

4. Скубенко В.П. Формування ринково-адаптованих підприємств промисловості.- Автореферат дис... доктора економічних наук. Спеціальність 08.07.01-Економіка промисловості. - Донецьк: ІЕП НАН України, 2001.-32 с.
5. Скубенко В.П. Проявление нелинейности экономических и энергетических характеристик предприятия при сокращении выпуска продукции// экономика промисловості.- Донецьк: ІЕП НАН України.- 2000.- С. 197-206.
6. Данилов В.К. Анализ себестоимости добычи энергетических углей в Донбассе //Экономика промышленности. - Донецк: ИЭП НАН Украины.- 1999.- С. 235-251.
7. Сычев Г.М. Анализ себестоимости добычи углей косового назначения в Донбассе//Экономика промышленности.- Донецк: ИЭП НАН Украины.-2000.- С. 335-343.
8. Яценко А.М., Ткачев В.Н. Об энергосбережении в угольной промышленности// Уголь Украины.- 2001.- №5.- С. 3-6.
9. Череватский Д.Ю., Рак Н.М. О совершенствовании взаиморасчетов между поставщиками и потребителями угольного топлива на ТЭС// Экономика промышленности. - Донецк: ИЭП НАН Украины, 1999.- С. 462-470.
10. Скубенко В.П., Череватский Д.Ю. Эффективность использования угольного топлива и кризис угольной промышленности// Проблемы повышения эффективности функционирования предприятий различных форм собственности. - Донецк: ИЭП НАН Украины. - 1998.- С.135-143.
11. Боровиков В.П., Боровиков И.П. Statistica - Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1997. – 608 с.

Статья поступила в редакцию 30.03.2005

Р.З. АМИРОВ, к.т.н., доцент
ДонНТУ

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

В условиях начавшегося экономического роста в Украине проблема прогнозирования при инвестировании в условиях риска и неопределенности имеет важное значение. Развитие промышленного сектора требует дополнительных денежных ресурсов, источниками которых являются собственные и заемные средства. При этом требуется соизмерять затраты и ожидаемые результаты. При инвестировании очень важен прогноз экономической эффективности проекта и оценка риска реализации проекта. Факторы неопределенности определяют риск проекта, увеличивают дополнительные расходы, обуславливают недополучение дохода.

Одним из ключевых факторов, влияющих на объем инвестиций, является

курсовая стоимость национальной валюты, а также динамика ее изменения. Поэтому прогнозирование курсовой стоимости гривны позволяет определить желаемый для предприятия объем инвестиций, а также снизить риск недополучения прибыли. Например, предприятиям, импортирующим продукцию, для определения необходимого объема инвестиций и реализации эффективной политики ценообразования необходимо знать текущие и прогнозируемые курсы валют.

Сложность прогнозирования валютного курса заключается в необходимости учета не только значений рассматриваемого временного ряда, но и целого ком-

плекса экономических, политических, правовых и других факторов. На нынешнем этапе предложены методы прогноза, использующие временные фильтры [1], сопоставления цен товаров и услуг [2], авторегрессии с учетом остатков третьего порядка [3], скользящего среднего [4,5], классических нейронных сетей [6]. Данные методы обеспечивают относительную ошибку прогноза порядка 2%-10%. Повысить точность прогноза возможно путем использования гибридных нейронных сетей.

Целью данной работы является повышение точности прогнозов курсовой стоимости национальной валюты.

Нечеткие нейронные сети (гибридные сети) объединяют в себе достоинства нейронных сетей и систем нечеткого вывода. С одной стороны, они позволяют разрабатывать и представлять модели систем в форме правил нечетких продукций, которые обладают наглядностью и простотой содержательной интерпретации. С другой стороны, для построения правил

нечетких продукций используются методы нейронных сетей, что является более удобным и менее трудоемким процессом [7,8].

Правила преобразования сигнала в искусственном нейроне (рис.1) описываются с помощью следующих выражений:

$$\begin{aligned} Y &= f(S), \\ S &= f(x_i, w_i, c), \end{aligned} \quad (1)$$

где

- Y - выходной сигнал нейрона;
- S - результат суммирования;
- x_i - компонент вектора входного сигнала ($i \in \{1, 2, \dots, n\}$),
- w_i - вес синапса ($i \in \{1, 2, \dots, n\}$),
- c - параметр смещения.

Результат суммирования определяется из выражения:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i + c$$

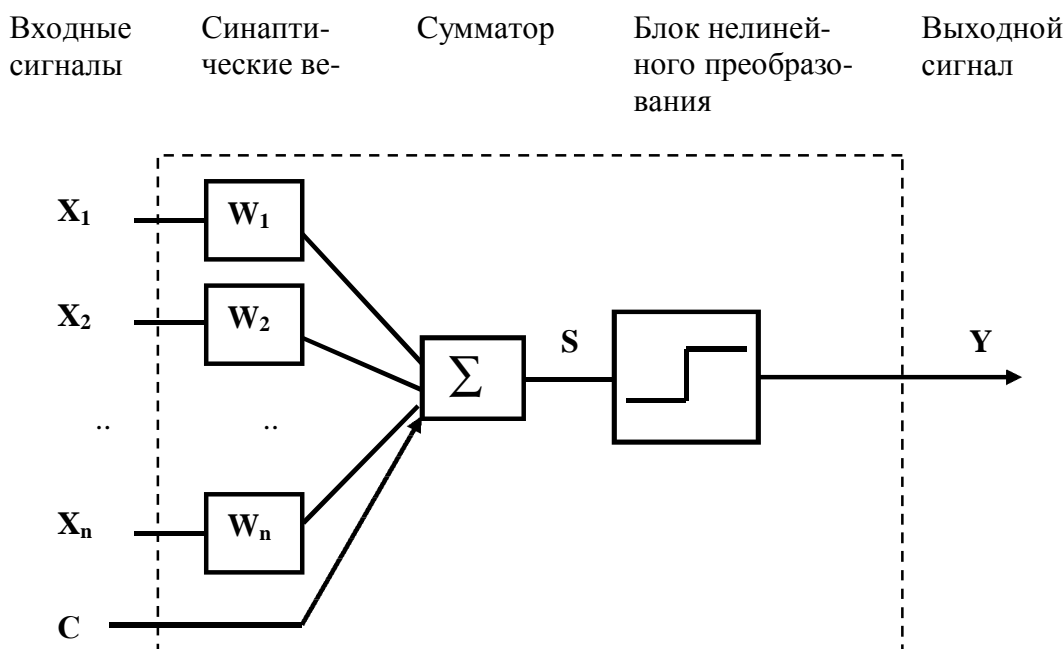


Рис.1. Функциональная схема нейрона

Вес синапса может иметь как положительный, так и отрицательный знак.

Уравнение (1) представляет собой функцию активации нейрона, в качестве которой могут быть использованы различные нелинейные преобразования – квадратичная, экспоненциальная, синусоидальная, логистическая и т.д. Получив вектор входного сигнала X , нейрон выдает некоторое число Y на своем выходе. Нейронная сеть представляет собой совокупность нейронов с определенной топологией.

Нечеткое множество \tilde{A} на универсальном множестве U - это совокупность пар $(m_A(u), u)$, где $m_A(u)$ - степень принадлежности элемента $u \in U$ к нечеткому множеству \tilde{A} . Функция принадлежности представляет собой функцию, которая позволяет вычислить степень принадлежности произвольного элемента универсального множества к нечеткому множеству. Если универсальное множество состоит из конечного количества элементов $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$, тогда нечеткое множество \tilde{A} записывается в виде

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^k m_A(u_i) / u_i$$

В случае непрерывного множества U используют такое обозначение

$$\tilde{A} = \int_U m_A(u) / u.$$

Лингвистическая переменная - это переменная, значениями которой могут быть слова или словосочетания некоторого естественного или искусственного языка. Терм-множеством является множество всех возможных значений лингвистической переменной. Терм - это любой элемент терм-множества. В теории нечетких множеств терм формализуется нечетким

множеством с помощью функции принадлежности. Лингвистическая переменная задается пятеркой $\{X, T, U, G, M\}$, где X - ; имя переменной; T - терм-множество, каждый элемент которого (терм) представляется как нечеткое множество на универсальном множестве U ; G - ; синтаксические правила, часто в виде грамматики, порождающие название термов; M - ; семантические правила, задающие функции принадлежности нечетких термов, порожденных синтаксическими правилами G [8,9].

Построение и использование нейронной сети состоит из следующих этапов:

1. Выбор типа и структуры нейронной сети.
2. Обучение нейронной сети на основе имеющейся информации.
3. Проверка нейронной сети на контрольном примере.
4. Использование полученной нейронной сети для решения поставленной задачи.

Для краткосрочного предсказания курсовой стоимости гривны (рис. 2) на основе имеющихся данных о ее стоимости за три месяца использована нечеткая модель гибридной сети, которая является многослойной нейронной сетью без обратной связи с 4 входами и одним выходом. Число входов получено экспериментально, при этом обеспечивалась наименьшая ошибка прогноза.

Входы представляют собой значение курса гривны на текущий день и три предшествующих дня. Каждая входная переменная имеет три лингвистических термина, функции принадлежности входных переменных выбраны треугольными, так как они обеспечивают наименьший уровень ошибки при обучении сети (рис.3).

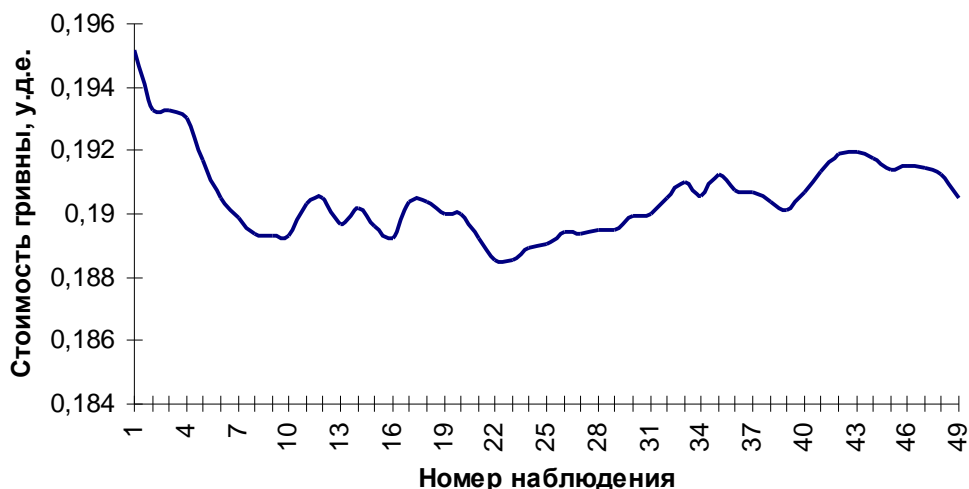


Рис. 2 - Курсовая стоимость гривны

Функция принадлежности выходной переменной выбрана линейной. Используется структура системы нечеткого вывода типа Сугено.

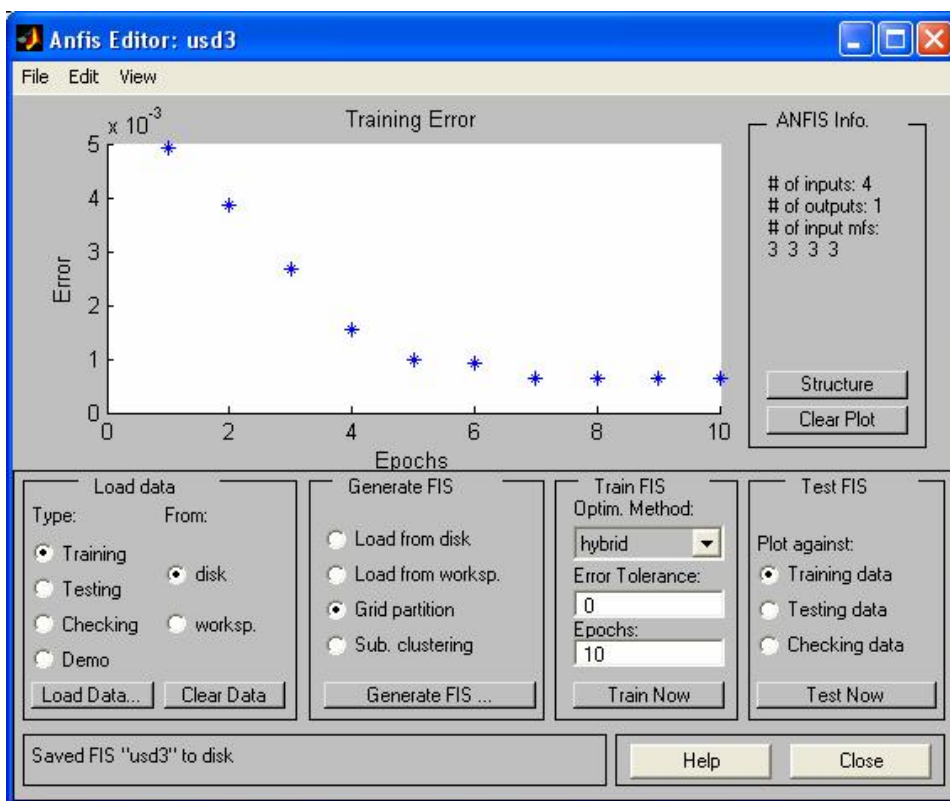


Рис. 3 – Ошибка обучения гибридной сети

Из графика видно, что обучение закончилось после 7 цикла. Ошибка обучения при этом составила $x = 0,7 \cdot 10^{-3}$.

Структура построенной нечеткой модели приведена на рис.4.

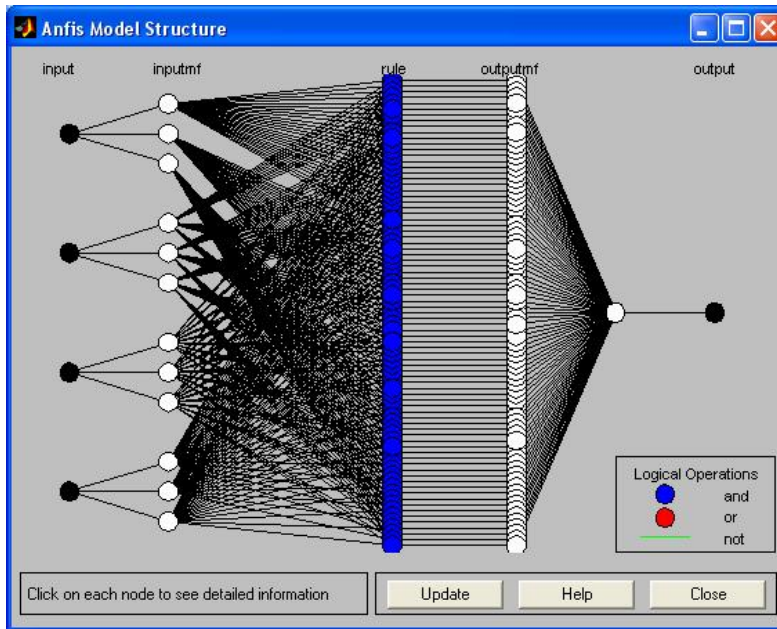


Рис. 4 - Структура построенной нечеткой модели.

Общее количество правил равно 81. Для проверки адекватности построенной нечеткой модели гибридной сети

сравним прогнозируемое значение курсовой стоимости гривны и известное значение на одну и ту же дату.

Таблица 1.

Погрешность прогноза курсовой стоимости гривны

Дата	Курсовая стоимость гривны, у.д.е.	Прогноз курсовой стоимости гривны, у.д.е.	Абсолютная ошибка прогноза, у.д.е.	Относительная ошибка прогноза, %
23.03.2005	0,1900	0,1900	0,0000	0,0032
24.03.2005	0,1895	0,1916	0,0022	1,1396
25.03.2005	0,1887	0,1883	-0,0004	0,2045
26.03.2005	0,1884	0,1882	-0,0003	0,1424

Результаты табл. 1 показывают, что относительная погрешность прогноза на 4 периода (дня) составляет менее 1,2%, в среднем – 0,37%, что позволяет говорить о достаточно высокой степени адекватности построенной нечеткой модели гибридной сети.

Предложенный подход предсказания финансовых временных рядов с ис-

пользованием нечетких нейронных сетей обеспечивает достаточно низкую погрешность прогноза (менее 1,2%), что позволяет принимать эффективные инвестиционные решения и снижать риск недополучения прибыли предприятием.

Литература

1. Богачук К.О. Застосування методів аналізу фондового ринку //Актуальні проблеми економіки. – К: “Національна академія управління”.-2005.- N3(45).-С.24-33.
2. Шумська С.С., Войтюк Д.В. Аналіз і прогнозування динаміки валютного курсу національної грошової одиниці // Компьютерные системы моделирования управленческих решений: Сб.науч.тр.- К., 1995.- С. 202-212.
3. Гизатулин А.М. Выбор критерия распознавания трендов ценовых биржевых графиков при применении метода скользящей авторегрессии // Наук. праці Донецьк. держ. техн. ун-ту. Серія: економічна.-Донецьк: ДонДТУ, 2000. – №68-С.118-126.
4. Смирнов А.В., Ревега Д.В. Синтетические скользящие средние // Наук. праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна. Вип.80. – Донецьк, ДонНТУ, 2004. –С.11-17.
5. Ханк Д.Э., Чичерн Д.У., Райтс А.Дж. Бизнес-прогнозирование, 7-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 656с.
6. Назимко В.В., Назимко І.В. Прогноз показників ринку за допомогою нейронної мережі та генетичного алгоритму // Наук. праці Донецьк. держ. техн. ун-ту. Серія: економічна.-Донецьк: ДонДТУ, 2000. – №22-С.182-191.
7. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. — Винница: УНИВЕРСУМ—Винница, 1999. — 320 с.
8. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 167 с.
9. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. — М.: Радио и связь, 1981. — 286 с.

Статья поступила в редакцию 05.04.2005