

9. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. – М. : Мир, 1990. – 206 с.
10. Rowe, W. Anatomy of risk – N. Y.: John Wiley, 1997, 488 p.
11. Качинський, А. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи / А. Качинський. – К.: Поліграфконсалтинг, 2004. – 472 с.
12. Ларичев, О. Анализ риска и проблемы безопасности / О. Ларичев, А. Мечитов, С. Ребрик. – М., 1990. – 60 с. (Препр. ВНИСИ).
13. Гилмор, Р. Прикладная теория катастроф: в 2-х книгах. / Р. Гилмор. Кн. 1. – М.: Мир, 1984. – 350 с.; Кн. 2. – М.: Мир, 1984 – 285 с.
14. Моисеев, Н. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями / Н. Моисеев, В. Александров, А. Тарко. – М.: Наука, 1985. – 272 с.
15. Василькова, В. Порядок и хаос в развитии социальных систем : синергетика и теория социальной самоорганизации / В. Василькова. – СПб: Лань, 1999. – 480 с.
16. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році – К.: Чорнобиль – Інтерінформ, 2014 р. – 435 с.

Рецензент статті
д.т.н., проф. Тесля Ю.М.

Стаття надійшла до редакції
25.03.2015 р.

УДК 005.8:64

А.Ю. Гайда, В.К. Кошкин

**КЛАССИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ПРОЕКТОВ
РЕКОНСТРУКЦИИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ИСКУССТВЕННЫХ
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Исследованы подходы к разработке механизмов классификации проектов и их состояний средствами искусственных нейронных сетей. Установлено, что сложность информационных моделей проектов и динамизм внешнего окружения проекта приводит к тому, что управление проектами осуществляется на основе ограниченных или недостоверных знаний о значениях параметров проектов. Предложено применять для классификации состояния проектов как объектов управления нейронные сети, которые позволяют на основе ранее накопленного опыта управления проектами организации и, возможно, искаженных текущих значений атрибутов проектов вычислять текущее состояние проекта. Рис. 4, ист. 5.

Ключевые слова: управление проектами, классификация, нейронная сеть.

JEL Q54

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Решение задач управления предполагает наличие информации о состоянии управляемого объекта. В управлении проектами определение состояния проекта как объекта управления часто оказывается затруднительным в силу значительного числа параметров, описывающих проект, неточности либо невозможности измерения их значений, воздействия внешних сложно учитываемых факторов [1]. К проектам со значительной неопределенностью состояний относят и проекты жилищно-коммунального хозяйства.

Для оценки эффективности проектов и их состояния в управлении проектами применяют апробированные и формализованные методы, такие как метод освоенного объема, методы кластеризации и классификации. В коммунальном хозяйстве управление проектами чаще всего осуществляют на основании экспертных оценок либо значений наиболее доступных из измеренных параметров, что вызвано существенным влиянием внешнего

окружения, сложностью информационных моделей и низкой достоверностью значений отдельных атрибутов проекта. При этом часть информации о состоянии проектов не учитывается, что, в конечном итоге, приводит к ошибкам определения состояния проектов, ошибкам управления и краху проектов.

Таким образом, хотя для оценки состояния проектов и их эффективности существуют апробированные и формализованные методы, ошибки классификации состояния проектов, вызванные воздействием внешних и внутренних факторов, приводит к тому, что отдельные управленческие решения становятся неэффективными и способствуют отклонению проектов от ожидаемой траектории развития. При этом отклонению проектов от планов способствует сама система управления. Ярким свидетельством подобного положения дел является наличие значительного числа отложенных ремонтов и незапланированных перебоев в работе систем водоснабжения.

Как следствие, поиск эффективных и научно обоснованных механизмов классификации состояния проектов реконструкции систем водоснабжения является актуальной задачей, требующей своего решения.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых рассмотрены вопросы решения данной проблемы. В теории классификации принято, что в качестве исходных данных для решения задач классификации выступают выборки ограниченного объема с данными о значениях атрибутов, описывающих классифицируемый образ или ситуацию [2]. Классификация состоит в определении степени подобия классифицируемой выборки прецедентам – выборкам, для которых принадлежность к классам известна, а прецедент может рассматриваться как образец [3]. При этом сама задача классификации сводится к выбору признаков, которые являются наиболее информативными для классификации, выбору решающего правила, которое на основании значений признаков позволит отнести классифицируемый образ к тому или иному классу и оценке выбранных признаков и решающего правила с точки зрения качества классификации.

Состояние проекта в системе управления проектами можно рассматривать как функцию измеренных значений влияющих факторов. Представим зависимость состояния s от множества измеренных значений факторов – атрибутов проекта x_1, x_2, \dots, x_n как функционал вида:

$$s = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

Учитывая особенности управления проектами модернизации систем водоснабжения и существующие проблемы в определении состояния проектов, примем, что аналитическое представление функционала $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ недоступно и неизвестен вклад каждого из атрибутов в итоговую оценку. Тогда задачу вычисления s можно рассматривать как задачу классификации текущего состояния проекта, имеющего характеристики x_1, x_2, \dots, x_n .

Также примем, что предварительно определены классы проектов, но не определены признаки и решающие правила, по которым тот или иной проект может быть отнесен к определенному классу. Неопределенность признаков объясняется тем, что из множества признаков информационной модели проектов невозможно однозначно выделить те единственные признаки, которые однозначно определяют принадлежность проектов к определенному классу, а неопределенность правил – в силу неопределенности вклада отдельных признаков в итоговое состояние проектов.

Формальная постановка задачи классификации следующая [4]. Пусть дано некоторое множество S , разбитое на n непересекающихся подмножеств:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}, \quad (2)$$

где s_1, s_2, \dots, s_n – классы, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ – номер элемента класса.

Пусть явно заданы непересекающиеся конечные подмножества:

$$y_i \subset \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (3)$$

где y_i – выборка, которую необходимо классифицировать.

Таким образом, при решении задачи классификации требуется найти такие механизмы, которые определяли бы для любого элемента s пространства S его принадлежность к одному и только одному классу. Т.е., задача сводится к построению функции $F(y, S)$, которая отображает множества y на множество S , что часто оказывается значительно проще нахождения аналитического представления функции f из (1).

Цель исследования – выявить и обосновать возможность применения относительно простых и математически выверенных механизмов классификации состояния проектов в условиях зашумленности значений отдельных атрибутов, когда степень их влияния на состояние проектов неизвестна.

Методы исследования. Для решения задач были применены методы сравнительного и логического анализа, графического моделирования, группирования.

Изложение основного материала. Учитывая, что число отдельных атрибутов может изменяться, представляет интерес применение методов классификации, не зависящих от числа атрибутов. Данному требованию соответствуют ИНС (рис. 1), которые не программируют, а обучают [5].

Число входов ИНС определяется числом признаков, а число выходов – числом классов принадлежности. Активация одного из выходов будет указывать на принадлежность проекта, описываемого поданными на вход ИНС значениями признаков, соответствующему классу, а значение, на выходе можно использовать в качестве меры достоверности такой принадлежности. Для пересекающихся классов одновременно могут быть активированы несколько выходов, тогда сравнение значений на выходах позволит выбрать наиболее близкий класс.

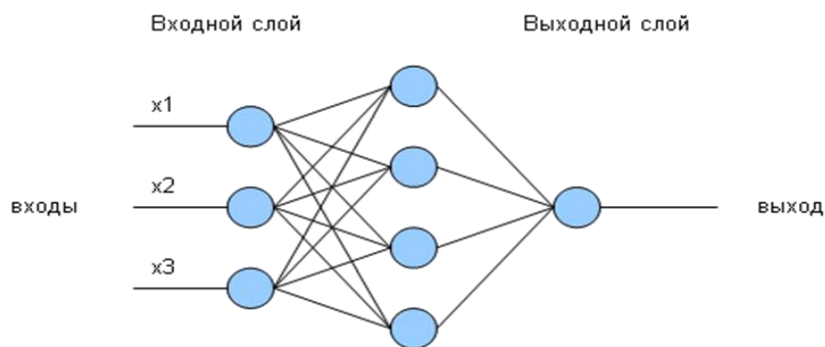


Рис. 1. Пример двухслойной ИНС с 3-мя входами и 1-м выходом

Наиболее широко используемыми и общепризнанными нейронными сетями являются сети с обратным распространением ошибки, которые также применяют и для решения задач классификации. В простейшем случае – для однослойной сети ее выход s (2) может быть представлен через вектор входных сигналов X и вектор коэффициентов k как:

$$s_c = \sum_{i=0}^n x_i * k_{i,c}, \quad (4)$$

где s_c – состояние выхода для класса c ; x_i – значение i -го параметра на входе; $k_{i,c}$ – коэффициент передачи i -го входа на c -выход.

Тогда для двухслойной сети значение на выходе s :

$$s_c = \sum_{j=0}^n \left(k_{j,c} * \left(\sum_{i=0}^m x_i * k_{j,i} \right) \right), \quad (5)$$

где $k_{j,c}$ – коэффициент передачи с промежуточного j -го элемента промежуточного слоя на c -й элемент выходного;

x_i – значение i -го параметра на входе;

$k_{j,i}$ – коэффициент передачи i -го входа входного слоя на j -вход промежуточного.

Модель ИНС, обеспечивающей решение задачи классификации состояний проектов, представлена на рис. 2. Число входов ИНС определялось числом атрибутов проектов, число выходов – числом классов, число нейронов промежуточных слоев обычно определяется экспериментально – по достижению приемлемой ошибки распознавания. В идеальном случае выходное значение должно быть равно 1 на выходе, соответствующему входному классу и 0 (или -1 – по типу передаточной функции) на остальных выходах. В реальной ситуации – в зависимости от вида входных данных и обучающего набора – значения на выходах принимают некоторые промежуточные значения выходного диапазона.

В результате реализации данной модели были получены результаты обработки входных данных, частично представленных в таблице 1 в виде зависимостей распределения значений на выходах ИНС от значений на входах ИНС. В связи с отсутствием однозначных правил вычисления числа нейронов промежуточного слоя, их число в реализации устанавливалось от $m+1$ до $2m$.

Обоснование результатов. С целью апробирования ИНС-классификации состояний проектов была реализована тестовая ИНС. Для ее обучения был использован набор данных со значениями атрибутов проектов (табл. 1).

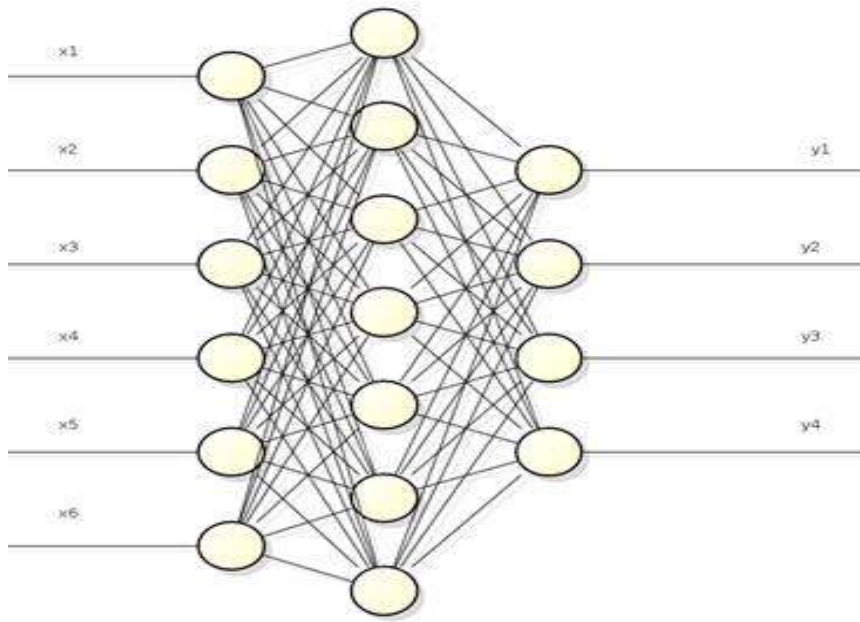


Рис. 2. Модель ИНС классификатора состояний проектов для 6-ти параметров и 4-х классов

Таблица 1

Нормализованные значения параметров проектов (T1, T2, ...) и их отклонений от плановых (dT1, dT2, ...), T — тип проекта

№	T	T1	dT1	T2	dT2	T3	dT3	T4	dT4	T5	dT5
1	1	0.17	0.011	1.47	0.033	4.81	0.071	1.07	0.015	3.38	0.033
2	1	0.14	0.011	1.55	0.078	4.93	0.035	1.14	0.015	3.47	0.033
3	1	0.24	0.012	1.43	0.089	5.28	0.037	1.42	0.018	3.69	0.046
4	2	0.48	0.041	3.17	0.322	6.47	0.046	2.20	0.125	4.54	0.030
5	2	0.53	0.041	4.12	0.274	6.45	0.023	2.33	0.125	4.66	0.031
6	2	0.55	0.043	3.94	0.231	6.38	0.051	2.21	0.125	4.39	0.029
7	3	1.13	0.094	5.10	0.007	6.13	0.087	2.83	0.353	6.03	0.040
8	3	1.31	0.091	4.81	0.053	6.32	0.159	2.83	0.353	5.94	0.039
9	3	1.33	0.083	4.90	0.157	6.31	0.144	2.73	0.341	6.02	0.039
10	4	1.73	0.044	5.87	0.002	7.28	0.152	3.03	0.237	6.81	0.045
11	4	1.87	0.083	6.33	0.039	7.33	0.051	2.98	0.237	6.93	0.046
12	5	1.92	0.112	6.12	0.068	7.41	0.256	2.91	0.236	7.04	0.046

С целью определения вида области распределения выходной величины от подаваемых значений, на входы ИНС попарно подавались последовательности значений из диапазона входных значений при неизменных прочих входных параметрах. Проверка результатов обучения производилась подачей на вход ИНС одного из кортежей входного набора (рис. 3) данных с определением значений на выходах ИНС. Некоторые из полученных карт распределения выходного значения классификатора от пары значений входных параметров ИНС приведены на рис 4.

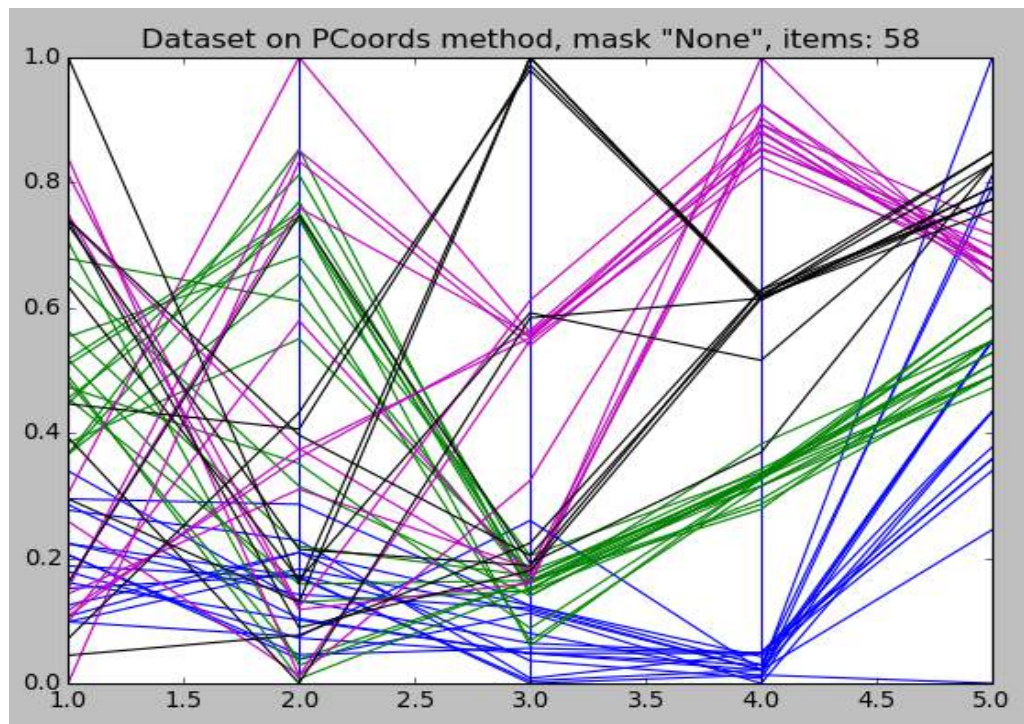


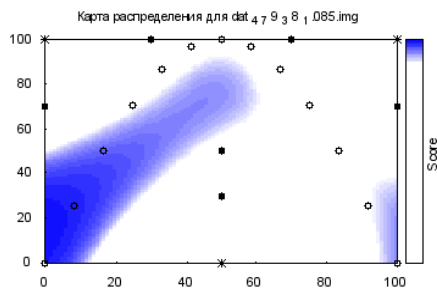
Рис. 3. Пример распределения нормализованных значений отклонений параметров проектов от плановых

В процессе моделирования ИНС была выявлена существенная зависимость области распределения значений активированного выхода ИНС от вида зависимости между входными параметрами. В тех случаях, где такая зависимость была существенно нелинейной (рис. 4 а,б), лучшие результаты классификации достигались с увеличением числа промежуточных слоев до 1-2 (рис. 4 а,б,д,е). При линейной зависимости приемлемые результаты были получены на сетях без промежуточных слоев (рис. 4 в,г).

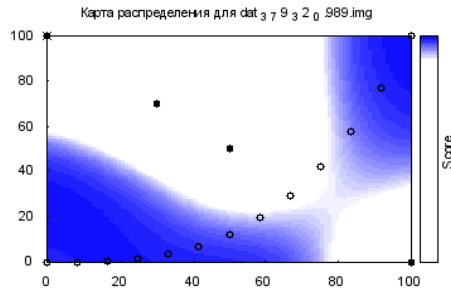
Выводы. Применение математически выверенных методов классификации текущих состояний проектов с устранением зашумленности данных средствами ИНС позволяет повысить качество управления, что, в отличие от существующих методов управления, обеспечивает возможность управления на основе наиболее полных данных о значениях атрибутов проектов.

Полученные результаты показывают возможность применения ИНС для оценки текущего состояния проектов реконструкции систем водоснабжения, что, в отличие от применяемых в управлении проектами методов классификации, позволяет решать задачу классификации в формальной постановке. В зависимости от вида распределения входных данных, для обеспечения приемлемых результатов классификации необходимо экспериментально выбрать число нейронов промежуточных слоев и число таких слоев.

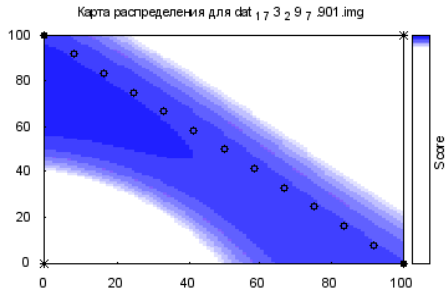
Перспективы дальнейших исследований. Представляет интерес проведение дальнейших исследований с целью формализации методов определения параметров ИНС для получения приемлемых результатов классификации состояний проектов.



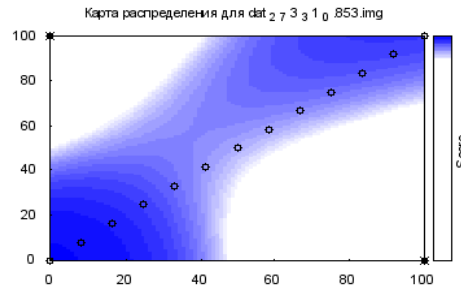
а)



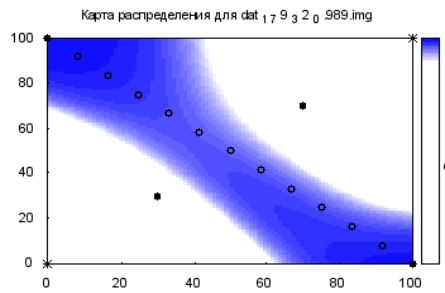
б)



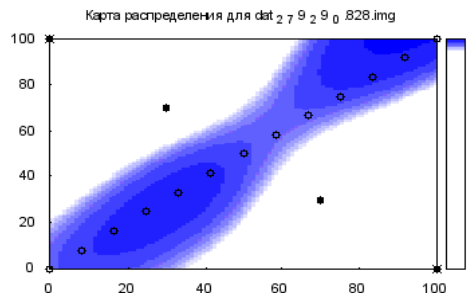
в)



г)



д)



е)

Рис. 4. Карты зависимости выходного значения ИНС классификатора от пар входных значений

ЛІТЕРАТУРА

1. Новиков, Д.А. Управление проектами: организационные механизмы [Текст] / Д.А. Новиков. – М.: ПМСОФТ, 2007. – С. 140.
2. Айвазян, С.А. Классификация многомерных наблюдений [Текст] / С.А. Айвазян, З.И. Бежаева, О.В. Староверов. – М.: Статистика, 1974. - С. 240.
3. Карпов, Л.Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов [Текст] / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин. – М.: Труды Института Системного Программирования РАН, 2007, т. 13, ч. 2, - С. 37-57.
4. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / В.Е. Гмурман; 9-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2003.— 479 с.
5. Цыпкин, Я.З. Основы теории обучающихся систем [Текст] / Я.З. Цыпкин - М.: Наука, 1970. - С. 252.

Рецензент статті
д.т.н., д.е.н., проф. Рамазанов С.К.

Стаття надійшла до редакції
09.04.2015 р.