

– исходный набор графических представлений технологических, технических, информационных, организационных и финансовых систем энергетических корпораций в составе ИнГИС Энерго.

Типовые фрагменты концептуальной модели сформированы в результате выделения в диаграммах классов повторяющихся структур ее объектов и связей между ними.

Интегрированные базы данных ГИС используются в равной мере в расчетных и информационных прикладных задачах АСУ. Расчетные задачи характеризуются большим разнообразием и сложностью вычислительных алгоритмов, затрудняющим их типизацию. В информационных задачах выделены классы задач с однотипными алгоритмами, реализованными в библиотеках Delphi. При определенной модификации последних они применимы для разработки семейств производных алгоритмов, использующих подмножества объектов и отношений ИБД.

## **КОМПЛЕКСНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МАРШРУТНОЙ СЕТИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА**

**Бурковский В.Л., Пашенцев С.М., Подвальный С.Л.,**  
*(ВГТУ, Воронеж, duet@online.ru)*

Комплексная имитационная модель моделирует движение транспортных единиц по маршрутам сети и процесс перевозки пассажиров; она состоит из набора функциональных блоков, каждый из которых ориентирован на выполнение определенной процедуры, что существенно упрощает формирование вариантов модели. Функциональные блоки реализуют собственно процесс моделирования, имитируя движение ТЕ, их загрузку на остановочных пунктах, посадку пассажиров в ТЕ, и обрабатывают результаты моделирования. Выбор ТЕ, которая будет моделироваться, определяется минимизацией времени подхода всех ТЕ к их очередным остановочным пунктам. Это минимальное время принимается за очередное приращение значения текущего времени моделирования. Информация о пассажиропотоках используется в виде матрицы корреспонденций по маршрутам сети.

В таблице представлен перечень модулей функциональной компоненты имитационной модели, а также перечислены их основные функции.

Наименование модуля	Основные функции, реализуемые модулем
Исходное положение	Определяет начальное размещение ТЕ на маршрутах сети: время подхода и номер следующего остановочного пункта для всех ТЕ сети
Время	Определяет номер ТЕ, подошедшей к остановочному пункту
Загрузка	Определяет количество свободных мест в ТЕ в момент ее прибытия на остановочный пункт
Поток	Определяет количество требований на обслуживание, сформированное на остановочном пункте, к которому подошла ТЕ
Остановка	Определяет количество вышедших и вошедших пассажиров для ТЕ, подошедшей к остановочному пункту
Перегон	Определяет время подхода и номер следующего остановочного пункта для ТЕ, покидающих заданный остановочный пункт

Формализованное описание, положенное в основу комплексной имитационной модели, базируется на аппарате теории массового обслуживания и обобщенном математическом описании объекта управления.

Имеется маршрутная сеть, включающая  $L$  маршрутов. На локальном маршруте с номером  $\alpha$  ( $\alpha = \overline{1, L}$ ) расположены  $N_\alpha$  остановочных пунктов, на которые поступают и накапливаются пассажиры. Будем называть остановочные пункты маршрутов системами накопления, а пассажиров – требованиями. Часть систем накопления маршрута  $\alpha$  может одновременно принадлежать  $l$  ( $l < L$ ) другим маршрутам сети. По маршруту  $\alpha$  движутся транспортные объекты, которые назовем системами обслуживания, предназначенными для обслуживания требований, поступающих в системы накопления.

В  $i$ -ю систему накопления поступает простейший (пуассоновский) поток требований с интенсивностью  $\lambda_i$ . Система имеет «бункер»  $R$ , в котором накапливаются необслуженные требования. На маршрут  $\alpha$  выделяется  $M_\alpha$  систем обслуживания, каждая из которых имеет  $\Delta_\alpha$  обслуживающих каналов (вместимость транспортной единицы). При поступлении в  $i$ -ю систему накопления  $k$ -й ( $k = \overline{1, M_\alpha}$ ) системы обслуживания к обслуживанию принимается количество требований, равное

числу свободных каналов в  $k$ -й системе. Требования, не принятые к обслуживанию, поступают в «бункер» и ожидают новой обслуживающей системы. При поступлении следующей обслуживающей системы в  $i$ -ю систему накопления требования из «бункера» имеют приоритет в обслуживании. Среднее время обслуживания требований на маршруте равно  $\tau_\alpha$ , а время, затрачиваемое  $k$ -й системой обслуживания на передвижение от  $i$ -й к  $(i+1)$ -й системе накопления, распределено по показательному закону с параметром  $\nu_\alpha$ . Требования могут покидать  $k$ -ю систему обслуживания только в моменты поступления ее в  $i$ -ю систему накопления. Время обслуживания требования не превосходит времени, за которое  $k$ -я система обслуживания обходит маршрут.

При поступлении  $k$ -й системы обслуживания в  $i$ -ю систему накопления ее ожидает группа требований. Количество требований в группах, находящихся в  $i$ -х системах накопления, неодинаково, а так как в некоторый момент времени  $t$   $k$ -я система обслуживания может оказаться в любом из  $N_\alpha$  систем накопления маршрута, то естественно считать, что в  $k$ -ю систему обслуживания поступает групповой простейший поток со случайным числом требований в группе. Требование, получившее отказ, для  $k$ -й системы обслуживания считается потерянным. Обслуживание требований осуществляется группами.

Процесс ожидания обслуживания в «бункере» длится до момента времени, равного заданному пороговому значению среднего ожидания, по достижении которого часть требований, прибывающих в «бункере» более этого времени, получают полный отказ, покидают  $i$ -ю систему накопления и более в ней не обслуживаются.

Таким образом, работу  $k$ -й системы обслуживания можно рассматривать как функционирование многоканальной системы массового обслуживания с отказами, групповым простейшим входящим потоком и групповым обслуживанием.

Каждый маршрут содержит  $\Theta_\alpha$  общих (принадлежащих к другим маршрутам) и  $(N_\alpha - \Theta_\alpha)$  изолированных систем накопления. Требования, поступающие на  $i$ -ю изолированную систему накопления, образуют одномерный входящий поток с интенсивностью  $\lambda_i = \sum_{j=i+1}^{N_\alpha} \lambda_{ij}$ ,  $i = \overline{1, N_\alpha}$ ,

где  $\lambda_{ij}$  – интенсивность поступления в  $i$ -ю систему накопления требований, которые затем покидают систему обслуживания за момент достижения  $j$ -й системы ( $j < i$ ).

Если  $i \in \Theta_\alpha$ , то часть требований, накапливающихся в такой системе, будут обслуживаться системами обслуживания, принадлежащими к

$l \in \Theta_\alpha$  маршрутам. При этом требования, отнесенные к изолированным системам накопления маршрута  $\alpha$ , обслуживаются системами только этого маршрута и не могут поступить на обслуживание в системах других маршрутов. Таким образом, на  $i$ -ю общую систему накопления поступает многомерный входящий поток с интенсивностью

$$\lambda_i = \sum_{\alpha=1}^l \left( \sum_{j=i+\Theta_\alpha}^{N_\alpha} \lambda_{ij\alpha} + \sum_{j=i+1}^{i+\Theta_\alpha} \lambda_{ij\alpha} \right), \quad i = \overline{1, N_\alpha},$$

где  $\lambda_{ij}$  – интенсивность поступления в  $i$ -ю систему накопления требований маршрута  $\alpha$ , которые затем покидают систему обслуживания за момент достижения  $j$ -й системы ( $j < i$ ).

Интенсивность поступления в  $i$ -ю систему накопления обслуживающих систем маршрута  $\alpha$  равна  $\lambda_\alpha = \frac{M_\alpha}{T_\alpha}$ ,  $\alpha = \overline{1, L}$ .

Среднее количество пассажиров в  $i$ -й системе накопления, желающих получить обслуживание системами маршрута  $\alpha$ , определяется следующим образом:

$$R_\alpha = T_\alpha \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N_\alpha} \lambda_{i\alpha}}{N_\alpha}, \quad \alpha = \overline{1, L}$$

Среднее время ожидания пассажирами  $i$ -й системы накопления рассчитывается по формуле  $\tau_i^{\text{wait}} = t_i^\Delta / 2$ ,  $i = \overline{1, N_\alpha}$ , где  $t_i^\Delta$  – интервал времени между поступлениями на  $i$ -ю систему накопления двух, следующих друг за другом, обслуживающих систем.

Рассмотренное формализованное описание положено в основу моделирующих алгоритмов модулей имитационной модели движения транспортных объектов по маршрутам и обслуживания пассажиров городским пассажирским транспортом.