

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОКАНАЛЬНЫХ И МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ БИЛЕТНОЙ КАССЫ АВТОВОКЗАЛА

© 2017 Т. Е. Григорьева, А. А. Донецкая, Е. В. Истигечева

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Рассмотрены основные элементы систем массового обслуживания (СМО), их задачи, примеры и виды. Представлены модели одноканальной и многоканальной СМО на примере билетной кассы автовокзала с одним и двумя операторами соответственно. В результате проведения эксперимента можно определить количество требуемых операторов для уменьшения очереди и повышения количества обслуживаемых клиентов.

Ключевые слова: системы массового обслуживания (СМО), виды СМО, моделирование СМО, заявки, каналы обслуживания, модель билетных касс.

С работой систем массового обслуживания (СМО) приходится сталкиваться повседневно, особенно с проблемой очереди. Проблема очереди возникает повсеместно: в магазине, в банке, в автовокзале, в пробке и т. д.

В качестве примера рассмотрим билетные кассы автовокзала, в которые в случайные моменты времени поступают заявки на обслуживание, при этом поступившие заявки обслуживаются с помощью имеющихся в распоряжении системы каналов обслуживания [6]. В настоящее время во многих автовокзалах порой скапливаются огромные очереди, причем пока люди стоят в очереди за билетами, автобусы уезжают по расписанию практически пустыми. Эта проблема может быть вызвана большим пассажиропотоком в праздничные и в выходные дни, с переходом на новое программное обеспечение, в связи с новым порядком приобретения билетов, в связи со сбоем в системе продажи билетов и т. д. Заметим, что эта проблема существует и ее необходимо решать.

С одной стороны, чем больше билетных касс будет занято в автовокзале, тем быстрее будут обслуживаться клиенты, но тем меньше будет его прибыль за счет уве-

личения расходов на оплату труда. С другой стороны, недостаточное количество билетных касс может привести к возникновению огромных очередей и к потере нетерпеливых клиентов, т. е. в результате к снижению прибыли. Таким образом, задача определения оптимального количества операторов билетных касс является актуальной, обеспечивает эффективное обслуживание и минимальные издержки.

В качестве существующих способов решения проблемы очередей предлагают внедрение системы электронной очереди. Но введение системы электронных очередей не является идеальной, поскольку многие люди, например, старшего поколения не имеют навыков работы с диспенсером талонов.

Также предлагают установить в фойе автовокзала терминалы самообслуживания, через которые граждане сами могли бы приобретать билеты или наладить продажу билетов через Интернет.

В статье Власова В. Н. «О важности теории очередей в нашей жизни» [1] данная проблема решалась с помощью статистического моделирования в Microsoft Excel, что позволяет получать результаты в виде таблиц, диаграмм и довольно быстро варьировать параметрами, но их изменения приходится устанавливать вручную.

В данной же статье предлагается использовать динамическое моделирование, которое позволяет строить модели с указанием времени их работы, просчитать возможные варианты развития событий, варьировать параметрами модели с помощью движкового регулятора, при этом результаты моделирования изменяются автоматически.

Григорьева Татьяна Евгеньевна – Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, аспирант кафедры Моделирования и системного анализа, e-mail: tanyu_grig_1991@mail.ru.

Донецкая Анастасия Александровна – Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, магистрант кафедры Моделирования и системного анализа, e-mail: nastenad90@mail.ru.

Истигечева Елена Валентиновна – ОГБПОУ «Томский техникум информационных технологий», директор, к. т. н., e-mail: ievne@mail.ru.

В связи с тем, что данная проблема не является решенной, в статье предлагаются модели одноканальной и многоканальной СМО для определения количества требуемых операторов билетных касс.

Таким образом, основной задачей теории СМО является изучение режима функционирования системы и исследование явлений, возникающих в процессе обслуживания. Одной из важных характеристик системы является время пребывания требования в очереди, которое можно сократить за счет увеличения количества обслуживающих устройств. Следовательно, целью оптимизации СМО является максимальное сокращение времени пребывания заявки в очереди при минимизации затрат, связанных с простоем обслуживающих устройств [4].

Методика эксперимента

Элементами СМО являются: источник требований, входящий поток требований, очередь, обслуживающие устройства (каналы обслуживания) и выходящий поток требований.

Под требованием (заявкой) обычно понимают запрос на удовлетворение некоторой потребности. Роль требований или заявок выполняют клиенты, посетители, покупатели, документы, товары, суда и т. д.

Под обслуживающими устройствами или каналами обслуживания понимают средства, обслуживающие требования (заявки). Роль каналов обслуживания играют кассиры, специалисты, каналы телефонной связи, товароведы, компьютеры, мастера-ремонтники, погрузочно-разгрузочные точки на базах и складах и т. д.

Требования (заявки) поступают в систему массового обслуживания (СМО) обычно не регулярно, а случайно, образуя при этом случайный поток требований (заявок). Обслуживание заявок продолжается какое-то случайное время. При случайном характере потока заявок и времени обслуживания, система оказывается загруженной неравномерно: в какие-то периоды времени заявки скапливаются, и они либо становятся в очередь, либо покидают СМО не обслуженными, в другие периоды система работает с недогрузом или простаивает [3]. Графическое изображение системы массового обслуживания представлено на рисунке 1.

Для моделирования одноканальных и многоканальных СМО будем использовать среду моделирования МАРС (СМ МАРС), основанную на методе компонентных цепей (МКЦ), которая изначально была предна-

значена для моделирования физически неоднородных устройств и систем, а предлагаемое расширение позволяет моделировать СМО и бизнес-процессы.

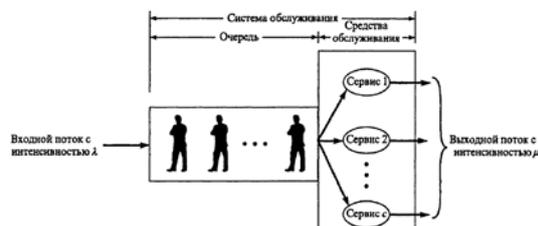


Рис. 1. Графическое изображение системы массового обслуживания

Системы массового обслуживания классифицируют по разным признакам. По числу обслуживающих каналов СМО бывают:

Одноканальные – СМО с одним каналом обслуживания.

Рассмотрим одноканальную СМО с неограниченной очередью на примере билетной кассы автовокзала с одним кассиром.

Задача заключается в следующем: На автовокзале пассажиры, желающие купить билеты, приходят в среднем через каждые 2 минуты, т. е. интенсивность потока входящих заявок $\lambda = 30$ (человек в час). Среднее время обслуживания одного пассажира в кассе – 4 минуты. Требуется определить оптимальное количество кассиров, чтобы обслужить всех желающих и не потерять прибыль.

В данном примере заявкой СМО являются пассажиры, а каналом обслуживания – кассиры.

В динамическом моделировании поведения процесса СМО будем использовать метод сетей Петри, который позволяет представить модель процесса в виде графа, где вершинами являются действия процесса, а дугами события, за счет которых осуществляется переход процесса из одного состояния в другое.

Построим модель, используя компоненты, предназначенные для формализованного представления СМО, запрограммированные согласно алгоритму работы модели: «Генератор фишек», «Очередь», «Оператор», «Хранилище фишек» [5]. В свойствах каждого компонента введем значения, соответствующие поставленной задаче, в параметрах моделирования зафиксируем время моделирования, $T = 60$ мин.

Из этих компонентов строится компонентная цепь, согласно логике движения пассажиров: генератор фишек соединяется с

очередью, затем очередь взаимодействует с оператором и заканчивается компонентная цепь хранилищем фишек.

Опишем каждый компонент этой модели:

Под компонентом «Генератор фишек» подразумевают пассажиров, которые хотят купить билеты. В свойствах этого компонента можно указать время, через которое пассажиры будут приходить в кассу.

Компонент «Очередь» считает, сколько человек находятся в очереди.

Под компонентом «Оператор» подразумевают обслуживание клиентов у кассы. В его свойствах указывается время обслуживания одного пассажира в кассе. Также компонент «Оператор» имеет 2 цветных режима: если пассажир находится в данном компоненте, то он окрашен в серый цвет, если нет, то он остается белым.

Под компонентом «Хранилище фишек» подразумевают подсчет пассажиров, которые купили билеты.

В результате эксперимента компонент «Очередь» показывает, что за время моделирования 15 человек остались не обслуженными, компонент «Хранилище фишек» показывает, что 14 человек было обслужено, а компонент «Оператор» продолжает обслуживать 1 пассажира (рис. 2).



Рис. 2. Моделирование одноканальной системы массового обслуживания

Многоканальные – СМО с несколькими каналами обслуживания.

Рассмотрим многоканальную СМО с неограниченной очередью на примере билетной кассы автовокзала с двумя кассирами.

Задача заключается в следующем: На автовокзале пассажиры, желающие купить билеты на междугородные рейсы, приходят в среднем через каждые 2 минуты (компонент «Генератор фишек 1»), т. е. интенсивность потока входящих заявок $\lambda = 30$ (человек в час). Среднее время обслуживания в кассе – 5 минут (компонент «Оператор 1»). Пассажиры, желающие купить билеты на межобластные рейсы, приходят в среднем через каждую минуту (компонент «Генератор фишек 2»), т. е. интенсивность потока входящих заявок $\lambda = 60$ (человек в час). Среднее время обслуживания в кассе – 8 минут (компонент «Оператор 2»).

Пассажиры, желающие купить билеты на междугородные и межобластные рейсы, становятся в одну очередь, после этого они распределяются по принципу первого освободившегося канала обслуживания.

Для построения модели используются компоненты аналогичные одноканальной СМО на примере билетной кассы автовокзала с одним кассиром.

Таким образом, модель имеет вид (рис. 3):

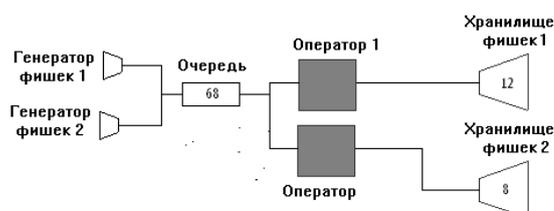


Рис. 3. Моделирование многоканальной системы массового обслуживания

После того, как время моделирования закончилось компонент «Очередь» показывает, что 68 человек остались не обслуженными. Компонент «Хранилище фишек» показывает, что по междугородным рейсам было обслужено 12 человек, по межобластным рейсам – 8 человек, а компонент «Оператор» продолжает обслуживать по 1 пассажира каждого типа.

Обсуждение результатов

Моделируя одноканальные и многоканальные СМО и, изменяя значения входных параметров, можно увидеть, как изменяется количество клиентов в очереди и сколько клиентов уже обслужено. Проанализировав полученные данные, можно определить количество требуемых операторов (каналов обслуживания) для уменьшения очереди и повышения количества обслуживаемых клиентов (заявок).

В примере с одноканальной СМО (рис. 2) видно, что один оператор не справляется с потоком покупателей билетов. Следовательно, рекомендуется открыть еще одно окно кассы для уменьшения времени ожидания пассажиров и нагрузки оператора [7].

В примере с многоканальной СМО (рис. 3) видно, что операторы не справляются с потоком покупателей билетов. Следовательно, оптимальным вариантом будет 1 касса, продающая билеты на междугородные рейсы и 7 касс – на межобластные рейсы. Также при наличии данных об интенсивности потока пассажиров на междугородные или межобластные рейсы в зависимости от времени года, сезона отпусков, предпразднич-

ных дней можно увеличить / уменьшить количество касс на определенные направления.

В статье были разработаны программно-инструментальные средства СМО в СМ МАРС, носящие универсальный характер и позволяющие решать проблемы очереди в различных областях исследований. Благодаря формализации сетей Петри в МКЦ, модели строятся в графическом виде, что выглядит более наглядно и не несет информационных потерь.

По результатам моделирования можно сделать вывод, что в случае, когда операторы одноканальных и многоканальных СМО не справляются со сложившимся потоком покупателей, рекомендуется открыть дополнительные кассы для уменьшения времени ожидания пассажиров и нагрузки операторов.

Моделируя работу систем массового обслуживания, можно установить оптимальное соотношение между числом поступающих требований на обслуживание и числом обслуживающих устройств, минимизируя при этом суммарные расходы на обслуживание и убытки от простоя оборудования [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов В. Н. О важности теории очередей в нашей жизни. [Электронный ресурс] / В. Н. Власов // Сложность и простота нашего бытия. – (<http://vitanar.narod.ru/SP4/SP4.htm>)
2. Кошунаева Н. В. Теория массового обслуживания (практикум по решению за-

дач): Учебно-методическое пособие / Н. В. Кошунаева, Н. Н. Патронова. – Архангельск, САФУ, 2013. – 108с.

3. Рыжиков Ю. И. Теория очередей и управления запасами: учеб. для вузов / Ю. И. Рыжиков. – СПб.: Питер, 2001. – 384с.

4. Григорьева Т. Е. Методика моделирования систем массового обслуживания в среде моделирования МАРС / Т. Е. Григорьева, Т. В. Ганджа, А. И. Корнюшина // Современное образование: новые методы и технологии в организации образовательного процесса – Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники – 2013. – С. 177-179.

5. Григорьева Т. Е. Разработка моделей компонентов в среде моделирования МАРС для моделирования систем массового обслуживания / Т. Е. Григорьева // Информационные технологии – Новосиб. Гос. Ун-т. Новосибирск – 2014. – С. 104.

6. Grigorieva T. E. Petri net modeling of mass service systems in the Mars simulation environment / T. E. Grigorieva, E. V. Istigecheva, A. I. Korniyushina // Innovations in information and communication science and technology – Tomsk, Russia, September 2 – 5, 2013 proceedings. – P. 175-180

7. Григорьева Т. Е. Моделирование систем массового обслуживания на примере очереди в банке / Т. Е. Григорьева // Научная сессия ТУСУР–2016: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Томск: В-Спектр–2015 – Ч. 3. – С. 105-108.

MODELLING OF THE SINGLE-CHANNEL AND MULTICHANNEL MASS SERVICE SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF THE BUS STATION TICKET OFFICE

© 2017 T. E. Grigoryeva, A. A. Donetskya, E. V. Istigecheva

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR)

The basic elements of mass service system (MSS), their objectives, examples and types are described. The models of the single-channel and multichannel MSS on the example of a ticket office of a bus station with one and two operators respectively are presented. As the result of carrying out an experiment it is possible to define the number of the required operators for reduction of a turn and increase of the number of served clients.

Keywords: mass service system (MSS), types of MSS, modeling of MSS, applications, channels of service, model of ticket offices.