

ких методов и моделей). Можно выделить следующие основные функциональные блоки системы: *База данных*; *База знаний*, предназначенная для моделирования экономических процессов, ретроспективного анализа и прогнозирования; *Система подготовки данных для принятия решения* — использование различных многомерных отчетов для дальнейшего анализа выходных данных, непосредственно ЛПР; *Блок принятия решений верхнего уровня* (данная подсистема является ключевой, так как при построении и анализе задач связывает элементы всех остальных подсистем).

В настоящее время нами подготовлен “пилотный” вариант СППУР, позволяющий осуществлять выбор альтернативы как с использованием функций полезности, так и экспертным методом. При этом решаются задачи как на макро-, так и на медиауровне (в региональном и отраслевом разрезах).

В качестве математической основы используется теория решения многокритериальных задач в рамках теории принятия решений. В дальнейшем предполагается использование нейросетевого моделирования и метода нечетких множеств, что существенно расширит класс решаемых задач.

*В.Я. Асанович
БГЭУ (Минск),
Д.И. Николайчик*

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАКРОЭКОНОМИКЕ

В последние несколько лет мы наблюдаем взрыв интереса к нейронным сетям, которые успешно применяются в самых различных областях науки.

Нейронные сети привлекательны тем, что они основаны на биологической модели нервных систем, т.е. имеем аналог с естественным интеллектом. Класс задач, которые можно решить с помощью нейронной сети, определяется тем, как сеть работает, и тем, как она обучается. При работе нейрон-

ная сеть принимает значения входных переменных и выдает значения выходных переменных.

Представляет интерес использования нейросетевого моделирования с целью прогнозирования макроэкономических показателей развития экономики Беларуси. Для решения поставленной задачи было решено использовать нейронную сеть, построенную на основе многослойного персептрона (MLP). В нашем случае используется на выбор трехслойная или четырехслойная структура нейронной сети. Каждый элемент сети строит взвешенную сумму своих входов с поправкой в виде слагаемого и затем пропускает эту величину активации через передаточную функцию, и таким образом получается выходное значение этого элемента. Элементы организованы в послойную топологию с прямой передачей сигнала. Такую сеть легко можно интерпретировать как модель вход-выход, в которой веса и пороговые значения (смещения) являются свободными параметрами модели. Такая сеть может моделировать функцию практически любой степени сложности, причем число слоев и число элементов в каждом слое определяют сложность функции. Определение числа промежуточных слоев и числа элементов в них является важным вопросом при конструировании сети, поэтому в рассматриваемой модели реализована возможность интерактивного варьирования количеством скрытых слоев и нейронов в этих слоях.

Суть работы модели такова. На нейроподобный элемент поступает набор входных сигналов $x_1, x_2, \dots, x_M$ (или входной вектор X), представляющий собой выходные сигналы других нейроподобных элементов. Каждый входной сигнал умножается на соответствующий вес связи $w_1, w_2, \dots, w_m$ — аналог эффективности синапса. Вес связи является скалярной величиной, положительной для возбуждающих и отрицательной для тормозящих связей. Входные сигналы, с учетом своих весов, поступают на блок суммирования, соответствующий «телу клетки», где осуществляется их алгебраическое суммирование и определяется уровень возбуждения нейроподобного элемента S :

$$S = \sum_{i=1}^M w_i x_i.$$

Выходной сигнал нейрона y формируется нелинейной функцией f :

$$y = f(S - \theta),$$

где θ — некоторое постоянное смещение (аналог порога нейрона).

После нахождения выходного вектора Y определяется отклонение от целевого вектора:

$$\varepsilon = T - Y,$$

где T — целевой вектор.

С целью минимизации ошибки реализуют процесс «обратного распространения».

В нашей работе была осуществлена попытка спрогнозировать значения ряда макроэкономических показателей развития Республики Беларусь на долгосрочный период, а именно на 2001–2002 гг. и на краткосрочный период — на май, июнь и июль 2000 г., данные за которые еще не опубликованы.

Множество обучающих примеров для долгосрочного прогнозирования было построено на основе 20 макроэкономических показателей социально-экономического развития Республики Беларусь с 1990 по 1999 гг. В процессе прогнозирования использовалась четырехслойная сеть с 20 входными нейронами, 10 нейронами в первом скрытом слое, 8 нейронами во втором скрытом слое и, наконец, 20 нейронами в выходном.

Несмотря на сложности, связанные с настройкой и обучением нейронной сети, уже сейчас можно говорить о том, что данная модель вполне пригодна для прогнозирования макропоказателей развития Республики Беларусь.