

## ЗАДАЧА НАХОЖДЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

к.т.н. М.И. Луханин, Д.В. Ильин, д.т.н. О.Е. Федорович

Рассматривается метод получения рациональных маршрутов для сложных транспортных систем при решении задачи о транспортировке техники и специалистов в условиях чрезвычайных ситуаций.

Проблема получения рациональных маршрутов возникла при решении задачи о транспортировке спецтехники и специалистов по имеющейся транспортной сети (ТС) в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) к очагу поражения в целях ликвидации ЧС. Получение рационального маршрута, позволяющего сократить время реагирования на аварию и понизить потери от ЧС и затраты на их ликвидацию, базируется на поиске кратчайшего пути между двумя пунктами (источником и приемником).

Отличие предлагаемого решения задачи от традиционной постановки характеризуется следующими факторами:

1. Большая размерность исходных данных, связанная с необходимостью детализации информации о расположении и характеристиках отдельных элементов транспортной сети (таких как автомобильные или железнодорожные пути сообщения, тоннели, мосты, эстакады).

2. Многопунктовый характер решаемой задачи; в реальных условиях существует ряд промежуточных пунктов для сбора специалистов и техники, пунктов перегрузки с одной транспортной сети на другую и т.п.

3. Отсутствие гомогенности и статичности описания данных, т.е. между последним сеансом обновления данных и моментом нахождения рационального маршрута может измениться информация об объектах.

4. Географическая привязка объектов моделирования к электронной карте.

5. Распределенность хранения данных, что порождает необходимость вовлекать в поиск множество региональных информационных

© к.т.н. М.И. Луханин, Д.В. Ильин, д.т.н. О.Е. Федорович, 1998

серверов, причем размерность этого множества неизвестна вплоть до окончания поиска.

Следовательно, традиционные методы поиска невозможно применить, т.к. нельзя представить транспортную сеть в виде матрицы ([1]) или в виде однородного графа с присвоенными дугам весами ([2]). В работе предлагается метод нахождения рационального маршрута с использованием числовых волн, основанных на структуре транспортных объектов, включающих в себя алгоритмы прохождения транспортных средств.

Рассмотрим постановку задачи получения рационального маршрута между источником и приемником в условиях многопунктовой сети и динамически меняющихся данных. Исходными данными являются: сеть путей сообщения, представляемая множеством  $S=R+OP+OL+OR+OC$ , где **R** - множество дорог, **OP** - множество точечных объектов, например, пункты дозаправки топливом, **OL** - множество линейных объектов, например, газопровод, **OC** - множество контурных объектов, например, водоем, **OR** - множество привязанных объектов, например, участок ремонта дороги. Каждый элемент этого множества характеризуется множеством параметров  $ST\{st_i\}$ : технические средства, для которых будет производиться поиск, характеризующиеся множеством параметров  $PT\{pt_i\}$ ; пункт - источник и пункт - приемник.

Заметим, что множества **PT** и **ST** являются пересекающимися и в контексте объекта известны правила сравнения соответствующих элементов  $st_i$  и  $pt_i$  (также и для случая, когда  $pt_i$  отсутствует).

К особым условиям следует отнести следующие два фактора.

1. Элементы множеств **ST** могут быть неизвестны в начальный момент моделирования и информация о них будет доступна лишь по ходу моделирования в случае обращения к соответствующему объекту. При невозможности получения параметров маршрут все равно может быть получен, но при этом понизится достоверность результатов.

2. Из множества **S** будет доступно только подмножество, входящее в текущий регион.

Алгоритм поиска основан на имитационном моделировании и состоит из следующих этапов.

1. Предварительная подготовка данных. Представляет собой заполнение данных о расположении и параметрах объектов.

2. Подготовка данных к моделированию. Получение точек пересечения объектов, выделение связанных объектов.

3. Моделирование.

3.1. Моделирование начинается с генерации числовой волны. В терминах имитационного моделирования это означает генерацию и наступление стартового события - «Приход волны на пункт - источник». Событие прихода числовой волны на любой пункт обращается к объектам, соприкасающимся с этим пунктом, которые, в свою очередь, используя имеющиеся в них правила сравнения элементов множеств **ST** и **PT**, генерируют вторичную волну, т.е. события прихода числовой волны на соседние пункты маршрута. Распространение числовых волн происходит до тех пор пока не будет достигнут пункт - приемник. Поскольку на каждом пункте сохраняется информация о соседнем пункте - источнике числовой волны, то получение затем рационального маршрута происходит простым обратным прохождением.

3.2. Числовая волна уничтожается в том случае, когда пункт на который она пришла, уже помечен ранее прошедшей числовой волной. Если в системной очереди не осталось ни одного события, это означает, что при данных условиях нет возможности достичь конечного пункта маршрута.

3.3. Отсутствует достоверная информация об объекте. Возможны два варианта. Первый из них предполагает ожидание вплоть до получения достоверной информации (достоинство - точный расчет, недостаток - длительное время расчета), второй - продолжение моделирования по имеющимся данным (достоинство - оперативность, недостаток - понижение достоверности результатов). В рассматриваемом алгоритме реализован послыйный подход, который состоит в следующем:

3.3.1. Числовые волны распределяются по слоям, причем первичная числовая волна относится к слою 0.

3.3.2. В случае недостатка данных, волна слоя 0 продолжает движение по устаревшим данным, а после получения данных генерируется волна слоя 1 и т.д., которая уточняет маршрут, полученный с помощью волны слоя 0.

Такой подход позволяет устранить недостатки описанных выше методов. Числовая волна слоя 0 дает возможность получить оперативную информацию, а волны следующих слоев повышают ее достоверность.

Покажем необходимость вовлечения в расчет нескольких региональных информационных серверов. Например, необходимо найти маршрут от Харькова до Луганска. Моделирование начинается в Харь-

кове, на Харьковском региональном сервере. Числовая волна распространяется от пункта к пункту вплоть до попадания на границу области. Информация об объектах в Луганской области на Харьковском сервере отсутствует, что приводит к необходимости запроса помощи у Луганского сервера, что достигается посылкой сетевого пакета Луганскому серверу, который генерирует событие «Приход числовой волны на пункт», затем производит моделирование обычным способом. При достижении конечного пункта маршрута волной уровня  $i$  всем вовлеченным в моделирование серверам посылается сообщение об окончании моделирования на уровне  $i$ .

Предложенный алгоритм был использован для построения системы прогнозирования, моделирования и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций при создании модели движения техники и специалистов в условиях ЧС. Применение метода возможно в любых задачах, связанных с реальными транспортными перевозками, а также в виде составной части в задачах о распределении ресурсов.

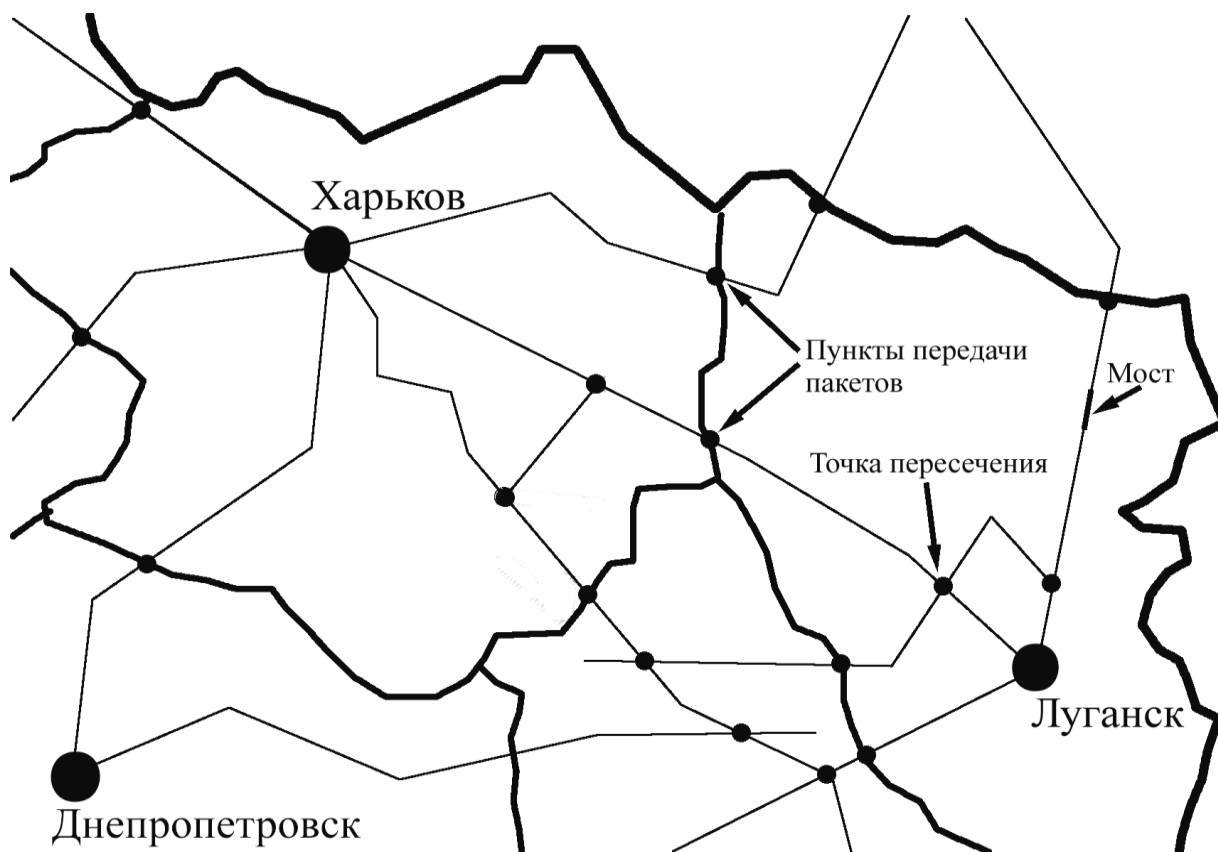


Рис.1. Схема моделирования для получения оптимального маршрута

## ЛИТЕРАТУРА

1. Филипс Д., Гарсиа - Диас. Методы анализа сетей. - М.: Мир. 1984, - 496 с.
2. Харрари. Теория графов. - М: Мир.1985, - 300 с.