

Метод прогнозирования состояния транспортного потока при управлении на сети

Г.А.Галкина

(г. Ростов-на-Дону, Ростовский государственный строительный университет)

Эффективное управление транспортными потоками на сети осуществляется посредством системы управления транспортными потоками, представляющей собой комплекс интегрированных средств решения всех видов транспортных проблем на основе высоких технологий, методов моделирования транспортных процессов, программного обеспечения, организации информационных потоков в реальном режиме времени [1]. Эффективность обеспечивается адекватной реакцией системы, системного интеллекта, на изменения характеристик дорожного движения. Понятно, что построение такой интеллектуальной системы управления дорожным движением представляет сложную, комплексную задачу, основанную на разработке и использовании моделей дорожного движения, по которым осуществляется оценка и прогноз состояния транспортного потока.

Управление транспортным потоком в режиме реального времени является реализацией оптимальной стратегии управления текущим состоянием транспортного потока на базе прогрессивных методов оптимизации режима работы управляющих технических средств организации дорожного движения.

На сегодняшний день существует специализированное программное обеспечение моделирования дорожного движения, оптимизации режима работы технических средств организации дорожного движения и др., которое можно использовать при построении системы управления транспортным потоком в режиме реального времени. Проблема заключается в обеспечении выработки, в реальном режиме времени, адекватной стратегии управления текущим состоянием транспортного потока. Технические системы мониторинга транспортных потоков обеспечивают возможность получения оценок характеристик транспортных потоков для фиксации конкретного состояния потока. Но, поскольку, множество состояний транспортного потока несчетно, необходимо разработать систему критериев классификации транспортных состояний, с последующим определением стратегии управления потоком конкретного класса на основе существующих моделей оптимизации движения транспортных потоков на сети.

При разработке системы критериев классификации состояний транспортного потока, необходимо учесть проблему противоречий, с одной стороны, обусловленных потребностью всестороннего учета характеристик транспортных потоков, что влечет за собой ошибку распознавания, а с другой стороны, потребностью снижения размерности пространства этих характеристик, что лишает достаточной степени объективности оценки рассматриваемый процесс. Сложность идентификации транспортного состояния в данном случае заключается в том, что структура характеристик транспортных потоков является вероятностной и области критериев принадлежности различным классам пересекаются. В этой связи велика вероятность ошибки отнесения транспортной ситуации к нужному классу, вероятность, которая может быть лишь минимизирована.

Предлагается разработать нейро-нечеткую систему классификации транспортных состояний (СКТС), на основе которой уже строится система генерации оптимальных стратегий управления транспортными потоками на сети (СГОС), представляющая собой базу нечетких правил управления транспортной ситуацией. Нейро-нечеткие системы обладают многими достоинствами, однако сдерживающим моментом является длительность наполнения их знаниями (построения базы правил) в процессе итеративного обучения, которое и осуществляется с помощью программ моделирования и оптимизации транспортных потоков.

Система СКТС разрабатывается для узлов (транспортной сети) различной конфигурации, а затем - система СГОС реализует координированное управление транспортной сетью.

Разработку предлагается осуществлять на базе универсального метода построения базы нечетких правил на основе численных данных [3]. Достоинства этого метода заключаются в его высокой эффективности. Кроме того, он позволяет объединять численную информацию, представленную в форме обучающих данных, с лингвистической информацией, имеющей вид базы правил, за счет дополнения имеющейся базы правилами, созданными на основе численных данных. Специфика разработки применительно к транспортной сети в данном случае проявляется как при способе формирования исходных данных, так и построении специальных функций, используемых при процедуре классификации.

Обобщенная схема управления транспортными потоками в узле (с количеством входов не более четырех) транспортной сети представлена последовательностью этапов:

1. Детектирование характеристик транспортных потоков направления k ($k = \overline{1,4}$) по i -й полосе движения ($i = \overline{1,p}$): интенсивности движения $x_i(k)$, скорости движения $v_i(k)$.
2. Определение $v(k)$ - средней скорости движения направления k .
3. Проверка условия $v(1) \vee v(2) \vee v(3) \vee v(4) < 10$, при выполнении которого констатируется состояние насыщения транспортного потока и генерируется стратегия управления транспортными потоками экспертной системы [2]; в противном случае определяется принадлежность транспортного состояния определенному классу, для которого стратегия управления генерируется из разработанной базы нечетких правил управления.

Базу правил классификации транспортных состояний создаем для системы с двумя входами и одним выходом, следующим образом:

Определяем $x(k) = \sum_{i=1}^p x_i(k)$ ($k = \overline{1,4}$), для $x_1 = \max\{x(1), x(3)\}$, $x_2 = \max\{x(2), x(4)\}$ находим

области определения X_1, X_2 , которые разбиваем на $2N + 1$ областей (отрезков), причем значение N подбирается индивидуально, а отрезки могут иметь одинаковую или различную длину. Строим функции принадлежности определенному классу транспортных состояний, предлагается использовать функцию плотности нормального распределения по принципу: вершина графика располагается в центре области разбиения, ветви графика лежат в центрах соседних областей. Степень принадлежности данных x_1, x_2 определенным классам будет выражаться значением функций принадлежности. Затем для каждой пары x_1, x_2 определяется (исследователем) правило соответствия классу транспортного состояния. Поскольку в наличии имеется большое количество пар x_1, x_2 , существует высокая вероятность того, что некоторые из правил окажутся противоречивыми. Это относится к правилам с одной и той же посылкой (условием), но с разными следствиями (выводами). Один из методов решения этой проблемы заключается в приписывании каждому правилу так называемой степени истинности с последующим выбором из противоречащих друг другу правил того, у которого эта степень окажется наибольшей, после чего база правил заполняется качественной информацией. Для определения количественного значения параметров оптимальной стратегии управления для данных x_1, x_2 необходимо выполнять операцию дефuzziфикации. Такой метод несложно обобщить на случай нечеткой системы с любым числом входов и выходов.

Рассмотренные принципы построения системы СКТС были реализованы для транспортной сети центральной части г. Ростова-на-Дону. Для реализации оптимального управления транспортными потоками были определены ключевые пересечения четырех типов в зависимости от конфигурации разрешенных направлений движения:

1 тип пересечения – направление движения «север-юг», «юг-север» по трем полосам прямо и направо, направление «запад-восток», «восток-запад» по двум полосам прямо и направо;

2 тип пересечения - направление движения только «север-юг», либо «юг-север» по одной полосе прямо, направо и налево, направление «запад-восток», «восток-запад» по двум полосам прямо и направо в направлении движения перекрестного потока;

3 тип пересечения - направление движения «север-юг» по трем полосам прямо, «юг-север» по трем полосам прямо и направо, направление «запад-восток» по одной полосе прямо и направо, «восток-запад» по одной полосе направо и налево;

4 тип пересечения - направление движения «север-юг» по трем полосам прямо, «юг-север» по трем полосам прямо и направо, направление «запад-восток» по одной полосе прямо и направо, «восток-запад» по одной полосе направо и налево.

Разработаны функции принадлежности $\mu_j(x)$, $j = \overline{1,3}$ интенсивности движения, авт/ч:

$$- \mu_1(x) = e^{-\frac{(x-a_i)^2}{800}}, a_i = 100i, i = \overline{1,6} \text{ по одной полосе области разбиения } X_1 = [0;600];$$

$$- \mu_2(x) = e^{-\frac{(x-a_i)^2}{1800}}, a_i = 100i, i = \overline{2,14} \text{ по двум полосам области разбиения } X_2 = [0;1500];$$

$$- \mu_3(x) = e^{-\frac{(x-a_i)^2}{5000}}, a_i = 100i, i = \overline{3,19} \text{ по трем полосам области разбиения } X_3 = [0;2000].$$

В качестве критерия классификации транспортного состояния используется задержка движения, с. По результатам моделирования движения транспортного потока на пересечениях обозначенных типов разработаны регрессионные модели критерия оценки состояния транспортного потока, задержки движения:

$$- z_1 = -0,43 + 0,0005N_1 + 0,0002N_2 \text{ на пересечении 1 типа (рис.1);}$$

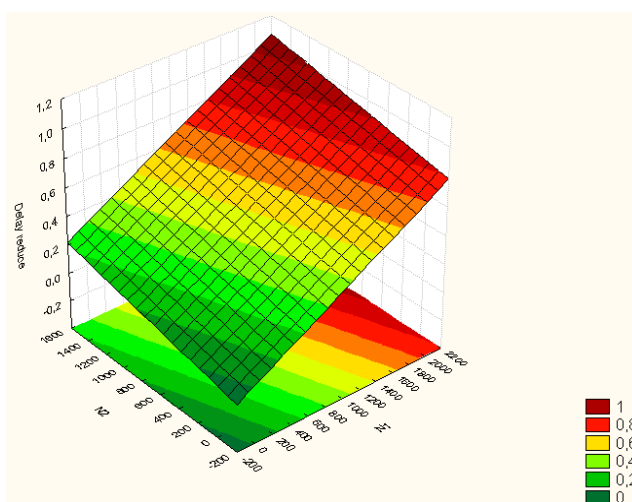


Рис.1. Изменение задержки движения на пересечении 1 типа

$$- z_2 = -0,30 + 0,0004N_1 + 0,006N_2 \text{ на пересечении 2 типа (рис.2);}$$

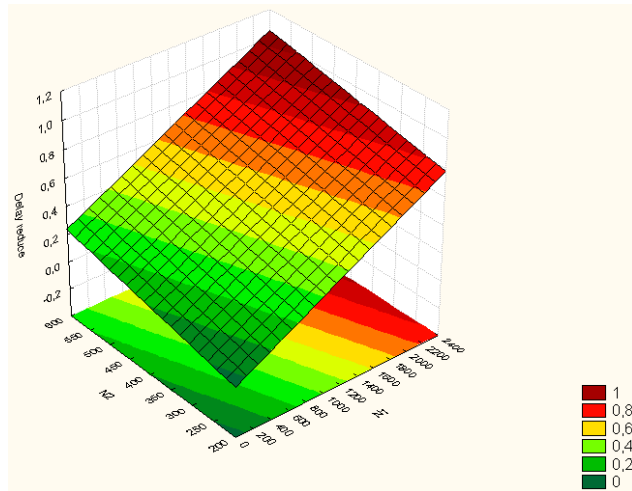


Рис.2. Изменение задержки движения на пересечении 2 типа

- $z_3 = -0,49 + 0,0005N_1 + 0,001N_2$ на пересечении 3,4 типа (рис.3), где $N_1 = x_1(k)$, $N_2 = x_2(k)$
 - максимальные интенсивности перекрестных направлений движения.

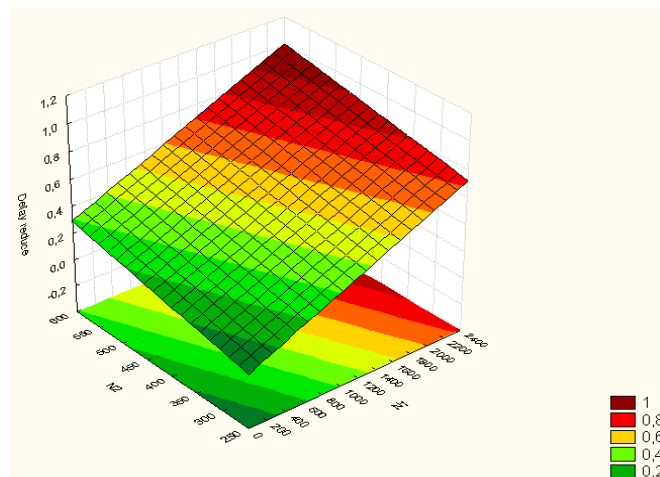


Рис.3. Изменение задержки движения на пересечении 3,4 типа

По разработанным моделям оценки задержек после процедуры корректировки с помощью поправочных коэффициентов, определяется состояние транспортного потока. Построенная таким образом база правил идентификации транспортных состояний является основой для проектирования системы СГОС управления транспортными потоками на сети.

Литература

1. Кочерга В.Г., Зырянов В.В., Коноплянко В.И. Интеллектуальные транспортные системы в дорожном движении: Учебное пособие. - Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2001. – 108 с.
2. Пржибыл Павел, Свитек Мирослав. Телематика на транспорте.: Перевод с чешского О.Бузека и В.Бузковой. Под редакцией проф. В.В. Сильянова – М.: МАДИ (ГТУ). 2003 – 540с.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д.Рудинского. - М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 452 с.