

时间序列预测的动态神经网络方法

韩卫华¹, 宁佐贵²

- (1. 中国工程物理研究院工学院, 四川 绵阳 621900;
2. 中国工程物理研究院结构力学研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 时间序列的预测在经济和工程领域具有十分重要的意义。文中利用动态神经网络的特性, 提出对时间序列进行预测的动态神经网络方法, 并利用设计的动态神经网络对杜芬(Duffing)方程的响应时间序列进行预测, 结果表明动态神经网络可以较好地对动态系统的响应时间序列进行预测。

关键词: 动态神经网络; 误差瞬时反传算法; 动态系统

中图分类号: TP183

文献标识码: A

文章编号: 1005-3751(2004)09-0040-02

Prediction Method of Time Series Based on Dynamic Neural Network

HAN Wei-hua¹, NING Zuo-gui²

- (1. Institute of Technology, Chinese Academy of Eng. Physics, Mianyang 621900, China;
2. Institute of Structural Mechanics, Chinese Academy of Eng. Physics, Mianyang 621900, China)

Abstract: The prediction of time series is very important in the economic and engineering fields. In this paper, makes use of the characteristic of dynamic neural network, and offer a method using dynamic neural network to predict time series. In the late, use this network to predict the response of Duffing equation. The consequence shows that the dynamic network may have a good predictive effect for the response of some dynamic system.

Key words: dynamic neural network; error temporal back-propagation algorithm; dynamic system

0 引言

数据预测是根据某一时间点以前的一个时间段内的各种历史数据, 来预测此时间点后的一段时间内该系统上各种实时数据值。传统的数值预测方法一般要选定某种函数类建立起具体的数学模型, 通过一定的计算技术修正数学模型, 然后利用该模型进行预测。这类方法究其收敛性、适应性及预测精度均受到不同程度的限制, 而且对于各种复杂的随机因素缺乏内部平衡机制。因此, 其应用受到限制。

人们一直寻求一种较有效的方法对时间序列进行预测, 李春好等^[1]提出建立多层前馈神经网络 BP 算法的数据处理方法, 并利用该前馈神经网络模型进行时间序列预测; 李焕荣等^[2]提出一种改进的 BP 神经网络预测方法, 该方法利用相关分析方法确定输入变量, 并可自动确定隐含层的神经元个数; 陆系群等^[3]提出一种动态神经网络对非平稳信号作自适应预测的新方法; 侯越先等^[4]提出了非线性偏自相关的定义。基于此, 该文利用神经网络对非线性模型的辨识提出了基于预测复杂性的神经网络预测子

辨识方法。当然, 利用神经网络进行数据预测还有许多其它方法, 如王卓等^[5]提出了模糊逼近泛函微分方程的定量预测方法, 然后利用神经网络进行数据预测。这些方法或者需要对时间序列进行建模, 或者由于算法的复杂性使其应用受到限制。

神经网络由于其特有的优势在数据预测领域已被人们广泛的采用^[6], 文中将传统的处理静态对象的前馈神经网络扩充为动态的时空神经网络, 并将其作为动态系统响应预测的工具。

1 动态神经网络结构

一般的神经网络只能处理静态对象, 即处理空间对象。为处理动态对象, 将静态神经网络扩展为动态神经网络。动态神经网络的神经元模型如图 1 所示。

图中各 $h(t)$ 是相应线性时不变滤波器的冲击响应, 这样神经元的输出信号 $y_j(t)$ 为:

$$y_j(t) = \varphi\left(\int_{-\infty}^t h_{ji}(t)x_i(t-\lambda)d\lambda - \theta\right)$$

上式中, θ 是此神经元的阈值, $\varphi(\cdot)$ 称为激活函数或称为传递函数。

在实际利用计算机进行数字模拟时, 需要将上述时空神经元模型进行离散化处理。

收稿日期: 2003-12-19

作者简介: 韩卫华(1970-), 女, 山西左权人, 讲师, 主要从事神经网络及信号处理等方面研究。

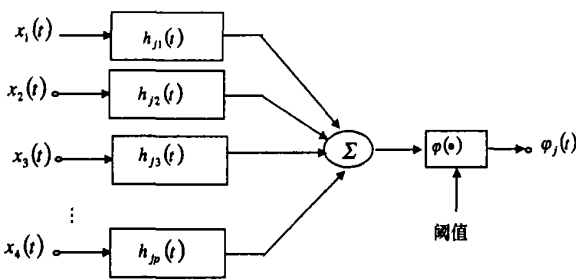


图 1 时空神经元模型

2 动态神经网络的学习算法

为对时间序列进行预测, 首先构造动态神经网络的结构及算法。

在此设计一个三层神经网络进行时间序列预测, 第一层为单输入层, 第二层为 L 个动态神经元, 每个神经元的延时总次数为 M , 传递函数采用双曲正切函数 $\varphi(x) = \tanh\left(\frac{x}{2}\right) = \frac{1 - \exp(-x)}{1 + \exp(-x)}$, 第三层为单输出层, 在输入信号时首先将其进行归一化处理。误差修正采用“瞬时反传算法”(temporal back-propagation learning), 设瞬时误差平方和为

$$\xi(n) = \frac{1}{2} e^2(n)$$

其中, $e(n) = d(n) - y(n)$ 为误差信号。学习的目标是使总体误差

$$\xi_{\text{总}} = \sum_n \xi(n)$$

达到最小。根据神经网络学习的梯度方法, 有权值 w_{ji}^l 的修正公式为

$$w_{ji}^l(n+1) = w_{ji}^l(n) - \eta \delta_j^{l+1}(n) x_i^l(n)$$

其中, w_{ji} 是连接神经元 i 和神经元 j 的连接权值。

1) 若单元 j 是输出单元:

$$\delta_j(n) = -\frac{\partial \xi_{\text{总}}}{\partial v_j^l(n)} = -\frac{\partial \xi(n)}{\partial v_j^l(n)} = e_j(n) \varphi' [v_j^l(n)]$$

$$\text{且 } \varphi' [v_j^l(n)] = \frac{\partial \varphi [v_j^l(n)]}{\partial v_j^l(n)} = \frac{\partial y_j(n)}{\partial v_j^l(n)}$$

2) 若单元 j 是隐单元:

用 A 表示其输入由单元 j (前馈) 供给所有神经元的集合, $v_m^{l+1}(n)$ 为单元 m 的净输入, $m \in A$, 则有

$$\begin{aligned} \delta_j(n) &= -\frac{\partial \xi_{\text{总}}}{\partial v_j^l(n)} = -\sum_{m \in A} \sum_n \frac{\partial \xi_{\text{总}}}{\partial v_j^{l+1}(n)} \frac{\partial v_j^{l+1}(n)}{\partial v_j^l(n)} \\ &= \sum_{m \in A} \sum_n \delta_m^{l+1}(n) \frac{\partial v_j^{l+1}(n)}{\partial v_j^l(n)} \frac{\partial y_j(n)}{\partial v_j^l(n)} \end{aligned}$$

式中, $y_j(n)$ 为单元 j 的输出。

3 数字模拟

下面是仿真预测杜芬方程 (Duffing Equation) 在一激励条件下的解, 杜芬方程的形式是:

$$x'' + \omega^2 x = -\epsilon \omega^2 (\alpha x + \beta x^3) + F \cos \Omega t, \epsilon \ll 1$$

上式中 $F \cos \Omega t$ 是系统激励, 在本仿真算例中, 取 $\epsilon = 0.1, \alpha = 0.3, \beta = 0.4$ 。图 2 分别是系统在激励 $20 \cos 120 t$ 下杜芬方程的数值解和利用动态神经网络进行预测的结果, 可以看出: 两个时间序列的波形基本一致, 量值大小稍有不同, 即可以说明动态神经网络对时间序列有较好的逼近效果。

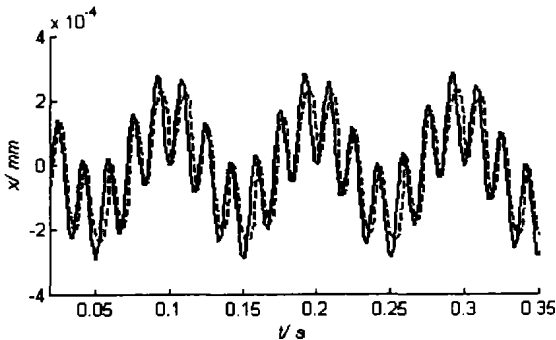


图 2 杜芬方程数值解及动态神经网络预测结果

4 结 论

通过对动态神经网络的算法分析及数字模拟, 可以得到如下主要结论:

- a. 利用动态神经网络对时间序列进行预测时, 无须建立时间序列的具体数学模型;
- b. 利用动态神经网络对时间序列进行预测无须考虑序列的复杂性及非线性等因素;
- c. 动态神经网络对时间序列的预测有较好的预测精度。

总之, 动态神经网络在时间序列预测中的应用研究已有较多的研究成果。由于神经网络的泛化能力, 使其可以对广泛的时间序列统进行建模, 在工程及经济领域有广泛的应用前景, 随着研究工作的深入开展, 其应用成果将更为广泛。

参考文献:

[1] 李春好, 李立辉, 杨印生. 人工神经网络 BP 算法的数据处理方法及应用[J]. 系统工程与实践, 1997, 7: 106-109.
[2] 李焕荣, 王树明. 一种改进的 BP 神经网络预测方法及其应用[J]. 系统工程 2000 (5): 76-78.
[3] 陆系群, 余英林. 一种自适应预测非平稳信号的新方法[J]. 控制理论与应用 1998, 15(2): 308-311.
[4] 侯越先, 何丕廉. 基于预测复杂性的神经网络预测子辨识[J]. 信息与控制 2001, 30(1): 16-20.
[5] 王 卓, 曹 纯. 模糊逼近算法与人工神经网络预测功能[J]. 西北民族学院学报(自然科学版), 1999, 20(3): 1-6.
[6] 韩卫华, 宁佐贵. 时间序列的神经网络预测方法研究[J]. 教学与科技(中物院工学院), 2002, 55(15): 5-8.