

находят практическое применение, развивая скрытые способности применяющих их людей, что в свою очередь приводит к обучению индивидов в процессе деятельности. В экономике, основанной на знаниях, получение диплома о профессиональном образовании не завершает обучения человека, а лишь свидетельствует об усвоении им определенного набора необходимых знаний. Система непрерывного образования позволяет человеку самореализоваться и получить желаемый социальный статус, причем не важно, когда это происходит в процессе теоретического или практического познания. Отсюда следует, что, для развития трудовых ресурсов и социального благополучия каждого индивида просто необходимо на протяжении всей жизни получение и усвоение новых кодифицированных и неявных знаний.

#### *Литература*

1. Анчишкин А. Н., Ширяев Ю. С. Научно-техническая революция и социалистическая система хозяйства. М.: Экономика, 1983.
2. Анчишкин А. И. Экономические проблемы развития науки // Известия АН СССР. Сер. экон. 1987. № 5.
3. Грузков И. В., Грузков В. Н. Воспроизводство человеческого капитала: философско-экономический анализ: монография / под ред. проф. Л. Л. Редько. Ставрополь: Изд-во СГПИ, 2010. 180 с
4. Миндели Л. Э., Пипия Л. К. Как сохранить российскую фундаментальную науку? // Вестник РАН. 2002. Т. 72. № 2.
5. Минаева О. Н. НФ ГУ-ВШЭ, Н. Новгород
6. Godin B. Knowledge-Based Economy: Conceptual Framework or Buzzword? // Project on the History and Sociology of S&T Statistics. Working Paper No. 24, 2003. Электронный ресурс: <http://www.csiic.ca>
7. Godin B. Taking Demand Seriously: OECD and the Role of Users in Science and Technology Statistics. // Project on the History and Sociology of S&T Statistics. Working Paper No.12, 2001. Электронный ресурс: <http://www.csiic.ca>
8. Godin B. The New Economy: What the Concept Owes to the OECD. // Project on the History and Sociology of S&T Statistics. Working Paper No. 21, 2003. Электронный ресурс: <http://www.csiic.ca>
9. Houghton John and Sheehan Peter. A Primer on the Knowledge Economy. Victoria University: Centre for Strategic Economic Studies. Melbourne, 2000.
10. Our Competitive Future: Building the Knowledge Economy. United Kingdom Department of Trade and Industry: London, 1998.
11. The Knowledge-Based Economy. Paris: OECD, 1996.

УДК 332.14

**Кузьмин Всеволод Александрович**

## **МЕТОД НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*В статье рассмотрена адаптация метода нечетких множеств для моделирования системы эколого-экономической безопасности. Предложен подход к разработке данной системы, основанный на применении нечёткого метода группового учета аргументов.*

*Ключевые слова: метод, нечёткие множества, система, моделирование, эколого-экономическая безопасность.*

**Kuzmin Vsevolod Aleksandrovich**

### **THE METHOD OF FUZZY LOGIC TO MODEL THE SYSTEMS OF ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SECURITY**

*The article considers the adaptation of the method of fuzzy sets for modeling the system of environmental and economic security. An approach to the development of the system is based on the use of a fuzzy group method of data handling.*

*Key words: method, fuzzy sets, system, modeling, environmental and economic security.*

В настоящее время в России и во всем мире одними из наиболее актуальных остаются проблемы, связанные с экологической обстановкой. Одно из самых сильных воздействий на окружающую среду оказывают производственные предприятия. Поэтому особо важным представляется обеспечение развития таких предприятий на фоне сокращения возможных угроз их эколого-экономической безопасности.

Для обеспечения экологической безопасности необходимо четкое понимание масштабов угроз, а так же качественная и количественная оценка экономического ущерба от загрязнения природной среды, что может быть реализовано с помощью математического инструментария, позволяющего моделировать в условиях теоретико-вероятностной природы разнородных величин.

Методы теории нечетких множеств являются универсальным средством моделирования, анализа и синтеза интеллектуальных процессов, позволяющим осуществить переход от экспертных систем логического вывода к автоматизированным системам анализа состояния сложных технологических процессов средствами нечеткой логики.

Ввиду усложнения современных технических систем и повышения требований к их эколого-экономической безопасности, разработка математической модели нечеткого вывода является, несомненно, актуальной.

Многочисленные исследования проблемы загрязнения природной среды свидетельствуют о том, что прежняя практика формирования концепции экологической безопасности, принимавшая во внимание только показатели предельно допустимых выбросов/сбросов, постепенно уступает место совершенно новой для России и широко распространенной во многих западных странах системной парадигме управления эколого-экономическим ущербом. Анализ центральной, с точки зрения обеспечения экологической безопасности, категории включает как качественную, так и количественную оценку «натурального» и экономического ущерба от загрязнения природной среды, и может быть реализован с применением различного инструментария, в основном теоретико-вероятностной природы – методов эконометрического и имитационного моделирования, и нового для данного направления – моделирования на основе теории нечетких множеств. Только научно обоснованные результаты анализа эколого-экономического ущерба позволят выработать действенные природоохранные меры, доказать необходимость осуществления проектов природоохранной направленности и повысить, таким образом, экологическую значимость принимаемых экономических решений.

Проект экспертной системы для решения данной задачи предполагает способность накапливать знания специалистов в данной предметной области и управлять этими знаниями при принятии решения. Основное требование к модулю накопления и управления знаниями экспертов – возможность его легкого практического использования специалистом, не знакомым с языками программирования. В то же время данный модуль должен обеспечить специалисту возможность качественно формирования базы знаний в соответствии с потребностями решаемой задачи.

Моделью проектирования является иерархически-блочный метод, сущность которого сводится к декомпозиции функций с последующим выделением иерархий систем и подсистем.

При прогнозировании с использованием методов самоорганизации (в частности, нечеткого метода группового учета аргументов), возникает проблема, связанная с необходимостью проведения большого объема повторных вычислений при изменении числа точек обучающей последовательности хотя бы на единицу, а также при прогнозировании в режиме реального времени, когда желательно быстро откорректировать имеющуюся модель в соответствии с полученными новыми данными.

В данной работе для решения этой проблемы предложено использовать следующие методы пошаговой адаптации коэффициентов нечеткой прогнозирующей модели: стохастическая аппроксимация и рекуррентный метод идентификации – РМНК (рекуррентный метод наименьших квадратов).

Необходимость исследования сразу нескольких алгоритмов адаптации коэффициентов нечеткой модели вызвана в большей степени тем, что алгоритм стохастической аппроксимации, несмотря на все его преимущества, является несколько искусственной надстройкой и имеет следующий недостаток: при формировании оценки первого из последовательности корректирующих коэффициентов никак не учитывается информация, полученная при оценивании вектора параметров модели. Кроме того, возможность выбора одного из нескольких алгоритмов адаптации позволяет провести более широкие экспериментальные исследования и разработать рекомендации относительно использования алгоритмов адаптации в задачах прогнозирования.

Учитывать информацию, полученную при оценивании вектора параметров модели для инициализации алгоритма пошаговой адаптации, возможно двумя путями. Первый из них – путь использования рекурсивных методов идентификации: при их использовании выходом алгоритма НМГУА является модель оптимальной сложности вместе с данными, которые накопились при оценивании вектора ее параметров, которые можно использовать для модификации параметров в соответствии с полученными новыми измерениями, т. е. оценка параметров на следующем шаге форми-

руется на основе оценки параметров на предыдущем шаге, погрешности модели и некоторой информационной матрицы, которая модифицируется на протяжении процесса оценивания и, таким образом, содержит данные, которые можно использовать на следующих шагах идентификации параметров. При этом адаптация коэффициентов модели кардинально упрощается: если сохранить информационную матрицу, полученную при идентификации параметров модели оптимальной сложности, структура которой получена с помощью НМГУА, то для адаптации параметров модели достаточно будет сделать одну итерацию соответствующим методом рекурсивной идентификации. Но, несмотря на все приведенные преимущества, рекурсивные методы идентификации в использовании к МГУА имеют существенный недостаток, а именно не обеспечивают выполнение одного из условий корректности интервальной прогнозируемой модели, а именно (1). Поэтому желательно адаптировать алгоритмы РМНК к задаче адаптации коэффициентов моделей, полученных с помощью классического алгоритма идентификации параметров линейной интервальной модели.

Применение метода стохастической аппроксимации для адаптации параметров линейной интервальной модели:

$$y_k = \Phi(U_k, p), \quad (1)$$

где  $U_k$  – вектор входных переменных модели,  
 $p$  – вектор параметров, который необходимо оценить (идентифицировать),  
 $\Phi$  – заданная функция.

Оценка  $\widehat{p}_{n+1}$  вектора  $p$  на шаге  $(n+1)$  определяется следующим образом:

$$\widehat{p}_{n+1} = \widehat{p}_n - p_n \cdot \Psi_n$$

где  $\Psi_n$  – функция, которая зависит от  $U_n$  и  $y$ ,

$p_n$  – последовательность скалярных корректирующих коэффициентов.

Вектор-функция  $\Psi_n$  определяется следующим образом:

Пусть  $J_n(\widehat{p}_n)$  – скалярный показатель качества идентификации, который определяется в виде:

$$J_n(\widehat{p}_n) = 1/2 \cdot (y_n - \Phi(U_n, \widehat{p}_n))^2$$

Рассмотрим дискретную стационарную систему:  $y_k = O(U_k, p)$ , тогда

$$\Psi_n = \frac{\partial J_n(\widehat{p}_n)}{\partial p_n} = \begin{pmatrix} \frac{\partial J_n(\widehat{p}_n)}{\partial p_{n1}} \\ \dots \\ \frac{\partial J_n(\widehat{p}_n)}{\partial p_{nm}} \end{pmatrix}$$

При построении моделей сложных систем по экспериментальным данным довольно часто встречаются ситуации, когда входные данные заданы неточно, например, заданы в виде интервалов неопределённости.

Эти обстоятельства требуют развития и обобщения метода группового учета аргументов на случай, когда входные переменные заданы нечетко.

Целью исследования является рассмотрение и исследование нечеткого метода группового учета аргументов с нечеткими входными данными. Этот метод является развитием нечеткого метода группового учета аргументов, изложенного в первой главе, и использует его основные идеи. Суть метода заключается в построении неизвестной функциональной зависимости между входными и выходными данными, когда входные переменные заданы нечетко в виде интервалов неопределённости. Для этого на каждом ряду строятся модели на основе скрещивания пар входных переменных, выбирается определенное количество наилучших и передается на следующий ряд.

Модифицированный НМГУА, который оперирует с нечеткими входными данными, основан на нечетком методе группового учета аргументов, но использует другие математические модели [2].

Далее выводятся математические модели для двух видов функции принадлежности: треугольной и гауссовской. Выбор именно этих видов функции принадлежности: обусловлено их широким применением в задачах моделирования и прогнозирования социально-экономических показателей. Выведенные математические модели позволили разработать программный комплекс, который реализует НМГУА с нечеткими входными данными.

Общий вид математической модели НМГУА с нечеткими входными данными. Рассмотрим линейную интервальную модель регрессии:

$$Y = A_0 Z_0 + A_1 Z_1 + \dots + A_n Z_n,$$

где  $A_i$  – нечеткие числа, которые описываются тремя параметрами:

$$A_i = (\underline{A}_i, \bar{A}_i, \bar{A}_i),$$

где  $\bar{A}_i$  – центр интервала,  $\bar{A}_i$  – его верхняя граница,  $\underline{A}_i$  – нижняя граница;  $Z_i$  – также нечеткие числа, которые задаются параметрами:

$$Z_i = (\underline{Z}_i, \bar{Z}_i, \bar{Z}_i),$$

где  $\underline{Z}_i$  – нижняя граница,  $\bar{Z}_i$  – центр,  $\bar{Z}_i$  – верхняя граница нечеткого числа.

Тогда  $Y$  – нечеткое число, параметры которого определяются следующим образом (в соответствии с формулами для умножения  $L$ - $R$ -чисел) [24]:

Центр интервала:

$$\check{y} = \sum_i \check{A}_i * \check{Z}_i.$$

Отклонение в левой части функции принадлежности:

$$\check{y} - \underline{y} = \sum_i |a_i| \cdot (\check{Z}_i - \underline{Z}_i) + c_i |\check{Z}_i|.$$

Откуда нижняя граница интервала:

$$\begin{aligned} \underline{y} &= - \sum_i |a_i| \cdot (\check{Z}_i - \underline{Z}_i) - c_i |\check{Z}_i| + a_i \cdot \check{Z}_i = \\ &= \sum_i a_i \cdot \check{Z}_i - |a_i| \cdot (\check{Z}_i - \underline{Z}_i) - c_i |\check{Z}_i|. \end{aligned}$$

Отклонение в правой части функции принадлежности:

$$\bar{y} - \check{y} = \sum_i |a_i| \cdot ((\bar{Z}_i - \check{Z}_i) + c_i |\check{Z}_i|).$$

Откуда верхняя граница интервала:

$$\bar{y} = \sum_i |a_i| \cdot (\bar{Z}_i - \check{Z}_i) + c_i |\check{Z}_i| + a_i \cdot \check{Z}_i.$$

Требуется построить оптимальную модель, позволяющую работать с нечеткими входными переменными  $Z_i$  вышеприведенного вида. Переменные данного вида свойственны системам эколого-экономической безопасности и представляют для нас непосредственный интерес. Для того чтобы интервальная модель была корректной, необходимо, чтобы действительное значение исходной величины  $Y$  принадлежало полученному в результате работы метода интервалу.

Следовательно, основные требования к оценочной линейной интервальной модели заключаются в том, чтобы найти такие значения параметров  $(\underline{A}_i, \bar{A}_i, \bar{A}_i)$  нечетких коэффициентов, при которых:

- наблюдаемые значения  $Y_k$  попадали бы в оценочный интервал для  $Y_k$ ;
- суммарная ширина оценочного интервала была бы минимальной.

Входными данными в этой задаче являются:  $Z_k = [Z_{ki}]$  – входная обучающая выборка, а также  $y_k$  – известны нам исходные значения,  $k = \overline{1, M}, M$  – количество точек наблюдения.

Таким образом, результаты исследования по моделированию систем эколого-экономической безопасности показали, что наиболее эффективным является применение метода нечетких множеств. Данный метод позволяет максимально точно описать подобные системы и предполагает способность накапливать знания специалистов в данной предметной области и управлять этими знаниями при принятии решения.

### Литература

1. Анопченко Т. Ю. Эколого-экономические риски урбанизированных территорий: концепция, причины, последствия // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук. Ростов-на-Дону, 2008.
2. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Радио и связь, 1981. 286 с.
3. Ротштейн А. П., Штовба С. Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2001. №3. С.150–154.
4. Ярушкина Н. Г. Основы теории нечетких и гибридных систем: учебное пособие. М.: Финансы и статистика, 2004. 320 с.
5. <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>

УДК 330.34.01

**Михайлова Галина Васильевна, Павлов Александр Степанович**

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

*В статье рассмотрены проблемы в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами в странах мира и региона. Особое внимание уделено факторам, определяющим тенденцию усугубления неблагоприятного положения в сфере обращения с отходами потребления. Приведен расчет годового накопления отходов.*

*Ключевые слова: эффективность, отходы, утилизация, полигон, экология, сфера обращения, технологии, природа, норматив накопления.*

**Mihailova Galina Vasilyevna, Pavlov Alexander Stephanovich**  
**EFFECTIVENESS OF WASTE MANAGEMENT IN THE CONCEPT OF  
SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

*The article covers The problems in the field of solid waste management in the countries of the world and the region. Special attention is paid to the factors determining the trend of worsening неблагоприятного situation in the sphere of waste. The calculation of annual accumulation of waste.*

*Key words: efficiency, waste, recycling, polygon, ecology, the sphere of circulation, technology, nature, the norm of accumulation.*

Переход к устойчивому развитию общества подразумевает сохранение природных экосистем на уровне, обеспечивающем реализацию потребностей нынешних и будущих поколений людей, при одновременном сохранении устойчивости самих экосистем (всей экосферы в целом). В связи с этим устойчивое развитие можно определить как совместное выживание человека и биосферы.

Одним из центральных вопросов построения устойчивого развития общества является организация хозяйственной деятельности человека в рамках экологической ёмкости биосферы.

Твердые бытовые отходы (ТБО) являются одним из факторов ухудшения качества окружающей среды в городах. Это связано с тем, что образование ТБО является естественным процессом жизнедеятельности любого крупного населенного пункта. Они возникают в процессе потребления населением различных товаров, пищевых продуктов и предметов, а также в процессе человеческой деятельности в бытовых условиях. Исходя из этого, становится очевидным многообразие путей формирования ТБО в условиях городской среды.

По распространенному выражению, об экологии сейчас не говорит только ленивый. Вопросы экологии обсуждаются на многочисленных конференциях, симпозиумах, совещаниях. Регулярно, как волны, активизируются различные «зеленые» движения. В городах имеются экологические службы, которые регулярно поднимают вопрос о решении проблемы ТБО. Такая регулярность подхлестывается участием представителей этих служб и других городских чиновников в различных экологических мероприятиях. Правда, подобные всплески активности регулярно проходят, и жизнь города возвращается в привычное русло: накладываются штрафные санкции на предприятия и их руководителей за допускаемые нарушения норм вредных выбросов в окружающую среду, накапливаются свои трудности и сложности, появляются новые технологии утилизации, переработки, обез-