

# ВЫБОР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Бабаев А.Б.<sup>1</sup>, Хыдыров Р.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Бабаев Аннагулы Бердимухаммедович – преподаватель,  
кафедра общих технических предметов;

<sup>2</sup>Хыдыров Ровшен Батыр оглы – преподаватель,  
кафедра эксплуатации автомобильного транспорта,  
Институт инженерно-технических и транспортных коммуникаций Туркменистана,  
г. Ашхабад, Туркменистан

**Аннотация:** постоянность времени зеленого и красного света в обычном светофоре при условиях нестабильности и многообразия транспортного потока создает определенные трудности в движении автомобилей и вызывает постоянные пробки на дорогах. Таким образом, использование светофора с нечеткими моделями может помочь предотвратить возникновение таких ситуаций. Эта работа направлена на построение нечетких моделей светофора и на выбор автоматизированной системы регулирования транспортного потока.

**Ключевые слова:** транспортные потоки, регулирования транспортного потока, перекресток, светофор, компьютерное моделирование, алгоритм, модель, нечеткая логика.

## CHOICE OF INTELLECTUAL TOOLS FOR REGULATION OF TRAFFIC STREAMS

Babayev A.B.<sup>1</sup>, Hydyrov R.B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Babayev Annaguly Berdimuhammedovich – Teacher,  
DEPARTMENT OF GENERAL TECHNICAL SUBJECTS;

<sup>2</sup>Hydyrov Rovshen Batyr ogly – Teacher,  
DEPARTMENT OF USAGE OF AUTOMOBILE TRANSPORT,  
INSTITUTE OF ENGINEERING-TECHNICAL AND TRANSPORT COMMUNICATIONS OF TURKMENISTAN,  
ASHGABAT, TURKMENISTAN

**Abstract:** the time constancy of green and red lights in a common traffic light under conditions of instability and the variety of traffic flow creates certain difficulties in the movement of cars and causes constant traffic jams on the roads. Thus, the use of traffic lights with fuzzy models could help prevent the occurrence of such situations. This work is aimed at building a fuzzy traffic light model and choosing an automated traffic flow control system.

**Keywords:** traffic flows, traffic flow regulation, crossroads, traffic lights, computer modeling, algorithm, model, fuzzy logic.

УДК 004.414.23

Сегодня с увеличением количества транспортных средств необходимо дальнейшее совершенствование проводимой работы по обеспечению безопасности дорожного движения и регулированию транспортного потока.

Проблемы теории транспортных потоков глубоко изучались и анализировались учеными в области физики и математики. Несмотря на накопленный большой опыт, транспортные потоки попадают в категорию недостаточно изученных. Таким образом, различные вопросы, связанные с транспортными потоками, считаются актуальными и современными [1].

В данном исследовании применена теория нечетких множеств. При управлении техническими системами, нечеткое моделирование дает возможность получить более точные результаты, чем при применении алгоритмов управления и традиционных аналитических моделей [2].

После рассмотрения некоторых частых пробок в дорожной системе, цель состоит в том, чтобы повысить эффективность взаимосвязи между интенсивностью движения транспортного средства и временем зеленого света светофора. Постоянность времени зеленых и красных сигналов в одном цикле обычного светофора может вызвать некоторые проблемы в движении автомобилей, вызывая больше пробок в часы пик. Таким образом, использование светофора с нечеткой логикой предотвратит возникновение таких ситуаций. Светофор с нечеткой логикой - это система, которая во время цикла остается в постоянном состоянии, но время зеленого сигнала циклически изменяется в зависимости от количества транспортных средств, приближающихся к перекрестку [3].

Данная работа была направлена на построение модели светофора с нечеткой логикой, и использовалась программа Fuzzy Logic Toolbox – это пакет расширения MATLAB, содержащий инструменты для проектирования системы нечеткой логики, необходимой для модели светофора. [4].

По алгоритму Мамдани предварительно необходимо определить входные и выходные лингвистические переменные для формирования базы правил систем нечеткого вывода [5]. Поскольку эффективность светофора зависит от количества автомобилей на двух улицах и времени зеленого света за цикл, мы получаем три входных и одну выходную лингвистические переменные для модели управления светофора с нечеткой логикой, где: время зелёного света  $\beta_1$  – “green light time”; число машин на северной улице по окончании очередного цикла  $\beta_2$  –

“number of cars on north street”; число машин на восточной улице по окончании очередного цикла  $\beta_3$  – “number of cars on east street” и переменная “время зеленого света нечеткого светофора  $\beta_4$ ” – “variable green light time”.

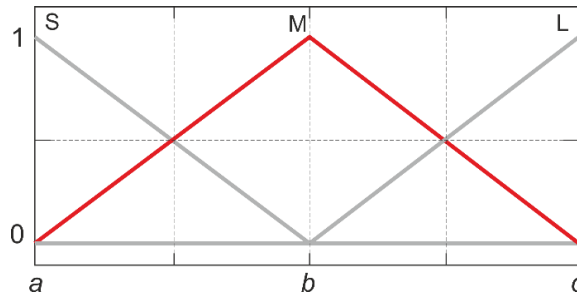


Рис. 1. Функция принадлежности первой входной и выходной лингвистической переменной

В качестве терм-множества первой входных лингвистической переменной будем использовать множество  $T_1 = \{\text{“small”}, \text{“medium”}, \text{“big”}\}$ ; терм-множества второй и третьей входных лингвистической переменной будем использовать множество  $T_2 = \{\text{“very small”}, \text{“small”}, \text{“medium”}, \text{“big”}, \text{“very big”}\}$ ;  $T_3 = \{\text{“very small”}, \text{“small”}, \text{“medium”}, \text{“big”}, \text{“very big”}\}$ . В качестве терм-множества выходных лингвистической переменной будем использовать множество  $T_4 = \{\text{“small”}, \text{“medium”}, \text{“big”}\}$ .

Величины переменного  $\beta_1$ : small - (10-25 сек.); medium - (20-40 сек.); big - (35-50 сек.).

Каждый терм определяется функцией принадлежности, которая характеризует степень его отношения к нечеткому множеству, в этом случае функция принадлежности первой входной лингвистической переменной имеет форму треугольника и в общем случае может быть задана аналитически следующим выражением [5, с. 53]:

$$f_{\Delta}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (1)$$

где: a, b, c – некоторые числовые параметры, принимающие произвольные действительные значения и упорядоченные отношением:  $a \leq b \leq c$ .

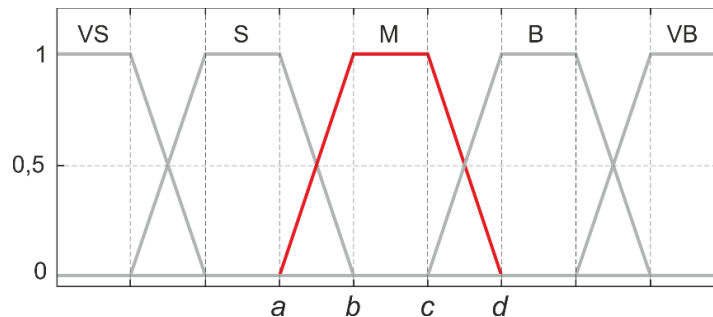


Рис. 2. Функция принадлежности второй и третьей входных лингвистических переменных

Величины переменных  $\beta_2$  и  $\beta_3$ : very small - (0-20); small - (10-40); medium - (30-60); big - (50-80); very big - (70-90); соответствующие функции второй и третьей входных лингвистических переменных имеют форму трапеции и в общем случае может быть задана аналитически следующим выражением [5, с. 54]:

$$f(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (2)$$

где: a, b, c, d – некоторые числовые параметры, принимающие произвольные действительные значения и упорядоченные отношением:  $a \leq b \leq c \leq d$ .

Поскольку суть функции светофора заключается в изменении времени зеленого света, в качестве выходного параметра возьмем величину  $\beta_4$  и условия для этого случая: small - (-20- -5 сек.); medium - (-15-15 сек.); big - (5-20 сек.), функция принадлежности имеют треугольную форму, а аналитическое выражение описывается формулой (1) [5, с. 62].

В зависимости от терм-множества входных и выходных лингвистических переменных определены базы правил систем нечеткого вывода для системы управления светофора [6]. В качестве примеров были приведены пять правил:

- 1) If ( $\beta_1$  is B) and ( $\beta_2$  is VS) and ( $\beta_3$  is B) then ( $\beta_4$  is S);
- 2) If ( $\beta_1$  is B) and ( $\beta_2$  is S) and ( $\beta_3$  is B) then ( $\beta_4$  is S);
- 3) If ( $\beta_1$  is B) and ( $\beta_2$  is VS) and ( $\beta_3$  is B) then ( $\beta_4$  is S);
- 4) If ( $\beta_1$  is M) and ( $\beta_2$  is VB) and ( $\beta_3$  is VB) then ( $\beta_4$  is M);
- 5) If ( $\beta_1$  is S) and ( $\beta_2$  is B) and ( $\beta_3$  is S) then ( $\beta_4$  is B).

После выполнении базы правил и фаззификация система нечеткого вывода по алгоритму Мамдани, программа выполняет следующие шаги в следующей последовательности: [5, с. 192].

Активизации в системах нечеткого вывода выполняет по следующей формуле:

$$\mu'(y) = \min\{c_i, \mu(y)\} \quad (3)$$

где:  $\mu(y)$  - функция принадлежности терма, который является значением некоторой выходной переменной  $\omega$ , заданной на универсуме  $Y$ .

Аккумуляция или аккумулярование в системах нечеткого вывода определяет по следующей формуле:

$$\mu_D(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (4)$$

Здесь  $\mu_A(x)$  и  $\mu_B(x)$  – функция принадлежности множества А и В.

Дефазификацию выходных переменных выполняет следующими тремя способами [5, с. 197-201]:

По методу центра тяжести:

$$y = \frac{\int_{Min}^{Max} x\mu(x)dx}{\int_{Min}^{Max} \mu(x)dx} \quad (5)$$

В формуле используются следующие обозначения:  $y$  результат дефазификации;  $x$  переменная, соответствующая выходной лингвистической переменной  $\omega$ ;  $\mu(x)$  - функция принадлежности нечеткого множества, соответствующего выходной переменной  $\omega$  после этапа аккумуляции; Min и Max левая и правая точки интервала носителя нечеткого множества рассматриваемой выходной переменной  $\omega$ .

Метод центра тяжести для одноточечных множеств:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)} \quad (6)$$

где  $n$  - число одноточечных нечетких множеств, каждое из которых характеризует единственное значение рассматриваемой выходной лингвистической переменной.

Метод центра площади:

$$\int_{Min}^u \mu(x)dx = \int_u^{Max} \mu(x)dx \quad (7)$$

Центр площади равен  $y = u$ , где значение  $u$  определяется из (7) уравнения.

Дефазификация - это конец алгоритма.

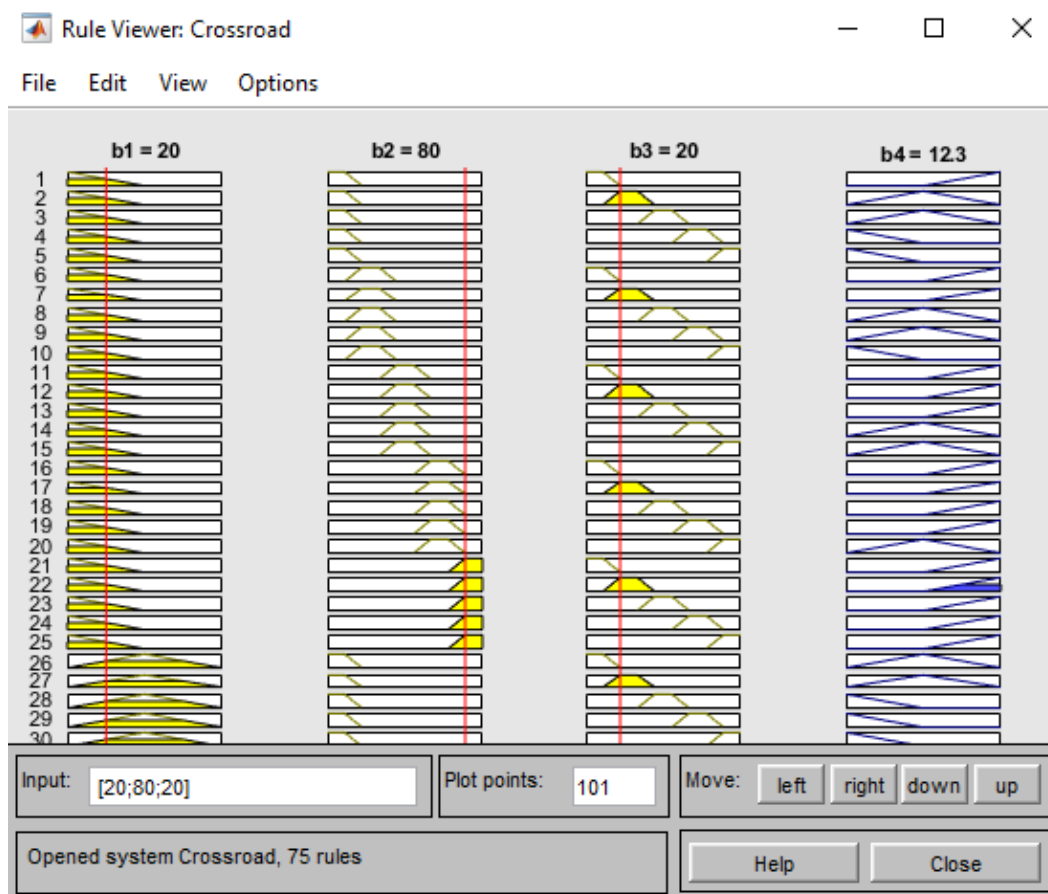


Рис. 3. Программа правил в графическом интерфейсе после выполнения работы некоего результата

Принцип работы светофора с нечеткой логикой: светофор собирает информацию о количестве автомобилей с помощью датчиков на северной и южной улицах. Он преобразует данные в нечеткий формат согласно заданному функционалу, а затем обрабатывает их в программе, значение изменения времени зеленого света дефазифицируется (то есть проводится в четкую форму) и отправляется на контроллер светофора. В соответствии с этим сигналом следующий зеленый цикл будет иметь другое время зеленого сигнала.

#### Список литературы / References

1. Гасников А.В., Кленов С.Л., Нурминский Е.А., Холодов Я.А., Шамрай Н.Б. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие. М.: МФТИ, 2010.
2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: пер. с англ. М.: Мир, 1978.
3. Martin McNeill F., Thro Ellen. Fuzzy Logic. A Practical Approach Boston: Academic Press, 1994.
4. Fuzzy logic model. [Электронный ресурс], 2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html/> (дата обращения: 01.04.2022).
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ. Петербург, 2005.
6. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.