

МОДЕЛ ЗА ПЛАНИРАНЕ И УПРАВЛЕНИЕ НА КАПАЦИТЕТА НА ОПЕРАЦИИТЕ В УСЛУГИ С МАСОВ ХАРАКТЕР

Гл. ас. д-р Юлия Йоргова, БСУ

A MODEL OF OPERATIONS CAPACITY PLANNING AND MANAGEMENT FOR MASS SERVICES

Yulia Yorgova, BFU

Abstract: *The presented model of operations capacity planning allows to obtain quantitative dimensions of the service system parameters for mass services. A methodology for the practical application of this model has also been presented here. The present paper aims at offering support for operations managers in the service sector for decision making regarding the operations capacity.*

Key words: *operations capacity, queuing theory, arrival rate, service rate, mass services, Call Center;*

Управлението на капацитета е основна област във функционалната рамка на решенията в управление на операциите. В сферата на услугите тези решения се вземат в условията на голяма неопределеност и често при липса на адекватна количествена оценка на променливите фактори.

Информацията от литературните източници [1,4], резултатите от вече направени изследвания и изводите от техния анализ потвърждават актуалността, значението, специфичните особености и сложността на проблемите, с които се сблъскват операционните ръководители в организациите от сектора на услугите. Те доказват правилността на тезата, че при услугите, поради техните особености е необходим различен подход в управлението в сравнение с материалното производство, а използването на по-точни количествени модели може да повиши ефективността в работата на операционните ръководители.

Целта на настоящата работа е да предложи модел за планиране на капацитета на операциите на услуги с масов характер, както и методика за прилагането му на примера на услуги, изпълнявани в Кол център (Call Center).

Организирането и ефикасното управление на операциите на услуги с масов характер, като предлаганите от Кол центровете, изисква от операционните ръководители на различните йерархични нива, решения за:

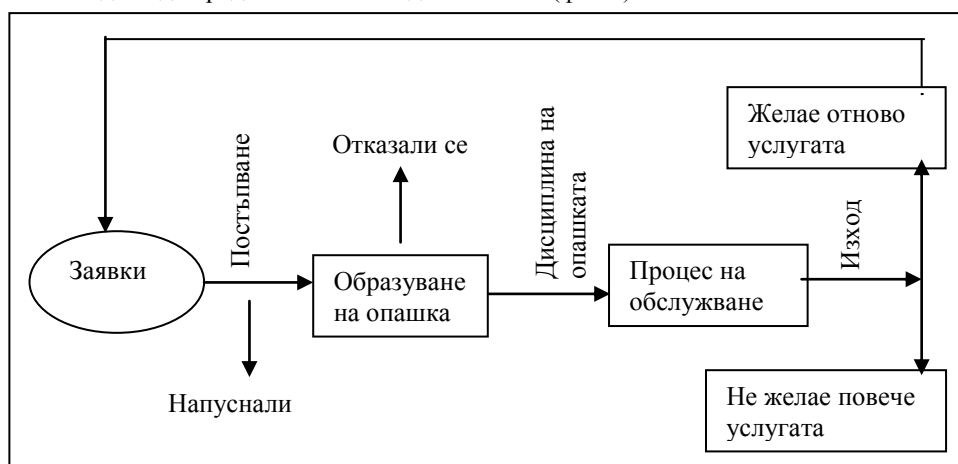
- Прогнозиране на броя на потенциалните заявки за обслужване в центровете;
- Определяне на необходимия капацитет на операциите (брой обслужващи канали и оператори);
- Разработване на план-графици за разпределение на персонала във времето и др.

Подобни решения в управление на операциите се вземат след изследване на обслужващата система, събиране и обработка на необходимите данни, анализ на резултатите и формулиране на изводи за практиката. За осигуряването на този процес са

необходими и полезни модели, даващи количествени измерения на параметрите на системата при различни ситуации.

Обект на разглеждане в настоящата работа е обслужващата система за изпълнение на услуги с масов характер, където често явление е образуването на опашки и където е необходимо непрекъснато съчетаване на капацитета на операциите с търсенето.

Най-общо една обслужваща система, в която се образува опашка може схематично да бъде представена по следния начин: (фиг.1)



Фиг. 1: Обща схема на обслужваща система

Основни елементи на системата за обслужване са:

- обект на обслужване – “заявки” за обслужване, клиенти, потребители на услугата;
- обслужващи устройства – “канални” за извършване на услугата;
- опашка;

Операциите обхващат тази част от схемата на обслужващата система, която се отнася до процеса на постъпване на заявките, подреждането им в опашка, обслужването им и изхода от системата.

Причина за образуването на опашка е недостатъчният капацитет на операциите. Опашките са характерно явление за услугите с масов характер, където са налице големи входящи потоци от клиенти. Те директно въздействат върху различните видове ресурси и групи потребители.

Опашките от предмети (материали, незавършено производство и др.) са характерни за материалното производство и са свързани с решаването на различни технологични, организационни и икономически проблеми. Опашките от хора са типично явление за системите за услуги (транспортни центрове, банки, болници, кол центрове, ресторанти, летища и др.). При тях проблемите имат и психологическа страна.

Анализирайки по-детайлно системата за извършване на услуга се установява, че опашка се образува, когато нивото на постъпване на заявките (среден брой постъпили заявки за единица време) надхвърля нивото на обслужване на системата (среден брой обслужени заявки за единица време). Например, при услугите на Кол центъра, опашка се образува, когато позвъняванията за единица време са повече, отколкото операторите могат да обслужат за същото време.

Разграничаването на посочените по-горе основни елементи на системата и изследване на взаимодействията им при изпълнение на услугите означава, че ситуацията

на опашката може да бъде разглеждана като система и този аналитичен модел може да бъде развит и описан като система.

Видно е, че в услугите опашките са елемента, чрез чието управление може да се търси най-оптималното съчетаване на търсене и капацитет на операциите. Опашката поема ролята на „склад”, който съхранява клиентите за организацията, чакайки те да бъдат обслужени. Разбира се престоят в този виртуален склад трябва да се минимизира, защото не носи полза нито на клиента, нито на изпълнителя на услугата. Времето, прекарано в чакане на опашка, е загубено и за двете страни.

От направените до тук разсъждения е видно, че за да се построи модел за планиране и управление на капацитета на операциите на услуги с масов характер е необходимо да се моделира връзката ниво на постъпване на заявките – ниво на обслужване на системата – опашка. Моделът и методиката в настоящата работа са ограничени до определяне на капацитета на операциите, необходим за посрещане на търсенето. Тук не се разглежда въпросът за оптималния капацитет на операциите, при който ще се минимизират общите разходи за изпълнение на услугата. Този проблем е обект на разглеждане в друга работа [2].

Приложение на теория на опашките¹ за планиране и управление на капацитета на операциите на услуги с масов характер.

Поради високата степен на едновременност на производство и потребление, услугите са характерни с това, че търсенето трябва да бъде удовлетворено в момента на възникването му. Това изисква от организацията за услуги да осигури в точния момент точното количество капацитет на операциите. И недостатъчният и по-големият от нужното капацитет води до загуби в краткосрочен или дългосрочен план.

Теорията на опашките предлага инструментариум, подходящ за използване в ситуации от този тип. [1, 3, 4, 5]

Основна задача в теорията на опашките е решението за промяна в отношението на променливите – λ , μ и M , където:

λ – ниво на постъпване на заявките за услуга (брой за ед. време);

μ – ниво на обслужване (брой за ед. време);

M – брой работещи канали;

Параметрите λ , μ и M са основни параметри на обслужващата система. При планиране и управление на услуга, трябва да се определи и поддържа необходимия капацитет на системата за обслужване. Той е пряко свързан с нивото на пристигане на потребителите в системата λ , желаещи конкретната услуга и нивото на обслужване на системата $M\mu$. На практика тези величини са относително променливи и се влияят от различни фактори.

За да се моделират процесите, протичащи в една система за масово обслужване е необходимо да бъдат ясно определени основните и компоненти, а именно:

- ◀ Входящ поток от заявки.
- ◀ Физически особености на опашката.
- ◀ Правила за обслужване.
- ◀ Процес на обслужване.
- ◀ Изходящ поток.

Задаването на системата трябва да включва и описание на взаимодействията между отделните и части. Когато системата е описана, изследването на нейното поведение е задача на масовото обслужване.

¹ В българските и руските литературни източници „Теория на опашките” е възприето да се нарича „Теория на масовото обслужване”

В теорията на масовото обслужване аналитичните модели на системите за обслужване са обикновено съпроводени с някои предположения. Те са обобщени в така наречената символика на Кендал. [3, 5] За да бъдат използвани методите от теория на опашките в случаите, когато се решава практическа задача, трябва да са изпълнени следните условия:

1. Входящият поток заявки да е прост поток т.е. да притежава свойствата стационарност, ординарност и липса на последствие.
2. Клиентите образуват група с неограничен брой потребители т.е. безкрайна опашка.
3. Итервалите от време между две последователни постъпвания на заявка в системата са експоненциално разпределени случайни величини т.е. разпределението на броя на заявките за единица време е Пуасоново.
4. Времената за обслужване са експоненциално разпределени.
5. Всички клиенти се обслужват по правилото “първи дошъл, първи обслужен”.

Това е класическа система за масово обслужване, която според символиката на Кендал се означава като: $M/M/1/FCFS/\rho/\infty$.

Етапи на изследване и моделиране на система за услуги с масов характер.

Изследването на една система за услуги с масов характер изисква наличието на данни за взаимодействията, които протичат между отделните ѝ части и установяване зависимостите между елементите на системата. Необходимо е да се събере информация за източниците на заявки, формиращи входящия поток, неговата специфика и свойства, за процеса на обслужване, за особеностите на опашката, която се образува и т. н. Когато системата е описана, изчисляването на съответните характеристики и изследването на нейното поведение и тенденции е обект на математическото моделиране. Трябва да се има предвид, че всяко математическо моделиране предполага известно опростяване и формализиране на практическата ситуация. Това налага получените резултати да се анализират критически и изпробват в реални условия.

Изследването на обслужващата система преминава през няколко етапа [3].

- ***Предварително изследване***

В този етап се включва събиране на фактическите данни за входящия поток и тяхната предварителна статистическа обработка. При нея чрез някои от известните статистически критерии трябва да се съгласуват данните с теоретичното разпределение. Същото се отнася и за другата вероятностна величина – времето на обслужване. Системата трябва да бъде определена еднозначно по всичките и споменати компоненти. Чрез уточнение на разпределенията и намирането на числените стойности на характеристиките може да се построи и математическият модел на съответната обслужваща система.

- ***Теоретична постановка***

При стартиране на този етап може да се счита, че математическият модел на обслужващата система е структуриран и всички условия на задачата са поставени. Ако предварителните изследвания показват наличие на система за обслужване, която е теоретически разработена, може да се използват изчислените за нея характеристики. Разнообразието на услугите и на системите за производството им предполага, че за някои случаи ще липсва подходящ теоретичен модел. Изход може да бъде намирането на близък аналог на системата, при който с една допустима замяна на разпределения и елементи да се получат, видоизменени, но приемливи резултати. По-трудно е в случаите, когато не се намира нищо подходящо за разглежданата система и трябва чрез комбиниране на известни методи и резултати да се търси вярното решение.

- ***Използване на резултатите***

Основната цел при изследване на една система за масово обслужване е да се получат такива характеристики, които дават възможност да се направят изводи за начина на функционирането на тази система. На база получените резултати, в зависимост от конкретно възникналия проблем, ръководителите могат да вземат управленски решения, свързани с усъвършенстване дейността на конкретната обслужваща система.

- *Заключителен етап*

На този етап е необходимо да се извърши цялостно реализиране на новата система и се осъществят необходимите модификации. От конкретната задача и целта на изследването зависи в какво направление ще бъде модифицирането на системата.

Модел за планиране и управление на капацитета на операциите на услуги с масов характер на примера на услугите на Кол център.

Моделът е развит в четири последователни стъпки, следвайки етапите на изследване и моделиране, разгледани по-горе.

Първа стъпка: Познавайки се на посочените до тук теоретични постановки, за да се определи моделът на изследваната система за извършване на услуги с масов характер от типа Кол център е необходимо първо тя да се характеризира чрез основните си компоненти и да бъде определено дали са изпълнени условията за прилагане на инструментариума на теория на опашките.

◀ *Входящ поток от заявки*

Входящият поток се формира от заявките на клиентите за разглежданата услуга. Потребителите на услуга с масов характер могат да бъдат отнесени към групата с неограничен достатъчно голям брой заявки. При напускане на опашката от заявки от един потребител, параметрите и се променят пренебрежимо малко.

Мерната единица на постъпващите заявки е „една по една“. Те постъпват независимо една от друга от голям брой източници. Това обуславя случайния характер на постъпване на заявките и те формират прост поток. Потокът има свойството стационарност в рамките на всеки отделен интервал, т.е. неизменност на вероятностните характеристики във времето. В рамките на денонощието потокът на заявките за услугата има пикове и спадове на интензивността на постъпване и би могъл да бъде определен като нестационарен. Но разделяйки денонощието при изследването на 24 равни интервала, потокът може да се третира като система от стационарни потоци с различна интензивност, която не се изменя в рамките на отделния интервал, т.е. поведението на заявките удовлетворява изискванията за стационарност. Разглежданият прост поток така също притежава свойствата ординарност и липса на онаследяване. На конкретните статистически данни се извършва проверка за съгласуваност с теоретичното разпределение на постъпващите заявки.

Степента на търпимост на потребителите е трудно да се определи еднозначно. По-скоро в групата на клиентите за масови услуги попадат и от двата типа „търпеливи“ и „нетърпеливи“.

Входящият поток от заявки за масови услуги, каквито са тези на Кол центъра практически не може да се контролира, както това се прави при някои други услуги, чрез ефективни решения за управление на търсенето.

◀ *Физически особености на опашката и правила за обслужване*

Опашката от заявки за услуги е една. Технически системата позволява постъпилите заявки от клиенти да се подреждат в опашка, без да губят връзката. На мястото на всяка обслужена заявка или напуснал опашката клиент веднага може да постъпи друга от големия брой източници. Това на практика прави опашката с неограничена дължина (капацитет).

Предвид естеството на тези услуги правилото за обслужване на клиентите е най-популярното в практиката „първи дошъл, първи обслужен“ т.е. заявките се обслужват по реда на постъпването им.

◀ *Процес на обслужване*

За изпълнението на услугите се предвиждат определени M на брой обслужващи работни места (канала).

Механизмът на обслужване на системата се определя чрез неговите характеристики:

- средно време за обслужване на една заявка $t[s]$ за всеки разглеждан интервал, като се приема, че то е с отрицателно експоненциално разпределение на вероятностите [3];
- пропускателна способност на системата – максималният брой заявки, които могат да бъдат обслужвани едновременно съответства на броя на обслужващите канали – M ;
- достъпност на обслужващото устройство – системата е пълнодостъпна, тъй като каналите и са в състояние да приемат всяка следваща заявка веднага след приключване на обслужването на предходната.

◀ *Изход на опашката*

Изходът от услугата Кол център е с „голяма вероятност от повторна услуга“, тъй като тя най-често е уникална по своето предназначение и възможности, които предоставя на клиентите.

Втора стъпка: След като системата е определена еднозначно с всичките си основни компоненти трябва да се избере и математическия модел, който може да се използва. Характеристиките на основните елементи на разглежданата система я определят като многоканална еднофазна.

Трета стъпка: За да се изясни начинът на функциониране на системата и да се направят изводи относно капацитета и, трябва да се изчислят съответните операционни характеристики. За целта на изследването – планиране и управление на капацитета, подходящо е да бъдат пресметнати следните операционни характеристики:

- вероятността да няма клиенти в системата P_0 ;
- среден брой клиенти в системата L_s ;
- средно време, прекарано от клиентите в системата W_s ;
- среден брой клиенти на опашката L_q ;
- средно време, прекарано от клиентите на опашката W_q ;

Четвърта стъпка: На този етап на база на получените резултати за операционните характеристики трябва да се формулират изводи за големината на капацитета и използваемостта му във всеки изследван времеви интервал и да се вземат решения за необходимите модификации на системата.

Големината на капацитета на системата се определя от броя M на едновременно работещите канали и средното време за обслужване на един клиент. На практика в масовите услуги операционните ръководители не биха могли съществено да влияят на входящия поток от заявки, освен ако не изменят тотално интензивността му чрез изключване или включване на цяла група клиенти (напр. заявките от някои от селищата от разглеждания или други райони). Промяна на капацитета на системата може да се постигне чрез модификация на процеса на обслужване в две направления:

- изменение на пропускателната способност на системата чрез увеличаване или намаляване на работещите канали, в зависимост от прогнозата за търсене на услугата;
- усъвършенстване на операциите с цел намаляване на средната продължителност на обслужване, особено през периодите, когато нивото на постъпване на заявките λ е по-голямо от нивото на обслужване μ .

Определящ за подбора на характеристики, чиито стойности да се анализират е изборът на ключов показател за дейността на системата. Такъв може да бъде, както

времето за чакане или дължината на опашката, така и продължителността на престой на клиента в системата или броят клиенти в нея, в зависимост от спецификата на услугата и управленските цели. Ако целта на ръководството е да се минимизира или избегне натрупването на опашка, ще се използват данните за Lq . В случаите, когато лимитиращо е времето за чакане ще се оценяват данните за Wq , и т.н. За конкретния пример на услугите на Кол център е удачно да се използва като ключов показател Wq . Изходна точка е възприемането на стандарт за приемливата продължителност на чакане на опашка, без това да доведе до отказ на клиента от услугата или до негативна оценка. По обратен път, използвайки получените резултати операционният ръководител може да вземе с достатъчна точност решение за необходимия капацитет на системата (брой работещи канали), позволяващ задоволяване на търсенето на услугата и постигане на поставените цели.

Методика за приложение на модела за планиране на капацитета на операциите в услуги с масов характер от типа Кол център и апробиране с реални данни.

Следвайки структурата на модела и като се отчита спецификата на конкретната услуга с масов характер може да се предложи методика за прилагане на модела чрез, която той да се апробира с реални данни. За изпробване в работата са използвани данни и наблюдения за услуга „Справки”, изпълнявана от Кол център за абонатите от район Бургас за период от пет последователни месеца при използването на 6 обслужващи канала. Методиката включва:

1. Определяне на основните елементи на обслужващата система.

На този етап от методиката се събират необходимите статистически данни за броя на постъпващите заявки през интервал от един час за цялото денонощие и средното време t за обслужване на заявката за всеки интервал в секунди.

За всеки месец е изчислен средният брой заявки λ [бр./час] през интервал от един час по отделно за делнични и празнични дни. Пресметнати са и средните времена за обслужване на една заявка t за всеки интервал от денонощието за всеки един от разглежданите месеци.²

На конкретните статистически данни, използвани в примера е направена проверка за закона на разпределение на постъпващите заявки с помощта на програмен продукт за обработка на статистически данни по критерия на Колмогоров – Смирнов.

Резултатите показват, че постъпването на заявките се разпределя по закона на Поасон. Физическите особености на опашката и правила за обслужване я представят като опашка с неограничен капацитета, на която могат да чакат до 20 заявки без да отпадат от системата.

Времената на обслужване могат с достатъчна точност да бъдат представени като експоненциално разпределени случайни величини.

2. Избор на математически модел на системата.

Всички посочени по-горе условия за използване инструментариума на теория на опашките за определяне характеристиките на конкретната система са удовлетворени. Системата се определя със своите характеристики като шестканална еднофазна. Ползвайки символиката на Кендал тя се означава като $M/M/6/FCFS/20/\infty$.

3. Изчисляване на операционните характеристики на системата.

За всеки едномесечен интервал от денонощието по месеци, с данните за празнични и делнични дни, при различен брой $M = 1 \div 4$ работещи канали са пресметнати следните операционни характеристики: вероятността да няма клиенти в системата P_0 , среден брой

² Поради големия им обем изчисленията при апробирането на модела с конкретни данни не са представени в работата.

клиенти в системата L_s , средно време, прекарано от клиентите в системата W_s [s], среден брой клиенти на опашката L_q , средно време, прекарано от клиентите на опашката W_q [s].

4. *Формулиране на изводи за използваемостта на капацитета на системата и решения за промяна на капацитета на операциите (ако е необходимо) чрез модификация на процеса на обслужване.*

За да се формулират изводи се анализират получените резултати за дължината на опашката L_q и средното време W_q [s], прекарано от клиентите в чакане, при различен брой работещи канали. Подобен анализ може да се направи и за останалите характеристики на системата, в зависимост от поставените цели на изследването.

В конкретния случай, ако се приеме, че клиентите за услугата биха изчакали до 30 секунди отговора на оператор от Кол центъра, резултатите за различните времеви периоди в денонощието за делничен ден, показват, че е достатъчно да работят максимално 2 канала едновременно за да се отговори на постъпващите заявки. Отчитайки промените в търсенето през денонощието, продължителността на една работна смяна и изискването за периодични почивки на операторите през най-натоварените интервали, броят им достига 3. В момента на изследването броят на използваните канали за изпълнение на услугата е 6, което показва наличието на голям неизползван капацитет в обслужващата система. Това налага извода, че оптимизиране използваемостта на наличния капацитет би могло да се търси чрез насочване на заявките за услуги от други райони или добавяне на друг вид услуги с оператор, което е технически осъществимо, или чрез намаляване броя на обслужващите канали.

Изводи:

1. Моделът дава количествени данни за различните характеристики на системата и позволява на операционния ръководител, в зависимост от изборния ключов показател за дейността на системата, да взема решения за промяна на капацитета.

2. Моделът може да намери приложение за планиране и управление на капацитета на всякакви обслужващи системи с масов характер, където е възможно получаването на опашки – медицински центрове, супермаркети, летища, банки и др. където постъпват заявки за обслужване по телефон, поща или Интернет.

3. Моделът е подходящ и за спешни услуги, като Услуга 112, „Спешна медицинска помощ”, пожарни и полицейски услуги и др. подобни, като разликата при тях е, че капацитетът на операциите трябва да се определя в съответствие с максималното търсене.

4. Апробирането на модела с конкретни данни за услуга, изпълнявана в Кол център показва приложимостта и полезността му за практиката.

Литература:

1. Андронов, Ев., М.Александрова, Управление на операциите, УНСС, София, 2004
2. Андронов, Ев., Ю.Йоргова, Капацитет на операциите и качество на обслужване, „Управление и устойчиво развитие’ 2010”, ЛТУ, 2010
3. Обретенов, А., Теория на масовото обслужване, София, 1970
4. Chase, R.V. and Aquilano N.j., Production and Operations Management, IRWIN, 1995
5. Winston, W.L., Introduction to Probability Models. Operations Research, Volume Two, Fourth Edition, Thomson Brooks / Cole, 2004.