Гавриленко Т.В., Антоненко О.Ю. Нечеткое моделирование восприятия рекламных щитов водителями транспортных средств // Национальная ассоциация учёных (НАУ) / Екатеринбург. [Электронный ресурс] - 2020. № 60. Часть 2. С. 23-27 (ISSN 2413-5291). Режим доступа: https://national-science.ru/nechetkoe-modelirovanie-vospriyatiya-reklamnyx-shhitov-voditelyami-transprotnyx-sedstv-23-27

НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОСПРИЯТИЯ РЕКЛАМНЫХ ЩИТОВ ВОДИТЕЛЯМИ ТРАНСПРОТНЫХ СЕДСТВ

Гавриленко Татьяна Валентиновна
канд. техн. наук, доцент
Сибирский федеральный университет
г. Красноярск
Антоненко Ольга Юрьевна
старший преподаватель
Сибирский федеральный университет
г. Красноярск

FUZZY MODELING OF BILLBOARD PERCEPTION BY VEHICLE DRIVERS

Gavrilenko Tatyana
Candidate of Science, associate professor
Siberian Federal University, Krasnoyarsk
Antonenko Olga
Senior teacher
Siberian Federal University, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

Восприятие водителями транспортных средств рекламных щитов, устанавливаемых на автомобильных дорогах, рассматривается в виде нечеткой системы. Она имеет два входных параметра, описываемых лингвистическими переменными «*Безопасность от наличия рекламных щитов в полосе отвода*» и «*Восприятие рекламной информации водителями*». Выходным параметром системы является ее состояние, характеризуемое лингвистической переменной «*Согласованность системы*». Для решения задачи используется теория нечетких множеств. Функции принадлежности строятся по данным обработки результатов анкетного опроса водителей. Приведен пример, иллюстрирующий применения нечетких правил.

ABSTRACT

The perception of vehicle drivers of billboards installed on highways is considered as a fuzzy system. It has two input parameters described by the linguistic variables «influence of billboards on traffic safety» and «perception of advertising information by drivers». The output parameter of the system is its state, characterized by the linguistic variable «system consistency». The fuzzy set theory is used to solve the problem. The functions of belonging to a fuzzy subset of system States are based on data from processing the results of a questionnaire survey of drivers. An example is given that illustrates the use of the mechanism of fuzzy inferences about various States of the system under study.

Ключевые слова: анкетный опрос, информационное пространство водителя, рекламные щиты на дорогах, теория нечетких множеств, лингвистические переменные, функции принадлежности

Keywords: questionnaire survey, driver information space, billboards on roads, fuzzy set theory, linguistic variables, membership functions

В процессе движения по автомобильной дороге водитель находится в насыщенном информационном пространстве, и чтобы обеспечить безопасное движение своего автотранспортного средства, он должен принять и переработать большое количество сигналов, поступающих из окружающего пространства. Но так как по данным психологов человек способен воспринять и переработать не более 16 событий в секунду [5], то водитель реально воспринимает ограниченное множество сигналов, которое находит отражение у него и превращается во множество субъективных впечатлений. Это множество впечатлений называется сенсорным пространством или пространством впечатлений [1].

В условиях рыночной экономики информационное придорожное пространство дополнительно насыщается зрительными сигналами от рекламных щитов, устанавливаемых на дорогах, тем самым еще более загружая сенсорное пространство водителя. Перенасыщенность полосы отвода носителями информации приводит к тому, что водитель может не заметить дорожный знак или светофор, поэтому проблеме влияния придорожной рекламы на безопасность движения уделяется большое внимание. В специальном нормативном документе ГОСТ Р 52044-2003 разработаны требования к размещению рекламных конструкций [4]. В нем введено понятие коридора безопасности, в пределах которого запрещается устанавливать носители рекламной информации. Параметры коридора безопасности определяются из условия обеспечения видимости дорожных знаков и

светофоров при движении автомобиля с расчетной скоростью, то есть чтобы рекламные конструкции не загораживали технические средства обеспечения безопасности движения. Однако факторы, связанные с информационной насыщенностью придорожного пространства, в нормативном документе не учитываются.

Исследование влияния наружной рекламы на восприятие дорожной обстановки проведено в работе [8]. В ней представлены факты негативного воздействия средств рекламы на участников дорожного движения, а также изложены результаты эксперимента, «целью которого являлось определение влияния мест установки рекламных конструкций на расстояние первичного распознавания технических средств организации движения».

В статье [6] описаны исследования влияния рекламы на безопасность движения в городе. Анкетный опрос жителей г. Кореновска показал в целом их нейтральное отношение к рекламе на улицах.

Оценка восприятия водителями информационного пространства с точки зрения безопасности была проведена путем опроса участников движения в [1]. В специально разработанной анкете водителям предлагалось просто отметить факторы, которые, в первую очередь, привлекают их внимание во время движения по дороге, т. е. являются значимыми. В списке из 10 факторов упоминались и рекламные щиты. По результатам обработки ответов рекламные щиты находятся в середине списка факторов, привлекающих внимание водителя.

В новом анкетировании водителям уже предлагалось самим проранжировать факторы, на которые они обращают внимание при управлении транспортным средством [2]. В итоге, фактор «Рекламные щиты» в двух опросах оказался на 9 и 10 месте. Вместе с тем, основная задача рекламных щитов заключается как раз в том, чтобы привлечь внимание водителя, заинтересовать его рекламируемой продукцией.

Таким образом, возникает задача, в которой необходимо эффективно «разделить внимание водителей» так, чтобы дополнительные сигналы от рекламы, размещаемой в придорожном пространстве, не снижали безопасность движения, но и воспринимались водителями с целью возможного потребления рекламируемых товаров и услуг. К ее решению может быть применена теория нечетких множеств, позволяющая наилучшим образом структурировать все то, что разделено не очень точными границами (мысль, язык и восприятие у людей). В ней учитывается возможность постепенного перехода от принадлежности к непринадлежности элемента к множеству [7, 9]. Тогда данную задачу можно рассматривать в виде нечеткой системы, увязывающей

влияние рекламы на безопасность движения и эффективность потребления (восприятия) рекламной продукции водителями. Система должна обеспечить согласованность этих двух факторов.

За основу возьмем систему с двумя нечеткими входными параметрами и одним нечетким выходным параметром [9, с. 223]. Входные параметры *x* и *y*, описываются двумя лингвистическими переменными: «*Безопасность от наличия рекламных щитов в полосе отвода*» и «*Восприятие рекламной информации водителями*». Выходным параметром системы является ее состояние *z*, описываемое лингвистической переменной «*Согласованность системы*».

Диапазон влияния рекламных щитов на безопасность движения представляет собой некое нечеткое множество *X*, которое определяется как совокупность упорядоченных пар вида $<x, \mu_X>$. Для каждого элемента $x \in X$ степень μ_X его принадлежности множеству *X* описывается функцией принадлежности $\mu_X(x)$. Она ставит в соответствие каждому значению *x* заданной переменной некоторое число из интервала [0, 1]:

$$\mu_X(x): X \to [0, 1], \forall x \in X. \quad \textbf{(1)}$$

Функция принадлежности показывает, в какой степени объект обладает выбранным свойством *x*. Если $\mu_X(x) = 1$, то элемент *x* однозначно принадлежит нечеткому множеству *X*, если $\mu_X(x) = 0$, то элемент *x* однозначно не принадлежит нечеткому множеству *X*.

Лингвистическая переменная *«Безопасность от наличия рекламных щитов в полосе отвода»* в самой простой постановке задачи имеет два значения: «*высокая*» и «*низкая*», которым соответствуют два нечетких подмножества состояний сенсорного пространства водителя. Нечеткое подмножество X_L соответствует состоянию, когда безопасность высокая (Large или *L*). Нечеткое подмножество X_S – безопасность низкая (Small или *S*). Эти два подмножества дополняют друг друга, т. е. для них выполняется условие разбиения единицы:

$$\mu_{X_L}(x) + \mu_{X_S}(x) = 1, \quad \forall x \in X \quad , \quad \textbf{(2)}$$

где $\mu_{X_L}(x)$ и $\mu_{X_S}(x)$ – соответственно функции принадлежности к подмножествам X_L и X_S.

Функция принадлежности $\mu_{X_L}(x) = 1 - e^{-0,0432x^2}$ была получена в работе [3] на основе обработки результатов анкетирования водителей. По 10 балльной

шкале водители должны были оценить степень влияния рекламных щитов на безопасность движения, поэтому областью определения переменной x является интервал [0, 10]. В соответствии с условием (2) $\mu_{X_S}(x) = e^{-0,0432x^2}$. Графики функций приведены на рис. 1.

Лингвистическая переменная *«Восприятие рекламной информации водителями»* также имеет два значения: «*значительное*» и «*незначительное*», которым соответствуют два нечетких подмножества множества состояний сенсорного пространства водителя Y.

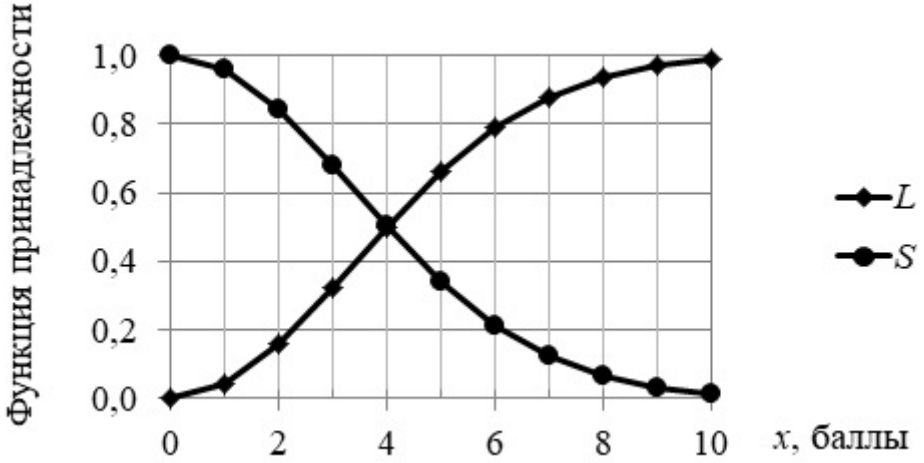

Рисунок 1. Функции принадлежности; L – $\mu_{X_L}(x)$*; S –* $\mu_{X_S}(x)$

Нечеткое подмножество Y_L соответствует состоянию, когда эффект от установки рекламы значительный (Large или L). Нечеткое подмножество Y_S – незначительный (Small или S). Здесь также выполняется правило разбиения единицы:

$$\mu_{Y_L}(y) + \mu_{Y_S}(y) = 1, \quad \forall y \in Y \quad , \qquad \textbf{(3)}$$

где $\mu_{Y_L}(y)$ и $\mu_{Y_S}(y)$ соответственно функции принадлежности к подмножествам Y_L и Y_S. Переменная y принимает значения также из интервала [0, 10].

По эффективности использования рекламных щитов на автомобильных дорогах выводы экспертов расходятся. Одни специалисты придерживаются мнения, что рекламные щиты на дорогах очень эффективны, т. к. их видит большое количество участников движения. Другие считают, что они наоборот малоэффективны, потому что, проезжая с большой скоростью, водитель не успевает зафиксировать информацию и не выделяет рекламные щиты из общего потока информационного шума. В силу этих противоположных мнений

логично функции принадлежности считать линейными, вид которых приведен на рис. 2. Функции выражаются математическими зависимостями:

$$\mu_{Y_L}(y) = 0{,}1y \text{ и } \mu_{Y_S}(y) = 1 - 0{,}1y.$$

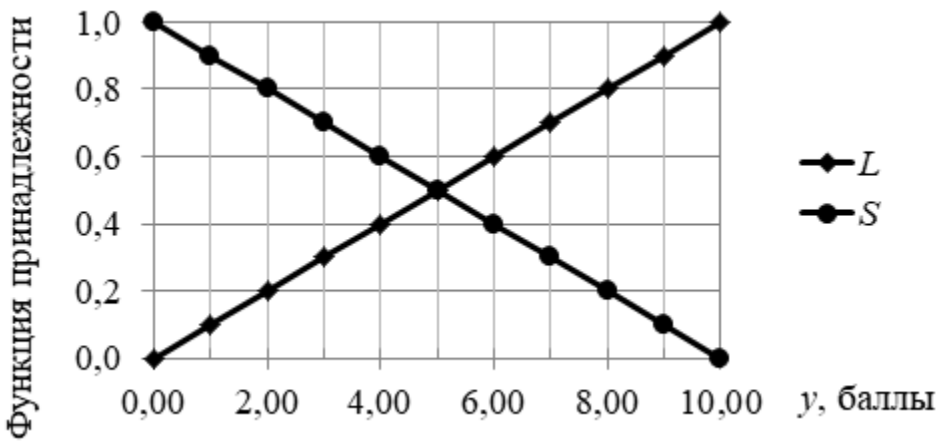

Рисунок 2. Функции принадлежности; L – $\mu_{Y_L}(y)$*; S –* $\mu_{Y_S}(y)$

Лингвистическая переменная *«Согласованность системы»* имеет три значения: «*малая*», «*средняя*» и «*большая*», которым соответствуют три нечетких подмножества множества *Z*: Z_S – нечеткое подмножество состояний системы, при котором ее согласованность малая (Small или *S*), Z_M – средняя (Middle или *M*) и Z_L – большая (Large или *L*). Для них выполняется правило:

$$\mu_{Z_S}(z) + \mu_{Z_M}(z) + \mu_{Z_L}(z) = 1, \quad \forall z \in Z \quad , \qquad \textbf{(4)}$$

В рассматриваемой нечеткой модели задана система правил [7] с логическими операторами «И» и «ИЛИ»:

R_1: ЕСЛИ ($x \in X_S$) И ($y \in Y_S$) ТО ($z \in Z_S$),

R_2: ЕСЛИ ($x \in X_L$) И ($y \in Y_L$) ТО ($z \in Z_L$),

R_3: ЕСЛИ (($x \in X_S$) И ($y \in Y_L$)) ИЛИ (($x \in X_L$) И ($y \in Y_S$)) ТО ($z \in Z_M$).

Логическому оператору «И» соответствует пересечение двух нечетких множеств и функция принадлежности пересечению [9]

$$\mu_{X \cap Y} = \min(\mu_X(x); \mu_Y(y)). \qquad (4)$$

Логическому оператору «ИЛИ» соответствует объединение двух нечетких множеств и функция принадлежности к нему

$$\mu_{X \cup Y} = \max(\mu_X(x); \mu_Y(y)). \qquad (5)$$

Рассмотрим реализацию этих правил на примере. Пусть эксперт оценил безопасность от наличия рекламных щитов в полосе отвода в 3 балла, а

восприятие рекламной информации на 6 баллов. Оценим степень принадлежности к нечетким подмножествам, описываемыми соответствующими лингвистическими переменными.

При $x = 3$ функция принадлежности $\mu_{X_S}(3) = e^{-0,0432 \cdot 3^2} = 0,68$. Следовательно, для лингвистической переменной «*Безопасность от наличия рекламных щитов в полосе отвода*» степень принадлежности к нечеткому множеству X_S (*низкая*) составляет 0,68. Функция принадлежности $\mu_{X_L}(3) = 1 - e^{-0,0432 \cdot 3^2} = 0,32$. Тогда степень принадлежности к нечеткому множеству X_L (*высокая*) равна 0,32.

При $y = 6$ функция принадлежности $\mu_{Y_S}(6) = 1 - 0,1 \cdot 6 = 0,4$. Следовательно, для лингвистической переменной *«Восприятие рекламной информации водителями»* степень принадлежности к нечеткому множеству Y_S (*незначительное*) равна 0,4. Функция принадлежности $\mu_{Y_L}(6) = 0,1 \cdot 6 = 0,6$, поэтому степень принадлежности к нечеткому множеству Y_L (*значительное*) равна 0,6.

Правило R_1 гласит, что если безопасность от влияния рекламы низкая и восприятие рекламы незначительное, то согласованность системы малая. Так как в правиле используется логической оператор «И», то степень принадлежности пересечению двух нечетких множеств оценим по формуле (4)

$$\mu_{X_S \cap Y_S} = \min(\mu_{X_S}(x); \mu_{Y_S}(y)) = \min(0,68; 0,4) = 0,4.$$

Таким образом, степень принадлежности к нечеткому подмножеству, описываемым термом «*Согласованность системы малая*» равна 0,4.

Определим аналогичным образом степень принадлежности по правилу R_2.

$$\mu_{X_L \cap Y_L} = \min(\mu_{X_L}(x); \mu_{Y_L}(y)) = \min(0,32; 0,6) = 0,32.$$

Это означает, что степень принадлежности к нечеткому подмножеству, описываемому термом «*Согласованность системы большая*» равна 0,32.

Наконец, определим степень принадлежности множеству «*Согласованность системы*» по правилу R_3.

Функция принадлежности к подмножеству, описываемому термом «*Согласованность системы средняя*» определится по правилу:

$$\mu_{(X_S \cap Y_L) \cup (X_L \cap Y_S)} = \max\left(\left(\min\left(\mu_{X_S}(3); \mu_{Y_L}(6)\right)\right); \left(\min\left(\mu_{X_L}(3); \mu_{Y_S}(6)\right)\right)\right).$$

Степень принадлежности к пересечению подмножеств $X_S \cap Y_L$ оценим с помощью функции $\mu_{X_S \cap Y_L} = \min(\mu_{X_S}(3); \mu_{Y_L}(6)) = \min(0,68; 0,6) = 0,6$.

Степень принадлежности к пересечению подмножеств $X_L \cap Y_S$ вычислим по функции принадлежности $\mu_{X_L \cap Y_S} = \min(\mu_{X_L}(3); \mu_{Y_S}(6)) = \min(0,32; 0,4) = 0,32$. Функция принадлежности $\mu_{(X_S \cap Y_L) \cup (X_L \cap Y_S)} = \max(0,6; 0,32) = 0,6$. Тогда степень принадлежности к пересечению подмножеств $(X_S \cap Y_L) \cup (X_L \cap Y_S)$ равна 0,6.

Сравнивая полученные значения степени принадлежности к различным подмножествам состояний системы (0,4; 0,32 и 0,6), можно сделать вывод, что при значениях $x = 3$ и $y = 6$ система в большей степени принадлежит состоянию средней согласованности (со степенью 0,6).

По результатам работы можно сделать следующие выводы.

1. Для оценки взаимодействия влияния рекламы на безопасность движения и эффективность использования рекламных щитов может быть применена теория нечетких множеств.

2. Применение правил над нечеткими множествами позволяет построить классификатор состояний информационного пространства водителя, влияющих как на безопасность водителя, так и на эффективность использования рекламных щитов на автомобильных дорогах.

Литература:

1. Антоненко, О. Ю. Влияние информационного поля водителя на риск попадания в дорожно-транспортное происшествие /О. Ю. Антоненко // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН, 2005. – № 8. – С. 94.

2. Антоненко, О. Ю. Учет информационного пространства водителя в обеспечении безопасности движения по карьерным дорогам / О. Ю. Антоненко // Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф: труды VIII Всероссийской конф. – Кемерово: Инс-т угля и углехимии СО РАН, 2005. – С. 70-76.

3. Гавриленко, Т. В. Экспертная оценка восприятия рекламных щитов в придорожном пространстве с использованием теории нечетких множеств // Т. В. Гавриленко, О. Ю. Антоненко // Материалы Всероссийской конф. «IV Всесибирский конгресс женщин-математиков». Приложение к журналу «Открытое образование». – 2006. – С. 23-30.

4. ГОСТ Р 52044-2003 Наружная реклама на автомобильных дорогах и территориях городских и сельских поселений. Общие технические требования к средствам наружной рекламы. Правила размещения. – М.: Стандартинформ, 2009.

5. Залуга, В. П. Знаки и указатели на автомобильных дорогах /В. П. Залуга, С. К. Кашкин. – М.: Транспорт, 1974. – 128с.

6. Коновалова, Т. В. К вопросу влияния наружной рекламы на безопасность дорожного движения / Т. В. Коновалова, Е. Л. Крупина // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2015. – № 2. – С. 110-111.

7. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат; пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.

8. Паршутина, М. В. Влияние наружной рекламы на восприятие водителем дорожной обстановки / М. В. Паршутина, С. В. Жанказиев // Автоматизация и управление в технических системах. – 2015. – № 3(15). – С. 125-131.

9. Семенова, Д. В. Нечеткие множества: теория и практика: учебное пособие / Д. В. Семенова; Федеральное агентство по образованию, Красноярский гос. ун-т. – Красноярск : Красноярский гос. ун-т, 2006. – 245 с.