

УДК 681.3

Реализация имитационной модели сети городского пассажи́рского транспорта

П. Л. ЧЕЧЕТ

Введение

Имитационная модель (ИМ) сети городского пассажирского транспорта (СГПТ) [1] предназначена для исследования функционирования и решения типовых задач проектного моделирования СГПТ (поиска узких мест в технологии обслуживания пассажиров СГПТ; оценки пропускной способности СГПТ при заданном составе транспортных средств; определение состава дополнительных транспортных средств в случае возникновения аварии на одном из городских объектов).

ИМ СГПТ разработана согласно базовой схемы формализации системы моделирования MICIC4 [2]. В данной статье описываются некоторые аспекты реализации ИМ.

Состав компонентов ИМ

Согласно базовой схемы формализации MICIC4 в ИМ СГПТ при декомпозиции объекта моделирования были выделены следующие компоненты: остановка, светофор, троллейбус, генератор троллейбуса, генератор пассажиров, пассажир, место приложения труда. В качестве объекта, осуществляющего перевозку, выбран троллейбус, однако нет принципиальных ограничений на моделирование других видов общественного транспорта (автобусы, трамваи и др.).

Дополнительно для каждой остановки создан объект «множество маршрутных карт», содержащий четыре группы маршрутных карт (МК) – «рабочие», «служащие», «учащиеся» и «прочие». Троллейбус и пассажир являются транзактами, остальные компоненты – устройствами [2]. Также в ИМ добавлены два дополнительных класса. Один из них обеспечивает хранение и работу с информацией о времени проезда между остановками, светофорами, а другой управляет перемещением троллейбуса по маршруту.

В ИМ для идентификации объектов системы (остановок, светофоров, мест приложения труда, троллейбусов) используются строковые константы – имена, что позволят упростить задание исходной информации и обеспечить более удобный вывод результатов моделирования. Имена используются для идентификации остановок, светофоров, маршрутов и мест приложения труда (МПТ). Все имена в ИМ СГПТ чувствительны к регистру.

Маршрутные карты задают динамику перемещения пассажира. Для всех типов пассажиров, кроме типа «прочие», маршрутные карты используются парами: прямая маршрутная карта, определяющая проезд пассажира к МПТ, и обратная маршрутная карта, определяющая проезд пассажира обратно к месту проживания. Маршрутная карта хранит следующую информацию:

- остановка назначения;
- остановка выхода пересадки;
- остановка посадки после пересадки;
- остановка начала движения (только в возвратных МК);
- списки подходящих маршрутов для проезда к остановке пересадки и назначения;
- интервал активности МК по времени суток;
- место приложения труда.

Динамика функционирования ИМ

Для рассмотрения динамики функционирования ИМ СГПТ удобно рассмотреть отдельно функционирование собственно городского транспорта и отдельно перемещение пассажиров.

Для более гибкого задания параметров в ИМ в сутках выделен 21 интервал: с 0:00 до 6:00, с 6:00 до 7:00, с 7:00 до 7:20, с 7:20 до 7:40, с 7:40 до 8:00, с 8:00 до 8:30, с 8:30 до 9:00, с 9:00 до 12:00, с 12:00 до 14:00, с 14:00 до 16:00, с 16:00 до 16:30, с 16:30 до 17:00, с 17:00 до 17:30, с 17:30 до 18:00, с 18:00 до 18:30, с 18:30 до 19:00, с 19:00 до 19:30, с 19:30 до 20:00, с 20:00 до 21:00, с 21:00 до 22:00 и с 22:00 до 24:00.

Интенсивность выхода троллейбусов на линию задается отдельно для каждого интервала времени. Согласно графика для данного времени суток, троллейбусы поочередно отправляются с конечной остановки маршрута. Маршрут задается перечислением названий остановок и светофоров, через которые этот маршрут проходит. Время проезда троллейбуса по маршруту также определяется из параметров ИМ. Если троллейбус приезжает к светофору, на котором горит запрещающий сигнал, то движение его задерживается до разрешающего сигнала светофора. По прибытию на остановку производится высадка и посадка пассажиров. Время нахождения троллейбуса на остановке прямо пропорционально сумме вышедших и вошедших пассажиров.

Генератор пассажиров каждые пять минут обеспечивает приход новых пассажиров на остановки. Количество пассажиров, приходящих в пять минут, задается отдельно для каждой остановки и для каждого временного интервала суток, аналогично троллейбусам. Далее определяется количество активных МК для времени суток, соответствующего текущему модельному времени. По заданному закону распределения определяется тип пассажира – «рабочий», «служащий», «учащийся» или «прочий». Для определенного типа пассажира случайным образом выбирается одна из активных МК. Пассажир с этой МК отправляется на остановку. При подходе каждого троллейбуса к остановке номер его маршрута сверяется со списком подходящих маршрутов из МК для пассажира. Из пассажиров на остановке, которым подходит данный троллейбус, создается очередь. Из этой очереди равновероятно выбирается некоторое число пассажиров, равное минимуму из числа свободных мест в троллейбусе и размера очереди. Эти пассажиры садятся в троллейбус, а остальные остаются на остановке в ожидании следующего подходящего маршрута. Если в МК указана остановка пересадки, то при подъезде троллейбуса к ней, пассажир выходит из троллейбуса. Если в МК указана остановка посадки после пересадки, то пассажир переходит на нее, что занимает некоторое время, задаваемое в ИМ. В противном случае посадка на новый маршрут производится с той же остановки, что и остановка пересадки. Далее движение пассажира к остановке назначения происходит аналогично: анализируются маршруты прибывающих троллейбусов и по прибытии подходящего маршрута производится попытка посадки в троллейбус. МК позволяет задать для пассажира одну остановку пересадки. Если тип пассажира «прочий», то при приезде на остановку назначения, такой пассажир удаляется из модели. Для всех остальных типов, пассажир отправляется на обслуживание в МПТ (школа, вуз, завод и т.п.), которое характеризуется своим графиком работы. ИМ позволяет использовать МПТ, работающие в несколько смен. Номер смены, в которой будет обслуживаться прибывший пассажир, зависит от его времени прибытия в МПТ. После окончания обслуживания в МПТ движение пассажира определяется возвратной МК. Если в возвратной МК указана остановка начала движения, то для начала движения к месту проживания пассажир отправляется на эту остановку. В противном случае движение пассажира к месту проживания начинается с остановки, которая была конечной в его маршруте к МПТ. Движение пассажира по возвратной МК полностью аналогично его движению по прямой МК. Также поддерживается одна остановка пересадки. Такая гибкость задания динамики движения пассажира позволяет адекватно моделировать его движение.

Отклики ИМ

Для детального анализа результатов моделирования все отклики выводятся с разбивкой по часам суток. Такая форма вывода результатов позволяет подробно исследовать СГПТ, а в особенности наиболее актуальные «часы пик». ИМ вычисляет следующие отклики:

– среднее время движения троллейбуса между остановками вычисляется как среднее время подъезда к i -той остановке для m -го маршрута:

$$\tau_{imh} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \tau_{imhj}, \text{ где } i = \overline{1, N_{ocm}}, m = \overline{1, N_{марш}}, h = \overline{1, 2, 3}; \quad (1)$$

– среднее наполнение троллейбуса при движении по маршруту (по остановкам):

$$f_{imh} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f_{imhj}, \text{ где } i = \overline{1, N_{ocm}}, m = \overline{1, N_{марш}}, h = \overline{1, 2, 3}; \quad (2)$$

– среднее время ожидания троллейбуса на остановке, вычисляется для i -ой остановки:

$$w_{ih} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n w_{ihj}, \text{ где } i = \overline{1, N_{ocm}}, h = \overline{1, 2, 3}; \quad (3)$$

– среднее время посадки и высадки на остановке вычисляется как среднее время суммы времен посадки и высадки из транспортного средства:

$$t_{noc,ih} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_{noc,ihj}, \quad t_{noc,ihj} = (n_{noc,hj} + n_{выс,hj})\tau_0, \text{ где } i = \overline{1, N_{ocm}}, h = \overline{1, 2, 3}, \tau_0 = const. \quad (4)$$

Заключение

Таким образом, СГПТ формализована согласно методики построения ИМ технологического процесса производства с иерархической структурой [3]. В ИМ рассмотренного объекта моделирования реализована детализация на уровне отдельного пассажира, что позволяет очень точно задавать функционирование транспортной сети, однако требует повышенных вычислительных ресурсов для моделирования, а также приводит к увеличению объема задаваемой входной информации.

В частности, моделирование городской сети из 34 остановочных пунктов, четырех маршрутов и пяти МПТ на ПЭВМ класса Athlon 3000XP происходит со скоростью около 25 секунд на сутки модельного времени. Моделирование СГПТ большей размерности происходит с еще меньшей скоростью. Одним из путей повышения скорости работы ИМ является использование ПЭВМ более высокой производительности или переработка алгоритма ИМ с целью его выполнения на многопроцессорных или распределенных системах.

С другой стороны, изучение СГПТ на подмножестве необходимых маршрутов позволяет сократить время проведения имитационного эксперимента и получить при этом адекватные результаты. При этом, естественно, требуются дополнительные затраты на выделение подмножества транспортной сети из СГПТ.

Abstract. The performance of a simulation model of an urban passenger transport network is considered in this article. Main algorithms of a simulation model are viewed. The dynamics of passengers movement in the network is described.

Литература

1. В. Н. Галушко, Метод имитационного моделирования функционирования городского транспорта, Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины, №5(32) (2005), 20–23.
2. В. Д. Левчук, Базовая схема формализации системы моделирования MICIC4, Проблеми програмування, № 1 (2005), 85–96.
3. П. Л. Чечет, В. В. Старченко, Организация взаимодействия информационных и управляющих транзактов на языке моделирования MICIC4, Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины, №4(25) (2004), 73–76.