

文章编号: 0529-6579 (2000) 02-0006-05

第三产业前景预测的神经网络方法*

严玉清¹, 谭兆信², 龚江南¹

(1. 湛江师范学院, 广东 湛江 524048; 2. 广州中山大学计算机科学系)

摘要: 利用神经网络方法, 基于非确定性多因素时间序列数学预测模型, 对第三产业的产值比重和就业比重同时进行预测, 得到了很高的预测精度. 与传统回归方法对比, 这一方法合理、可取、适应面广、稳定性好、运算快, 值得更深入研究.

关键词: 神经网络; 预测; 第三产业

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A

传统方法中, 第三产业前景预测通常使用线性回归方法^[1], 但实践表明, 利用线性方法去模拟复杂的自然现象, 结果往往不能令人满意, 因此有必要尝试利用非线性方法. 本文从宏观经济学角度, 分析了影响第三产业发展状况的主要因素, 建立了因素间多维平稳随机时间序列预测模型, 然后利用 BP 网络预测模型对这 2 个量进行预测. 结果表明, 无论从方法论角度还是科学性角度, 都较回归方法要优越.

1 BP 网络

BP 网络即误差反向传播网络, 可用于领域预测、模式识别、自适应控制等. 它是一个映射网络^[2], 是一个从输入到输出的非线性映射 $F: \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^m, Y = F(X)$.

现设网络的结点数为 $n \times l \times m$, 如图 1 所示.

设 $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 是输入层的输入, $\mathbf{N} = (n_1, n_2, \dots, n_l)^T$ 是隐层的输入, $\mathbf{O} = (o_1, o_2, \dots, o_l)^T$ 是隐层的输出, $w^1 = (w_{ki}^1)_{l \times n}$ 是输入层的结点与隐层的结点的连接权值. $w^2 = (w_{jk}^2)_{m \times l}$ 是隐层的结点 k 与输出层的结点 j 的连接权值. $\mathbf{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_m)^T$ 是输出层的输出.

每一结点的作用函数为标准 Sigmoid 函数^[3]: $\varphi(x) = 1/(1 + e^{-x})$, 则网络的输出为

$$n_k = \sum_{i=1}^n w_{ki}^1 x_i, o_k = \varphi\left(\sum_{i=1}^n w_{ki}^1 x_i\right), k = 1, 2, \dots, l$$
$$y_j = \sum_{k=1}^l w_{jk}^2 o_k, j = 1, 2, \dots, m$$

* 基金项目: 湛江师范学院科研基金资助项目

收稿日期: 1999-04-16 作者简介: 严玉清 (1963~), 女, 副教授

2 网络预测模型及学习算法

2.1 影响第三产业发展状况因素分析

在国民经济新的核算体系中,非常强调国内生产总值的关键作用^[4].从价值形态上看,它等于第一、第二、第三产业的国内生产总值(GDP)之和,因此,GDP与第三产业有关.而人均国内生产总值综合反映社会劳动生产率、生产总额、消费者与生产者的比例、总人口、收入水平等方面的指标,与第三产业也有某种内在联系.

为了比较简洁又真实地反映第三产业发展状况,本文考虑3个因素:第一产业产值比重 X_1 ,第二产业就业比重 X_2 ,人均国内生产总值 X_3 .要用这3个因素值去预测当年的第三产业国内生产总值比重 Y_1 和第三产业就业比重 Y_2 .在某年, X_1 、 X_2 、 X_3 、 Y_1 、 Y_2 的取值是事先无法准确确定的,特别是在市场经济环境下,价值规律自发调整第一、第二、第三产业的比重,因此

$$(X(t), Y(t)) = (x_1(t), x_2(t), x_3(t), y_1(t), y_2(t)), \quad t = 1, 2, \dots$$

可看成是一个依时间而变化的5维随机序列.可通过Z-score法对^[5]原始数据无量纲化处理,使 $\{(X(t), Y(t)) | t = 1, 2, \dots\}$ 成为零均值实平稳5维随机序列^[6].

2.2 多维随机时间序列预测模型

定义1 ($AR(p)$ 模型) 设

$$\{x_i | i = 1, 2, \dots\} \quad (1)$$

为零均值实平稳随机序列,若满足 $x_m = a_1 x_{m-1} + a_2 x_{m-2} + \dots + a_p x_{m-p} + \varepsilon_m$. 其中, a_i 是实系数, $\{\varepsilon_m | m = 1, 2, \dots\}$ 为白噪声序列, σ 为均方差,

$$E\varepsilon_n \varepsilon_m = \begin{cases} \sigma^2 & \text{若 } n = m \\ 0 & \text{若 } n \neq m \end{cases}$$

则称序列(1)为模型 $AR(p)$, p 称为模型的阶^[6].下面给出推广了的 $AR(p)$ 模型.

定义2 (广义 $AR(p)$ 模型) 设

$$(X(t), Y(t))^T = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t), y_1(t), \dots, y_m(t))^T, \quad t = 1, 2, \dots \quad (2)$$

是 $n+m$ 维零均值实平稳随机序列, $A_0, A_1, \dots, A_p$ 是 $m \times n$ 矩阵,

$$\varepsilon(t) = \varepsilon(y(t-1), \dots, y(t-p)), \quad t = 1, 2, \dots$$

是 m 维白噪声序列,若

$$Y(t+k) + A_0 X(t+k) + A_1 X(t-1) + \dots + A_p X(t-p) = \varepsilon(t)$$

则称序列(2)为广义 $AR(p)$ 模型, p 称为模型的阶.

$$\text{记} \quad h(z_1, z_2, \dots, z_p) = - \sum_{i=0}^p A_i z_i \quad (3)$$

易见,式(3)是1个线性变换.

这样, t_0 时刻 $Y(t)$ 的状态 $Y(t_0)$ 由 $t < t_0$ 时刻 $X(t)$ 的状态通过线性变换加上白噪声向量而得到.故 $Y(t+k) = H(X(t+k), X(t-1), X(t-2), \dots, X(t-p), Y(t-1), \dots, Y(t-p)), k \geq 0$, 便成为一个非线性变换.

广义 $AR(p)$ 模型的非线性预测公式是

$$\hat{Y}(t+k) = \begin{cases} I(X(t-1), X(t-p), Y(t-1), \dots, Y(t-p)) & k = -1, -2, \dots, -p \\ J(X(t+k), X(t-1), \dots, X(t-p)) & k \geq 0 \end{cases}$$

预测的总误差为 $\sum_{i=1}^p E(Y(t-i) - \hat{Y}(T-i))^2$, 可以证明, 方差意义下的预测值是存在的.

2.3 BP 网络模型

对于结点数为 $n \times l \times m$ 的 BP 网络, 它是个高度非线性映射 $F: \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^m, Y = F(X)$. 对于样本集合 $(X, Y), Y = G(X), G: \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^m$ 是未知的非线性函数, 则可由 BP 网络方法寻找一个 F , 使在某种误差意义下, F 是 G 的最佳逼近.

由以上讨论知, 对于第三产业发展状况预测问题来说, 若已知 N 个样本

$$(X^p, Y^p) = (x_1^p, x_2^p, x_3^p, y_1^p, y_2^p), \quad p = 1, 2, \dots, N$$

则存在非线性映射 H , 使第 $(p+k)$ 年 ($k \geq 0$) 的第三产业国内生产总值比重及就业比重满足条件

$$(y_1^{p+k}, y_2^{p+k}) = H(X^{p+k}, X^1, X^2, \dots, X^p, Y^1, Y^2, \dots, Y^p), \quad k \geq 0$$

现在, 就是要用 1 个 BP 网络去逼近该模型函数.

2.4 学习算法

所用网络结构如图 1 所示. 设有 N 个训练样本: $(X^p, Y^p), p = 1, 2, \dots, N$, 其中, $X^p = (x_1^p, x_2^p, \dots, x_n^p)$ 是网络的输入, 期望输出是 $y^p = (y_1^p, y_2^p, \dots, y_m^p)$, 实际输出为 $\hat{y}_p = (\hat{y}_{1p}, \hat{y}_{2p}, \dots, \hat{y}_{mp})$, 总逼近误差 $E = \sum_{p=1}^N E^p$, 样本误差 $E^p = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (\hat{y}_{jp} - y_j^p)^2$, 反向传播神经网络训练的

目的是使以上 2 个误差最小, 并利用梯度下

降法修正权值: $w_{ki}^1 = w_{ki}^1 - \mu_1 \partial E / \partial w_{ki}^1, \mu_1 >$

$0, w_{jk}^2 = w_{jk}^2 - \mu_2 \partial E / \partial w_{jk}^2, \mu_2 > 0$, 其中, μ_1, μ_2 是学习率.

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ki}^1} = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^N \frac{\partial E}{\partial w_{ki}^1}, \frac{\partial E}{\partial w_{jk}^2} = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^N \frac{\partial E^p}{\partial w_{jk}^2}$$

$$\text{则 } \frac{\partial E^p}{\partial w_{ki}^1} = \delta_k^1 x_i, \delta_k^1 = \left(\sum_{j=1}^m \delta_j^2 w_{kj}^2 \right) \varphi'(n_k),$$

$$\delta_j^2 = \hat{y}_j - y_j^p$$

BP 算法可参见文 [2].

3 实例应用

从湛江市统计年鉴^[7]中获得了从 1978 ~ 1997 年共 20 年的数据, 见表 1.

对表 1 中的数据利用公式 $x_i = 0.5 + (x_i - \bar{x})/(10s), y_i = 0.5 + (y_i - \bar{y})/(10s)$, 其中, $\bar{x}, \bar{y}$ 为均值, s 是方差, 则可以得训练样本和测试样本. 把 1978 年到 1994 年的数据作为训练样本 $(x_1^p, x_2^p, x_3^p, y_1^p, y_2^p), p = 1, 2, \dots, 17$, 把 1995 年到 1997 年的数据 $(x_1^p, x_2^p, x_3^p), p = 18, 19, 20$ 作为测试数据, 网络结点数为 $3 \times 3 \times 2$, 学习率 $\mu = 0.01$, 误差精度 $\epsilon = 0.01$, 最大迭代次数 $I_{\max} = 2000$, 网络经过训练后得表 2, 经过换算得表 3.

据传统经验, 经济问题预测相对误差绝对值低于 5% 即说明该方法是很有效的, 而表 3 显示的结果表明, 用网络方法进行预测, 误差远远小于 5%, 大大优于传统方法.

利用已训练好的网络, 可以预测 1998 年以后若干年湛江市第三产业产值比重和就业比重. 到 2000 年, 如果湛江市的第一产业产值比重为 19.7, 就业比重为 54.63, 国内生产

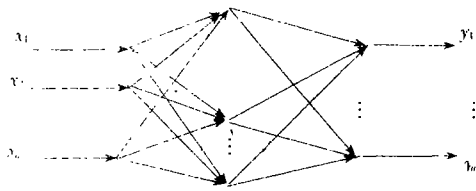


图 1 三层网络结构图

Fig. 1 Graph of three-layer network structure

总值为 6 244，则可预测第三产业产值比重是 38.88，就业比重是 26.58.

表 1 原始数据¹⁾
Tab.1 Original data

年份	X1	X2	X3 ¹⁾	Y1	Y2	年份	X1	X2	X3	Y1	Y2
1978	63.05	82.01	752.51	17.42	9.63	1988	40.46	65.97	1 685.49	31.92	16.93
1979	60.10	81.18	782.45	18.82	9.30	1989	43.07	66.74	1 775.68	31.92	16.66
1980	61.68	80.21	835.95	18.31	9.99	1990	43.69	67.36	1 906.61	31.29	16.22
1981	61.56	80.63	855.21	19.31	10.28	1991	39.28	64.72	2 062.49	32.58	18.87
1982	60.26	78.98	936.56	19.11	10.57	1992	38.18	63.12	2 304.24	33.82	19.63
1983	59.26	77.67	989.41	19.69	11.08	1993	34.35	61.85	2 644.06	33.38	19.57
1984	54.59	74.78	1 069.26	21.88	12.80	1994	28.31	60.45	2 912.18	33.95	20.28
1985	48.74	71.70	1 196.28	25.81	14.13	1995	29.16	59.46	3 343.44	33.91	20.68
1986	46.66	70.16	1 308.34	25.79	15.06	1996	27.69	58.46	3 616.47	34.21	22.06
1987	43.58	76.52	1 516.50	30.14	15.82	1997	28.24	58.97	3 799.80	34.76	21.96

1) 单位为元/人

表 2 期望输出与实际输出

Tab.2 Expected output and real output

y ₁	期望输出	实际输出	y ₂	期望输出	实际输出
0.350	0.385	0.365	0.349		
0.371	0.371	0.357	0.316		
0.363	0.403	0.373	0.391		
0.378	0.408	0.380	0.374		
0.375	0.426	0.386	0.411		
0.384	0.431	0.398	0.440		
0.417	0.424	0.437	0.452		
0.476	0.413	0.467	0.452		
0.476	0.428	0.488	0.473		
0.541	0.459	0.506	0.522		
0.568	0.470	0.31	0.534		
0.568	0.544	0.525	0.532		
0.559	0.609	0.515	0.505		
0.578	0.579	0.575	0.548		
0.597	0.622	0.592	0.78		
0.590	0.636	0.591	0.591		
0.599	0.579	0.607	0.621		
0.598	0.654	0.616	0.646		
0.603	0.659	0.648	0.669		
0.611	0.680	0.645	0.666		

表 3 网络预测值与统计预测值的比较

Tab.3 Predicted value and statistical value

网络预测值 $\hat{y}_1$	网络预测值 $\hat{y}_2$	统计预测值
19.75	8.93	14.39
18.86	7.48	14.39
20.93	10.79	14.39
21.28	10.04	14.39
22.47	11.67	14.39
22.79	12.93	14.39
22.33	13.45	14.39
21.60	13.46	14.38
22.63	14.41	14.38
24.66	16.53	14.38
25.40	17.08	14.38
30.35	17.00	14.38
34.61	15.80	14.38
32.62	17.69	14.38
35.54	19.01	14.37
36.42	19.58	14.37
34.67	20.88	14.37
37.65	21.98	14.37
37.93	23.00	14.37
39.35	22.87	14.37

4 结 论

实验结果表明，利用 BP 网络对时间序列预测模型进行拟合，有优良的拟合精度，真实反映了现实世界的非线性性和可接受性。经验表明，该方法抗干扰能力强，稳定性好，

具有实时性、时变性的特点, 不仅可用于短期预测, 也可用于中期、长期预测.

利用神经网络方法进行经济问题研究, 领域是宽广的, 前途是远大的, 更有待于经济问题专家和计算机工作者进行深入的研究, 从理论上揭示这一方法的科学性和可行性, 通过更有效的误差公式和适当的参数设置, 使这一方法有更高的预测精度, 因而能够成为经济工作的有效工具.

参考文献:

- [1] 李江帆. 第三产业经济学[M]. 广州: 广东人民出版社, 1994. 400 ~ 500.
- [2] 焦李成. 神经网络系统理论[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1995. 26 ~ 40.
- [3] 徐庐生. 微机神经网络[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1996. 18 ~ 24.
- [4] 梁小民. 西方经济学入门[M]. 北京: 中国计划出版社, 1989. 100 ~ 120.
- [5] 邱东. 多指标综合评价方法的系统分析[M]. 北京: 中国统计出版社, 1990. 16 ~ 30.
- [6] 邓集贤, 杨维权, 许刘俊. 经济预测与决策的数学方法[M]. 广州: 中山大学出版社, 1986. 76 ~ 101.
- [7] 广东省湛江市统计局. 湛江统计年鉴[M]. 湛江, 1998. 400 ~ 500.

The Method of Neural Network of Predicting the Development of the Third Industry

YAN Yu-qing^{*}, TAN Zhao-xin, GONG Jiang-nan

Abstract: We applied the method of neural network based on mathematic model of time sequence of nondeterminacy and many factors to predict the production value proportion and employment proportion the third industry. The results are more exact than those of traditional regression method. This method is rational, acceptable, adaptive, stable and quick. Therefore this method is worthy of further study.

Keywords: neural network; prediction; the third industry

^{*} Zhanjiang Normal College, Zhanjing 524048, Guangdong, China