

Е.Ю. Островская, Д.А. Колбун

## НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ «АВТОМОБИЛЬ-ДОРОГА»

*Анотація. Розглянуто задачу оцінки коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям, яка виникає у зв'язку з проведенням автотехнічної експертизи при розслідуванні дорожньо-транспортних пригод. Від точності визначення коефіцієнта зчеплення залежить об'єктивність прийняття рішення про винність або невинність водія, який скоїв ДТП. Існуюча методика дозволяє визначити тільки діапазон можливих значень коефіцієнта зчеплення в залежності від ряду факторів, що впливають.*

*Ключові слова: ідентифікація, коефіцієнт, діапазон, лінгвістична змінна, методи, програма, функція приналежності, база правил.*

**Введение.** Высокие темпы автомобилизации в Украине способствуют повышению внимания к строительству автомобильных магистралей, предназначенных для интенсивных пассажирских и грузовых перевозок с высокими скоростями движения и значительными требованиями к его безопасности.

Обеспечение безопасности движения с большими скоростями выдвигает специфические требования к характеристикам условий движения и транспортного потока, в том числе к сцепным качествам и шероховатости дорожного покрытия. Одной из важнейших характеристик покрытия проезжей части является способность ее сопротивляться скольжению автомобильных шин. В то же время, на сцепление влияют не только характеристики покрытия, но и свойства шин, конструкция автомобиля и текущие погодные условия [1].

Известно, что коэффициент сцепления шин автомобиля с дорожным покрытием меняется, прежде всего, в зависимости от типа, шероховатости и состояния покрытия [1]. Это изменение распространяется по поверхности проезжей части дороги, которую можно смоделировать в двухкоординатной криволинейной системе, одна координата подсчитывается в поперечном сечении дороги вторая - в про-

дольном. Дополнительно в каждой точке криволинейной поверхности коэффициент сцепления изменяется по времени. В зависимости от масштаба времени можно отслеживать изменения часовые, суточные, месячные, годовые и по годам. В рамках безопасности дорожного движения наиболее важным является изменение часовая и суточная, которые очень сложно отследить на практике и предупредить об этих изменениях водителей автомобилей.

С точки зрения безопасности дорожного движения наиболее актуальным процессом изменения коэффициента сцепления является процесс изменения в условиях магистрального движения, где при высоких скоростях требуется значительное тормозное усилие для эффективной остановки автомобиля, но это усилие обратно с увеличением скорости значительно уменьшается в связи с уменьшением коэффициента сцепления, что при прочих равных условиях увеличивает сложность торможения и резко снижает безопасность движения.

В снижении коэффициента сцепления главной проблемой является неожиданная водителем потеря устойчивости автомобилю, появляется обычно в моментах с интенсивным маневрированием, то есть в сложных условиях движения, и становится причиной возникновения ДТП. В рассматриваемых условиях выдающимся характеристикой является текущий запас по коэффициенту сцепления для каждого автомобиля транспортного потока, непосредственно раскрывает имеющийся уровень безопасности движения.

**Постановка задачи.** Задача оценки коэффициента сцепления колес автомобиля с дорожным покрытием возникает в связи с проведением автотехнической экспертизы при расследовании дорожно-транспортных происшествий (ДТП). От точности определения коэффициента сцепления зависит объективность принятия решения о виновности или невиновности водителя, который совершил ДТП (например, наезд на пешехода). Существующая методика позволяет определить только диапазон возможных значений коэффициента сцепления в зависимости от ряда влияющих факторов. Поэтому, окончательная его оценка определяется автотехническим экспертом субъективно, с учетом дополнительных факторов и условий, которые не входят в методику.

Принятие решения о причине аварии очень чувствительно к значению коэффициента сцепления: субъективный выбор нижнего

или верхнего значения коэффициента может решить судьбу участников происшествия.

**Методика идентификации.** Модель оценки коэффициента сцепления разрабатывалась на основе идентификации нелинейных объектов нечеткими базами знаний. Построение модели производилось в два этапа: первый - структурная идентификация; второй - параметрическая идентификация [3]. На первом этапе строилась структура зависимости коэффициента сцепления от влияющих факторов с применением экспертных правил <ЕСЛИ-ТО>. На втором этапе проводилась настройка модели путем подбора таких параметров формы функций принадлежности нечетких термов и весов правил <ЕСЛИ-ТО>, которые обеспечивают минимальное расхождение модельных и экспериментальных результатов.

На рисунке 1 представлена схема структурной идентификации в виде дерева, вершинами которого являются факторы, влияющие на коэффициент сцепления. Особенность модели заключается в том, что она учитывает как традиционные для известной методики факторы, которые обобщены интегральным показателем  $Q$ , так и дополнительно введенные факторы:  $S$ ,  $H$ ,  $P$ ,  $N$ ,  $V$ . Все влияющие факторы, рассматриваются как лингвистические переменные, заданные на соответствующих универсальных множествах и оцениваются нечеткими термами. Интегральный показатель  $Q$ , в свою очередь, зависит от факторов:  $D_1$  - тип дорожного покрытия;  $D_2$  - состояние дорожного покрытия;  $T$  - тип шин. Это показано на древовидной структуре модели коэффициента сцепления (рис. 1) [4].

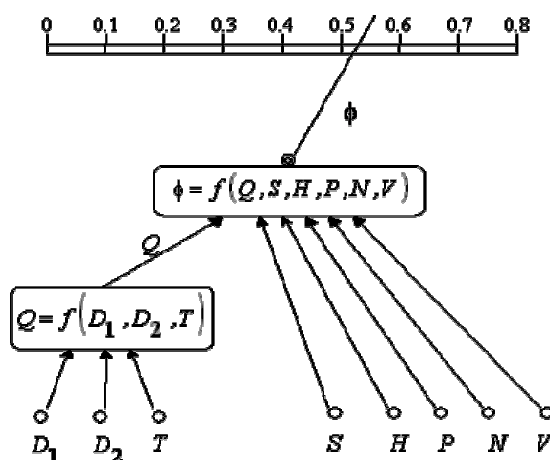


Рисунок 1 – Структурная идентификация  
Дерево влияющих факторов

**Программная реализация.** Для построения системы нечеткого вывода использовалась программа FuzzyTECH, которая является специализированным средством, которое позволяет разрабатывать и исследовать разработанные нечеткие модели в графическом режиме, а также преобразовывать их в программный код на одном из языков программирования с возможностью последующей реализации в программируемых микроконтроллерах.

Основными шагами разработки программ на FuzzyTECH являются:

1. Формализация поставленной задачи - определение лингвистических переменных, сопоставление термов с конкретными физическими значениями;

2. Разработка базы правил, определяющей стратегию управления - задание метода дефаззификации выходных данных;

3. Оптимизация разработанной системы в режиме off-line - интерактивный анализ поведения системы с использованием заранее подготовленных данных при помощи программной модели объекта управления;

4. Оптимизация в режиме on-line - подключение созданной системы управления к реальному объекту и оптимизация различных компонентов системы в реальных условиях; т.к. в модели объекта управления невозможно учесть все тонкости процесса, то данный режим отладки весьма важен при создании систем управления;

5. Реализация - на этом этапе выбирается вариант генерируемого кода в зависимости от потребностей. Полученный код для микроконтроллера может быть связан с основной программой либо записан в ПЗУ системы управления [5].

Процесс разработки системы нечеткого вывода в среде fuzzyTECH состоит в выполнении следующих последовательных действий:

1. Создать новую систему нечеткого вывода;

2. В окне мастера создания новой модели задать количество входных лингвистических переменных, выходных лингвистических переменных и блок правил;

3. Присвоить название всех лингвистических переменных и их диапазон значений;

4. Определить свойства программы fuzzyTECH: метод дефазификации – центр максимума (Middle of Maxima = MOM) вида (1);

$$y_0 = \frac{\int_G y dy}{\int_G dy}, \quad (1)$$

где  $G$  - подмножество элементов, которые максимизируют  $C_\Sigma$ ;  $y_0$  - переменная выхода.

В методе центра максимумов находится среднее арифметическое элементов универсального множества, имеющих максимальные степени принадлежности.

5. Спецификация термов и их функций принадлежности для входных и выходных лингвистических переменных;

6. Выбор формы и значений функций принадлежности входных лингвистических переменных;

7. Выбор формы и значений функций принадлежности выходных лингвистических переменных;

8. Определить базы правил для разрабатываемой модели.

На рисунке 2 представлен вид графического редактора проекта для нечеткой модели.

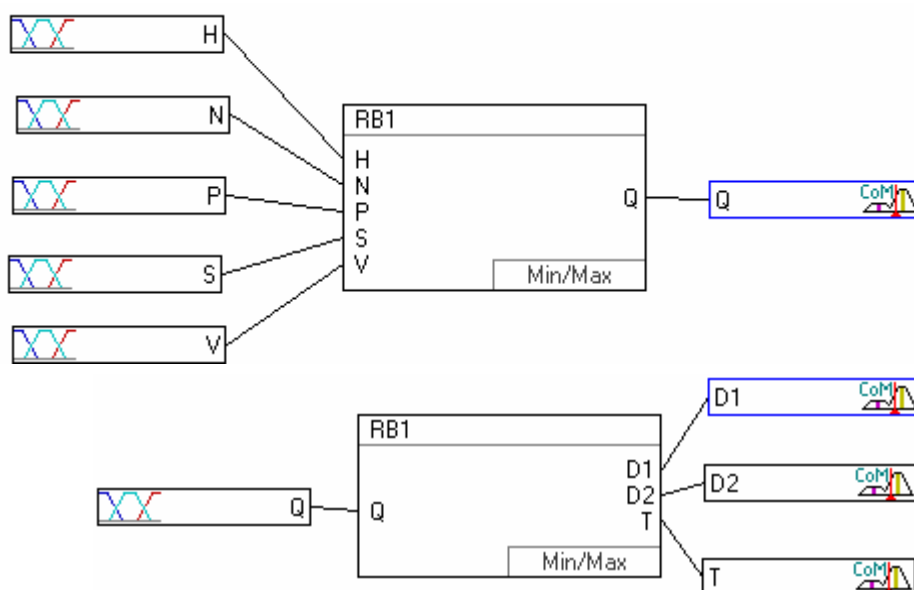


Рисунок 2 – Графическое окно редактора проекта для системы нечеткого вывода принятия решений

Ниже приведен фрагмент программного кода разработанной нечеткой модели:

```

MODEL {
  VARIABLE_SECTION {
    LVAR {
      NAME      = H;
      BASEVAR   = Units;
      LVRANGE   = MIN(0.0), MAX(100.0),
                MINDEF(0), MAXDEF(65535),
                DEFAULT_OUTPUT(50.0);
      RESOLUTION = XGRID(10.0), YGRID(0.1),
                SHOWGRID (ON), SNAPTOGRID(OFF);
      COLOR     = RED (0), GREEN (128), BLUE (0);
      INPUT     = CMBF;
      POS       = -185, -45;
      TERM {
        TERMNAME = low;
        POINTS   = (0.0, 0.0),
                  (24.998, 1.0),
                  (50.0, 0.0),
                  (100.0, 0.0);
        SHAPE    = LINEAR;
        COLOR    = RED (255), GREEN (0), BLUE (0);
      }
      TERM {
        TERMNAME = medium;
        POINTS   = (0.0, 0.0),
                  (24.998, 0.0),
                  (50.0, 1.0),
                  (75.0, 0.0),
                  (100.0, 0.0);
        SHAPE    = LINEAR;
        COLOR    = RED (0), GREEN (128), BLUE (0);
      }
    } и.т.д.
  }
}

```

**Выводы.** Точность определения коэффициента сцепления зависит от справедливости решения о вине или невиновности водителя, который совершил ДТП.

Методика позволяет определить только диапазон возможных значений коэффициента сцепления в зависимости от нескольких факторов. Поэтому, окончательная оценка определяется субъективно экспертом – авто-техником, принять в счет дополнительные факторы и условия, которые не являются частью методологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Немчинов М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобилей. – М.: Транспорт, 1985. – 231 с.
2. Михалев А. И. Адаптивно - поисковые методы и алгоритмы оптимизации и идентификации динамических систем. Учебное пособие. - УМК ВО, Киев, 1992. – 68 с.
3. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. - Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. - 320 с.
4. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH. – БХВ: Санкт - Петербург, 2003. – 716 с.