

УДК 004.896, 004.942

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИЙ АКТИВАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

© Бербасов О.Д., Лёзина И.В.

e-mail: olegoleg.ru@mail.ru

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

При решении задачи прогнозирования люди всё чаще обращаются к нейронным сетям. Одним из их основных достоинств является возможность распознавания сложных зависимостей в предоставляемых им обучающих данных.

Для прогнозирования в автоматизированной системе используется радиально-базисная нейронная сеть, имеющая n входов, каждый из которых напрямую соединен с одним из нейронов скрытого слоя. Нейроны скрытого слоя реализуют некоторую нелинейную функцию, преобразующую входной сигнал [1]. Такая функция называется функцией активации. В радиально-базисных сетях в качестве функций активации используются функции, радиально изменяющиеся вокруг некоторого выбранного центра и принимающие ненулевые значения только в окрестности этого центра. Эти функции имеют следующий вид (1) [2]:

$$f(x) = \varphi(\|x - c\|) \quad , \quad (1)$$

где x – вектор входных сигналов нейрона, c – смещение центра функции, $\varphi(\gamma)$ – убывающая функция (чаще всего, равная нулю вне некоторого отрезка).

Роль функции активации заключается в отображении радиального пространства вокруг заданной точки или группы таких точек [2]. При решении практических задач, выбор конкретной радиально-базисной функции может ускорить процесс обучения или позволит получить более адекватную модель прогнозируемого процесса.

Для реализации в данной автоматизированной системе и дальнейшего тестирования были выбраны следующие радиально-базисные функции (см. таблицу).

Для оценки прогнозирующих способностей сети были выбраны несколько критериев, позволяющих делать выводы об адекватности модели и точности прогнозирования.

Оценка общей адекватности модели производилась исходя из рассчитанных значений коэффициента несовпадения Тейла (2) [3,4]. Коэффициент принимает значения от 0 до 1. При чем, если получен 0, то прогноз считается точным, а если получена единица, то модель считается не адекватной, а прогноз ошибочным.

$$E = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - d_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2}} \quad , \quad (2)$$

где y_i – спрогнозированное значение на i -ом шаге, d_i – реальное значение временного ряда на i -ом шаге, а n – количество полученных прогнозов.

Для сравнения точности прогнозирования для одного временного ряда, при различных параметрах сети (в том числе при различных функциях активации) использовалась средняя абсолютная ошибка (MAE) (3) [5], так как она позволяет количественно сравнивать точность прогнозирования.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |d_i - y_i| \quad , \quad (3)$$

где y_i – спрогнозированное значение на i -ом шаге, d_i – реальное значение временного ряда на i -ом шаге, а n – количество полученных прогнозов.

Таблица. Реализованные функции активации.

Функция	Название функции
$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}u^2}$	Функция Гаусса
$K(u) = \sqrt{1 + u^2}$	Мультиквадратичная
$K(u) = \frac{1}{1 + u^2}$	Инверсная квадратичная
$K(u) = \frac{1}{\sqrt{1 + u^2}}$	Инверсная мультиквадратичная
$K(u) = \frac{70}{81} (1 - u ^3)^3$	Трикубическая
$K(u) = \frac{3}{4} (1 - u^2)$	Ядро Епанечникова
$K(u) = \frac{15}{16} (1 - u^2)^2$	Биквадратное ядро
$K(u) = \frac{\pi}{4} \cos\left(\frac{\pi}{2} u\right)$	<u>Косинусоидальное ядро</u>

Результаты тестирования нейронной сети с различными функциями активации показали, что наименьшая средняя абсолютная ошибка для используемых временных рядов получается при использовании ядра Епанечникова (0,016) и биквадратной ядерной функции (0,019), а наилучшие значения коэффициента Тейла – при использовании биквадратной ядерной (0,14) и инверсной квадратичной функции (0,148).

Библиографический список

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст]/С. Хайкин. – М.: ООО “И.Д. Вильямс”. 2006. – 1104 с.
2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Пер. с польского И. Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.
3. Глава 5. Имитационное моделирование. [Электронный ресурс] http://dis.bio.msu.ru/articles/levich_teor_and_exper_ecolog/Glava5/Glava5.htm
4. Адекватность математического моделирования. [Электронный ресурс] http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Library/Book2/Content999/Content_z.htm
5. Основные оценки точности прогнозирования временных рядов. [Электронный ресурс] <http://www.mbureau.ru/blog/osnovnye-ocenki-tochnosti-prognozirovaniya-vremennyh-ryadov>