

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Ю. И. Жуков, П. А. Саенко (Санкт-Петербург)

Логистические модели, используемые при изучении транспортных процессов, относятся к классу статических и не позволяют в явном виде оценить динамические свойства сложных грузовых перевозок.

Этот недостаток может быть компенсирован использованием имитационных моделей, позволяющих исследовать грузовые перевозки с учетом их динамических свойств. В качестве инструмента таких исследований в работе принята система *Arena*, позволяющая воссоздать маршруты следования грузов и оценить во времени весь перевозочный цикл, включая замену вида транспорта, перегрузочные операции на маршруте и другие особенности мультимодальных перевозок.

Для конкретизации условий при создании имитационной модели была выбрана схема, воспроизводящая вариант северного завоза грузов. Два грузовых контейнерных поезда следующих по маршрутам Санкт-Петербург->Череповец->Мурманск и Москва->Ярославль->Вологда->Киров->Архангельск соответственно, формируя состав в процессе следования, создают очередь контейнеров в конечных пунктах следования для судна, следующего по маршруту Мурманск->Архангельск->Певек->Владивосток. Загружаясь в портах Мурманска и Архангельска, судно следует по маршруту, частично разгружается в порту Певек и полностью в порту Владивосток. Так как при создании модели нет необходимости выдерживать какой-либо масштаб (все расстояния задаются с использованием топологии маршрута и не зависят от фактических размеров на рабочей области приложения), а схема расположения модулей определяется только наглядностью их представления, то для соизмерения реальных расстояний и местоположения используемых в модели городов используется соответствующая карта.

Рассмотрим процесс создания имитационной модели мультимодальных грузовых перевозок для приведенной постановки задачи.

(Далее в квадратных скобках указаны названия типовых модулей программы, в одиночных кавычках их конкретные названия для данной модели, курсивом выделены характеристики модуля).

Разработанная модель симулирует мультимодальные контейнерные перевозки с использованием двух видов транспорта (железнодорожного и морского). Модель содержит три транспортные топологии ([NetworkLink]: 'Train Path', 'Train_2 Path' и 'Ship Path') – для соответствующего вида транспорта.

Рассмотрим совокупности блоков, необходимых для реализации выбранных топологий. Связка [Arrive]->[Queue] задает собой транспортный терминал (морской или железнодорожный соответственно). Блоки [NL] (NetworkLink) определяют части топологии между станциями. Для наглядности модули и блоки для каждой из трех топологий могут быть в графическом представлении выделены пунктиром разного цвета.

Формирование состава первого грузового контейнерного поезда происходит на четырех станциях: 'Row 1-4 Arrivals', второго на трех станциях – 'Row 2-3 Containers', расположенных на их маршрутах движения. При наличии на этих станциях контейнеров и свободных платформ в составе поезда, поезд совершает остановку для доформирования состава. [Arrive] – модуль генерации объектов (в данном случае объектом генерации является грузовой контейнер), [Queue] – модуль очереди, таким образом, объекты генерации попадают в очередь, и имитируется процесс прибытия контейнеров на станцию (грузовой терминал) от различных источников поступления грузов. По прибытию поездов на соответствующие конечные станции ('Row 2 Containers', 'Row 1 Containers') происходит разгрузка – контейнеры попадают на морские терминалы ([Queue]

‘Port2_Q’, [Queue] ‘Port1_Q’), которые является связующим звеном трех топологий: контейнеры, накапливающиеся здесь, перевозятся морским транспортом в пункт назначения. Дополнительная загрузка судна происходит на станциях ‘Row 2 Containers’ и ‘Row 1 Containers’ – то есть, помимо основного способа формирования очереди этой станции – грузового поезда. Есть возможность задать некоторое число контейнеров прибывающих на эту станцию независимо от поезда (возможно, другими видами транспорта: автомобильным или речным). По прибытию на станцию Sever2 происходит частичная разгрузка поезда (30% от его загрузки). По прибытию судна на станцию ‘Depart’, происходит его полная разгрузка – все контейнеры сгружаются и попадают в морской терминал, где через некоторое время распределяются соответствующим образом.

Модуль [Sequences] задает правила движения для транспортных средств посредством указания последовательности шагов при перемещении от модуля к модулю. Важно отметить, что каждый модуль [Arrive] должен иметь характерный для соответствующей ему топологии атрибут. Это необходимо для указания данного атрибута как в последовательности шагов модуля [Sequences], так и для определения правил, которые будут выполняться в процессе следования грузоперевозчика.

Такое моделирование схоже с написанием программы на каком-либо алгоритмическом языке, но использование типовых модулей и связей значительно упрощает этот процесс.

Каждый модуль в модели имеет набор соответствующих характеристик, необходимых для описания модели: задания начальных значений и функций, формирования взаимосвязей и алгоритмов и т. д.

Рассмотрим подробнее процедуру изменения основных параметров для типовых модулей и блоков модели. Варьируя эти параметры, можно добиться желаемых значений и результатов при работе с моделью. Все величины, задаваемые при создании модели, выражаются в безразмерных единицах .

Модуль [Arrive] , как было сказано выше, служит для генерации объектов, среди его параметров следует назвать:

- *Batch size* – количество объектов, генерируемых за такт;
- *Time Between* – время между генерациями, может задаваться как константа или некоторая функция из списка.

В данной модели 8 модулей [Arrive] связанных с генерацией контейнеров для топологии поезда № 1, 2 и для топологии судна.

Перед определением блока [Transporter] необходимо разработать модель транспортной топологии. В системе Arena реализовано несколько типовых видов связей, для нашего случая наиболее подходящим является тип связей [NetworkLink] Блок [Transporter] задает параметры транспортных объектов, в данной модели 2 транспортных объекта: поезд– ‘Train’ и судно– ‘Ship’. Основные параметры этого блока:

- *Number Of Units* – количество транспортных объектов данного типа;
- *Velocity* – скорость движения транспортного средства;
- *Acceleration* – ускорение транспортного средства;
- *Deceleration* – замедление транспортного средства.

Кроме того, можно скорректировать число контейнеров, разгружаемых на промежуточной станции Sever2 – для этого следует в части схемы, отвечающей за поведение поезда при прибытии на данную станцию, в модуле [Dropoff] указать в поле ‘Quantity’ некоторое число или функцию от общего числа контейнеров – NG (на пример $NG*0.3$) и поставить ссылку на модуль, в котором произойдет разгрузка.

В модуле [Variables] можно задавать как константы, так и переменные, которые необходимы для формирования логической схемы модели. В данной модели были за-

даны три константы – *Ship Capacity* и *Train(1,2) Capacity* – емкости соответствующих транспортных объектов, а так же три переменные – *# In Train(1,2)* и *# In Ship* – необходимые для вывода статистики по количеству контейнеров, находящихся в соответствующем транспорте во время выполнения моделирования.

Модуль [Statistics] позволяет задать параметры для сбора статистики, данные по этим параметрам выводятся в файл отчета после завершения работы модели. Кроме того, в этом модуле можно задать счетчики (раздел Counters), по достижении определенного значения которых модель может преждевременно завершить работу.

Условие завершения работы модели задается в модуле [Simulate] соответствующими значениями параметров *Number of Replication* – число циклов и *Length of Replication* – длина каждого цикла. Параметр *Warmup Period* позволяет задать время, в течение которого сбор статистики не будет производиться. Есть возможность ознакомиться с общими результатами работы, выводимыми в текстовый файл и в табличном виде. В таблице можно проследить загруженность каждой станции и каждого вида транспорта, а так же ознакомиться с другими параметрами, описанными в модуле [Statistics] и оценить тем самым обоснованность выбора введенных числовых параметров, а при необходимости внести необходимые корректировки.

Блок статистики DISCRETE-CHANGE VARIABLES характеризует загруженность станции и грузоперевозчиков, выводя по столбцам среднее, минимальное, максимальное значение количества контейнеров, находящихся в очереди терминала станции или перевозимых транспортом, а также предел изменения этих величин и итоговое значение. Этот раздел статистики позволяет определить целесообразность подбора характеристик для грузового терминала или транспортного средства, представляя своего рода КПД соответствующего модуля. Блок OUTPUTS выводит определенные нами статистические данные. Данные блока FREQUENCIES также позволяют оценить правильность подбора параметров для транспортных объектов, с целью наиболее эффективного их использования. Здесь численно и в процентах указывается соотношение времени работы при неполной загрузке транспортных средств.

Использование имитационной модели для оценки эффективности различных вариантов организации смешанной перевозки грузов позволяет выбрать рациональный вариант и минимизировать затраты на перевозку.