

УДК 519 П764

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Заляева А.Р.

Научный руководитель: Э.Г. Тахавова, к.э.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В статье рассматривается применение возможностей сетей Петри в задачах моделирования. Представлен вариант использования сети Петри на примере задачи моделирования транспортного потока, описана схема сети с использованием возможностей современного приложения TimeNET в реализации модели.

Методы моделирования являются необходимым этапом проектирования разнообразных систем в автомобилестроении, авиастроении, медицине, логистике и других областях [1]. Одним из инструментов, широко используемых для построения моделей различных систем и процессов, являются сети Петри. Сети Петри впервые описана Карлом Петри в 1962 году как инструмент для моделирования динамических систем [2]. Теория сетей Петри делает возможным построение модели системы в виде сети Петри, анализ которой помогает получить важную информацию о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Манипулируя моделью системы, можно получить новые знания о ней, избегая опасности, дороговизны или неудобства анализа реальной системы. Моделирование с помощью сетей Петри осуществляется на событийном уровне. Поведение системы определяется через обозначение того, какие действия происходят в системе, какие состояния предшествовали этим действиям, а также в какое состояние придет система после выполнения какого-либо действия. Анализ результатов может сказать о том, в каких состояниях побывала система, какие состояния не были достигнуты, а какие из них в принципе недостижимы [2].

Рассмотрим следующую задачу. Пусть необходимо описать

модель эксплуатации автомобильного и пассажирского паромов между Стокгольмом и Санкт-Петербургом. Для упрощения задачи рассмотрены только те транспортные средства, которые направляются в Санкт-Петербург. Основные параметры, характеризующие систему, имеют следующие значения.

- В среднем поступает 3 машины в час (экспоненциально распределенное время между прибытиями) в причал в г. Стокгольм для ожидания паромов в Санкт-Петербург.

- Если паром не прибыл в гавань или уже заполнен, автомобили ожидают следующий.

- Вместимость паромов – 300 автомобилей.

- Существует убирающийся мост для въезда и выезда с паромов, по которому может проехать только один автомобиль. Время перехода по мосту составляет 30 секунд на машину (экспоненциальное распределение). Автомобили могут быть на мосту только тогда, когда паром пришвартован к порту.

- В то время, как паром пришвартован в Стокгольме, автомобили имеют в распоряжении на въезд один час. Если паром заполнен, он может покинуть гавань до этого времени, иначе он отплывет через один час.

- Время в пути между двумя портами составляет 36 часов.

- Все автомобили покидают паром в Санкт-Петербурге по прибытии. Когда паром пуст, он покидает гавань по направлению в Стокгольм.

В соответствии с изложенными условиями, разработана модель для описанного поведения системы на основе сети Петри. Модель позволяет указать задержки срабатывания всех переходов в единой единице времени. Схема содержит все необходимые для построения модели подробности. Значение переходов и позиций понятно из их названий. Не должно быть взаимоблокировок или других проблем с поведением модели.

Достоинством сети Петри является сочетание графического и математического инструментов моделирования. Модель состоит из позиций, переходов и дуг, которые соединяют их. Позиции могут содержать маркеры. Текущее состояние моделируемой системы определяется числом маркеров в каждой позиции. Переходы

ПОДСЕКЦИЯ 5.3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

являются активными компонентами. Они моделируют действия, которые могут произойти (срабатывание переходов), таким образом изменяя состояние системы. Переходы разрешены только в том случае, если они активированы, что означает, что все предварительные условия для деятельности должны быть выполнены (имеется достаточно маркеров, доступных во входных позициях). Когда переход срабатывает, он удаляет маркеры из своих входных позиций и добавляет некоторые на всех своих выходных позициях. Количество удаленных и добавленных маркеров зависит от мощности каждой дуги. [3]

На Рис.1 представлена полученная схема, для построения использовалось приложение TimeNET, современное приложение, разработанное и совершенствуемое группа немецких ученых [3]. Схема состоит из двух логических частей – в первой описываются переходы и позиции автомобиля от момента приезда в пункт А до момента покидания им паром в пункте Б; во второй части схемы показаны позиции и переходы самого паром – от момента отбытия из пункта А до момента повторного прибытия в пункт А. Также не были ранее упомянуты позиции, на которых паром и мост пусты, но их следует учесть для полноты модели. Две позиции, когда автомобиль на мосту и мост пуст, указываются рядом и представлены в виде семафора, чтобы урегулировать корректный пропуск автомобилей на паром. У позиции, обозначающей пустой паром, указан параметр вместимости, равный 300 по условиям задачи.

Все позиции и переходы соединены между собой дугами. Входными дугами называются такие, которые соединяют места с переходами, а выходными такие, которые начинаются в переходах и ведут к состояниям. Дуги могут соединять только два элемента разных типов, что является правилом при построении сети Петри. Это означает, что в данной схеме не может быть дуги, соединяющей две позиции или же два перехода.

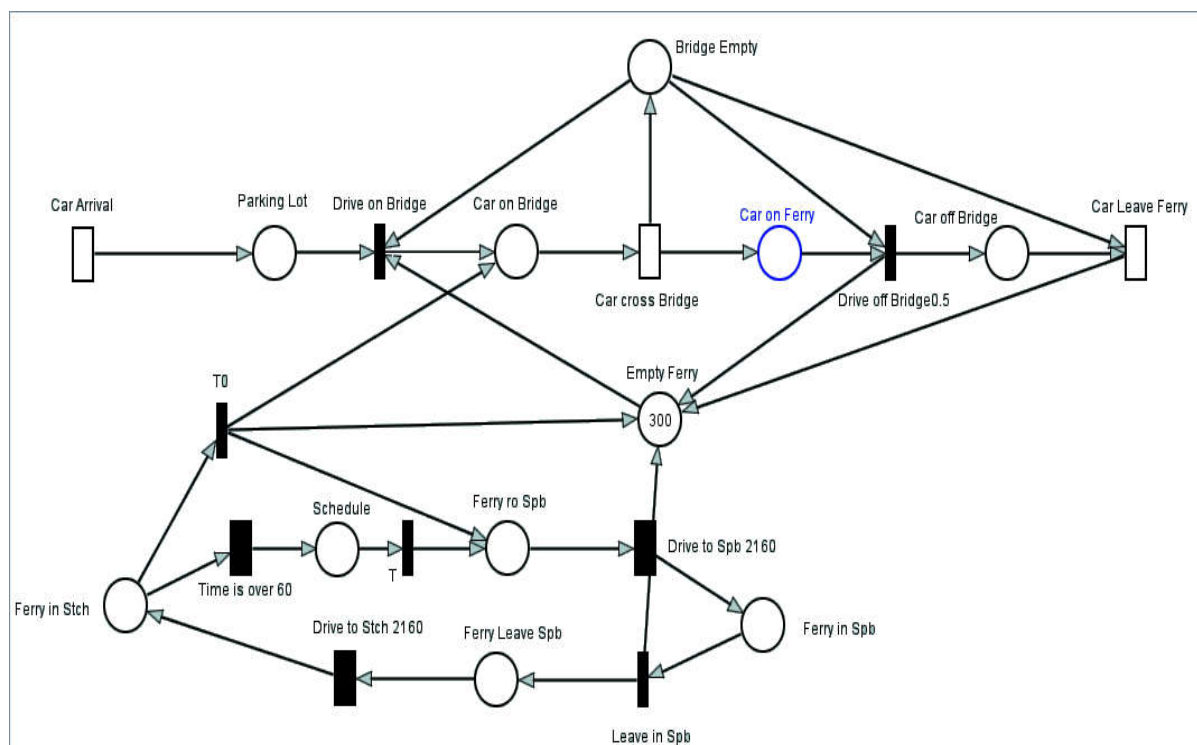


Рис. 1.Схема транспортного потока в TimeNET

На Рис.2 представлен фрагмент схемы, который позволит продемонстрировать ход работы всей сети Петри. Здесь представлены две позиции. Позиция 1 (Car on Bridge) – маркер (в этом случае автомобиль) находится на мосту и Позиция 2 (Bridge Empty) – мост пуст. Между этими двумя позициями присутствует переход, который демонстрирует переход маркера по мосту. Этот переход может привести к двум новым состояниям – это уже отмеченная Позиция 1 (Car on Bridge) и Позиция 3 (Car on Ferry), при которой автомобиль перемещен в паром. Также захвачен переход, по которому маркеры перемещаются на мост. Работу данного участка схемы можно сравнить с семафором. Например, если маркер находится в Позиции 1 (Car on Bridge), то разрешен переход на Позицию 2 (Bridge Empty) через переход. Если же маркер находится в Позиции 2 (Bridge Empty), то переход, соответственно, запрещен. В данной схеме каждая позиция имеет несколько атрибутов, среди которых - текст (уникальное название), вместимость – количество маркеров, которые содержатся в позиции. Изначальная вместимость для всех позиций равна нулю.

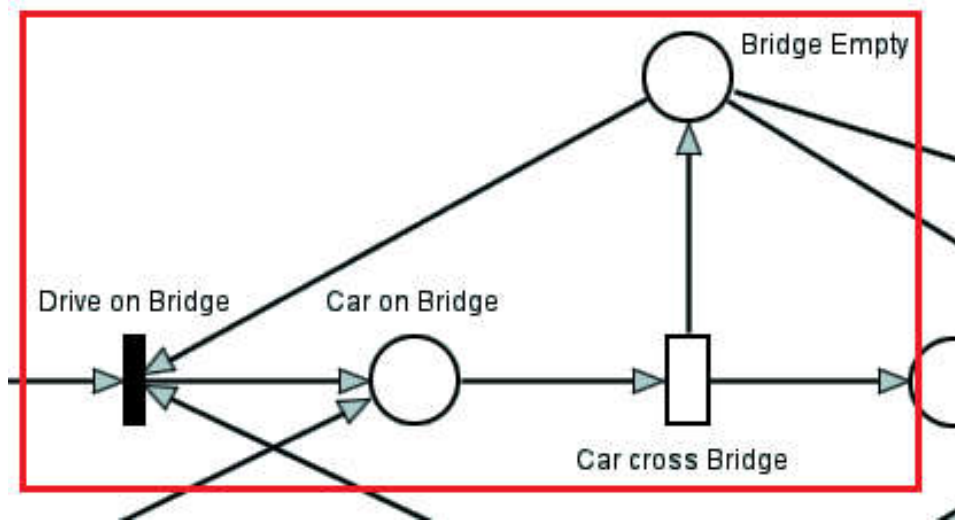


Рис. 2. Фрагмент схемы с описанием передвижения через мост

Переход 1 (Drive on Bridge), обозначающий проезд на мост является непосредственным. Этот переход содержит следующие атрибуты – текст (уникальное название), приоритет – обозначает приоритетность непосредственных переходов перед запланированными, равен единице, вес – обозначает возможность срабатывания перехода, также равен единице. Переход 2 (Car cross Bridge), в отличие от Перехода 1 (Drive on Bridge), является запланированным. Из атрибутов у такого перехода имеется текст, или уникальное название и время на срабатывание.

Построенная для описанной задачи сеть Петри – это схема, характеризующая систему, учитывающая все возможные состояния, события и переходы, не содержащая блокировок. В дальнейшем можно выйти за рамки поставленной задачи и смоделировать поведение системы, запустив перемещение маркеров, в этом случае – автомобилей, в соответствии с описанной системой. Этот механизм позволит проанализировать движение транспорта и найти возможные проблемы. Как итог, получить универсальную модель транспортировки между двумя пунктами, которую можно было бы использовать в логистических целях. Основной задачей в дальнейшей работе по данной теме является исследование поведения модели, а именно определение критериев останова процесса моделирования.

Список литературы

1. Суздальцев В.А., Тахавова Э.Г., Шлеймович М.П. Представление знаний в информационных системах. Математическое моделирование – учебное пособие; М-во образования и науки Российской Федерации, Казанский гос. технический ун-т им. А.Н. Туполева. Казань, 2005.
2. Wolfgang Reisig, Petri Nets. Modeling Techniques, Analysis Methods, Case Studies. Humboldt-Universität zu Berlin, Germany 2013
3. Reinhard German, Christian Kelling, Armin Zimmermann, Günter Hommel. TimeNET: a toolkit for evaluating non-Markovian stochastic Petri nets. 1995/11/1. P 69-87.

CONSTRUCTION OF THE TRANSPORT STREAM MODEL BASED ON PETRI NETS

Zaliaeva A.

Supervisor: E. Takhavova, Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The article reveals the application of the capabilities of Petri nets in simulation problems. The article describes the use of the Petri net on the example of the problem of the transport stream modeling, a network diagram is presented using the capabilities of the modern TimeNET application in the model implementation.