

Приложения теории массового обслуживания в моделировании транспортных систем

Капусто А.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Беларусь

В статье рассмотрены вопросы приложений теории массового обслуживания в моделировании транспортных систем. Указаны структурные элементы и приведена базовая классификация систем массового обслуживания; рассмотрены примеры прикладных задач, решаемых с привлечением теории массового обслуживания.

Введение

Транспортные системы занимают важнейшее место в обеспечении практически всех направлений деятельности экономики и общества. Повышение эффективности их функционирования является необходимым условием развития и совершенствования как производственной, так и социальной сфер. В связи с этим возрастает как возможность, так и потребность использования широкого аппарата математического моделирования для решения ряда задач оптимизации транспортных систем. Можно выделить несколько основных классов таких задач [1, с. 87–90], а именно:

- задачи маршрутизации перевозок и движения транспортных средств;
- задачи загрузки транспортных средств;
- задачи составления графиков движения;
- задачи планирования использования трудовых и технических ресурсов в транспортном узле;
- задачи планирования работы транспортных предприятий;
- задачи перспективного развития транспорта;
- задачи производственно-транспортного планирования;
- задачи определения оптимальных тарифов.

Остановимся на приложениях теории массового обслуживания к решению задач планирования и управления транспортными системами.

Основная часть

Теория массового обслуживания (ТМО) является одной из областей прикладной математики, которая занимается анализом процессов в

системах производства, обслуживания, управления, характеризующихся многократным повторением однотипных событий. Предметом изучения ТМО являются системы массового обслуживания (СМО).

Каждая СМО имеет в своей структуре некоторое число обслуживающих устройств, называемых каналами обслуживания, и предполагает наличие заявок (клиенты, требования), которые образуют потоки – поток заявок на входе системы, поток обслуженных заявок, поток заявок, получивших отказ. Заявки поступают на вход системы одна за другой в некоторые случайные моменты времени, длительность процесса обслуживания заявки каналом также носит случайный характер. После удовлетворения поступившего требования канал освобождается и приступает к обслуживанию новой заявки, либо ждет поступления. Таким образом, случайный характер потока заявок и длительности их выполнения ведет к неравномерной загрузке СМО.

По структуре различают одноканальные и многоканальные СМО; по дисциплине обслуживания различают СМО с отказами и СМО с ожиданием (очередью), которые подразделяются на разные виды в зависимости от того, как организована очередь (с ограниченной или неограниченной длиной очереди, с ограниченным временем ожидания и т.п.); по ограничению потока заявок – замкнутые и открытые; по количеству этапов обслуживания – однофазные и многофазные; по характеру поведения заявок в системе – упорядоченное обслуживание, неупорядоченное обслуживание и обслуживание с приоритетом [2, с. 17].

Задача ТМО – установить зависимость результирующих показателей работы СМО (вероятности того, что заявка будет обслужена; среднего числа обслуженных заявок и т. д.) от входных показателей (количества каналов в системе, параметров входящего потока заявок и т. д.). В качестве показателей эффективности функционирования СМО выступают: среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени; среднее число заявок в очереди; среднее время ожидания обслуживания; вероятность отказа в обслуживании без ожидания; вероятность того, что число заявок в очереди превысит определенное значение и т. п.

Целью ТМО является выработка оптимальных вариантов рационального построения СМО и организации их работы. Именно для выполнения указанной цели и используется математическое моделирование СМО, связывающее заданные условия работы с показателями эффективности обслуживающей системы, которая устанавливает зависимость между характером потока заявок, числом каналов обслуживания, производительностью отдельного канала и эффективностью обслуживания с целью нахождения наилучших путей управления этими процессами.

Характерные особенности СМО позволяют использовать их в решении задач организации и планирования процессов, в которых, с одной стороны, постоянно в случайные моменты времени возникает требование выполнения определенных действий (заявок), а с другой стороны постоянно происходит удовлетворение этих требований, причем время выполнения является также случайной величиной. В моделировании транспортных систем СМО нашли применение в решении задач проектирования дорожно-строительных работ и проектировании производства работ [3, с.113-140], организации перевозок [4], организации работы сферы услуг на объектах дорожной инфраструктуры [5], и др.

Заметим, что в решении ряда прикладных задач большой интерес представляют вопросы не теоретически оптимального функционирования СМО, а экономической рентабельности. Поэтому возникает потребность в учете следующих экономических показателей: общие затраты, издержки обращения, издержки потребления, затраты на обслуживание одной заявки, затраты на эксплуатацию канала, затраты от простоя канала и т.д. Например, при организации автозаправочной станции следует грамотно спланировать число колонок, при организации автомойки самообслуживания – количество боксов, при организации придорожной гостиницы – количество номеров и вместимость стоянки. Одним из основных вопросов организации СМО выступает срок окупаемости. В [6], в частности, рассмотрен ряд модификаций многоканальной СМО с отказами, позволяющих разрешить следующие вопросы, возникающие при создании СМО или изменении ее структуры: определение минимального числа каналов обслуживания, позволяющее выйти на окупаемость к заданному сроку; целесообразность введения дополнительного канала обслуживания для сокращения срока окупаемости созданной системы; целесообразность сокращения одного канала обслуживания при изменении дисциплины обслуживания СМО (переход к СМО с очередью) для снижения срока окупаемости и др.

Рассмотрим постановку задач, решение которых основано на привлечении моделей СМО.

Задача 1. Обосновать экономическую целесообразность выбора одного из двух типов асфальтоукладчиков, если строительная организация может выделить на транспортировку асфальтобетонной смеси n самосвалов с объемом кузова k м³. Продолжительность рейса t ч, стоимость машино-часа самосвала C ден. ед. Производительности асфальтоукладчиков P_1 и P_2 т/ч, стоимости их машино-часа C_1 и C_2 ден. ед.

Задача 2. Исследовать вопрос о целесообразности оборудования дополнительной колонки на автозаправочной станции, если на данный момент функционирует одна колонка и имеется площадка на m мест для

ожидания, машины прибывают на станцию каждые t_1 мин, а время заправки составляет t_2 мин. Затраты на оборудование колонки составят C_1 ден.ед., затраты на обслуживание – C_2 ден. ед. за смену, прибыль от эксплуатации при полной загрузке – C_3 ден. ед. за смену.

Задача 3. Определить срок окупаемости строительства развязки двух автомобильных дорог в месте их пересечения на одном уровне, если стоимость сооружения путепровода C_1 ден.ед., потери от простоя одного автомобиля на перекрестке ориентировочно равны C_2 ден. ед./ч. Интенсивность движения по главной дороге (движение с приоритетом) составляет M_1 авт./ч, по второстепенной – M_2 авт./ч. Пропускные способности главной и второстепенной дорог равны соответственно N_1 и N_2 авт./ч. Нормативный срок окупаемости сооружений подобного типа составляет T лет.

Заключение

Таким образом, привлечение ТМО к исследованию и оптимизации функционирования разных уровней и составляющих транспортных систем позволяют выработать оптимальные варианты организации работы изучаемых структур или объектов, повысить экономическую эффективность результата. Использование моделей на базе СМО дает возможность оптимизировать процессы обслуживания, т. е. достичь определенного уровня обслуживания при минимальных затратах, что позволяет избежать неоправданных финансовых вложений.

Список использованной литературы

- [1] Горев А.Э. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие/ А. Э. Горев: СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 214 с.
- [2] Лабскер Л.Б. Теория массового обслуживания в экономической сфере: учеб. пособие для вузов / Л. Б. Лабскер, Л. О. Бабешко. – М: ЮНИТИ, 1998. – 319 с.
- [3] Мальцев Ю. А. Экономико-математические методы проектирования транспортных сооружений: учебник для студ. учр. высш. проф. образования / Ю. А.Мальцев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.
- [4] Бережной В.И., Бережная Е.В. Логистическая модель организации перевозок навалочных грузов для дорожного строительства // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург, 2015, №4 (35). – С. 10–15.

[5] Гарькина И.А., Данилов А.М., Карев М.Н. Автосервис и перевозки с позиции теории систем массового обслуживания // Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал. – 2014. – № 4. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=14281>

[6] Капусто А.В. Моделирование многоканальных систем массового обслуживания с отказами по критерию минимизации срока окупаемости // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – ФГБОУ ВО «ВГЛУ». – 2018. – № 6 (42). – С. 171–173.