

УДК 502.3

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВЕТУЮЩИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

© 2014 г. П. Ф. Кику, \*Т. В. Горборукова

Школа биомедицины Дальневосточного федерального университета,  
\*Школа естественных наук Дальневосточного федерального  
университета, г. Владивосток

В современных условиях на фоне изменения среды обитания происходит усиление имеющихся и появление новых негативных тенденций экологического характера, что требует применения методологии системного подхода к оценке сложившейся ситуации. Одним из направлений системного анализа является теория принятия решений, представляющая собой набор методов, направленных на оценку проблемы и выбор оптимальных подходов к ее решению, в том числе и в условиях неопределенности [3, 4, 7]. Накопленный в этом направлении зарубежный и отечественный опыт свидетельствует, что за последние годы в области теории принятия решений произошли изменения, расширился набор инструментальных средств. Появились нейросетевые технологии и генетические алгоритмы, советуемые информационные системы, которые объединяют в себе экспертные системы и технологии расчетного, оценочного, диагностического и эволюционного характера [1, 2]. Нейронные сети являются естественным инструментом для построения эффективных и гибких информационных моделей оценочных систем. Различные нейроархитектуры отвечают различным практическим требованиям [4, 6].

Это обстоятельство позволяет по-иному подойти к задачам количественной оценки экологической ситуации и проблеме принятия решений в условиях неопределенности. В этой связи заслуживают внимания советуемые информационные системы, которые включают знания специалиста профессионала, его навыки и опыт, используемый в процессе выдачи пользователю принимаемого решения [4,6].

Цель работы — показать возможность использования современных информационных технологий (советуемая информационная система прогностического характера) для оценки состояния воздушной среды. Сравнить полученные результаты с классической моделью регрессионного анализа.

### Методы

В основе структуры советуемых систем, применимых для экологических исследований, лежит область познания «гипотеза — модель». Особенность разрабатываемых мероприятий и принимаемых решений в экологических исследованиях характеризуется многошаговым характером, сложностью и несогласованностью структуры «дерева целей и решений», различными взглядами участников принятия решений по оценке состояния окружающей среды, субъективным характером экспертных знаний и предполагает выбор механизма создания советуемых систем, базирующегося на различных типах знаний (рис. 1, 2).

Наибольший интерес представляют советуемые информационные системы приближенных рассуждений, основанные на нейросетевых

С помощью нейросетевых технологий разработана советуемая информационная система прогностического характера, позволяющая предсказать концентрации загрязняющего вещества в воздушном бассейне промышленного центра в зависимости от метеоусловий на изучаемой территории. Результаты прогноза сравниваются с результатами классической модели регрессионного анализа.  
**Ключевые слова:** советуемые информационные системы, нейросетевые технологии, регрессионный анализ, экология

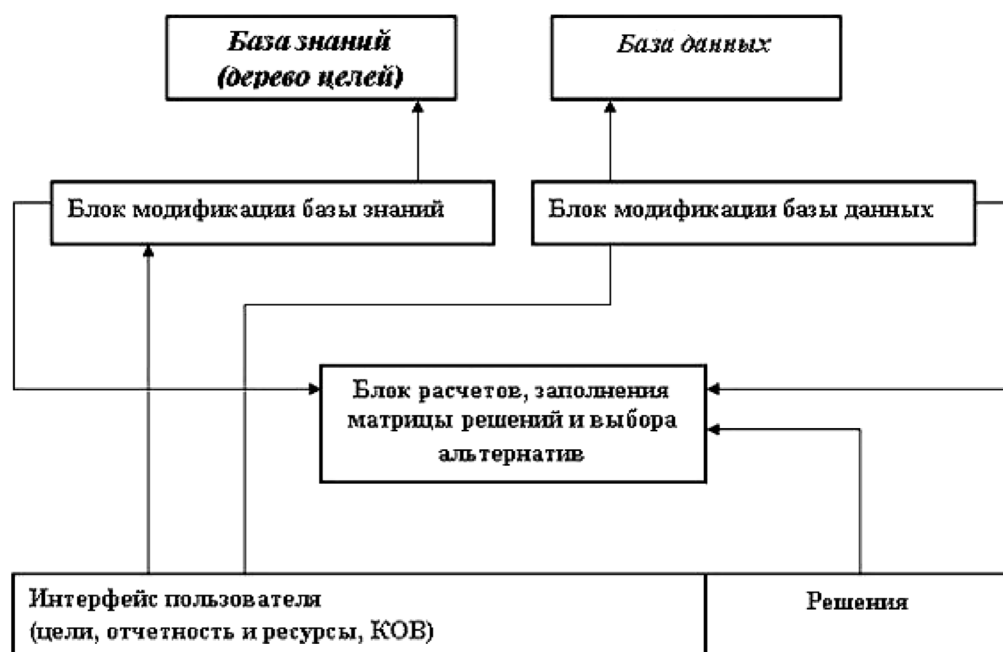


Рис. 1. Структура, форма представления и способ обработки знаний советующих систем расчетного и оценочного характера [4]

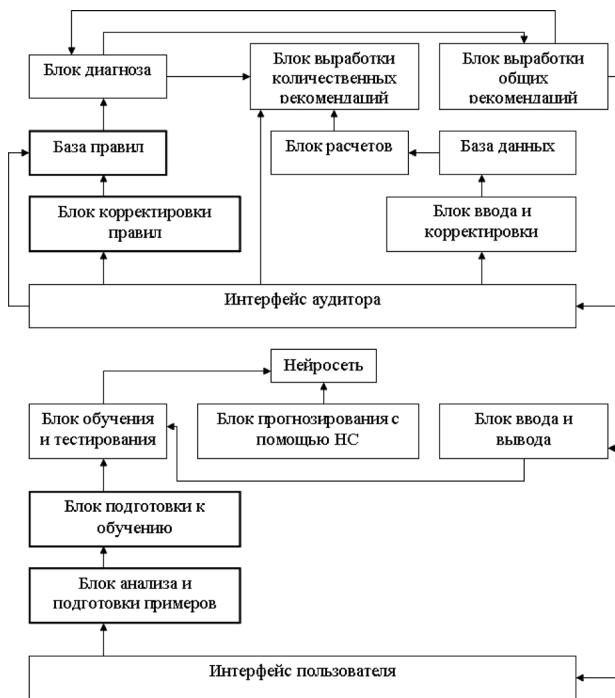


Рис. 2. Структура, форма представления и способ обработки знаний советующих систем диагностического и прогностического характера [4]

технологиях [4]. Использование подобных систем в экологических исследованиях объясняется двумя причинами:

- существует множество задач, алгоритмы решения которых работают в системе принятия решения в условиях неопределенности;
- ряд задач выполняется с неполной, «зашумленной», искаженной информацией, представляющей качественную характеристику объектов или их состояний.

В советующих информационных системах приближенных рассуждений цели заменяются на гипотезы, доказательство которых базируется на правилах, оцениваемых с точки зрения достоверности. Правила, в свою очередь, манипулируют неточными данными. Неопределенность, возникающая в результате полученного от системы решения, оценивается в заранее установленном диапазоне.

Компонентный состав советующей информационной системы имеет следующее содержание:

*Нейросеть* состоит из нейронов, распределяемых по слоям. Входной слой служит для приема и ретрансляции входных сигналов на нейроны скрытого слоя. В скрытых слоях происходит основное нелинейное преобразование входных сигналов. Выходной слой обеспечивает нелинейное преобразование информации, полученной из последнего скрытого слоя.

*Блок анализа и подготовки примеров для обучения* необходим для того, чтобы выделить определяющие факторы  $x_1, x_2, \dots, x_n$  на прогнозируемую величину  $Y$ .

*Блок подготовки к обучению* предназначен для создания служебных файлов, содержащих примеры для обучения в надлежащей форме. Здесь же поль-

зователь должен установить параметры настройки сети: функцию отклика, точность обучения, скрытые уровни, нейроны, связи и величину допустимой ошибки.

*Блок обучения и тестирования* реализуется без участия пользователя. В результате получают искомую нейросеть в виде файла. В этом файле содержится формула  $Y = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , отражаемая набором весовых коэффициентов синаптических весов нейронов. Тестирование выполняется на основе входных данных, которые не были использованы в процессе обучения. С их помощью сеть формирует новое значение прогнозируемого показателя. Если разность между фактическим и результирующим значениями не превосходит заданную величину, то обучение заканчивается.

*Блок прогнозирования* использует входной файл, аналогичный по структуре файлу обучения. Исключение составляет прогнозируемая величина.

*Блок ввода-вывода* предназначен для ввода оперативных текущих данных, которые используются для доучивания нейросети перед запуском ее работы для выдачи результатов. Вывод результатов работы может иметь различные формы, одну из которых должен указать пользователь.

Набор примеров предъявляется нейросети последовательно. Вначале на вход поступают значения  $x_1, x_2, \dots, x_n, y_1$ , на основе которых формируется исходная зависимость. Далее вычисляется новое значение, которое сравнивается со значением  $y_1$ , что позволяет определить ошибку. Алгоритм обучения корректирует полученную зависимость, для того чтобы уменьшить ошибку моделирования зависимости. Процесс повторяется до тех пор, пока суммарная ошибка в реакции сети на всех предъявленных примерах не станет меньше заданной. Полученная искомая зависимость может быть сколь угодно сложной: линейной или нелинейной. Здесь нейросеть выступает в виде «черного ящика», в котором представлена зависимость между факторами прогнозируемого явления. Возможно лишь выявление значимости отдельных параметров, влияющих на конечный результат с помощью специального анализа результатов работы нейросети.

### Результаты

В качестве модельного примера приведем экологическую задачу, которая решалась в рамках научно-исследовательской работы, — прогнозирование уровня загрязнения воздушного бассейна крупного промышленного центра (г. Владивосток) отдельными ингредиентами: пылью, двуокисью серы ( $SO_2$ ), окисью углерода (CO), двуокисью азота ( $NO_2$ ) с учетом метеопараметров. Необходимо было составить прогноз загрязнения воздушного бассейна с использованием нейросетевых технологий, сравнить полученные данные с фактическими и регрессионной моделью. Для прогноза загрязнения воздушного бассейна нами были разработаны архитектуры нейронных сетей, которые включали следующие показатели: точность

обучения, количество скрытых уровней и нейронов, связи между ними (программа «Brainе make»). Входы представляют собой среднесуточные измерения метеопараметров: дату измерений, температуру воздуха ( $t_0$ ), °С; направление ветра ( $d_0$ ), град; скорость ветра ( $v_0$ ), м/сек; относительную влажность ( $e_0$ ), %; упругость водяного пара ( $a_0$ ), гПА, и уровень концентраций загрязняющих веществ в предшествующий и текущий дни – пыль, мг/м<sup>3</sup>; SO<sub>2</sub>, мг/м<sup>3</sup>; CO, мг/м<sup>3</sup>, или NO<sub>2</sub>, мг/м<sup>3</sup>.

Результаты краткосрочного прогноза содержания пыли в воздушном бассейне промышленного центра в летний период приведены на рис. 3. Установлено, что полученные прогнозные уровни загрязнений воздушного бассейна незначительно отличаются от фактических. Исключением являются те точки на кривой, которые соответствуют высоким значениям ( $> ПДК = 0,15 \text{ мг/м}^3$ ) содержания пыли в воздухе. Это объясняется тем фактом, что такие значения имеют единичные случаи, обусловленные аварийными выбросами предприятий либо неблагоприятными метеоусловиями во всем объеме данных для обучения. При построении прогнозной модели использовали 4 уровня точности обучения сети (от 0.4 до 0.1). Первоначальная архитектура сети включала следующие элементы: точность обучения – 0.4, количество скрытых уровней – 1, нейронов – 10, связей между ними – 50. По мере увеличения точности обучения сети и количества скрытых уровней (2), количества нейронов (15) и связей между ними (105) экспериментальная кривая наилучшим образом приближается к фактической. Следовательно, построенная модель позволяет составить краткосрочный прогноз загрязнения воздушного бассейна, наиболее приближенный к действительной ситуации.

### Обсуждение

Экспериментальная кривая нейросетей сравнивалась с кривой, полученной с помощью классической модели – пошаговой множественной регрессии (программа SPSS). Модельная линия регрессии при точности обучения 0.4 проходит рядом с соответствующей фактической линией, что указывает на преимущество использования нейронных сетей (положение остальных линий относительно фактической). Критерием оценки обеих моделей была средняя квадратическая ошибка сравнения фактического и прогнозируемого значений концентраций. Для нейросети ошибка составила 0.35, для регрессионной модели – 0.6, что говорит о более точном прогнозе при использовании модели нейросетевых технологий. Исходя из полученных сравнительных результатов, можно сказать, что нейронная сеть оказывается избирательно чувствительной в областях скопления данных, и дает более точную интерполяцию данных. Внутренние регуляризирующие особенности нейронных сетей позволяют решать также обратные и комбинированные задачи с локальной оценкой точности [1]. Необходимо отметить, что по нашим результатам нейросетевые технологии обеспечили точность прогноза в 1,7 раза больше, чем классические регрессионные модели.

Таким образом, в русле современных научных тенденций и господства парадигм нелинейной науки решать проблемы обработки данных и прогнозирования развития событий на основании этих данных необходимо на должном уровне – с помощью нейроинформатики и технологий нейронных сетей. Поэтому применение советующих информационных систем (нейросетевые технологии прогностического характера) в решении экологических задач позволяет объяснить и обосновать свои рекомендации и выводы, приобрести новые знания, адаптироваться к новым

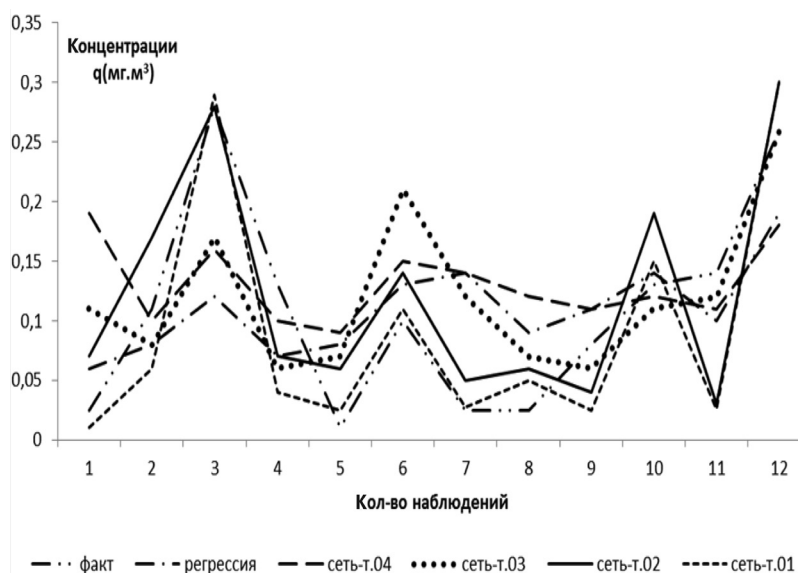


Рис. 3. Результаты краткосрочного прогноза содержания пыли в воздушном бассейне промышленного центра с помощью нейронной сети и пошаговой множественной регрессии

условиям функционирования, «разумно» нарушать правила принятия решений исходя из сложившихся обстоятельств, определить свой уровень компетентности по отношению к поставленной задаче.

#### Список литературы

1. Галушкин А. И. Нейросетевые технологии в России (1982–2010). М. : Горячая линия – Телеком, 2012. 316 с.
2. Джексон П. Введение в экспертные системы. М. : Вильямс, 2006. 216 с.
3. Максимов М. И. Прикладная теория информационного обеспечения медико-биологических исследований. М. : Бинум. Лаборатория знаний, 2013. 311 с.
4. Романов А. Н., Одинцов Б. Е. Советующие информационные системы в экономике. М. : ЮНИТИ, 2006. 246 с.
5. Теоретические основы системного анализа / Новосельцев В. И., Тарасов Б. В., Голиков В. К., Демин Б. Е. М. : Майор, 2006. 592 с.
6. Тихомиров Н. П. Интеллектуальные информационные системы в экономике. М. : Экзамен, 2005. 194 с.
7. Трухачева Н. М. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. 384 с.

#### References

1. Galushkin A. I. *Neirosetevye tekhnologii v Rossii (1982–2010)* [Neural network technology in Russia (1982–2010)]. Moscow, Goryachaya liniya - Telekom Publ., 2012, 316 p.
2. Dzhekson P. *Vvedenie v ekspertnye sistemy* [Introduction to expert systems]. Moscow, Vilyams Publ., 2006, 216 p.
3. Maksimov M. I. *Prikladnaya teoriya informatsionnogo obespecheniya mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Applied theory of information support of biomedical research]. Moscow, Binom. Laboratoriya znaniy Publ., 2013, 311 p.
4. Romanov A. N., Odintsov B. E. *Sovetuyushchie informatsionnye sistemy v ekonomike* [Council information systems in economics]. Moscow, YuNITI Publ., 2006, 246 p.

5. *Teoreticheskie osnovy sistemnogo analiza* [Theoretical foundations of system analysis]. Novosel'tsev V. I., Tarasov B. V., Golikov V. K., Demin B. E. Moscow, Maior Publ., 2006, 592 p.

6. Tikhomirov N. P. *Intellektual'nye informatsionnye sistemy v ekonomike* [Intelligent information systems in economics]. Moscow, Ekzamen Publ., 2005, 194 p.

7. Trukhacheva N. M. *Matematicheskaya statistika v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s primeneniem paketa Statistica* [Mathematical statistics in biomedical research with application of Statistica package]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2013, 384 p.

#### USE OF COUNCIL INFORMATION SYSTEMS IN ECOLOGICAL RESEARCH

P. F. Kiku, \*T. V. Gorborukova

*School of Biomedicine Far East Federal University,  
\*School of Natural Sciences Far East Federal University,  
Vladivostok, Russia*

With the help of the neural network technologies, there has been developed a council forecasting information system allowing to forecast concentration of polluting substances in an industrial center's air basin depending on meteorological conditions in studied territory. The forecast's results have been compared with the results of the classical model - the regression analysis.

**Keywords:** council information systems, neural network technologies, regression analysis, ecology

#### Контактная информация:

*Кикун Павел Федорович* – доктор медицинских наук, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой профилактической медицины ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации

Адрес: 690950, г. Владивосток, ул. Суханова, д. 8  
E-mail: lme@list.ru