ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ВРЕМЕННЫХ СИГНАЛОВ

Крощенко А.А. (БрГУ имени А.С. Пушкина, Брест)
Научный руководитель – Савчук В.Ф., канд. физ.-мат. наук, доцент

Как известно, старший показатель Ляпунова характеризует степень расхождения близких траекторий динамической системы. Наличие у системы положительной экспоненты Ляпунова свидетельствует о том, что любые сколь угодно близкие траектории быстро расходятся с течением времени, то есть имеет место чувствительность к начальным условиям и это является сигналом для идентификации подобного процесса как хаотического.

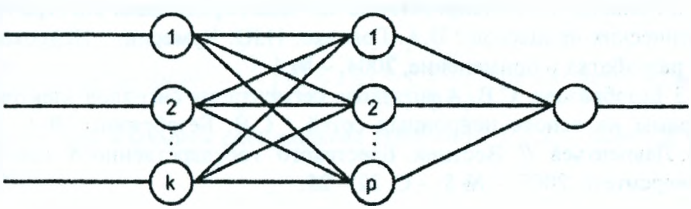
Для поиска экспоненты Ляпунова возможно использование разных методов, среди которых необходимо выделить численные методы на основе алгоритма Беннетина и нейросетевой подход.

Использование численных методов для поиска экспоненты Ляпунова зачастую является нецелесообразным в силу вычислительных трудностей, возникающих при их применении (необходимость использования большого объема исходной выборки).

Поэтому для данной задачи гораздо более эффективно применение нейронной сети [1-2].

Такой метод состоит в вычислении расхождения двух близлежащих траекторий на n шагов вперед при помощи прогнозирующей сети.

Возьмем нейронную сеть, состоящую из $k \geq m-1$ входных нейронов, p скрытых и одного выходного нейронного элемента. Здесь m - размерность пространства вложения, которая может быть получена из исходной выборки методами корреляционной размерности, ложных ближайших соседей или гамма-тестом.



Алгоритм может быть представлен в таком виде:

а) Обучаем нейронную сеть прогнозированию по методу скользящего окна:

$$x(t+i\tau) = F(x(t+(i-1)\tau), x(t+(i-2)\tau), ..., x(t+(i-k)\tau)), i = \overline{1,n},$$

где τ – временная задержка (может быть получена из исходной выборки методами автокорреляционной функции, функции взаимной информации или среднего отклонения, F – *нелинейная функция.*

b) Выбираем любую точку $x(t)$ из обучающей выборки и формируем следующий набор данных: $\{x(t), x(t-\tau), ..., x(t-(k-1)\tau)\}$, где k - размер окна.

c) Вычисляем $\{x(t+\tau), x(t+2\tau), ..., x(t+n\tau)\}$ используя многошаговый прогноз.

d) Вычисляем $x'(t) = x(t) + d_0$, где $d_0 \approx 10^{-8}$ и, подавая на сеть $\{x'(t), x(t-\tau), ..., x(t-(k-1)\tau)\}$, повторяем шаг c) для получения $x'(t+i\tau)$, $i = \overline{1,n}$.

e) Оцениваем $\ln(d_n) = \ln|x'(t+i\tau) - x(t+i\tau)|$, $i = \overline{1,n}$, выбирая только точки, для которых $\ln d < 0$.

f) Строим график зависимости $\ln(d_n)$ от n.

g) Строим прямую регрессии для выбранных точек и вычисляем ее наклон, который равен наибольшему показателю Ляпунова.

Главным достоинством этого метода является возможность вычисления старшего показателя Ляпунова для небольшого объема экспериментальных данных.

Предложенный алгоритм может с успехом использоваться в задачах сегментирования данных по характеристике присутствия в них хаоса [3].

Список литературы

1 Головко, В.А. Нейросетевые методы обработки хаотических процессов / В.А. Головко // Лекции по информатике. – М.: МИФИ, 2005. – С. 43 – 88.

2 Головко, В.А. Нейросетевые методы определения спектра Ляпунова хаотических процессов / В.А. Головко, Н.Ю. Чумерин // Нейрокомпьютеры: разработка и применение, 2004. – № 1.

3 Безобразова, С.В. Адаптивная сегментация сигналов электроэнцефалограмм на основе нейронных сетей / С.В. Безобразова, В.А. Головко, В.В. Лаврентьев // Вестник Брестского государственного технического университета, 2007. – № 5. – С. 22 – 25.