

*Т.А. ВАСЯЕВА*, ассистент ДонНТУ (г. Донецк)  
*С.В. ХМЕЛЕВОЙ*, канд. тех. наук, доц. ДонНТУ (г. Донецк)  
*Е.В. АЛЕКСЕЕВА*, магистрант ДонНТУ (г. Донецк)

## НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

В статье разработана постановка задачи прогнозирования потребления природного газа. Проведен анализ современного состояния методов прогнозирования. Рассмотрен и реализован подход нейросетевого прогнозирования объема потребления природного газа. Выполнен анализ и предварительная обработка входных данных. Проведены экспериментальные исследования с использованием данных потребления газа, предоставленными Харцызским управлением по газоснабжению и газификации. Ил.: 8. Библиогр.: 8 назв.

**Ключевые слова:** прогнозирование, методы прогнозирования, нейросетевое прогнозирование, предварительная обработка данных.

**Постановка проблемы.** В настоящее время в Украине проблема газоснабжения городов стоит достаточно остро. Прогнозирование потребления природного газа является основой не только для планирования закупок природного газа у газотрейдеров, но и для разработки мероприятий по управлению энергопотреблением в муниципальном хозяйстве, особенно в отопительный период. Потребление газа идет круглосуточно и представляет собой случайный процесс, имеющий определенные закономерности во времени. Имеются реальные данные потребления газа, предоставленные Харцызским управлением по газоснабжению и газификации. Данные представляют собой значения ежемесячного потребления газа городом за период 1998-2009гг. Заданы дискретные отсчеты  $\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)\}$  в последовательные моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_n$ . Задача прогнозирования заключается в предсказании значения  $y(t_{n+1})$  в некоторый будущий момент времени  $t_{n+1}$ .

**Анализ литературы.** Качество прогноза во многом зависит от выбранной математической модели. В [1] выполнен аналитический обзор моделей и методов прогнозирования. Достаточно часто для решения задачи прогнозирования используются регрессионные модели, но в последние десятилетия были предложены модели на основе искусственных нейронных сетей [2]. Преимуществом использования нейронной сети для прогнозирования объема газопотребления заключается в том, что нет необходимости в построении модели объекта. К тому же нейронная сеть имеет хорошую работоспособность при использовании малых обучающих выборок, не обеспечивающих получение статистически достоверных результатов классическими методами.

**Цель статьи** – разработка нейросетевого метода прогнозирования природного газа.

Для решения задачи с помощью искусственной нейронной сети необходимо:

- сформировать обучающую выборку;
- выбрать конфигурацию нейронной сети;
- обучить нейронную сеть;
- протестировать нейронную сеть.

**Формирование обучающей выборки.** Имеющиеся данные потребления газа представляют собой упорядоченную во времени последовательность, то есть временной ряд. С целью определения зависимости между наблюдениями (разделенными временными интервалами в один месяц), вычислялся коэффициент автокорреляции, который отражает, в сущности, обычную корреляцию, вычисляемую между образующими временной ряд текущими и запаздывающими значениями зависимой переменной. С помощью корреляционного анализа установлено, что существует зависимость прогнозируемой величины от значения в предыдущий момент времени (месяц) и от такого же месяца годом ранее. Таким образом, выбраны следующие значения временного ряда:  $y(t_{n-1})$  и  $y(t_{n-13})$  в качестве входных факторов.

Так же исследования показали влияние усредненного значения потребления газа за прогнозируемый месяц и предыдущий, это величина также включена в входной набор данных.

Нормировка данных позволяет привести разнородные данные к сопоставимым диапазонам, а также приблизить их распределение к равномерному, что повышает информативность обучающего примера. Из возможных вариантов нормировки был выбран следующий – линейная нормировка, которая приводит все значения к единому диапазону  $[0,1]$  [3].

Таким образом, все значения временного ряда были нормированы и на вход нейронной сети подаются только значения в диапазоне  $[0,1]$ .

**Выбор архитектуры нейронной сети.** Согласно [4] для решения задач прогнозирования больше всего подходят следующие виды нейронных сетей: многослойный перцептрон (MLP – сеть) и радиально-базисная сеть (RBF – сеть).

Но в большинстве случаев при решении одной и той же задачи размер сети RBF будет превышать размер MLP. Сеть RBF имеет в своем составе один скрытый уровень, а сеть MLP в общем случае – несколько. Однако в [5] показано, что любая функция может быть аппроксимирована трехслойной сетью MLP с одним скрытым слоем с любой степенью точности. При этом применение большего количества уровней является нецелесообразным, так как при этом время обучения увеличивается, а точность прогноза уменьшается. Таким образом, задача выбора числа слоев для обоих типов нейросетей не стоит: как сеть RBF, так и сеть MLP должны иметь один скрытый слой.

Сети RBF позволяют использовать лишь гауссову функцию активации, либо ее модификации. В тоже время MLP обладает способностью работать с различными функциями, что дает более широкие возможности для экспериментирования в процессе построения нейросетевой модели.

Кроме того, сеть RBF не обладает способностью к экстраполяции данных при увеличении ширины диапазона значений входных данных, так как отклик сети быстро затухает при удалении от сформированных на обучающей выборке центров классов.

Недостатком сети MLP по сравнению с RBF является более высокая сложность обучения ввиду необходимости совместного обучения нескольких слоев нейронов.

Таким образом, в качестве базовой сети была выбрана MLP-сеть. В качестве инструментальной среды использовался пакет Matlab 7.0 (neural network toolbox). Проведены эксперименты, в результате которых выбрана следующая архитектура нейронной сети (рис. 1), состоящая из входного слоя, скрытого слоя, состоящего из 7 нейронов и выходного слоя. Используются следующие функции активации: на скрытом слое – гиперболический тангенс, на выходном – линейная.

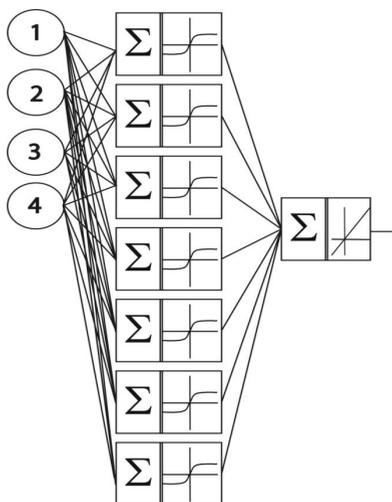


Рис. 1. Архитектура нейронной сети.

**Обучение и тестирование нейронной сети.** Сеть обучается алгоритмом обратного распространения ошибки [2]. Среда Matlab 7.0 позволяет использовать различные его модификации. К примеру, такие алгоритмы второго порядка, как метод сопряженных градиентов и метод Левенберга-Марквардта [6,7], который является наиболее распространенным алгоритмом

оптимизации. Он превосходит по производительности метод наискорейшего спуска и другие методы сопряженных градиентов, а в некоторых задачах работает существенно быстрее, даже чем простейший градиентный метод. Превосходство данного метода, было подтверждено экспериментально.

Исходная обучающая выборка разделена на подмножество для обучения и тестовое подмножество, которое используется для проверки эффективности работы обученной сети. Предоставленная за 12 лет информация использована следующим образом: данные потребления газа за 11 лет включены в обучающую выборку, а за последний (12) год – в проверочную. После обучения нейронной сети выполнено ее тестирование, результаты представлены на рисунке 2. В левой части рисунка 2 представлены результаты тестирования на обучающей выборке, в правой – проверочной. Среднеквадратичная ошибка на проверочной выборке равна  $6.1579e-004$ . Следует отметить, что прогноз на первые три месяца выполнен существенно точнее, чем на год.

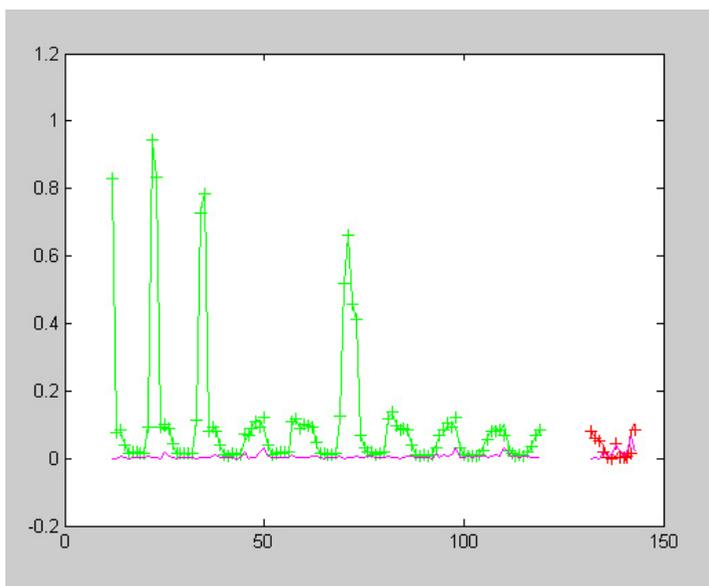


Рис. 2. Тестирование нейронной сети.

**Выводы.** В статье реализован нейросетевой подход прогнозирования объема потребления природного газа. Для повышения точности прогноза выполнена предварительная обработка входных данных. Проведены экспериментальные исследования на реальных данных потребления газа, предоставленными Харцызским управлением по газоснабжению и

газификации. На тестирующем наборе ошибка прогнозирования равна 6.1579e-004, причем ошибка прогнозирования на ближайшие три месяца составляет менее 1 %. Таким образом, решена задача краткосрочного прогнозирования [8], в дальнейшем планируется построить модель для долгосрочного прогнозирования.

**Список литературы:** 1. Тихонов Э. Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие. / Тихонов Э. Е. – Невинномыск, 2006. – 221 с. 2. Саймон Хайкин Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. / Саймон Хайкин. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с. 3. Васяева Т.А. Подготовка данных при разработке медицинских экспертных систем / Скобцов Ю.А., Васяева Т.А. // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон, 2007. □ №4(27). С.49-55. 4. Головки В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. // Головки В.А. – М.: Радиотехника, 2001.- 256 с. 5. Maxwell T Nonlinear Dynamics of Artificial Neural Systems / Maxwell T, Giles C, Lee Y, Chen H. // Proceedings of the conference on neural networks for computing. – Washington (D.C.), 1986. 6. Медведев В.С. Нейронные сети. МАТЛАВ 6 / Медведев В.С., Потемкин В.Г. [Под общ. ред. к.т.н. В.Г. Потемкина]. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с. 7. Анант Ранганатан Алгоритм Левенберга-Марквардта // <http://www.cc.gatech.edu/people/home/ananth/docs/lmtut.pdf>. 8. С.И. Татаренко Методы и модели анализа временных рядов / Метод. указания к лаб. работам / сост. С.И. Татаренко. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос.техн. ун-та, 2008. – 32 с.

Статья представлена д.т.н., проф., зав каф. АСУ ДонНТУ Скобцовым Ю.А.

УДК 004.048+004.855

**Нейромережеве прогнозування споживання природного газу.** / Васяева Т.О., Хмільовий С.В., Алкссеєва К.В. // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2010. – № 23. – С. – .

У статті розроблена постановка задачі прогнозування споживання природного газу. Проведено аналіз сучасного стану методів прогнозування. Розглянуто і реалізовано підхід нейромережевого прогнозування об'єму споживання природного газу. Виконано аналіз і попередня обробка вхідних даних. Проведено експериментальні дослідження з використанням даних споживання газу, наданими Харцизьким управлінням газопостачання і газифікації. Іл.: 2. Бібліогр.: 8 назв.

**Ключові слова:** прогнозування, методи прогнозування, нейромережеве прогнозування, попередня обробка даних.

УДК 004.048+004.855

**Neural forecasting of natural gas consumption** / Vasyaeva T.A., Khmilovyy S.V., Alekseeva E.V. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2010. – № 23. – P. – .

The task of natural gas forecasting is developed in the article. The analysis of the modern state of methods of prognostication is conducted. The neural forecasting approach of volume of the natural gas consumption is considered and realized. An analysis and rough-down of datains is executed. Experimental researches are conducted with the use of information of gas consumption, given by a Hartsizsk management of gas-supplying and gasification. Fig.: 8 . Refs.: 8 titles.

**Keywords:** prognostication, methods of prognostication, нейросетевое prognostication, rough-down of information.

Поступила в редакцию 22.06.2010