

## **МЕТОД ЛОКАЛИЗАЦИИ УЗКИХ МЕСТ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ**

**Наталья ПОДБЕРЕЗСКАЯ**

*Ассистент в научной работе института автомобильного транспорта  
Рижского технического университета, Латвия*

**Владимир ЛЮБИНСКИЙ**

*Профессор института железнодорожного транспорта  
Рижского технического университета, Латвия*

### **1. Введение**

Одной из актуальных задач транспортной логистики является определение оптимальных маршрутов доставки грузов. Необходимость в выборе оптимальных маршрутов диктуется как экономическими факторами, так и жесткими требованиями клиентов к своевременной доставке грузов. Значительные потери времени в доставке грузов автотранспортными средствами возникают вследствие периодического появления в транспортной сети перегруженных транспортных узлов или магистралей. Место и время возникновения таких узких мест заранее предвидеть невозможно, так как транспортные потоки и дорожная ситуация транспортной сети динамически изменяются. Поэтому актуальной является задача определения текущей перегрузки транспортных узлов и магистралей. Информация о таких перегрузках, иными словами о текущих узких местах в транспортной сети, может быть использована для перенаправления транспортных потоков по альтернативным маршрутам.

В настоящем докладе предлагается методика определения узких мест в транспортной сети по данным текущей загрузки магистралей и узлов в сети. Под узким местом в транспортной сети понимаем наиболее загруженный узел или магистраль, которые могут существенно увеличить время движения автотранспорта по транспортной сети.

### **2. Постановка задачи**

Рассмотрим ориентированный граф (рис. 1), представляющий собой графическую модель некоторого участка транспортной сети.

Графическая модель включает в себя вершины – транспортные узлы и дуги – магистрали. Текущее состояние транспортной сети с  $N$  транспортными узлами характеризуется следующими параметрами:  $\gamma$  – вектор интенсивности поступления автомобилей в транспортные узлы сети;  $n$  – вектор числа магист-

ралей в узлах сети;  $\mu$  – вектор интенсивности движения транспортных единиц по магистралям в узлы сети;  $R$  – матрица вероятностей распределения транспортных потоков по выходным магистралям в узлах сети;  $L$  – матрица расстояний между узлами сети.

Для заданных значений параметров состояния транспортной сети необходимо определить максимально загруженные узлы сети и время движения транспорта по сети по заданному маршруту

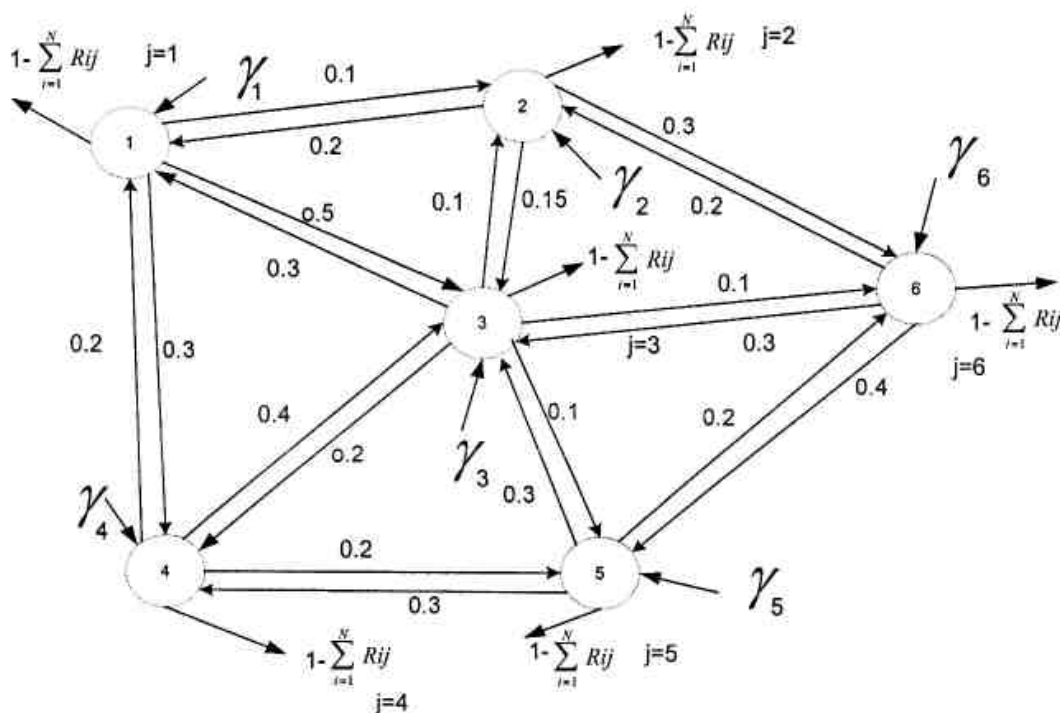


Рис. 1. Графическая модель участка транспортной сети

### 3. Определение узкого места в сети

Узким местом в сети будем считать транспортный узел, вызывающий наибольшую задержку транспорта. Для определения такого узла в сети необходимо определить величины суммарных транспортных потоков, поступающих в каждый из узлов. Учитывая пропускную способность узла, можно определить время движения транспортных средств через каждый из узлов. Узел с максимальным временем движения через этот узел можно квалифицировать как узкое место в транспортной сети.

Величина суммарного входного потока транспортных средств для  $i$ -го узла  $i = 1, 2, \dots, N$  определяется путем решения системы линейных уравнений [1]:

$$\lambda_i = \gamma_i + \sum_{j=1}^N \lambda_j R_{ij}, \quad (1)$$

где  $i = 1, 2, \dots, N$ .

Время движения автомобилей через транспортные узлы сети определим путем представления транспортных узлов сети в виде модели теории очередей. Процесс функционирования любого из узлов транспортной сети можно описать с помощью модели  $n$  канальной системы массового обслуживания с ожиданием, в котором каналами обслуживания являются магистрали транспортного узла. При такой интерпретации процесса функционирования узла сети время нахождения автомобиля в  $i$ -ом узле определяется формулой [2]:

$$T_i = PO_i \frac{(n_i \rho_i)^{n_i}}{n_i \mu_i n_i! (1 - \rho_i)^2}. \quad (2)$$

$$PO_i = \left[ \sum_{k=1}^{n_i} \frac{(n_i \rho_i)^k}{k!} + \frac{(n_i \rho_i)^{n_i}}{n_i! (1 - \rho_i)} \right]^{-1}, \quad (3)$$

$$\rho_i = \frac{\lambda_i}{n_i \mu_i}. \quad (4)$$

Если для текущих значений  $\gamma_i, \mu_i, R_{ij}$  вычислить все значения  $T_i$   $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $j = 1, 2, \dots, N$ , то максимальное значение  $T_i$  определит  $i$ -й узел, который является узким местом в транспортной сети.

По результатам локализации узкого места может быть осуществлен выбор оптимальных маршрутов и дана оценка времени движения по этим маршрутам.

#### 4. Выводы

1. В автомобильных транспортных сетях с высокой интенсивностью транспортных потоков уровень загрузки узлов и магистралей непрерывно изменяется. В связи с этим при выборе оптимальных маршрутов движения транспортных средств необходимо учитывать не только протяженность и количество дорог, но и текущее состояние загрузки узлов и магистралей.

Поэтому оптимальные маршруты необходимо выбирать с учетом динамически изменяющейся загрузки элементов транспортной сети.

2. Для определения транспортных узлов с максимальной загрузкой предложен метод их локализации, основанный на использовании модели теории очередей.
3. Сравнительный анализ времени движения по маршрутам равной протяженности и примерно с одинаковыми скоростями движения показывает, что время движения по маршрутам, включающим в себя перегруженные транспортные узлы, существенно превышает время движения по другим маршрутам.

### **Литература**

1. Клейнрок, Л. 1979. *Вычислительные системы с очередями*. Москва: Мир.
2. Венцель, Е.С. 1972. *Исследование операций*. Москва: Советское Радио.
3. Клейнрок, Л. 1979. *Теория массового обслуживания*. 1979. Москва: Машиностроение.