

И.А. АЛЕКСАНДРОВ, д.э.н., профессор,
Донецкий национальный технический университет
А.В. ПОЛОВЯН, к.э.н., доцент,
Донецкий национальный университет
М.Ю. ТАРАСОВА,
Институт экономики промышленности НАН Украины

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ-ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Сбалансированное развитие, основывающееся на согласовании экономических, социальных и экологических интересов общества, является основой формирования социально-экономических формаций в XXI веке. Институциональное обеспечение сбалансированного развития требует всесторонней оценки состояния экономико-экологических систем для разработки соответствующей политики.

Исследования Л. Грынив [1], Б. Данилишина [2], М. Долишнего [3], Н. Чумаченко [4], В. Шевчука [5] и др. направлены на разработку понятийного аппарата, механизма функционирования и региональных особенностей сбалансированного развития. Количественная оценка состояния экономико-экологических систем имеется в работах И. Александрова [6], К. Гофмана [7], В. Леонтьева [8], Г. Моткина

[9], Е. Рюминой [10] и др. Институциональный инструментальный сбалансированного развития исследован и усовершенствован А. Амошей [11], Н. Андреевой [12], Б. Буркинским [13], О. Веклич [14], А. Садековым [15], И. Сиякевичем [16], В. Трегобчуком [17], С. Харичковым [18]. Следует отметить, что существующий механизм поддержки сбалансированного развития не опирается на дифференцированный подход к региональному управлению. Поэтому актуальность приобретает разработка метода дифференцирования территориальных образований для эко-аудирования и выработки на этой основе управленческих решений.

Теоретическое обоснование. Процедура дифференцирования территориальных образований на основе кластерного анализа имеет вид:



Рис. 1. Схема дифференцирования территориальных образований

Метод кластеризации территориальных образований достаточно подробно описан в [19]. Тем не менее, динамичность структуры объектов-загрязнителей вызывает постоянную потребность в перекластеризации или включении новых объектов в те или иные группы. Для решения этой задачи рекомендуется воспользоваться методом нейросетевого моделирования.

Нейронная сеть представляет собой рас-

пределенный параллельный процессор, состоящий из элементарных единиц обработки информации. Она накапливается как экспериментальные знания и предоставляет их для последующей обработки [20]. Основные свойства использования нейронных систем: нелиней-

© И.А. Александров, А.В. Половян,
М.Ю. Тарасова, 2007

ность; преобразование входной информации в выходную на основе ряда алгоритмов обучения (супервизорное и несупервизорное, усиленное обучение); адаптивность; высокая достоверность результатов; контекстность информации; отказоустойчивость; масштабируемость; единообразиие анализа и проектирования.

Эти свойства реализуются в топологии сети, которая представляет собой логическую структуру с множеством нейронов (узлов, ячеек), соединенных между собой синапсами [21]. Архитектура нейронной сети представлена ря-

дом слоев нейронов: входной (совокупность вычислительных элементов, принимающих сигналы из внешней среды), скрытый (совокупность вычислительных элементов, принимающих сигналы от других элементов), выходной (ряд нейронов, которые представляют окончательный результат нейросетевых вычислений).

Решение задачи с помощью нейронных сетей осуществляется в несколько этапов, которые представлены на рис. 2.

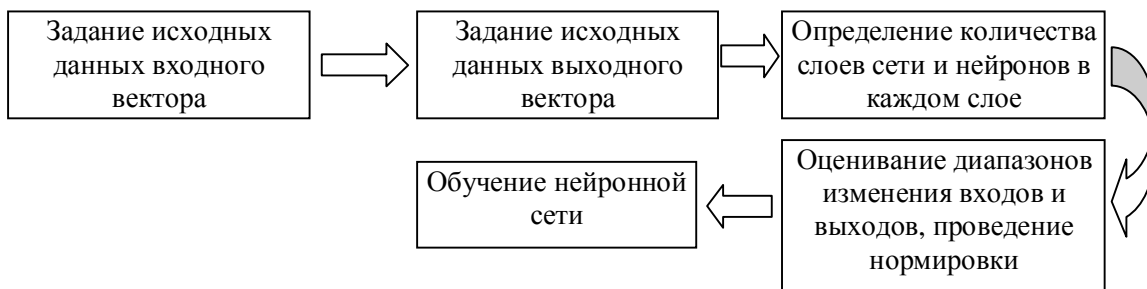


Рис. 2. Этапы построения нейронной сети

Тогда на основе нейронных сетей решаются следующие задачи дифференциации объектов-загрязнителей: классификация объектов и прогнозирование их поведения. В качестве исходных условий выступают данные об n объектах, каждый из которых характеризуется m -мерным вектором x . Задачи классификации сводятся к разделению объектов на ряд сходных групп. Если заданы значения выходного слоя, то данная задача решается с использованием многослойного персептрона. Сеть должна отнести каждый объект к одному из выделенных классов.

Состояние нейрона определяется по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n x_i * w_i \quad (1)$$

где n – число входов нейрона;

x_i – значение i -го входа нейрона;

w_i – вес i -го синапса.

Затем определяется значение аксона нейрона:

$$Y = f(S) \quad (2)$$

где f – некоторая активизационная функция.

Наиболее часто в качестве активационной функции используется так называемый сигмоид, который имеет следующий вид:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}} \quad (3)$$

Практические результаты. Для исследования структуры загрязнителей использованы данные по городам Донецкой области. В результате использования метода Уорда исходная совокупность объектов разделена на 4 группы (табл.1.).

Таблица 1.

Структура территориальных образований Донецкой области по уровню экономико-экологического состояния

Группа	Территориальное образование
1	Донецк, Мариуполь
2	Горловка, Красноармейск, Красный Лиман, Макеевка, Славянск, Торез
3	Артемовский р-н, Великоновоселковский, Волновахский, Володарский, Добропольский, Константиновский, Красноармейский, Марьинский, Новоазовский, Александровский, Первомайский, Славянский, Старобешевский, Тельмановский, Шахтерский, Ясиноватский
4	Авдеевка, Артемовск, Угледар, Дебальцево, Дзержинск, Димитров, Доброполье, Докучаевск, Дружковка, Енакиево, Ждановка, Кировское, Константиновка, Краматорск, Новогродовка, Селидово, Снежное, Харцызск, Шахтерск, Ясиноватая, Амвросиевский р-н

Первый кластер объединяет крупные административно-территориальные центры – города Донецк и Мариуполь, характеризующиеся комплексной, многоуровневой техногенной нагрузкой на окружающую среду, с наиболее высоким уровнем негативного воздействия.

Из рисунка 3 следует, что выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников и автотранспорта в первом кластере в среднем за 1999-2005 гг. составили 229,87 и 402,50 тыс. т в гг. Донецке и Мариуполе соответственно. Вклад стационарных источников – в среднем 77,6% (г. Донецк) и 93% (г. Мариуполь). При этом, удельный вес выбросов от стационарных источников за 2000-2005 гг. в г. Донецке сократился на 10%, а в г. Мариуполе, напротив, возрастает, несмотря на то, что количество предприятий, загрязняющих атмосферный воздух, в г. Мариуполе составляет в среднем не более 5,6% от уровня областного показателя.

Состав выбросов от передвижных источников в обоих городах первого кластера составляют выхлопы автотранспорта, что составляет 86-97% общего объема. Основная составляющая выбросов – продукты неполного сгорания бензина (86-88%). Удельный вес других транспортных средств сравнительно невелик: в Донецке – это железнодорожный (9,9%;) и авиационный (3,8%;); в Мариуполе – водный транспорт (2,9%). При этом в г. Донецке сосредоточено 72,5% общеобластных выбросов от железнодорожного транспорта, в г. Мариуполе – 96,8% от водного.

Объекты первого кластера характеризуются наибольшими объемами водопользования в Донецкой области. Забор воды из природных водных объектов на протяжении 2000-2005 гг. сохраняется: в г. Донецке на уровне 69,8-68 млн. м³ (2,9-3% общеобластного объема), в Мариуполе 920,6-907,5 млн. м³ (37,6-41%). Использование свежей воды, включая морскую, – для г. Донецка стабильно (8,3-8,8% общеобластного), в г. Мариуполе к 2005 году возросло на 8,46% (55,3-63,7%).

Образование опасных отходов к 2005 году в г. Донецке сократилось на 2558 т (с 31,5% общеобластного объема в 2000 г. до 4,8% в 2005 г.), в г. Мариуполе увеличилось на 135682 т (с 12,4% в 2000 г. до 22,1% в 2005 г.). Однако, в целом, нагрузка на 1 км² территории для г. Донецка изменилась незначительно: с 61,1 до 56,7 т. Для г. Мариуполя данный показатель вырос более чем в 10 раз: с 56 т до 612,1 т. Аналогичная ситуация наблюдается при расче-

те отходообразования на 1-го жителя.

На протяжении 2000-2005 годов наблюдается тенденция к увеличению текущих затрат в природоохранной сфере: в г. Донецке отмечается увеличение данного показателя в 3,2 раза, в г. Мариуполе – в 2,1 раза. Это составляет 8,8-12,5% (г. Донецк) и 39,5-36,5% (г. Мариуполь) общеобластных затрат на охрану и рациональное природопользование.

Второй кластер включает 6 административно-территориальных единиц, третий кластер – 16 и четвертый кластер – 21.

Основные тенденции техногенной нагрузки на атмосферный воздух для последних трех кластеров не совпадают. Для второго кластера характерно увеличение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от всех источников на 12% (4,6 тыс.т): с 32 тыс. т в 2000 г. до 37 тыс. т в 2005 г. При этом, к 2005 г. отмечается постепенное увеличение (на 4,5 тыс.т к уровню 2000 г.) объема загрязнения от стационарных источников выбросов, которые составляют 84,4% общего объема загрязнений, несмотря на сокращение числа промышленных предприятий, осуществляющих выбросы.

Для объектов, принадлежащих к третьему кластеру, техногенная нагрузка на атмосферный воздух также практически полностью (на 93,3%) обусловлена выбросами от стационарных источников, т.е. вследствие эксплуатации промышленных объектов. При этом объем выбросов 2000-2005 гг. сохраняется на уровне 19,8-20,5 тыс. т, несмотря на стабильное увеличение количества предприятий-загрязнителей.

Наиболее положительная ситуация отмечается для четвертого кластера, где к 2005 г. наблюдается сокращение объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников (88,3% от общего количества) на 2,3 тыс. т, при увеличении количества предприятий, осуществляющих выбросы.

Объемы изъятия свежей воды из природных источников за период 2000-2005 гг. снизились для всех трех кластеров. Наибольшее снижение отмечается во втором кластере – 18,2%, в третьем и четвертом сокращение водозабора к 2005 г. составило 7,4%, 5% соответственно.

Аналогично к 2005 г. сокращается использование свежей воды (включая морскую воду) соответственно объектами второго, третьего и четвертого кластеров – на 10,2 млн. м³ (или на 32% от уровня 2000 г.), 4,1 млн. м³ (49,7%) и 4,6 млн. м³ (30,6%).

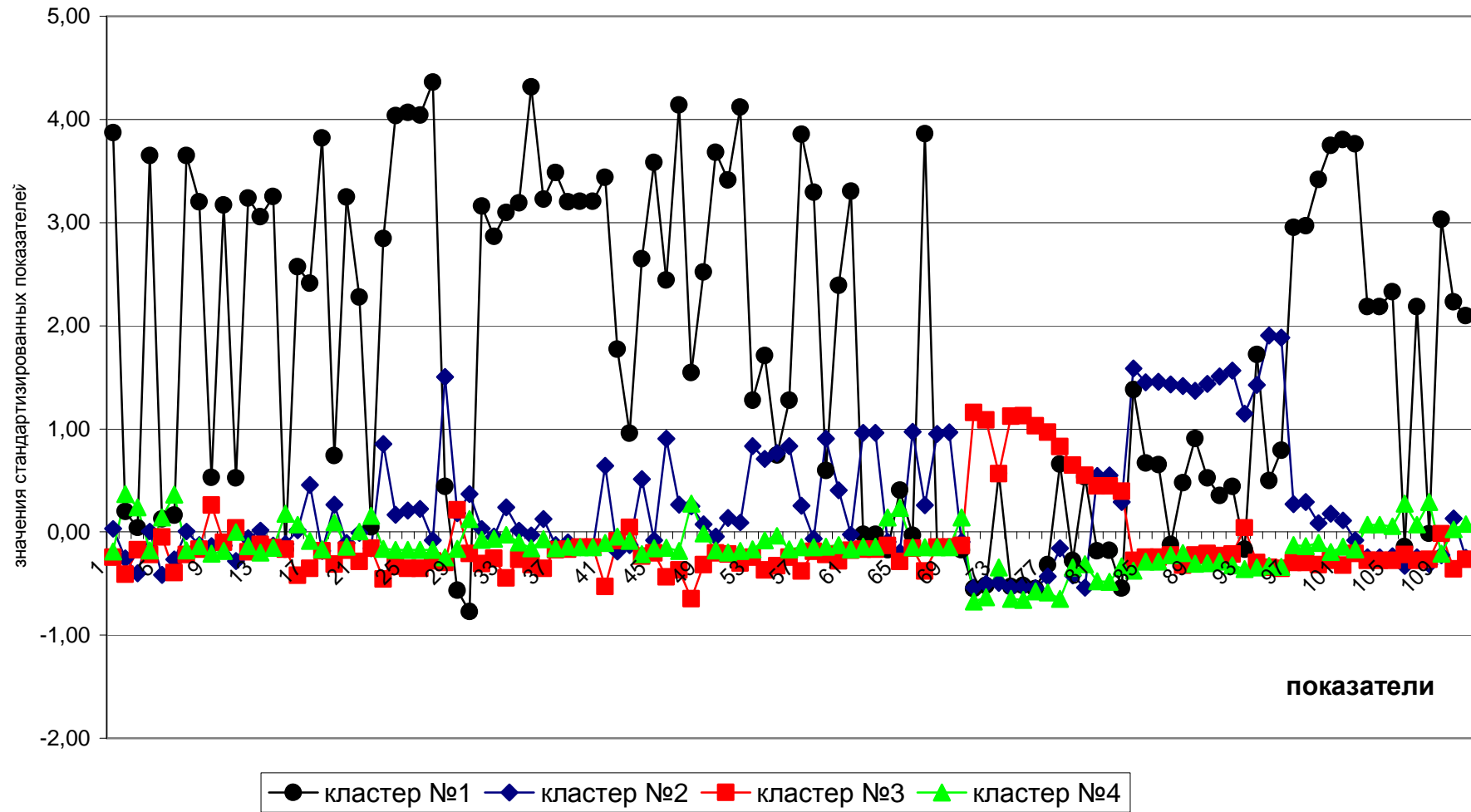


Рис. 3. Средние значения стандартизованных показателей по кластерам

Составлено и рассчитано по: Довкілля Донецчини у 2005 році. Статистичний збірник №36/144// Державний комітет статистики України. Головне управління статистики у Донецькій області. – Донецьк. – 2006. – 145с.

На протяжении 2000-2005 гг. во втором и четвертом кластерах объёмы водоотведения сокращаются: с 37,3 млн. м³ до 29,42 млн. м³ и с 17,4 млн. м³ до 12 млн. м³ соответственно.

Затраты в сфере охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов для всех кластеров значительно возросли: второй кластер – в 2,5 раз, третий кластер – почти в 3 раза, четвертый кластер – в 2 раза. К 2005 г. данные затраты составляют 28906,48 тыс. грн., 3039,39 тыс. грн. и 13601,81 тыс. грн. соответственно.

Таким образом, проведенный анализ показал наличие значительных отличий между выделенными группами территориальных образований. Это подтверждает правильность осуществленных расчетов и выводов относительно структуры исходных данных. Однако, как отмечено выше, для целей эко-аудирования существенное значение имеет построение правила отнесения объектов к имеющимся группам. Это обусловлено как рассмотрением новых территориальных образований, так и динамикой показателей, характеризующих уже исследованные объекты. Для решения этой проблемы предложено использование методов нейросетевого моделирования.

В табл. 2 представлены результаты и качество классификации с помощью построенной нейронной сети. Статистика, которая приведена в ней, включает: общее число объектов классификации; количество объектов классифицированных правильно и неправильно; количество объектов группы, которые сеть не смогла классифицировать.

Таким образом, в результате обучения нейросетевая модель корректно классифициро-

вала 43 объекта или 96 %. При этом два объекта (0,04 %) были неправильно классифицированы (Александровский и Шахтерский р-н): вместо третьей группы они отнесены к четвертой. Однако, можно сделать вывод о достаточно высоком качестве обучения и работы модели нейронной сети.

Полученная нейросетевая модель позволяет осуществлять классификацию объектов на основе количественных и качественных параметров.

Выводы.

1. Для разделения совокупности на однородные группы рекомендуется один из методов многомерной статистики – кластерный анализ. Для обеспечения динамичного мониторинга объектов-загрязнителей предлагается метод нейросетевого моделирования.

2. Исследование структуры территориальных образований, которые являются загрязнителями в Донецкой области, позволило выделить 4 группы со значительными отличиями между ними. Это подтверждает качество расчетов и выводов относительно структуры исходных данных.

3. Обученная нейросетевая модель позволила корректно классифицировать 43 объекта, что составляет 96 % от общего числа территориальных образований Донецкой области. Несмотря на то, что два объекта были неправильно классифицированы, следует указать на достаточную эффективность предложенной модели нейронной сети.

4. Полученные результаты являются основой качественного принятия управленческих решений в среде институционализма.

Таблица 2.

Статистика классификации

		Кластеры			
		первый	второй	третий	четвертый
Всего объектов		2	6	16	21
из них классифицированы:					
правильно		2	6	14	21
ошибочно ¹		0	0	2	0
не поддаются классификации		0	0	0	0
Кластеры	первый	2	0	0	0
	второй	0	6	0	0
	третий	0	0	14	0
	четвертый	0	0	2	21

¹ Возникает вследствие недостаточной обученности нейронной сети, вызванной небольшим размером выборки

Литература.

1. Гринів Л. Екологічно збалансована економіка: проблеми теорії. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2001. – 240 с.
2. Данилишин Б.М., Дорогунцов С.І., Міщенко В.С., Коваль Я.В., Новоторов О.С., Паламарчук М.М. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України. – Київ, РВПС України. 1999. – 716 с.
3. Долішній М.І., Кравців В.С. Економічний розвиток і екологічна безпека: шлях України/Проблеми сталого розвитку України. – Київ: „БМТ”, 1998. – С.69-80.
4. Чумаченко М.Г. Екологія і економіка в Україні/Проблеми сталого розвитку України. – Київ: БМТ, 1998. – С.334-343.
5. Шевчук В. Про концепцію переходу України до сталого розвитку/ Проблеми сталого розвитку України. – Київ: БМТ, 1998. – С.23-27.
6. Александров И.А. Экономический рост и окружающая среда (введение в методологию измерения и анализа). – Донецк: ИЭП НАН Украины, 1996. – 158 с.
7. Гофман К.Г. Экономический механизм природопользования в условиях перехода к рыночной экономике//Экономика и математические методы. – 1991. – Т.27. – Вып.2. – С.315-321.
8. Леонтьев В., Форд Д. Межотраслевой анализ воздействия структуры экономики на окружающую среду//Экономика и математический методы. –1972. – Т.VIII. – Вып.3. – С.370-400.
9. Моткин Г.А. Основы экологического страхования. – М.: Наука, 1996. – 192 с.
10. Рюмина Е.В. Экологический фактор в экономико-математических моделях. – М.: Наука, 1980. – 166 с.
11. Амоша О.І. Проблеми реструктуризації промисловості в контексті сталого розвитку/ Проблеми сталого розвитку України. – Київ: БМТ, 1998. – С.344-353.
12. Андреева Н.Н. Экономико-экологические аспекты обеспечения национальной безопасности//Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: економічна. Випуск 47. – Донецьк, ДОННТУ, 2002. – С.42-47.
13. Буркинський Б.В., Степанов В.М., Харічков С.К. Еколого-економічні орієнтири стратегії сталого розвитку України/Проблеми сталого розвитку України. – Київ: БМТ, 1998. – С.81-92.
14. Веклич О. Совершенствование экономических инструментов экологического управления в Украине//Экономика Украины. – 1998. – №9. – С. 65-74.
15. Садеков А.А. Механизмы эколого-экономического управления предприятием. – Донецк: ДонГУЭТ им. М. Туган-Барановского, 2002. – 311с.
16. Синякевич І. Концепція щодо формування системи інструментів національної екологічної політики//Економика України. – 2002. – №7. – С.70-77.
17. Трегобчук В., Веклич О. Необходимость эколого-экономической модели рыночных реформ в Украине//Экономика Украины. – 1997. – №4. – С.12-23.
18. Харічков С.К. Екологічний вектор сучасних економічних трансформацій в Україні/Україна в ХХІ столітті: концепції та моделі економічного розвитку. Матеріали доповідей V Міжнародного конгресу українських економістів, м. Львів, 22-26 травня 2000 р. Частина II//НАН України. Інститут регіональних досліджень. – Львів, 2000. – С.333-336.
19. Александров І.О., Половян О.В. Кластеризація територіальних утворень України за рівнем економічної безпеки//Економічна кібернетика. – 2000. – №5-6. – С.40-47.
20. Aleksander I., Mortin H. An introduction to Neural Computing, London: Chapman and Hall, 1990
21. Кричевский М.Л. Интеллектуальные методы в менеджменте. – СПб.:Питер, 2005. – 304 с.

Статья поступила в редакцию 11.01.2007