

УДК 502.5 : 519.816

Б. Х. Санжапов, А. А. Мурадов, Р. Б. Санжапов

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА

Рассматриваются принципы формирования механизма поддержки принятия решений для оценки воздействия автотранспорта на городскую среду. Предложена схема формализации исходной качественной информации при использовании теории нечетких множеств. Нечеткий логический вывод производится по методу Сугено. Показана целесообразность использования предложенных процедур при управлении экологической безопасностью урбанизированных территорий.

Ключевые слова: экологическая безопасность, автотранспорт, нечеткие множества, экспертные оценки, нечеткий логический вывод.

The formation of principles of decision-making support for an assessment of impact of transport on urban environment is considered in the article. The scheme for the formalization of the original quality of the information using fuzzy set theory is represented. Fuzzy logical conclusion is made by Sugeno's method. Expediency of the proposed procedures at management of environmental safety of the urbanized territories is proved.

Key words: environmental safety, motor transport, fuzzy sets, expert estimates, fuzzy logical conclusion.

Основным источником акустического и атмосферного загрязнения территории является автомобильный транспорт. Из загрязняющих атмосферу веществ, образующихся при сгорании топлива, в статье рассматривается оксид углерода (угарный газ) — СО, а также исследуется шумовое загрязнение городской среды. Предлагаемая модель позволяет изучить распространение таких загрязняющих веществ, как углекислый газ, углеводороды, оксиды азота и др. Количество загрязняющих веществ не является ограничительным фактором при использовании предложенного подхода для анализа экологической ситуации на прилегающих к дороге территориях. Поэтому работоспособность метода иллюстрируется при выбранных показателях.

В настоящее время принятая система проектирования развития и эксплуатации урбанизированных территорий основывается на информации, носящей качественный характер и задаваемой в виде экспертных оценок.

Экспертные оценки отражают субъективное мнение специалистов в данной предметной области. Они задаются как в количественном, так и в качественном виде. Поэтому при реализации последнего случая возникают трудности с количественной интерпретацией полученных качественных результатов для их использования в системах принятия решений. В связи с этим необходима разработка информационной поддержки принимаемых решений на основе использования методов обработки информации и компьютерных технологий.

Таким образом, решаемая проблема состоит в разработке и развитии моделей и методов обработки нечеткой информации в процессе проведения экологической экспертизы, а также мероприятий при анализе экологической безопасности в прилегающих к автомобильной дороге районах.

Шумовое загрязнение оценивается по следующим показателям: уровню звука, громкости, вибрации и звуковому давлению. Для агрегирования исходных значений параметров шумового загрязнения в соответствии с ГОСТ 20444—85 и СНиП 23-03—2003 использовался эквивалентный уровень звука, дБА [1, 2]:

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg Q + 13,3 \lg V + 4 \lg(1 + \rho) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2} + 15,$$

где Q — интенсивность движения в двух направлениях, авт./ч; V — средняя скорость потока, км/ч; ρ — доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, %; ΔL_{A1} — поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы или дороги, дБА (при асфальтобетонном покрытии $\Delta L_{A1} = 0$); ΔL_{A2} — поправка, учитывающая продольный уклон улицы или дороги, дБА.

В дальнейшем используются следующие обозначения численных показателей транспортно потока: x_1 — интенсивность движения транспортного потока, авт./ч; x_2 — средневзвешенная скорость транспортного потока, км/ч; x_3 — доли общественного и грузового транспорта, %.

В работе принято, что на основании СНиП 23-03—2003 «Защита от шума» при оценке акустической обстановки допустимый уровень шума в сложившейся застройке в дневное время не должен превышать 60 дБА, а в проектируемых районах — 55 дБА.

Для оценки экологической нагрузки на прилегающие к автодороге территории используются численные показатели: y_1 — превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) оксида углерода на бордюре проезжей части автодороги — 5,0 мг/м³ (разы); y_2 — превышение эквивалентного уровня шума над допустимым значением $L_{\text{доп}}$, принятым для сложившихся застроек в дневное время на уровне 60 дБА, а в проектируемых районах — 55 дБА. Следует заметить, что среднесуточная норма содержания оксида углерода при этом составляет 3,0 мг/м³.

База знаний, описывающая характеристики, обычно задается словесно: например, если скорость потока средняя, то шумовое воздействие допустимое, или если интенсивность движения невысокая, то превышение оксида углерода отсутствует. Следует заметить, что база знаний создается для каждого фактора, характеризующего экологическое состояние городской территории (у нас это оксид углерода и шумовое загрязнение).

Таким образом, будем считать, что качественные показатели транспортного потока (X_1 — интенсивность движения, X_2 — средневзвешенная скорость транспортного потока, X_3 — процент грузового и общественного транспорта) являются лингвистическими переменными с соответствующими термножествами $T_1 = \{\text{незначительная, низкая, средняя, высокая, очень высокая}\}$, $T_2 = \{\text{низкая, средняя, высокая, очень высокая}\}$, $T_3 = \{\text{низкий, средний, высокий}\}$.

Экологическую безопасность придорожной территории характеризуют лингвистические переменные Y_1 — превышение ПДК оксида углерода установленной нормы (разы), Y_2 — превышение допустимого уровня шумового загрязнения над допустимым значением. Терм множества этих лингвистических переменных $T_{\text{CO}} = \{\text{отсутствует, незначительное, среднее, высокое, недопустимое}\}$, $T_{\text{акуст}} = \{\text{отсутствует, незначительное, существенное, опасное}\}$.

Общая схема нечеткого логического вывода приведена на рис. 1.



Рис. 1. Нечеткий логический вывод: X — входной четкий вектор; \tilde{X} — вектор нечетких множеств, соответствующий входному вектору X ; \tilde{Y} — результат нечеткого вывода в виде нечетких множеств; Y — выходной четкий вектор.

Нечеткий логический вывод по алгоритму Сугено осуществляется по нечеткой базе знаний, которая записывается в виде следующих продукционных правил [3]:

ЕСЛИ $(x_1 = a_{1,j_1})$ И $(x_2 = a_{2,j_1})$ И...И $(x_n = a_{n,j_1})$ с весом w_{j_1} ,

ИЛИ $(x_1 = a_{1,j_2})$ И $(x_2 = a_{2,j_2})$ И...И $(x_n = a_{n,j_2})$ с весом w_{j_2} ,

...

ИЛИ $(x_1 = a_{1,k_j})$ И $(x_2 = a_{2,k_j})$ И...И $(x_n = a_{n,k_j})$ с весом w_{k_j} ,

ТО $y_j = b_{j,0} + b_{j,1} \cdot x_{j,1} + b_{j,2} \cdot x_{j,2} + \dots + b_{j,n} \cdot x_{j,n}; j = \overline{1, m}$,

где x_i — численные значения входных переменных, $i = \overline{1, n}$; a_{ij_p} ($p = \overline{1, k_j}$) — значения нечеткого термина в строке p из соответствующего терм-множества для правила j ($j = \overline{1, m}$); w_{ji} — вес предпосылки в правиле j , $l = \overline{1, k_j}$, принимающий значение из отрезка $[0, 1]$; k_j — количество предпосылок в правиле с номером j ; m — количество термов-значений выходной переменной y (в нашем случае $m = 5$ для Y_1 и $m = 4$ для Y_2).

Введем следующие обозначения: $\mu_{ij_p}(x_i)$ — функция принадлежности значения x_i нечеткому терму a_{ij_p} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, $p = \overline{1, k_j}$, тогда нечеткое множество запишется как

$$a_{i,j_p} = \int_0^{x_i^+} \mu_{ij_p}(x_i) / x_i; x_i \in [0, x_i^+],$$

где x_i^+ — максимальное возможное численное значение переменной x_i .

Степень истинности условий для каждого правила системы нечеткого вывода определяется как произведение значений истинности каждого из под-условий, входящих в это правило. В результате применения правил получим

набор нечетких множеств, объединив которые определим функции принадлежности выходных переменных. В качестве процедуры дефазификации используется метод центра тяжести. Проектирование и реализация системы нечеткого вывода осуществлялась в системе Fuzzy Logic Toolbox (пакет расширения MATLAB) [4]. Вывод осуществлялся при использовании метода Сугено [5].

Степень принадлежности измеренного вектора значений $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ значениям y_j вычисляется следующим образом:

$$\mu_{y_j}(X^*) = \bigvee_{p=1, k_j} w_{jp} \bigwedge_{i=1, n} [\mu_{ij_p}]; \quad j = \overline{1, m},$$

где \bigvee и \bigwedge являются операциями из s -нормы и t -нормы, которые здесь используются как вероятностное «ИЛИ» и произведение соответственно.

В результате вычислений получим нечеткое множество

$$\tilde{Y} = \frac{\mu_{y_1}(X^*)}{y_1} + \frac{\mu_{y_2}(X^*)}{y_2} + \dots + \frac{\mu_{y_m}(X^*)}{y_m}.$$

Для принятия решений по обеспечению экологической безопасности необходимо вычислить четкое значение y , которое соответствует состоянию (вектору входных параметров) X^* . Для этого будем вычислять дефазификацию по методу центра тяжести:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m \mu_{y_j}(x^*) y_j}{\sum_{j=1}^m \mu_{y_j}(x^*)}.$$

Для построения функций принадлежности нечетких множеств использовались гауссовские и сигмоидные функции.

Применение пакета расширения MATLAB позволяет использовать накопленный статистический материал, на основе которого можно произвести настройку модели. Фактический материал содержит более 80 измерений содержания оксида углерода и шумового загрязнения прилегающих к автодороге участков. Полученные значения показателей в результате использования модели показали адекватность предложенного подхода для оценки экологической безопасности эксплуатации существующих автодорог и проектирования новых. Как следствие, полученные результаты позволяют определить безопасное с экологической точки зрения расстояние от бордюра, а также оценить площадь зоны дискомфорта, прилегающей к автодороге.

Результаты расчетов по предложенной методике могут являться входными данными в методах, оценивающих экологическую безопасность городской среды [4, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 20444—85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. М. : Госстрой СССР, 1985.
2. СНиП 23-03—2003. Защита от шума. М. : Госстрой РФ, 2004.
3. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс]. URL: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php> (дата обращения: 10.09.2013).

4. Санжапов Б. Х., Копылов А. В., Копылов Д. А. Классификация методов оценки инновационного потенциала предприятия [Электронный ресурс] // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строит. информатика. 2012. Вып. 7(21). URL: www.vestnik.vgasu.ru (дата обращения : 10.09.2013).

5. Санжапов Б. Х., Черемушкин О. А. Оценка степени воздействия объектов стройиндустрии на окружающую среду в условиях нечеткой информации [Электронный ресурс] // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строит. информатика. 2012. Вып. 8(24). URL: www.vestnik.vgasu.ru (дата обращения : 10.09.2013).

1. GOST 20444—85. Shum. Transportnye potoki. Metody izmereniya shumovoy kharakteristiki. M. : Gosstroy SSSR, 1985.

2. SNiP 23-03—2003. Zashchita ot shuma. M. : Gosstroy RF, 2004.

3. Shtovba S. D. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku [Elektronnyy resurs]. URL: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php> (data obrashcheniya : 10.09.2013).

4. Sanzhapov B. Kh., Kopylov A. V., Kopylov D. A. Klassifikatsiya metodov otsenki innovatsionnogo potentsiala predpriyatiya [Elektronnyy resurs] // Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Stroit. informatika. 2012. Vyp. 7(21). URL: www.vestnik.vgasu.ru (data obrashcheniya : 10.09.2013).

5. Sanzhapov B. Kh., Cheremushkin O. A. Otsenka stepeni vozdeystviya ob"ektov stroyindustrii na okruzhayushchuyu sredyu v usloviyakh nechetkoy informatsii [Elektronnyy resurs] // Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Stroit. informatika. 2012. Vyp. 8(24). URL: www.vestnik.vgasu.ru (data obrashcheniya : 10.09.2013).

© Санжапов Б. Х., Мурадов А. А., Санжапов Р. Б., 2013

Поступила в редакцию
в сентябре 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Санжапов Б. Х., Мурадов А. А., Санжапов Р. Б. Оценка экологической безопасности автотранспортной системы города // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 2(27). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/SanzhapovMuradovSanzhapov-2013_2\(27\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/SanzhapovMuradovSanzhapov-2013_2(27).pdf)