваща система.

Условия на моделирането

Реализацията на симулационния модел и определянето на характеристиките на работа на системата е осъществена при следните общи параметри: интензивност на поасоновия поток от входни заявки, изменяща се в диапазона от $\lambda = 1$ заявка/мин до $\lambda = 10$ заявки/мин; закъснение между двойката заявки на производния входен поток, равномерно разпределено в интервала 3 ± 1 s.

Конфигурация на обслужващите устройства в системата $n = 4$; време за обслужване на заявка, равномерно разпределено в интервала 8 ± 2 s; вероятност за успешно обслужване с една ресурсна единица ($k = 1$) $P_1 = 0,25$; количество едновременно използвани ресурсни единици $k = 1$, $k = 2$ и $k = 3$; време за възстановяване след обслужване на заявка, равномерно разпределено в интервала 6 ± 2 s; максимално разрешени последователни опити за обслужване на заявка – един; максимално време за престой в опашките – 20 s.

Анализ на резултатите от симулационните експерименти

Получените резултати от експериментирането на симулационния модел на разглежданата система позволяват да бъде направен анализ и дадена оценка на редица характеристики на процеса на нейното функциониране, а също така да бъде оценена ефективността на управляващите въздействия. От голямото многообразие на различни количествени показатели, с които може да бъде охарактеризирана ефективността на една СМО, определен практически интерес представлява вероятността за обслужване на заявката P_o , която за разглежданата обслужваща система, функционираща в стационарен режим, може да бъде представена като:

$$(2) \quad P_o = \frac{\lambda_o}{\lambda},$$

където:

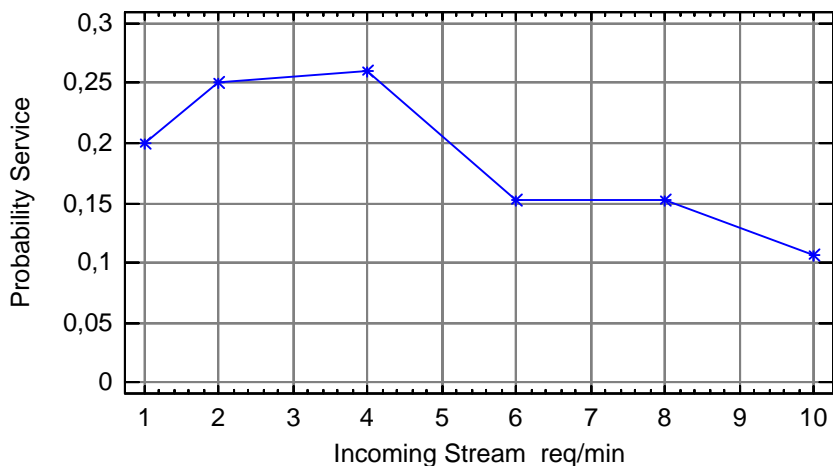
λ – интензивност на входящия поток от заявки;

λ_o – интензивност на потока от успешно обслужени заявки;

На фиг. 2 е дадена графичната зависимост на вероятността за обслужване P_o от интензивността на входящия поток от заявки λ при количество едновременно използвани ресурсни

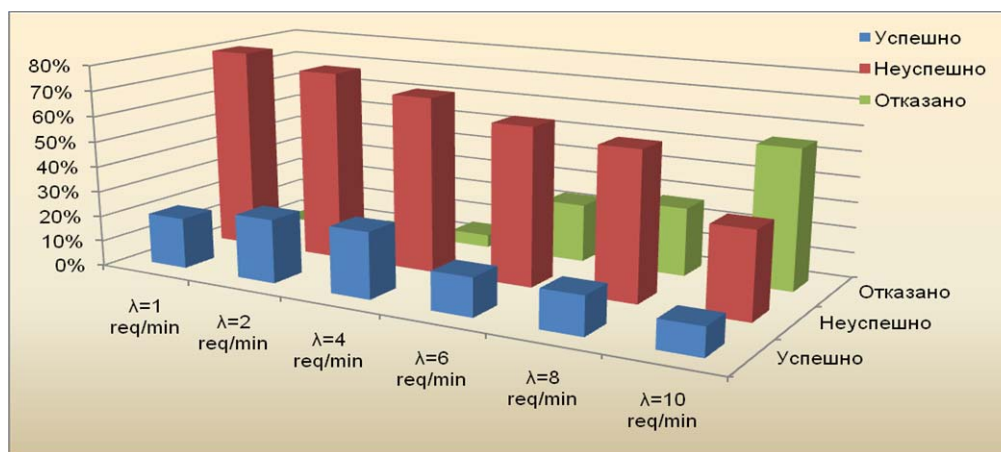
единици $k = 1$, реализирана с помощта на пакета за анализ на статистически и експериментални данни StatGraphics Centurion XV на фирмата StatPoint, Inc.

От получената зависимост се вижда, че при така дефинираните условия за проиграване на модела, най-голяма стойност на P_0 се получава при $\lambda = 4$ заявки/min, но в същото време като абсолютна стойност тази вероятност е сравнително ниска и достига едва до 0,26. При по-ниски и при по-високи стойности на λ , стойностите на P_0 намаляват като при $\lambda = 10$ заявки/min стойността на P_0 достига 0,11.



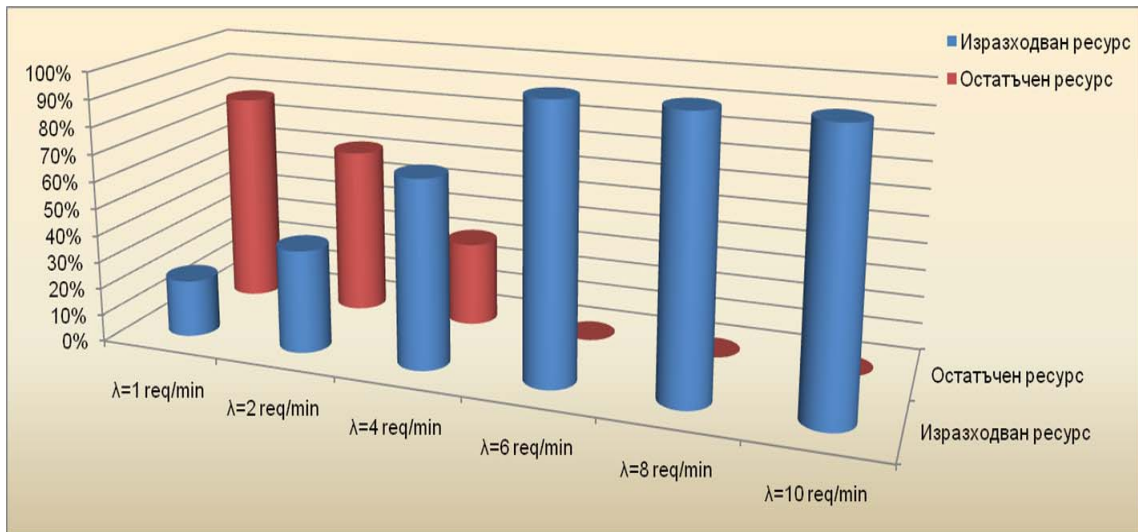
Фиг. 2. Зависимост на P_0 от λ при $k=1$

На фиг.3 е дадена диаграма на процентното разпределение на количествата успешно обслужени заявки, неуспешно обслужени заявки и на заявките, на които е отказано обслужване поради липсата на свободни канали в момент на постъпване в системата или на ресурс. В резултат на приетата стойност на управляващото въздействие ($k = 1$) и съответната ниска стойност на P_1 , делът на неуспешно обслужените заявки до интензивност на входящия поток $\lambda = 8$ заявки/min доминира.



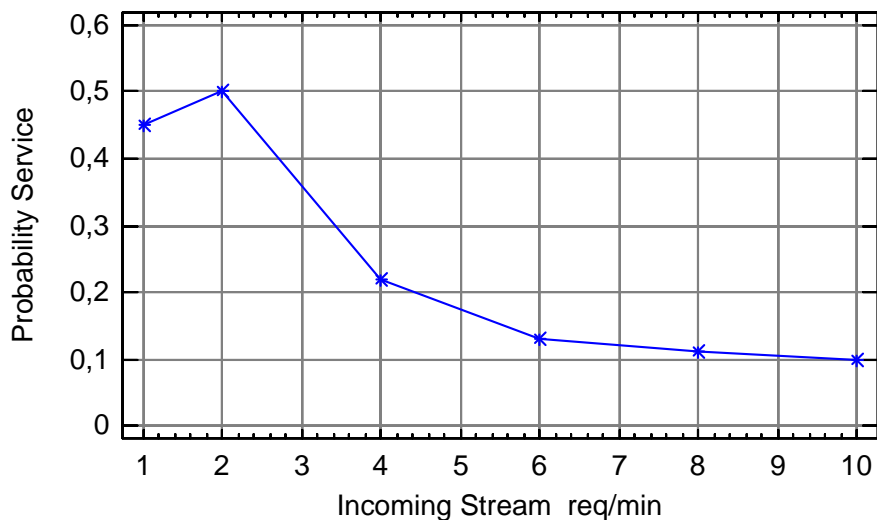
Фиг.3. Разпределение на видовете обслужване на заявките от λ при $k = 1$

Диаграма на процентното разпределение на изразходвания и на остатъчния ресурс в зависимост от интензивността на входящия поток от заявки λ при стойност на управляващото въздействие ($k = 1$) е дадена на фиг.4. От диаграмата се вижда, че при интензивност на входящия поток от заявки $\lambda \geq 6$ заявки/min, наличният ресурс за обслужване се изразходва на 100%.



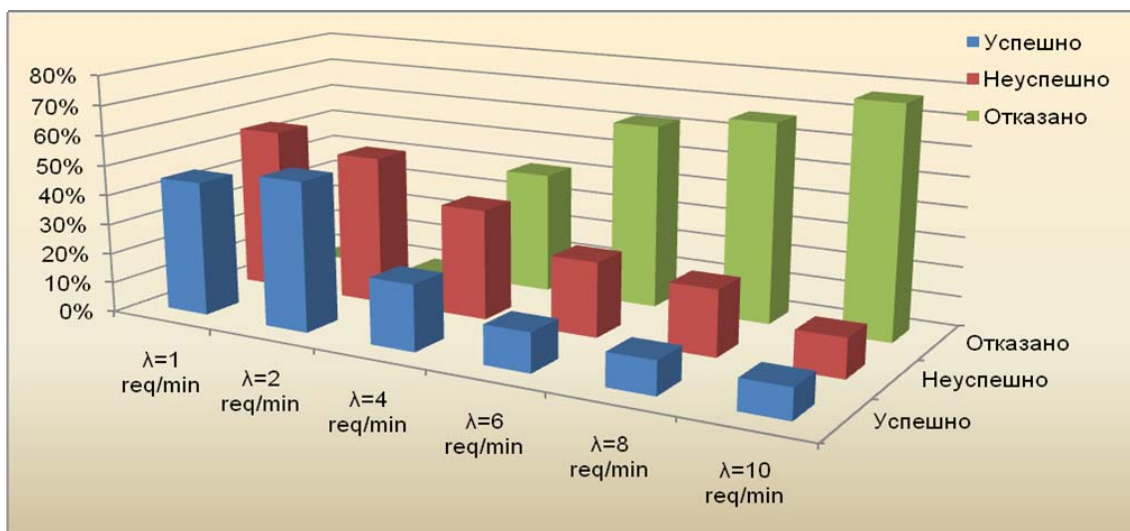
Фиг. 4. Разпределение на ресурса за обслужване на заявките от λ при $k = 1$

Графична зависимост на P_o от интензивността на входящия поток от заявки λ при количество на едновременно използвани ресурсни единици $k = 2$ е дадена на фиг.5. При така избраното управляващо въздействие, максималната стойност на вероятността за обслужване $P_o=0,5$ е получена при по-ниска интензивност на входящия поток от заявки, а именно при $\lambda = 2$ заявки/min. След тази стойност, в следствие на вътрешно системни взаимосвързани процеси P_o рязко намалява.



Фиг. 5. Зависимост на P_o от λ при $k = 2$

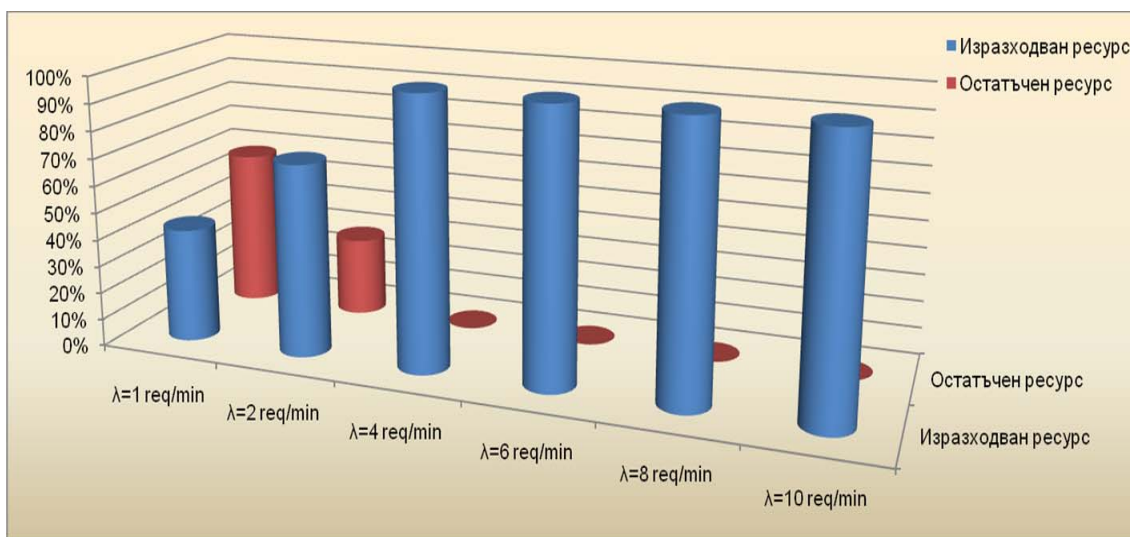
При анализа на получените резултати определена яснота може да бъде получена и от диаграмата на процентното разпределение на видовете обслужване на заявките от интензивността на входящия поток от заявки λ при стойност на управляващото въздействие $k = 2$, дадена на фиг.6.



Фиг. 6. Разпределение на видовете обслужване на заявките от λ при $k = 2$

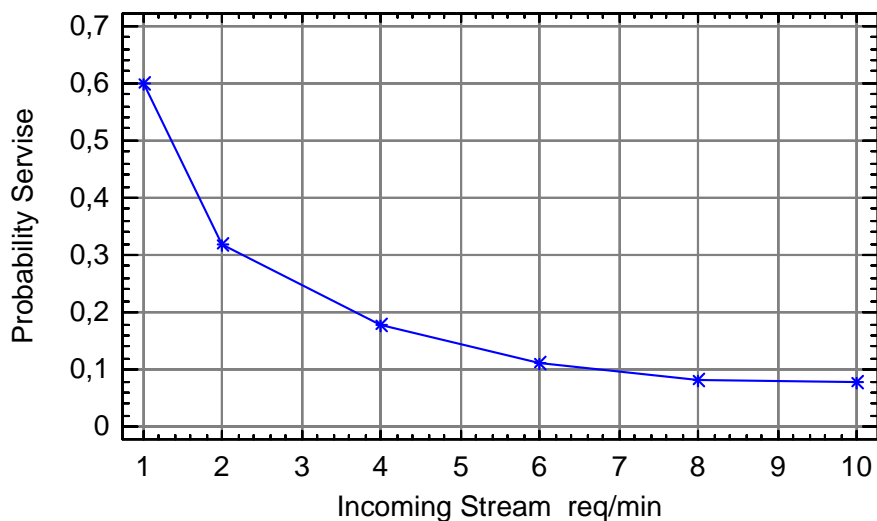
От диаграмата се вижда, че и при управляващо въздействие $k = 2$, основните тенденции и зависимости между видовете обслужвания се запазват, но започват да се проявяват при по-ниски стойности на входящия поток от заявки λ . При вероятност за обслужване на заявката $P_o=0,5$, разпределението между успешно и неуспешно обслужени заявки е 50% на 50%.

Аналогичен извод може да бъде направен и по отношение на процентното разпределение на ресурса за обслужване на заявките при $k = 2$, дадено на фиг.7. В следствие на увеличаване на количеството едновременно използвани ресурсни единици още при $\lambda = 4$ заявки/min, изразходваният ресурс достига 100%, а остатъчният съответно 0%.



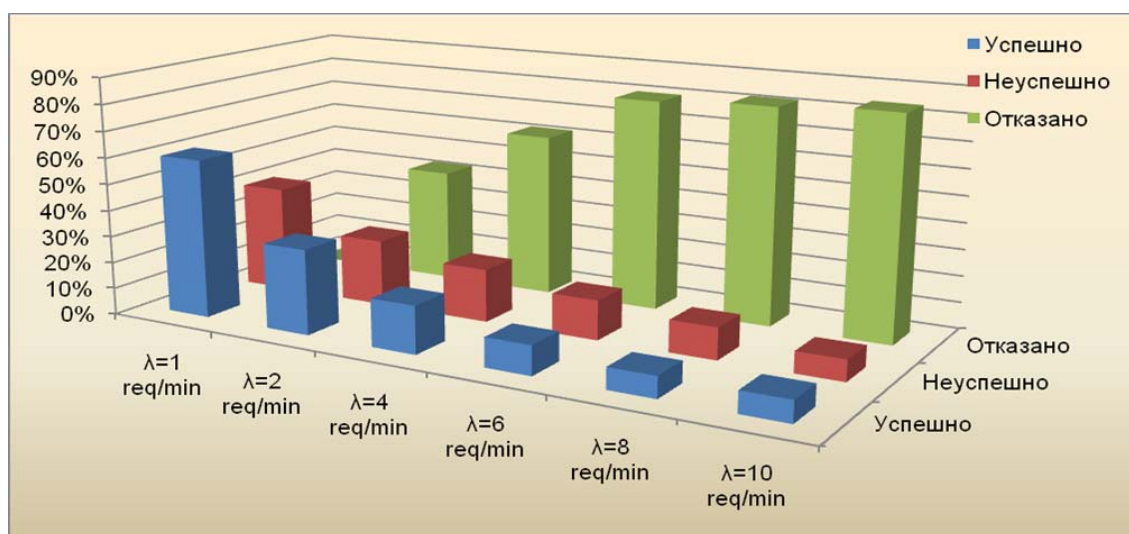
Фиг. 7. Разпределение на ресурса за обслужване на заявките от λ при $k = 2$

По нататъшното увеличаване на количеството едновременно използвани ресурсни единици до $k = 3$ променя характера на зависимостта на вероятността за обслужване P_o от интензивността на входящия поток от заявки λ , дадена на фиг.8. Въпреки, че максималната стойност на P_o е увеличена до 0,6, то тя се получава при минимална интензивност на входящия поток от заявки. С увеличаване на интензивността на входящия поток от заявки вероятността за обслужване P_o намалява и при $\lambda = 10$ заявки/min достига до 0,08.



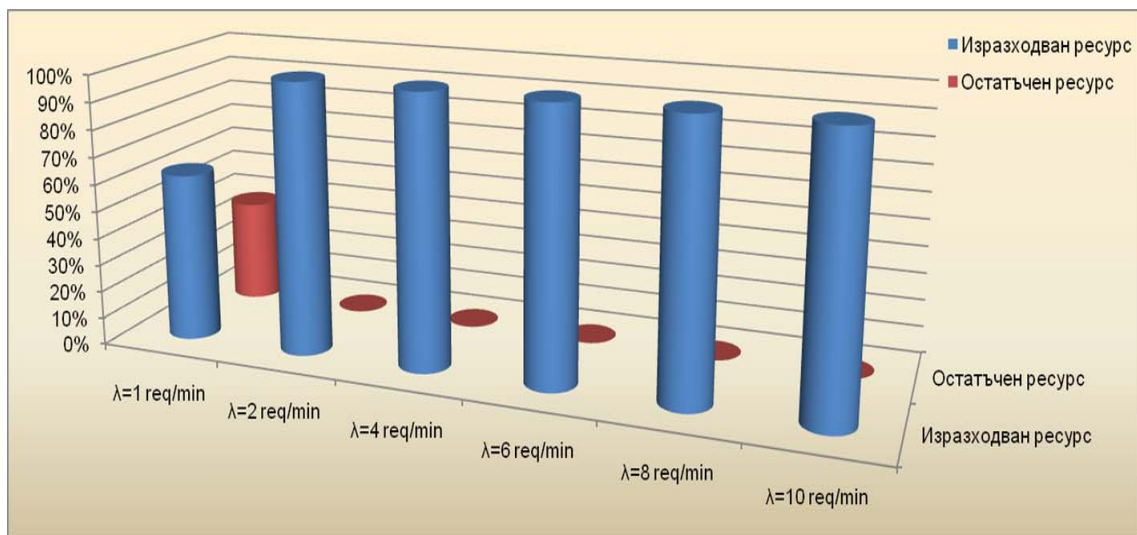
Фиг. 8. Зависимост на P_o от λ при $k = 3$

Характерна особеност на процентното разпределение на видовете обслужване на заявките от интензивността на входящия поток от заявки λ , при $k = 3$, дадена на фиг.9, е доминиращият дял на отказаното обслужване за $\lambda \geq 2$ заявки/min.



Фиг. 9. Разпределение на видовете обслужване на заявките от λ при $k = 3$

От представената на фиг.10 диаграма на процентното разпределение на ресурса за обслужване от интензивността на входящия поток от заявки λ при $k = 3$ се вижда, че ресурсът не се изразходва на 100% само при интензивност на входящия поток $\lambda < 2$ заявки/min, в следствие на което и съответните стойности на P_o са по-ниски в сравнение с аналогичните стойности, получени за управляващи въздействия $k = 1$ и $k = 2$.



Фиг. 10. Разпределение на ресурса за обслужване на заявките от λ при $k = 3$

Заклучение

Предложеният симулационен модел на разглежданата обслужваща система позволява изследването на процеса на нейното функциониране в широки граници. Получените и представени, в резултат на проиграването на модела, експериментални данни позволяват да бъдат направени конкретни изводи и практически препоръки за избора на стойността на управляващото въздействие и за оценка на неговото влияние върху процеса на функциониране на системата. Същите могат да бъдат използвани при вземането на решения за ефективни приложения на аналогични обслужващи системи.

Литература

1. А в е р и л л Л о у, Д э й в и д К е л ь т о н. Имитационное моделирование. "Питер", Санкт-Петербург, 2004.
2. О б р е т е н о в А., Б. Д и м и т р о в. Справочник по масово обслужване. "Наука и изкуство", С., 1979.
3. С е м е р д ж и е в Ц. Инструменти за стратегическо ръководство "С⁴I". "Софттрейд", С., 2001.
4. Ф е л л е р В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. т. 1, "Мир", М., 1984.
5. General Purpose Simulation System World: Reference Manuel. Minuteman Software, www.minutemansoftware.com, 2002.