

УДК 504.064:51.37

**Б. Х. Санжапов, О. А. Черемушкин**

## **ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ СТРОЙИНДУСТРИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Предлагается метод анализа функционирования строительного предприятия с точки зрения его негативного влияния на качество атмосферного воздуха. Для моделирования неопределенной информации используется аппарат теории нечетких множеств. Программная реализация осуществлена в среде MatLab при использовании нечеткого вывода Сугено. Ранжирование объектов в системе по степени важности производится при использовании метода, основанного на построении оптимальной нечеткой обратимой квазисерии. Практическая реализация предложенного подхода позволит без участия экспертов определить агрегированную оценку степени воздействия строительного предприятия на окружающую среду.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** экологическая безопасность, система нечеткого вывода, нейронная сеть, нечеткая обратимая квазисерия.

The method of analysis of the operation of a building enterprise in terms of its negative impact on air quality is given in the article. To model fuzzy information the apparatus of fuzzy sets is used. Software is implemented in MatLab using Sugeno fuzzy inference. Ranking of the objects in order of importance is carried out using the method based on the creation of an optimal fuzzy reversible quasiseries. The practical implementation of the proposed approach will allow determine the aggregated assessment of the impact of a construction enterprise on the environment without participation of experts.

**К е у w o r d s:** environmental security, fuzzy inference system, neural network, fuzzy reversible quasiseries.

Действующая сегодня система нормирования негативного воздействия основана на предельно допустимых концентрациях загрязняющих веществ в воздухе и воде. Ее основные недостатки в том, что, с одной стороны, она предъявляет избыточно жесткие требования (нормируются более 2000 загрязняющих веществ), с другой стороны, субъективное решение чиновника позволяет устанавливать любой лимит. Такая конструкция законодательства приводит к тому, что практически все крупные промышленные предприятия десятилетиями превышают установленные нормативы, отчисляя в бюджет незначительные суммы в качестве платы за негативное воздействие, и не имеют никаких стимулов к модернизации. Поэтому необходимо внедрение улучшенного методологического подхода для расчета категории предприятия по степени влияния на окружающую среду (далее категории) для исключения субъективного решения.

При определении категории необходимо оценить степень воздействия на атмосферный воздух выбросов предприятием конкретных загрязняющих веществ (ЗВ). Такая оценка производится на основании результатов расчетов значений концентраций ЗВ, формируемых выбросами предприятия, по данным инвентаризации о параметрах выбросов ЗВ и их источников. При разработке метода определения категории необходимо анализировать экспертную информацию о характере ЗВ и их влияния на атмосферный воздух. Поэтому одной из важных задач при этом является проблема обработки экспертной информации. Также данные могут быть в виде лингвистических переменных, а не конкретных значений, что лишает возможности использования точных подходов для составления методологии определения категории предприятий.

Применение теории нечетких множеств в различных проблемах принятия решений во многих случаях связано с использованием нечетких отношений. Являясь обобщением обычных отношений, они позволяют формализовать нечеткую информацию о связях между объектами и тем самым уменьшить возможные ошибки, связанные с потерей или чрезмерным огрублением исходных данных. Один из подходов к использованию нечетких отношений для классификации и упорядочения объектов состоит в аппроксимации исходного отношения (как правило, достаточно общего вида) нечеткими или четкими отношениями специального вида. Решение поставленной задачи основывается на теоретических разработках [1, 2, 3].

Расчеты, проводимые при решении данной задачи, очень трудоемки, и поэтому целесообразно использовать современные информационные технологии и программные средства. В связи с этим был усовершенствован алгоритм аппроксимации нечетких отношений нечеткими обратимыми квазисериями для нахождения важности критериев. Алгоритм реализован с помощью языка программирования C+ и системы MatLab Fuzzy Logic Toolbox систем типа Сугэно.

Предлагается следующее ранжирование предприятий по 5 категориям оценки воздействия на атмосферный воздух, в случае определения категории предприятия такая оценка выполняется относительно мер государственного регулирования и разработки природоохранных мероприятий.

Для предприятий 5-й категории степень негативного воздействия их выбросов на атмосферный воздух не превышает 10 % от величины используемых критериев качества атмосферного воздуха. В отношении таких объектов, оказывающих минимальное воздействие на окружающую среду, предполагается не применять меры государственного регулирования.

К четвертой категории относятся предприятия, выбросы которых не создают условий для нарушения стандартов качества атмосферного воздуха в селитебных зонах. Для таких предприятий необходимо проведение расчетов загрязнения атмосферы, но не требуется разработка природоохранных мероприятий, и нормативы ПДВ могут устанавливаться на уровне существующих выбросов.

Выбросы предприятий 3-й категории в отдельные периоды времени могут создавать зоны повышенного загрязнения в районах жилой застройки, однако их вклад в среднегодовое загрязнение не превышает допустимого. Для таких предприятий необходима разработка мероприятий по снижению негативного воздействия на атмосферный воздух максимальных разовых выбросов.

Ко 2-й категории относятся предприятия, выбросы которых создают особенно значимую нагрузку на атмосферный воздух в районе их расположения, для снижения которой необходимо проведение комплекса мероприятий по сокращению максимальных разовых и валовых выбросов ЗВ. В зонах загрязнения, созданных выбросами таких предприятий, концентрации могут в несколько раз превышать оптимальные параметры качества атмосферного воздуха. Также необходим тщательный контроль за выбросами ЗВ.

К 1-й категории относятся предприятия, выбросы которых наносят непоправимый вред экологии на месте их расположения. Необходимо проведение неотложного комплекса мероприятий по сокращению как максимальных разовых, так и валовых выбросов ЗВ. В зонах загрязнения необходимо проведение мероприятий по ликвидации последствий загрязнения.

Составим универсальное множество для примерных среднесуточных показателей каждого элемента относительно ПДК, опираясь на данные работы [4]:

аммиак {0; 0,02; 0,04; около 0,06; 0,08}, азот двуокись {0,01; 0,04; 0,085; 0,1; 0,15}, нафталиндион {0; 0,0015; 0,003; 0,0035; 0,005}, ангидрид фосфорный {0,01; 0,03; приблизительно 0,05; 0,07; 0,09}, дихлордифторметан {1; 6; 8,10; 12; 15}.

В системе MatLab, в fis-редакторе Fuzzy Logic Toolbox системы типа Сугэно зададим пять входных переменных с именами «аммиак», «азот двуокись», «нафталиндион», «ангидрид фосфорный», «дихлордифторметан» и зададим им функции принадлежности. Для лингвистической оценки этих переменных будем использовать 5 термов с гауссовской функции принадлежности: Значительно меньше ПДК; Меньше ПДК; ПДК; Больше ПДК; Значительно больше ПДК. Интервалы и функции задаются относительно универсальных множеств (рис. 1).

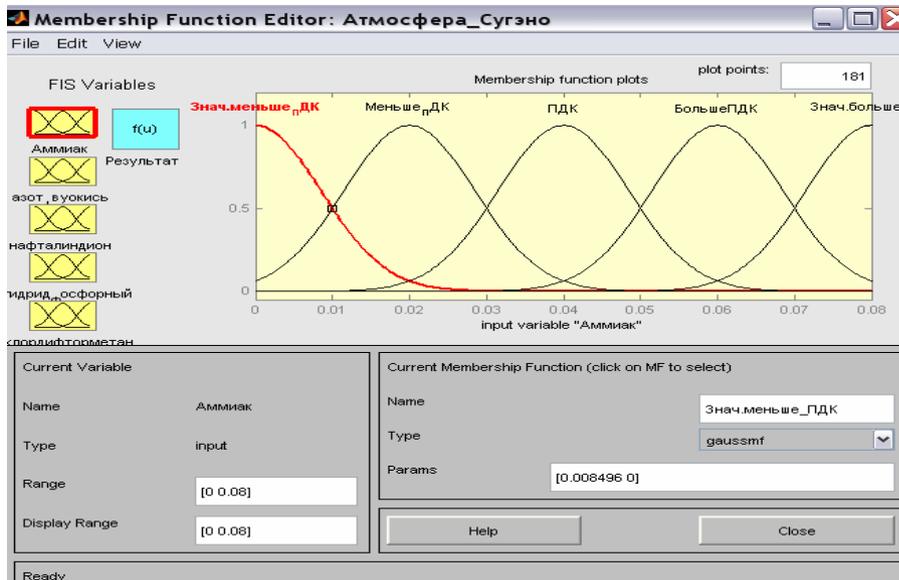


Рис. 1

На выходе задаем также 5 термов (рис. 2).

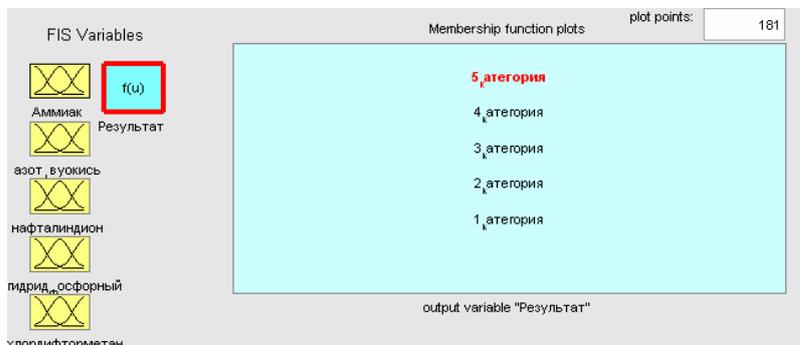


Рис. 2

Далее необходимо задать правила относительно превосходства одних элементов над другими. Для этого необходимо решить задачу упорядочивания объектов. Эта задача решается в нечетком виде путем построения нечеткой обратимой квазисерии, близкой к исходному нечеткому отношению.

Данный программный продукт используется для классификации и упорядочения объектов [5]. Объектами являются ЗВ.

Задаем квадратную матрицу с размерностью 5, объекты которой являются отношением степени вредности ЗВ относительно друг друга, которые задаются при помощи экспертной информации.

Рассмотрим задачу упорядочения объектов  $X = \{1, 2, \dots, 5\}$ , в которой НО  $A$  имеет вид:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0,5 & 0,7 & 0,4 \\ 0,3 & 1 & 0,9 & 0,3 & 0,6 \\ 0,4 & 0,1 & 1 & 0,7 & 0,4 \\ 0,6 & 0,7 & 0,4 & 1 & 0,4 \\ 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,5 & 1 \end{bmatrix}$$

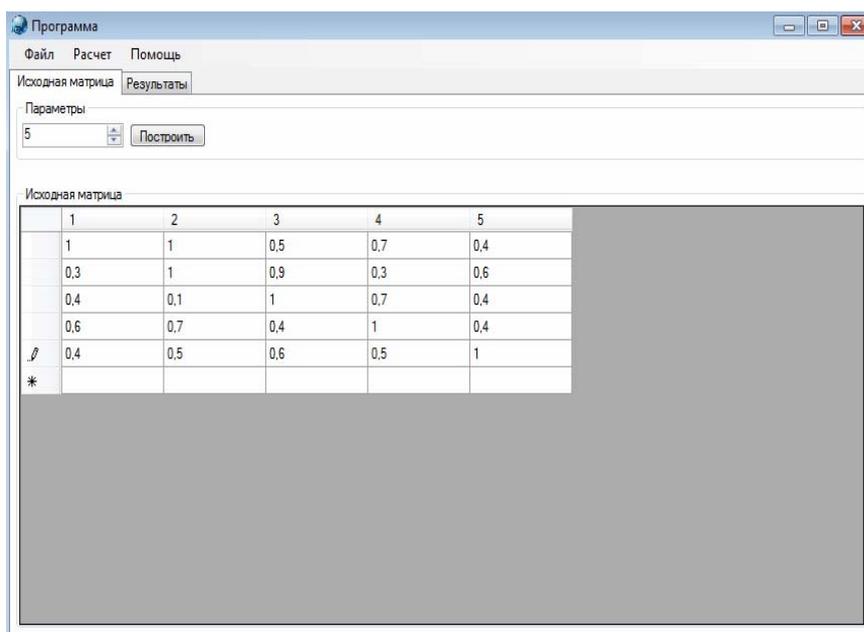


Рис. 3. Главная страница программы

В результате получаем следующие классы эквивалентных объектов и их упорядочение:  $\{1, 5\} > \{2, 4\} > \{3\}$ . Преимущество эквивалентных между собой альтернатив с номерами 1 и 5 над эквивалентными между собой альтернативами 2 и 4 равно 0,7, что говорит о высокой степени превосходства. Последняя пара альтернатив лучше третьей альтернативы как 0,7. Поэтому можно говорить о преимуществе альтернатив 1 и 5 над другими (рис. 4).

Программа

Исходная матрица    Результаты

$\lambda = 0.3$     Упорядочивание классов эквивалентных объектов    {1,5}{2,4}{3}

Транзитивное замыкание

1	2	3	4	5
1	1	0.9	0.7	0.6
0.6	1	0.9	0.7	0.6
0.6	0.7	1	0.7	0.6
0.6	0.7	0.7	1	0.5
0.6	0.6	0.6	0.5	1

Оптимальная обратимая квазисерия

1	2	3	4	5
1	0.7	0.7	0.7	0.5
0.3	1	0.6	0.5	0.3
0.3	0.4	1	0.4	0.3
0.3	0.5	0.6	1	0.2
0.5	0.7	0.7	0.8	1

Рис. 4

Относительно полученных данных в системе Matlab задаем следующие правила:

1. Если элемент аммиак (1) или дихлордиформетан (5) больше ПДК, то присвоить 5-ю категорию.
2. Если элементы азот двуокись (2) и ангидрид фосфорный (4) больше ПДК, то присвоить 5-ю категорию.
3. Если элемент 1 или 5 равны ПДК, то присвоить 4-ю категорию.
4. Если элемент нафталиндион (3) значительно больше ПДК, то присвоить 4-ю категорию.
5. Если элементы 2 и 4 равны ПДК, то присвоить 3-ю категорию.
6. Если хотя бы 2 элемента значительно больше ПДК, кроме 1 и 5, то присвоить 5-ю категорию.
7. Если элементы 1 и 5 минимальны, а все остальные не превышают ПДК, то присвоить 3-ю категорию.
8. Если все элементы значительно меньше ПДК, то присвоить 1-ю категорию.

В результате получаем 17 правил вывода (рис. 5).

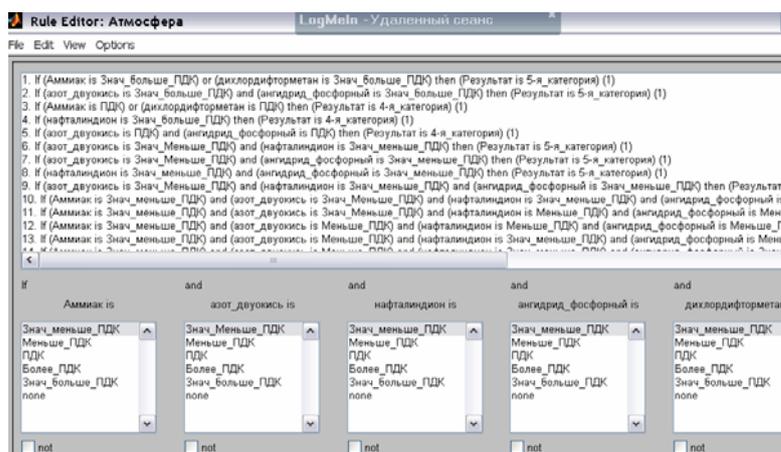


Рис. 5

В результате получаем визуализацию нечеткого вывода относительно центра области. Если ввести значения, равные ПДК выбросов ЗВ, то получим следующее (рис. 6).

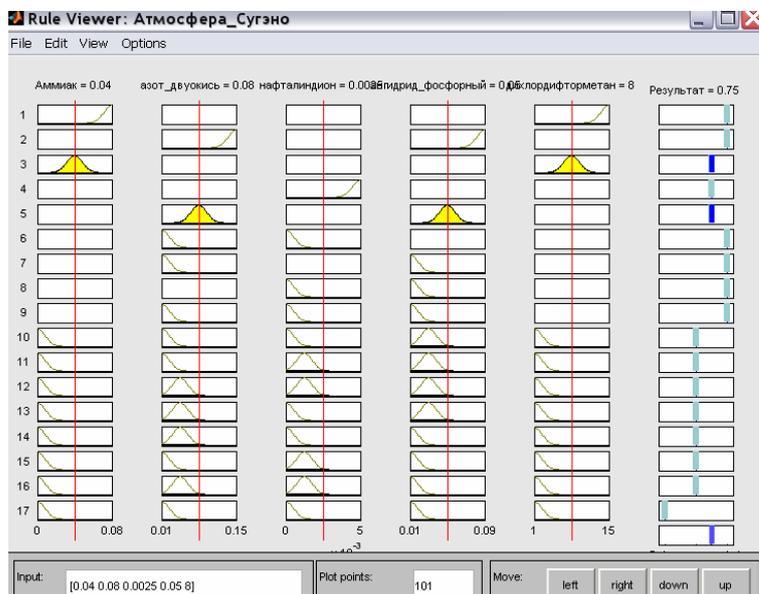


Рис. 6

На выходе мы получили 0,75, что означает 4-ю категорию предприятия, выбросы которого не создают условий для нарушения стандартов качества атмосферного воздуха в селитебных зонах. Для таких предприятий необходимо проведение расчетов загрязнения атмосферы, но не требуется разработка природоохранных мероприятий, и нормативы ПДВ могут устанавливаться на уровне существующих выбросов (рис. 7, 8).

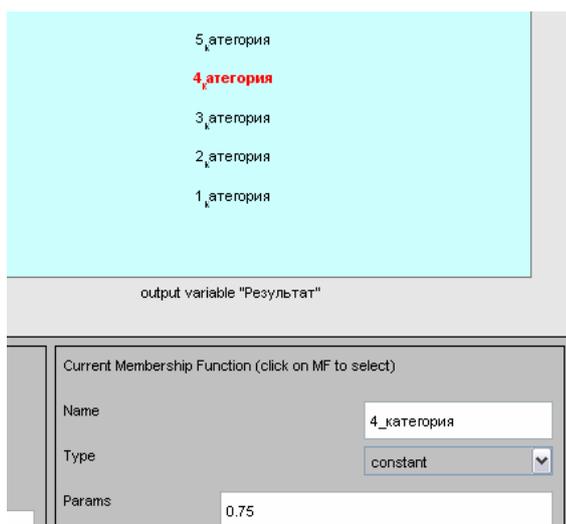


Рис. 7

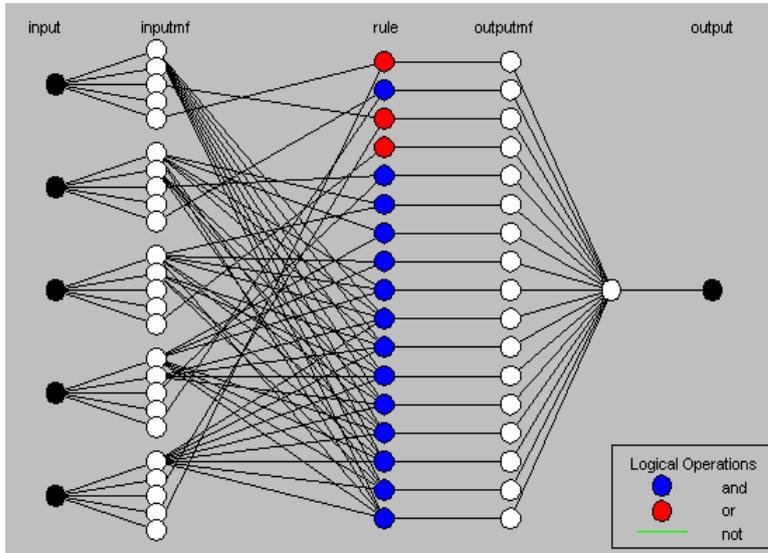


Рис. 8

Зададим произвольную обучающую выборку в виде матрицы 6 на 6.

0,8	0,2	0,3	0,4	0,7	0,9
0,7	0,2	0,7	0,7	0,9	0,7
0,8	0,2	0,7	0,4	0,9	0,7
0,2	0,8	0,6	0,4	0	0,9
0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4
0,6	0,2	0,6	0,2	0,9	0,6

Проведя обучающую выборку по методу обратного распространения ошибки, основанного на идеях метода наискорейшего спуска, получили оптимизированную структуру модели [6] (рис. 9).

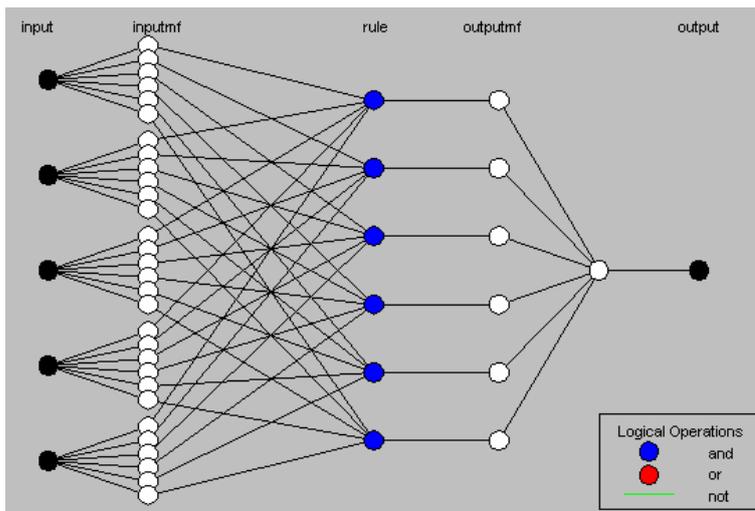


Рис. 9

После применения обучающей выборки на выходе мы получили 0,4, что означает 3-ю категорию предприятия. Для таких предприятий необходима разработка мероприятий по снижению негативного воздействия на атмосферный воздух максимальных разовых выбросов (рис. 10).

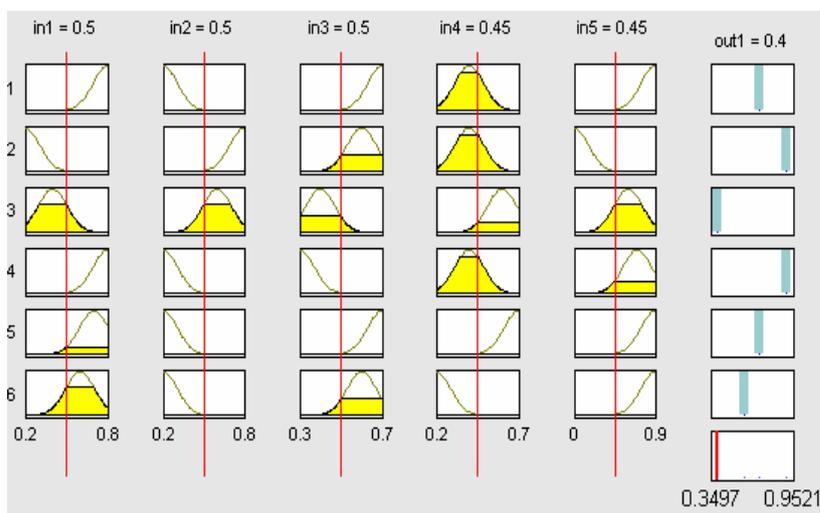


Рис. 10

Также данная модель может быть расширена путем построения функции принадлежности, обучающей и тестирующей выборках на основе экспертных данных.

Предполагается, что внедрение данной математической модели позволит предприятию стройиндустрии:

- значительно ускорить анализ входных данных;

- периодически анализировать и оценивать свою систему управления окружающей средой, чтобы выявить благоприятные возможности для ее улучшений и их реализации;

- определить экологическую политику, подходящую для него самого;

- идентифицировать приоритеты и установить соответствующие целевые и плановые экологические показатели;

- разработать организационную схему и программу(ы) для реализации политики и достижения целевых и плановых экологических показателей;

- способствовать планированию, контролю, мониторингу, корректирующему действию, аудиту и анализу с тем, чтобы обеспечить как соответствие системы управления окружающей средой установленной политике, так и ее поддержание на надлежащем уровне;

- производить необходимые меры по регулированию, опираясь на примерные показатели.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Макеев С. П.* Аппроксимация нечетких отношений нечеткими обратимыми квазисериями // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. 1989. № 3. С. 37—41.
2. *Санжапов Б. Х., Калина И. С.* Моделирование принятия решений при стратегическом планировании устойчивого экономико-социального развития региона // Изв. Волгоградского государственного технического университета. Сер: Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. 2006. Вып. 6. № 2 (17). С. 77—79.

3. Санжапов Б. Х., Садовникова Н.П. Применение методов мягких вычислений и когнитивного моделирования в задачах прогнозирования экологической безопасности строительства // Экология урбанизированных территорий. 2011. № 4. С. 36—40.

4. Черемушкин О. А. Распределенная информационная система по усовершенствованию методологии определения категории объектов стройиндустрии по степени воздействия их выбросов на качество атмосферного воздуха // XIII Всероссийская конф. молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям. 2012. Электронный сборник, доклад № 90.

5. Черемушкин О. А., Санжапов Р. Б. Компьютерная система моделирования поддержки принятия решений при анализе экологической безопасности строительства // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строит. информатика. 2012. Вып. 7(21).

6. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>.

1. Makeev S. P. Approksimatsiya nechetkikh odnosheniy nechetkimi obratimymi kvazise-riyami // Izv. AN SSSR. Tekhnicheskaya kibernetika. 1989. № 3. S. 37—41.

2. Sanzhapov B. Kh., Kalina I. S. Modelirovanie prinyatiya resheniy pri strategicheskom planirovanii ustoychivogo ekonomiko-sotsial'nogo razvitiya regiona // Izv. Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser: Aktual'nye problemy upravleniya, vychislitel'noy tekhniki i informatiki v tekhnicheskikh sistemakh. 2006. Vyp. 6. № 2 (17). S. 77—79.

3. Sanzhapov B. Kh., Sadovnikova N.P. Primenenie metodov myagkikh vychisleniy i kognitivnogo modelirovaniya v zadachakh prognozirovaniya ekologicheskoy bezopasnosti stroitel'stva // Ekologiya urbanizirovannykh territoriy. 2011. № 4. S. 36—40.

4. Cheremushkin O. A. Raspredeleonnaya informatsionnaya sistema po usovershenstvovaniyu metodologii opredeleniya kategorii ob"ektov stroyindustrii po stepeni vozdeystviya ikh vy-brosov na kachestvo atmosfernogo vozdukha // XIII Vserossiyskaya konf. molodykh uchenykh po matematicheskomu modelirovaniyu i informatsionnym tekhnologiyam. 2012. Elektronnyy sbornik, doklad № 90.

5. Cheremushkin O. A., Sanzhapov R. B. Komp'yuternaya sistema modelirovaniya podderzhki prinyatiya resheniy pri analize ekologicheskoy bezopasnosti stroitel'stva // Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Stroit. informatika. 2012. Vyp. 7(21).

6. Shtovba S. D. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>.

© Санжапов Б. Х., Черемушкин О. А., 2012

Поступила в редакцию  
в ноябре 2012 г.

Ссылка для цитирования:

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