
ПОСТРОЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Мартыненко Юлия Вячеславовна, канд. физ.-мат. наук

Ульяновский государственный университет, ул. Л. Толстого, 42, Ульяновск, Россия, 432017; e-mail: marj2005@yandex.ru

Цель: статья посвящена вопросам практического применения экономико-математических методов (на основе аппарата теории массового обслуживания) в организациях, по роду своей деятельности обслуживающих большие потоки клиентов. *Обсуждение:* предполагая, что процессы обслуживания клиентов можно считать марковскими, и для распределения потока клиентов используется электронная очередь, предлагается механизм оценки качества обслуживания. Он позволяет оценивать работу сотрудников и всего подразделения в целом, устанавливая нормативные показатели и выявляя объективные причины отклонения от них. *Результаты:* автором предложена схема работы с двумя взаимосвязанными показателями эффективности обслуживания. Результаты проведенных расчетов подтвердили возможность ее практического использования в организациях, работающих с потоками клиентов.

Ключевые слова: процессный подход, показатели эффективности, многоканальная модель, электронная очередь.

1. Введение

В последние годы все большую популярность приобретает процессный подход к управлению, который позволяет существенно улучшить работу предприятия и вывести его на новый уровень [5]. Один из ключевых принципов этого подхода – ориентация на клиента, т.е. стремление как можно качественнее выполнять запросы своих потребителей (внешних или внутренних). Особенно это актуально для компаний, оказывающих услуги. В условиях жесткой конкуренции недовольство клиентов качеством обслуживания приводит к их оттоку в другие организации, поэтому следует использовать все возможности для непрерывного улучшения в этой сфере.

В соответствии с процессным подходом, для этого необходимо сделать процесс обслуживания прозрачным и управляемым. Владелец процесса непрерывно или с заданной цикличностью следит за ходом процесса и организует корректирующие мероприятия. Также владелец планирует и внедря-

ет мероприятия, направленные на улучшения процесса [4]. Необходимое условие функционирования такой схемы работы – наличие измеряемых показателей, всесторонне отражающих состояние процесса (т.е. показателей операционной эффективности).

Использование экономико-математических моделей позволяет значительно расширить круг применяемых показателей. Однако следует учитывать несколько важных факторов. Во-первых, модель всегда является упрощением объекта, и необходимо убедиться в достаточной для измерения показателя степени адекватности модели. Во-вторых, сложность получения необходимой информации может не окупаться получаемым результатом. В-третьих, показатель будет использовать владелец процесса, а он не обязательно обладает фундаментальными математическими познаниями. Поэтому показатель не должен быть слишком сложным для понимания и расчетов.

Проблема построения и анализа показателей является чрезвычайно актуальной, но в силу относительной новизны использования в российской практике управления процессного подхода она еще недостаточно изучена. Тем не менее можно указать ряд работ [3, 6, 7], в которых рассматриваются те или иные аспекты изучаемой проблемы.

В данной работе предлагается методика расчета показателей качества обслуживания клиентов на основе данных электронной очереди. Эти показатели могут применяться как для контроля операционной эффективности, так и для соответствующей мотивации обслуживающего персонала.

2. Определение и анализ показателей

Рассмотрим организацию, которая оказывает услуги большому числу клиентов (банк, государственная структура, страховая компания и т.д.). Введем условный термин «точка обслуживания», понимая под ним подразделение организации, непосредственно обслуживающее клиентов, причем их поток достаточно интенсивный. В качестве параметра, подлежащего исследованию и мониторингу, выберем время нахождения клиента в очереди, а в качестве цели – снижение этого времени.

Простой, но неэффективный путь – увеличить количество обслуживающих сотрудников. Тогда точка обслуживания будет работать в недогруженном режиме, т.е. увеличится время простоя сотрудников, и увеличатся затраты на их заработную плату.

Если же сотрудников будет слишком мало, то точка обслуживания будет работать в режиме перегрузки, и попытки снизить время ожидания клиентов будут нерезультативными.

Предположим, что сотрудников достаточно для работы в нормальном режиме. Тогда можно определить показатели для оценки времени ожидания и установить для них целевые значения.

Пусть точка обслуживания в своей работе использует электронную очередь – программно-аппаратный комплекс, позволяющий формализовать и оптимизировать управление потоком посетителей [2].

Кроме автоматического распределения клиентов между обслуживающими их сотрудниками, электронная очередь позволяет накапливать большой статистический материал о характеристиках обслуживания.

Этот материал представляет особую ценность с точки зрения возможностей его анализа и выявления закономерностей, присущих данной точке. По результатам анализа можно разрабатывать корректирующие мероприятия, направленные на улучшение обслуживания.

Базовым аппаратом для построения модели в данном случае является теория массового обслуживания и ее методы [1].

Точка обслуживания характеризуется количеством работающих сотрудников (числом каналов n системы массового обслуживания). Пусть входящий и исходящий потоки клиентов можно считать марковскими с интенсивностями λ и μ соответственно. Причем μ можно определить из статистического материала, собранного системой электронной очереди, а λ рассматривается как входной параметр, определяющий работу системы. Электронная очередь распределяет клиентов по принципу: «первым пришел – первым обслуживаешься». Ограничения на количество мест для ожидающих клиентов отсутствуют.

С учетом сделанных предположений можно использовать многоканальную систему массового обслуживания $(M/M/n): (FIFO/\infty/\infty)$ с заданной интенсивностью обслуживания μ и интенсивностью прихода клиентов λ .

Обозначим время ожидания клиента в очереди X . На основе этой случайной величины можно задавать измеримые показатели исследуемого процесса. Обычно в моделях массового обслуживания рассчитывается среднее время нахождения клиента в очереди. Однако этот показатель слишком упрощенно характеризует качество обслуживания, так как длительность ожидания отдельно взятого клиента может существенно отличаться от среднего значения как в большую, так и в меньшую сторону.

Выберем следующие показатели: T – допустимое время ожидания, p_T – вероятность того, что клиент будет ждать обслуживания не более допустимого времени T . Также p_T можно интерпретировать как долю клиентов, ждавших не более допустимого времени. Очевидно, что эти показатели тесно взаимосвязаны. Чем больше допустимое время ожидания, тем для большей доли клиентов это условие будет выполнено, и наоборот.

Однако p_T будет зависеть не только от эффективности работы точки обслуживания, но и от количества приходящих клиентов. Поэтому целевые значения выбранных показателей следует выбирать по соответствующим расчетам, принимающим во внимание текущую нагрузку на систему. В противном случае могут быть установлены недостижимые в реальности значения.

С учетом сделанных предположений о работе точки обслуживания имеет место следующая формула [1], задающая функцию распределения времени ожидания в очереди:

$$F(t) = P(X \leq t) = 1 - E(\lambda, n)e^{-(n-\lambda/\mu)t}, \quad (1)$$

где

$$E(\lambda, n) = \frac{\lambda^n n! / (\mu^n n! (n - \lambda/\mu))}{\sum_{k=0}^{n-1} (\lambda/\mu)^k / k! + \lambda^n n! / (\mu^n n! (n - \lambda/\mu))}. \quad (2)$$

Данные формулы имеют смысл, если $\lambda < \mu n$. Если же условие не выполняется, то система не справляется с потоком заявок и очередь растёт до бесконечности. Чем ближе интенсивность прихода клиентов λ к величине μn , тем больше становится длина очереди, и тем сложнее поддерживать параметры качества обслуживания на должном уровне.

Выберем критерий качества обслуживания:

$$F(T) = P(X \leq T) \geq p_T, \quad (3)$$

т.е. вероятность для клиента ожидать обслуживания не более T не должна быть меньше p_T . Установив целевые значения этих показателей и отслеживая текущие значения, владелец процесса может контролировать его ход и соответствующим образом давать указания сотрудникам.

Очевидно, что чем больше значение T , тем больше вероятность того, что норматив будет выполнен. Однако при малых значениях T это может стать невыполнимым требованием.

Проанализируем зависимость между T и p_T . Пусть при некоторой интенсивности прихода клиентов λ норматив выполняется. Если λ будет увеличиваться, то сохранить оба целевых значения не получится. Нужно либо увеличивать допустимое время ожидания T , либо снижать долю p_T , рассматривая эти параметры как функции от λ .

Предположим, выбран первый вариант, т.е. мы согласны увеличить допустимое время ожидания T , при этом сохраняя долю p_T . Тогда из формулы (1) получаем:

$$t = \frac{\ln[E(\lambda, n)/(1 - p_T)]}{n\mu - \lambda}, \quad (4)$$

причем расчет возможен, только если $E(\lambda, n) > 1 - p_T$.

Если же мы выбираем второй вариант, то оставляем неизменным допустимое время ожидания, но при этом снижаем долю клиентов, для которых время ожидания не превышало T (тем самым увеличивая долю клиентов, ожидавших больше T). В таком случае формула имеет вид:

$$p_T = 1 - E(\lambda, n)e^{-(n-\lambda/\mu)\mu T}. \quad (5)$$

Аналитически функции (4) и (5) достаточно сложны, поэтому для их практического применения можно строить таблицы табуляции и графики в любой подходящей программе (например, MS Excel). Это позволит владельцу процесса работать с результатами независимо от уровня его математических знаний.

Таким образом, для каждой точки обслуживания необходимо определить целевые значения T^* и p_T^* (проверяя при этом, что значения достижи-

мы). В процессе работы необходимо вести мониторинг параметра λ . Если нарушается условие $\lambda < \mu n$, то расчет показателей невозможен. Если же условие $\lambda < \mu n$ выполняется, но целевые значения показателей не достигаются, нужно выполнить корректировку целевых значений и только после этого оценивать, нормально ли проходит процесс обслуживания. Т.е. только по итогам рабочего дня, с учетом потока клиентов, можно определить, выполнялся ли в этот день норматив.

Для мотивации сотрудников можно использовать следующий подход. При начислении премии учитывается корректирующий коэффициент:

$$K = Dn / D_w, \quad (6)$$

где Dn – число рабочих дней, в которые норматив выполнялся, D_w – число рабочих дней в месяце.

3. Расчетная схема

Приведем пример расчетов целевых значений показателей и их корректировки. Пусть в точке обслуживания работает 8 сотрудников, интенсивность обслуживания $\mu = 0,333$ кл./мин (т.е. среднее время обслуживания одного клиента $\bar{t} = 1 / \mu = 3$ минуты). Тогда допустимые значения λ находятся в пределах от 0 до 2,667 кл./мин.

Выбираем целевые значения $T = 10$ минут и $p_T = 0,9$. Проверим, достижимы ли они оба одновременно. Для этого вычисляем значения функций (4) и (5) с шагом 0,05. Фрагмент вычислений приведен в табл. 1.

Таблица 1

Значения T и p_T для λ в диапазоне от 2 до 2,5

λ	Доля клиентов, ожидающих более 10 минут	Допустимое время ожидания для 90% клиентов
2	0,999546	1,908782
2,05	0,999175	2,219648
2,1	0,998508	2,578707
2,15	0,997312	3,000378
2,2	0,995173	3,505221
2,25	0,991357	4,123633
2,3	0,984573	4,902552
2,35	0,97254	5,918521
2,4	0,951254	7,305453
2,45	0,913684	9,320821
2,5	0,847525	12,53102

Из табл. 1 следует, что условия выполняются одновременно при $\lambda < 2,5$. Рассчитаем значения функций (4) и (5) с шагом 0,01.

Таблица 2

Значения T и P_T для λ в диапазоне от 2,45 до 2,5

λ	Доля клиентов, ожидающих более 10 минут	Допустимое время ожидания для 90% клиентов
2,45	0,913684	9,320821
2,46	0,903262	9,839503
2,47	0,891593	10,41045
2,48	0,878528	11,04207
2,49	0,8639	11,74466
2,5	0,847525	12,53102

Как следует из табл. 2, при $\lambda \geq 2,46$ кл./мин. целевые значения одно- временно не достижимы. Таким образом, если в некоторый день интенсивность прихода клиентов была больше, чем 2,46 кл./мин., то целевые значения должны быть скорректированы.

В табл. 3 приводится пример такой корректировки. По итогам рабочего дня из системы электронной очереди выгружается количество клиентов, и вычисляется λ . Затем по формулам (4) и (5) рассчитываются новые целевые значения (если это необходимо). Согласно первому варианту, мы увеличиваем допустимое время ожидания. Во втором варианте мы снижаем долю клиентов, ждавших не более допустимого времени.

Таблица 3

Корректировка целевых значений

день	Число клиентов, обслуженных за день	Количество рабочих часов	λ , кл./мин.	T , мин.	P_T
1	1364	10	2,27	10	0,9
2	1466	10	2,44	10	0,9
3	1501	10	2,51	13,4	0,83
4	933	10	1,35	10	0,9
5	908	9	1,68	10	0,9

Таким образом, во все дни, кроме третьего, λ остается в допустимых пределах, и корректировка не требуется. В третий день $\lambda = 2,51 \geq 2,46$ кл./мин., т.е. проводим корректировку. Если мы хотим сохранить долю $p_T = 0$, то допустимое время ожидания равно 13,4 минуты, а не 10 минут. Если мы хотим сохранить допустимое время, то доля клиентов должна быть снижена с 0,9 до 0,83.

4. Заключение

Вопрос оценки операционной эффективности актуален для любой организации независимо от ее сферы деятельности, и применение экономико-математических методов может значительно улучшить качество предлагаемых решений. Однако в настоящее время работ, посвященных такой теме, немного. Целью автора в данной работе было привлечь внимание к этому направлению исследований и предложить свой вариант практически применимого инструмента. При этом следует отметить, что часть вопросов осталась за рамками проведенного анализа. Так, не рассматривается сам

процесс выбора целевых значений показателей, оценивается лишь их достижимость и необходимость корректировки.

Список источников

1. Клейнрок Л. *Теория массового обслуживания*. Москва, Машиностроение, 1979. 432 с.
2. Кугач В.В., Петрище Т.Л., Ковальчук А.И. Оптимизация очередей в аптеке // *Вестник фармации*, 2014, по. 2 (64), с. 5-10.
3. Нахабин А.В. Разработка метода оценки качества жилищно-коммунальных услуг и деятельности управляющих компаний в условиях внедрения инноваций // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2014, по. 2 (50), с. 51-59.
4. Панде П., Холп Л. *Что такое «б сигм»? Революционный метод управления качеством*. Москва, Альпина Бизнес Букс, 2005. 160 с.
5. Репин В.В. *Бизнес-процессы компании: построение, анализ, регламентация*. Москва, РИА «Стандарты и качество», 2007. 240 с.
6. Сарилова О.А., Верещагина А.С., Анисимов А.Н. Применение экономико-математического моделирования для оценки влияния нематериальных активов на стоимость предприятия // *Фундаментальные исследования*, 2012, по. №9, с. 734-738.
7. Семененко С.В., Клименко О.И. Модель сбалансированного развития ключевых компетенций торговой организации // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2014, по. 4 (52), с. 103-120.

DEVELOPMENT OF INDICATORS OF OPERATIONAL EFFICIENCY, BASED ON THE QUEUEING THEORY

Martynenko Iuliia Viacheslavovna, Cand. Sc. (Phys.–Math.)

Ulyanovsk State University, L. Tolstogo st., 42, Ulyanovsk, Russia, 432017; e-mail: marj2005@yandex.ru

Purpose: the article presents author's point of view on development of operational efficiency indicators for the best quality of services. *Discussion:* using the queueing theory, we offer to define indicators of waiting service time. These indicators can be used both for improve quality of services and motivate employees, who serve our clients. *Results:* author successfully applied procedure of calculating indicators of waiting service time, and performed results show the theoretical and practical meaning of this procedure.

Keywords: the process approach, performance indicators, multichannel queueing model, electronic queue.

Reference

1. Kleinrock L. *Queueing systems*. A Wiley Inter-Science Publication, 1975. 432 p. (Russ. ed.: Kleinrok L. Teoriia massovogo obsluzhivaniia. Engineering Publ., 1979. 432 p.).
2. Kugach V.V., Petrishche T.L., Koval'chuk A.I. Optimizatsiia ochere-dei v apteke [Optimization of queues at the pharmacy]. *Vestnik farmatsii*, 2014, no. 2(64), pp. 5-10. (in Russ.)
3. Nakhabin A.V. Razrabotka metoda otsenki kachestva zhilishchno-kommunal'nykh uslug i deiatel'nosti upravliaiushchikh kompanii v usloviakh vnedreniia innovatsii [Development of evaluation test housing and utilities services and asset management company activity under the condition of innovation]. *Sovremennaia ekonomika: problemy i resheniia*, 2014, no. 2 (50), pp. 51-59. (in Russ.)
4. Pande P., Holpp L. *What is six sigma?* The McGraw-Hill Companies, Inc., 2002. 160 p. (Russ. ed.: Pande P., Kholp L. Chto takoe «6 sigm»? Revoliutsionnyi metod upravlenii kachestvom. Moscow, Al'pina Biznes Buks, 2005. 160 p.).
5. Repin V.V. *Biznes-protsessy kompanii: postroenie, analiz, reglamentatsiia* [The business processes of the company: construction, analysis, regulation]. Moscow, Standards and quality Publ., 2007. 240 p. (in Russ.)
6. Sarilova O.A., Vereshchagina A.S., Anisimov A.N. Primenenie ekonomiko-matematicheskogo modelirovaniia dlia otsenki vliianiia nematerial'nykh aktivov na stoimost' predpriatiia [The application of economic-mathematical modeling to assess the impact of intangible assets on company value]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2012, no. 9, pp. 734-738. (in Russ.)
7. Semenenko S.V., Klimenko O.I. Model' sbalansirovannogo razvitiia kliuchevykh kompetentsii torgovoi organizatsii [The model of balance developing of key competencies in trade organizations]. *Sovremennaia ekonomika: problemy i resheniia*, 2014, no. 4 (52), pp. 103-120. (in Russ.)