

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАОТИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Р. А. Федоров

ВВЕДЕНИЕ

Под временным рядом понимается последовательность экспериментальных данных, полученных в результате наблюдений за некоторым процессом или характеристикой системы. Задача прогнозирования временных рядов встречается в различных областях науки и техники [1–4].

В связи с повышением цен на традиционные ископаемые источники энергии и понижением цен и увеличением эффективности нетрадиционных энергетических установок появляется возможность использовать энергию солнца и ветра в повседневной жизни. В частности, при проектировании и реализации энергетических установок, основанных на скорости ветра, очень важно оценить ожидаемый экономический эффект от их использования. Цель настоящей работы – изучение возможности прогнозирования скорости ветра по значениям скоростей, измеренным в предшествующие моменты времени.

1. ОПИСАНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

1.1. РСС-модель

Случайный процесс «авторегрессии – скользящего среднего» [1] является одной из наиболее популярных конструкций при моделировании по наблюдаемым временным рядам. Процесс авторегрессии и скользящего среднего порядка (p, q) (обозначается $АРСС(p, q)$ или $ARMA(p, q)$) задается выражением:

$$x_n = \xi_n + \sum_{i=1}^p \phi_i x_{n-i} - \sum_{i=1}^q \theta_i \xi_{n-i}$$

Этот процесс зависит от параметров, количество которых равно $p + q + 1$.

АРСС-модель более полувека была основным аппаратом для моделирования и прогноза сложных процессов на практике. Только в последние два десятилетия с развитием вычислительной техники и нелинейной динамики АРСС-модели все больше сдают свои позиции в результате конкуренции с нелинейными моделями.

1.2. Методы глобальной и локальной реконструкций

Пусть имеется скалярный временной ряд, содержащий N значений наблюдаемой величины v , измеренных в последовательные моменты

времени t_i : $v_i = v(t_i)$, $i = 1, \dots, N$. Будем строить модель в виде $v_{j+D} = G(v_j, v_{j+1}, \dots, v_{j+D-1})$. Функцию G выберем в виде полинома порядка K :

$$G(x_1, x_2, \dots, x_D) = \sum_{l_1, l_2, \dots, l_D=0}^K c_{l_1, l_2, \dots, l_D} \prod_{j=1}^D x_j^{l_j}, \quad \sum_{j=1}^D l_j \leq K.$$

В отличие от глобальных моделей, направленных на описание динамики во всем фазовом пространстве, локальные модели описывают поведение системы «по кускам» (по-разному в различных небольших областях фазового пространства) [2,3].

1.3. Итерационный и прямой методы прогноза

Чтобы осуществить прогноз на несколько итераций вперед, можно использовать предсказанное значение $v(t_{N_{train}+D+1})$ в качестве нового известного значения входной переменной. Далее нужно найти ближайших соседей для полученного вектора состояния $\mathbf{x}(t_{N_{train}+2})$, провести аппроксимацию функции $G(x_1, x_2, \dots, x_D) = c_0 + \sum_{i=1}^D c_i x_i$ уже в окрестности этого нового вектора и сделать прогноз следующего значения величины v , и т.д. Такой метод прогноза называется итерационным.

Возможен и другой метод прогноза, который называется прямым. Он состоит в том, что для прогноза на T интервалов выборки вперед (с упреждением T) непосредственно аппроксимируется зависимость $v(t_{n_i+D-1+T})$ от $\mathbf{x}(t_{n_i})$. Таким образом, для прогноза с любым упреждением достаточно только один раз отыскать ближайших соседей вектора $\mathbf{x}(t_{N_{train}+1})$.

1.4. Использование нейронных сетей

Искусственные нейронные сети (ИНС) – вид математических моделей, которые строятся по принципу организации и функционирования их биологических прототипов – сетей нервных клеток (нейронов) мозга (рис. 1). Особенности и результаты их применения рассмотрены далее.

2. РЕАЛИЗАЦИЯ ИНС И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для реализации алгоритма прогнозирования со скользящим окном использована сеть Элмана [4] и с ее помощью получен достаточно хороший прогноз временного ряда (рис. 2).

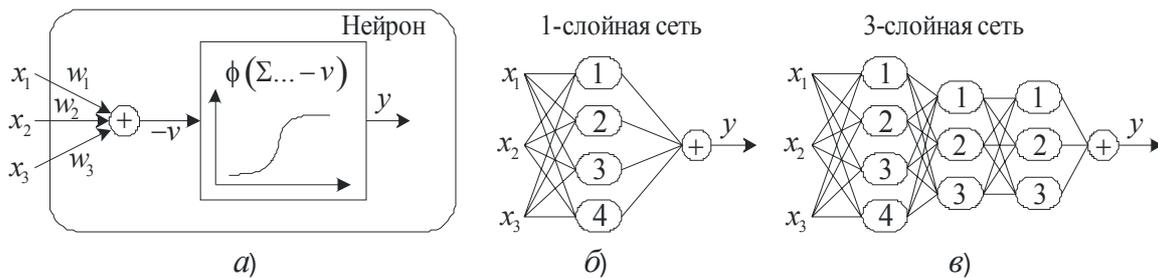


Рис. 1 Стандартный формальный нейрон (а),
схема однослойной искусственной нейронной сети с одним выходом (б)
и схема многослойной искусственной нейронной сети с одним выходом (в)

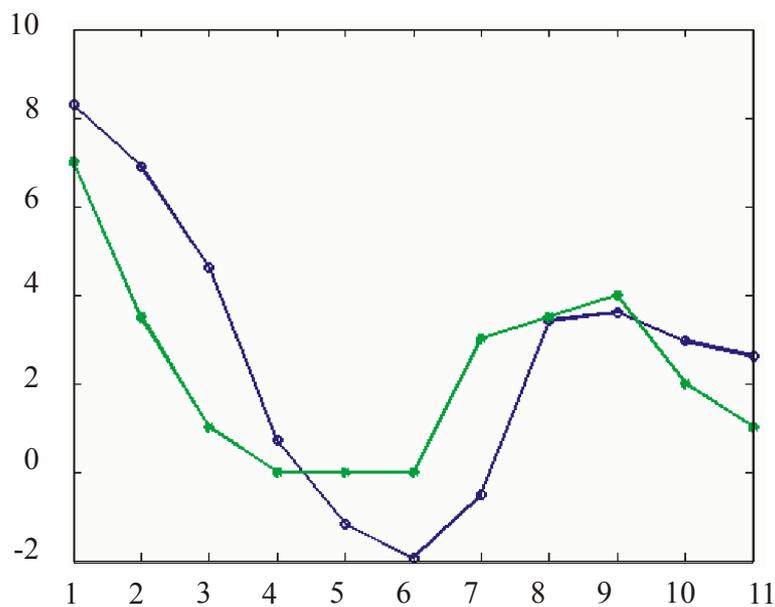


Рис. 2. Результат прогнозирования временного ряда
(светлая зеленая линия – реальные значения, темная синяя – прогноз)

Увеличение количества нейронов в скрытом слое сети Элмана может вызвать явление переобучения, при меньшем ИНС будет недообучена.

Анализ разнообразных методы прогнозирования временных рядов, их достоинств и недостатков, показывает, что использование нейронных сетей для прогнозирования скорости ветра отвечает требованиям по точности прогноза. Огромным достоинством нейронных сетей является то, что они могут найти различные виды зависимостей, как линейных, так и нелинейных. При этом исключается необходимость рассматривать все факторы, влияющие на скорость ветра, по отдельности. Использованная сеть Элмана, имеет обратные связи с задержкой, что позволяет повысить точность долговременного прогноза.

Литература

1. Бокс Дж., Дженкинс Т. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. М.: Мир. 1974. 242 с.