

УДК 004.94

С.В. ПАЛЬМОВ, Н.С. КУЛЕВА

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»,
г. Самара

РАЗРАБОТКА ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЙ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСНОГО ЦЕНТРА В СРЕДЕ *AnyLogic*

Ключевые слова: *AnyLogic*; автосервис; агенты; дискретно-событийный подход; имитационное моделирование; транспортные системы.

Аннотация: В статье освещаются основные этапы создания дискретно-событийной модели автомобильного сервисного центра в среде *AnyLogic*. Цель моделирования состоит в извлечении показателей технической и экономической эффективности предприятия. В качестве концептуальной основы принята структура двухканальной системы массового обслуживания (**СМО**) с очередью. Имитационная модель реализована средствами интегрированной библиотеки моделирования процессов.

Развитие транспортного сектора – одна из важных задач долгосрочной социально-экономической стратегии России в целом и каждого отдельного региона в частности. Один из приоритетных кластеров научно-технической политики страны – дорожно-транспортная инфраструктура, в т.ч. сфера сопутствующих услуг, таких как техническое обслуживание и ремонт транспортных средств. Среди общих задач, обеспечивающих реализацию Транспортной стратегии РФ [2], особо выделяется интенсивное развитие научно-технической базы, в т.ч. создание моделей, облегчающих оценку и прогнозирование состояния транспортной системы. В связи с этим разработка имитационных моделей тех или иных объектов данной отрасли является актуальным направлением научно-технического обеспечения стратегии.

Объект разрабатываемой имитационной модели – автомобильный сервисный центр, включающий в себя несколько функциональных подразделений согласно видам производ-

ственных операций. Целью моделирования является анализ деятельности центра с точки зрения показателей технической и экономической эффективности. В соответствии с этим в модели предусмотрен сбор статистики по наиболее важным показателям (время нахождения в очереди на обслуживание, среднее время обслуживания, коэффициент загрузки работников, средняя длина очереди и т.д.) и расчет дохода с учетом издержек предприятия, а также средней упущенной прибыли методом системной динамики одновременно с выполнением модели.

Поскольку модель по определению является упрощенным и идеализированным отображением реального объекта, при ее построении целесообразно определить уровень абстракции и допущения, позволяющие реализовать адекватную математическую модель процессов, подлежащих исследованию. Система функционирования автомобильного сервисного центра в целом и каждого из его подразделений является СМО. Автомобили прибывают на станцию технического обслуживания автомобилей независимо друг от друга. Будем считать вероятностное распределение моментов поступления заявок экспоненциальным, а поток прибытия простейшим (пуассоновским). Теория массового обслуживания позволяет аналитически оценить показатели технической эффективности функционирования системы, однако чисто аналитическое, дедуктивное, решение поставленной задачи связано с некоторым ограничением исследования сложных смешанных систем. Поэтому имеет смысл проектирование имитационной модели, основанной на численных методах, в современной компьютерной среде моделирования. В терминах имитационного моделирования будем говорить в этом случае о дискретно-событийных системах, т.к. изменение состояния исследуемых систем происходит вследствие



Рис. 1. Обобщенная структурная схема модели двухканальной СМО с ограниченным ожиданием

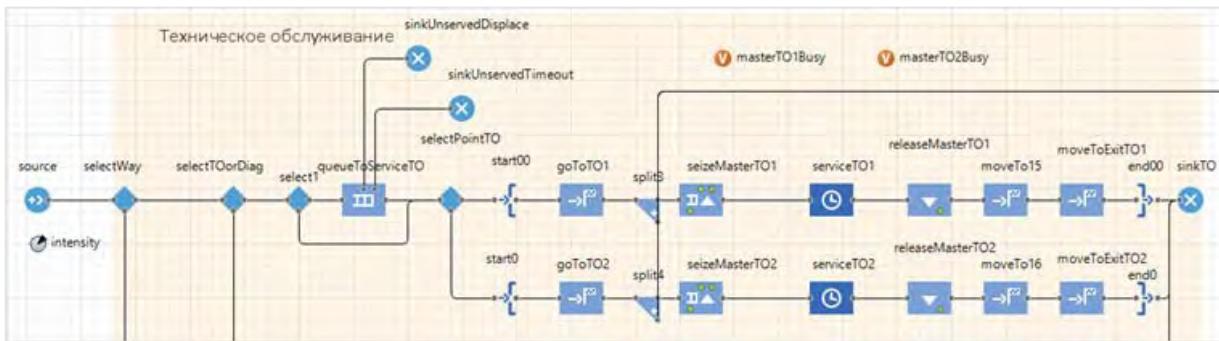


Рис. 2. Фрагмент потоковой диаграммы модели *CarService*

некоторых событий в хронологически упорядоченные дискретные отсчеты времени. Так, применительно к системе обслуживания автомобилей в сервисном центре можно говорить о том, что определяющими состоянием системы события являются прибытие новых автомобилей и загрузка сотрудников. Логическую структуру модели можно свести к некоторому обобщенному виду (рис. 1). Действительная дискретно-событийная модель будет представлять собой суперпозицию нескольких таких структур, уточненных в соответствии со спецификой подсистемы.

Имитационная модель выполнена в среде *AnyLogic 7.3.7* с использованием инструментария библиотеки моделирования процессов [1; 3], нескольких классов агентов, диаграммы состояний и элементов системной динамики. Структурная схема, представленная на рис. 1, принимает вид иерархичной объектно-ориентированной потоковой диаграммы (рис. 2). В роли генератора заявок выступает блок *source*

(источник), который создает заявки, выражаемые активными объектами (агентами) типа *auto* (автомобиль), с заданной интенсивностью прибытия. Имеет смысл разделить общий поток прибытия автомобилей на несколько частных потоков, поскольку интенсивность прибытия не одинакова для выделенных подсистем. Перед воспроизведением модели экспериментатор с помощью элемента управления «Бегунок» (*slider*) задает пиковое значение этого параметра, которое остается неизменным в течение всего эксперимента, что соответствует максимальной интенсивности данного потока в конкретном прогоне. Далее вычисляются значения параметра *intensity* в различные периоды суточного времени, которые смоделированы диаграммой состояний. Вследствие изменения интенсивности с течением времени система массового обслуживания, лежащая в основе дискретно-событийной модели, перестает быть сугубо марковской: средства имитационного компьютерного моделирования позволяют рас-

сматривать более сложные стохастические процессы, близкие к реальным.

Как видно из рис. 2, диаграмма потоков повторяет семантику структурной схемы модели типичной СМО и в то же время содержит вспомогательные блоки, поясняющие логику процесса. Блок ветвления по условию *selectOutput* реализует механизм выбора свободного канала обслуживания: состояния «занят» и «свободен» соответствуют значениям переменной булевского типа – *true* и *false* соответственно. При входе заявки в канал обслуживания этой переменной присваивается значение *true*, и движение следующей заявки к данному каналу невозможно до тех пор, пока переменная не будет инициализирована значением *false*. Блок *moveTo* моделирует перемещение объекта от одного узла сети физического пространства к другому и успешно применяется для визуализации маршрутов транспортных средств. В контексте разрабатываемой модели *moveTo* позволяет имитировать движение автомобилей по территории сервисного центра. Блок *split* создает копии каждого поступающего в этот блок агента и направляет их в собственный участок диаграммы процессов, а затем они выходят из системы вместе с «агентом-оригиналом». Копиями агентов класса *auto* в модели являются агенты класса *customer* (клиент), которые во время обслуживания автомобилей на станциях используют сервисы «Магазин», «Оплата услуг» и т.д. Следующие функциональные блоки – захват (*seize*) и освобождение (*release*) ресурсов, а также связанный с ними элемент диаграммы *resourcePool* (источник ресурса). В данной модели основным занимаемым ресурсом является специалист того или иного цеха: как только агент-автомобиль дости-

гает пункта обслуживания, к нему пересыпается агент-мастер, т.е. происходит его захват. После определенной временной задержки (*delay*), имитирующей обслуживание, захваченный ресурс освобождается и становится доступным для следующего агента. Канал обслуживания (последовательность функциональных блоков *seize – delay – release*) является областью с ограниченным количеством единовременного пребывания заявок. Вход в эту область обозначен с помощью блока *restrictedAreaStart*, а выход – *restrictedAreaEnd*. Вместимость данного участка – один агент, что удовлетворяет условию обслуживания одним мастером только одного клиента в текущий момент времени. Необходимо отметить, что все элементы диаграммы жестко связаны друг с другом: если агент по какой-либо причине не может покинуть выходной порт промежуточного блока, возникает ошибка и дальнейшее выполнение модели прекращается.

Помимо собственно станции технического сервисного обслуживания автомобилей в модели присутствуют элементы некоторой инфраструктуры и топографии: смоделировано движение транспортных средств по автодороге в двух направлениях, маршрутного автобуса с остановкой и высадкой пассажиров, которые следуют в парк. Таким образом, дискретно-событийный, или «процессный», подход имитационного моделирования может успешно применяться для моделирования систем разнообразной природы, если в основе их логической структуры лежат понятия события, операции и состояния системы, а изменение состояний происходит в дискретные моменты времени.

Список литературы

1. Справочная документация AnyLogic [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.anylogic.ru/anylogic/help/.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. – СПС Консультант-Плюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.consultant.ru/law/hotdocs/34693.html.
3. Borshchev, A. The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with Anylogic 6 / A. Borshchev // AnyLogic North America, 2013. – Р. 614.
4. Пальмов, С.В. Обзор основных методов искусственного интеллекта / С.В. Пальмов, А.А. Мифтахова // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2013. – № 11(50). – С. 110–113.

References

1. Spravochnaja dokumentacija AnyLogic [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : www.anylogic.ru/anylogic/help/.

2. Transportnaja strategija Rossijskoj Federacii na period do 2030 g. – SPS Konsul'tantPljus [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : www.consultant.ru/law/hotdocs/34693.html.
 4. Pal'mov, S.V. Obzor osnovnyh metodov iskusstvennogo intellekta / S.V. Pal'mov, A.A. Miftahova // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2013. – № 11(50). – S. 110–113.
-

S.V. Pal'mov, N.S. Kuleva

Volga State University of Telecommunications and Informatics, Samara

Development of Discrete-Event Model in AnyLogic for Car Service Center

Keywords: car service; agents; discrete-event approach; simulation modeling; transport systems; AnyLogic.

Abstract: The article describes the basic stages of creating the discrete-event simulation model in AnyLogic system for car service center. The purpose of modeling is to extract the indicators of technical and economic efficiency of the enterprise. The structure of a two-channel queuing system was used as conceptual basis. The simulation model was developed using the integrated Enterprise Library.

© С.В. Пальмов, Н.С. Кулева, 2017