

运用 Elman 神经网络的邯郸市人才需求预测

郭长河¹, 郭 晗², 范 杰¹

(1. 河北工程大学 理学院, 河北 邯郸 056038; 2. 东北财经大学 会计学院, 辽宁 大连 116023)

[摘要] Elman 回归神经网络是一种典型的动态神经元网络, 有适应时变特性的能力。考虑到人才需求的动态性、随机性和非线性特点, 本文搜集邯郸市统计年鉴上的有关历史数据, 运用 Elman 回归神经网络模型对 07-09 三年的人才需求数目进行了预测, 其中 08 和 09 两年的人才预测数与作者运用多元回归模型预测的数据基本契合, 其精确度有待验证。

[关键词] 人才需求预测; Elman 神经网络

[中图分类号] F299.27 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1673-9477(2008)03-0026-03

在知识经济时代, 越来越多的人认识到, 在国家和区域的竞争中, 人才是最重要的影响因素。对待人才除了要重视培养、选拔和使用外, 人才规划也很重要, 而人才需求预测就是人才规划的重要内容。人才需求预测的方法很多, 比如多元回归方法和灰色模型法等。神经网络也是较为常用的方法之一。神经网络具有并行处理、联想记忆、分布式知识存储、鲁棒性强等特点, 尤其是它的自组织、自适应、自学习功能, 从而在复杂非线性系统的分析和预测中得到了广泛应用。目前大多数采用的是基于 BP 算法的前馈神经网络。它可以看成是输入与输出集合之间的一种非线性映射, 通过对有限样本的学习来模拟系统的内部结构。但 BP 网络作为一种静态前馈网络, 它对动态系统进行辨识时将动态时间建模问题变为静态空间建模问题。相比之下, 动态回归神经网络(RNN)提供了一种极具潜力的选择, 它能够更生动、更直接的反应系统的动态特性。Elman 回归神经网络是一种典型的动态神经网络, 它是在 BP 网络基本结构的基础上, 通过存储内部状态使其具备映射动态特征的功能, 从而使系统具有适应时变特性的能力。因此, 考虑到人才系统具有动态性和非线性的特点, 尝试采用 Elman 神经网络对邯郸市人才需求进行预测。

一、Elman 神经网络简介

Elman 神经网络是 Elman 于 1990 年提出的。该模型在前馈网络的隐含层中增加一个承接层, 作为一步延时算子, 达到记忆的目的。从而使系统具有适应时变特性的能力, 能直接反映动态过程系统的特性。

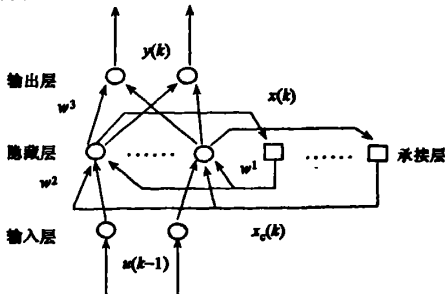


图1 Elman 神经网络模型结构

Elman 神经网络一般分为 4 层: 输入层、中间层(隐含层)、承接层、输出层。如图 1 所示。其输入层、隐含层、输出层的连接类似于前馈网络, 输入层的单元仅起信号传输作用, 输出层单元起线性加权作用。隐含层单元的一步传递函数可采用线性或非线性的函数, 承接层又称为上下文层或状态层, 它用来记忆隐含层单元前一时刻的输出值, 可以认为是一步延时算子。隐含层的输出通过承接层的延迟、存储, 自联到隐含层的输入, 这种自联方式使其对历史状态的数据具有敏感性, 内部反馈网络的加入增加了网络本身处理动态信息的能力, 达到了动态建模的目的。

对于 Elman 回归网络, 其非线性状态空间可用以下三个式子来表达: (1) $y(K) = g(W^3x(k))$ (2) $x_c(K) = f(W^1x_c(K) + W^2(u(k-1)))$ (3) $x_c(k) = x_c(k-1)$ 式中, y, x, u, x_c 分别表示 m 维输出节点向量、 n 维中间层节点单元向量、 r 维输入向量和 n 维反馈状态向量, W^3, W^2, W^1 分别是中间层到输出层、输入层到中间层、承接层到中间层的连接权系数, 是输出神经元的传递函数, 一般为隐层输出的线性组合; 为中间层神经元的传递函数, 一般选取 S 型函数。Elman 回归网络也采用 BP 算法进行权值修正, 学习指标函数(也成性能函数)采用误差平方和函数 $mse(w) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [y_k(w) - \bar{y}_k(w)]^2$, 其中 $\bar{y}_k(w)$ 为目标输出向量。

神经网络对函数曲线的拟合与传统的曲线拟合有根本的不同。传统的曲线拟合是先给定拟合函数, 然后运用最小二乘法等确定函数的有关参数。这种方法对线性函数拟合效果较好。而神经网络可以任意精度逼近某一闭区间上的非线性连续函数而不需要知道函数本身, 因此非常适合拟合未知且复杂的非线性函数。

二、利用 Elman 神经网络实施预测

由于数据的量级不同可影响网络训练的速度和精度。通常数据在 $[-1, 1]$ 之间时, 数据梯度变化明显, 收敛速度快。因此首先对有关数据用下列公式进行规范化处理 $x' = 0.1 + 0.8(x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})$ [1], 这样处理以后的数据都在 $[0.1, 0.9]$ 内。其

[收稿日期] 2008-09-23

[基金项目] 河北省软科学基金项目(编号: 072420069-4)。

[作者简介] 郭长河(1969-), 男, 河北邯郸人, 副教授, 研究方向: 应用数学。

中 x 表示原数据, x' 表示规范后的数据。数据还原的公式为 $x = x_{\min} + (x' - 0.1)(x_{\max} - x_{\min})/0.8^{[2]}$, 原数据(来源于《邯郸市统计年鉴》)和处理后的数据分别见表 1 和表 2。

表 1 邯郸市 1994 - 2006 年 GDP 与人才数据

时间	历年 GDP	人才总数
1994	222.71	215131
1995	289.86	237114
1996	380.73	252703
1997	441.12	256135
1998	466.73	271119
1999	497.00	290710
2000	542.35	295137
2001	591.68	310877
2002	653.17	307929
2003	762.56	331297
2004	936.49	382416
2005	1157.29	427936
2006	1359.46	494046

表 2 邯郸市 1994 - 2006 年 GDP 与人才规范数据

时间	历年 GDP	人才总数
1994	0.1000	0.1000
1995	0.1473	0.1631
1996	0.2112	0.2078
1997	0.2537	0.2176
1998	0.2717	0.2606
1999	0.2930	0.3168
2000	0.3250	0.3295
2001	0.3597	0.3746
2002	0.4029	0.3662
2003	0.4799	0.4332
2004	0.6023	0.5798
2005	0.7577	0.7104
2006	0.9000	0.9000

引用有关的 GDP 数据是由于人才数据不十分充分(1994 年以前的人才数没有统计),好在有关 GDP 数据和人才数据具有很强的相关性。为了对 2007、2008 和 2009 三年的人才需求数进行预测,我们根据数据特点建立结构为 $7-x-1$ 的神经网络,也就是每三年的 GDP 和人才总数加上第四年的 GDP 作为输入变量(7 个数据),第四年的人才总数作为输出变量,这样可以得到 10 组训练数据。为了弥补数据较少和增加预测的准确性,我们把全部数据都拿来作为训练数据(不留测试数据,也似乎没这个必要)。但是要按这个结构预测 07、08 和 09 三年的人才总数,必须要有这三年的 GDP 数据才行。为此,我们先建立一个结构为 $4-x-1$ 的神经网络对 07、08 和 09 三年的 GDP 数据进行预测,即将每四年的 GDP 数据作为输入变量,第五年的 GDP 数据作为输出变量,这样可以得到 9 组训练数据。同样为了充分利用数据,把全部数据都拿来对神经网络进行训练。选择中间层和输出层的传递函数分别为 S 型函数 'tansig' 和纯线性函数 'purelin';用 'init' 函数进行网络的初始化;训练函数采用默认值 'traingdx',该函数在梯度下降 BP 算法的基础上,在训练过程中对学习速率进行自适应调整,从而提高了网络的训练效率;反应训练结果好坏的性能函数采用默认的误差平方和函数 'mse';用仿真函数 'sim' 来预测 07-09 三年 GDP 的规范值。过程在 Matlab7 上进行。

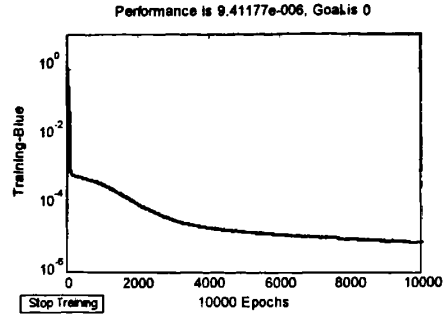


图 2 训练误差曲线

合理确定 Elman 网络的结构是预测性能的基础,尤其是中间层神经元数目的确定往往需要大量的试验,是一个经验性的问题。根据已有经验,中间层神经元数最好超过输入层神经元数而不超过输入层神经元数的 2.5 倍,所以我们选择中间层神经元数分别为 5、6、7、8、9 和 10。首先通过反复训练看哪个结构的网络误差平方和 'mse' 最小,以及运行更稳定。经过 12 轮训练,获得 6×12 个 'mse' 数据和 6×12 个 07 年 GDP 的预测数据。经过 SPSS 计算分析,当中间层神经元数目为 7 时,'mse' 的平均值最小,为 0.000021518(已经足够小),而且 12 个 'mse' 的方差最小。说明结构 $4-7-1$ 的网络对数据拟合最好,稳定性也最好。图 2 是其中的一次训练误差曲线。所以我们选择神经网络的结构为 $4-7-1$ 。在此结构下预测的 07 年 GDP 规范化值(取 12 轮预测的平均值)为 0.9462。我们采用迭代一步预测法(即将当前时刻的预测值作为下一时刻的输入值预测再下一时刻的目标值)来预测 08 和 09 两年的 GDP 值分别为 0.9999 和 1.0762。

有了 07-09 三年的 GDP 预测数据,我们就可以利用结构为 $7-x-1$ 的 Elman 神经网络对 07-09 三年的人才总数进行预测。选择传递函数、训练函数和性能函数等同上。首先根据已有经验选择中间层神经元数分别为 8、9、10、11、12 和 13,训练次数定为 15000 次(根据试验结果增加了训练次数)。在这 6 种结构下分别对神经网络进行了 9 轮训练。结果发现当中间层神经元数目为 9 时,'mse' 的平均值最小,为 0.00010601(基本满足要求)。图 3 是其中一次的训练误差曲线。所以选择神经网络的结构为 $7-9-1$,在此结构下预测的 07 年人才需求数的规范值为 1.0065(9 轮预测平均值)。采取迭代一步预测法可得 08 和 09 两年的人才总数规范值分别为 1.0960 和 1.1909。

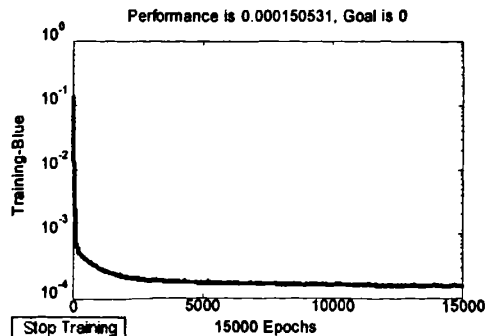


图 3 训练误差曲线

(下转第 31 页)

放度大,生产要素在区际之间流动频繁而量多,城镇的动力机制较强,能吸收更多的劳动力。在此阶段吸附劳动力的速度普遍达到5%—6%,几乎是“进口替代”的两倍。因此,劳动力无限供给的国家,根据比较利益原则配置资源,发展出口导向型经济,要比以进口替代型经济创造更多的就业机会。京津冀地区应大力发展出口导向型企业,从而促进城市化水平。

【参考文献】

- [1]唐茂华. 京津冀区域经一体化发展战略构想与前景展望[J]. 河北经贸大学学报, 2005, (11): 28.
 [2] Baigent. E., Patrick Geddes. Lewis Mumfordland Jean Gottmann divisionsover' megalopolis, Progressin Human Geography [M]. 2004.
 [3]Gottmann. J., Megalopolis: on the Urbanization of the Northeast Seaboard, Economic Geography [M]. 1957.

- [4]库兹涅茨. 各国的经济增长[M]. 北京: 商务印书馆, 1999.
 [5]Zhou Yi xing, "The Metropolitan Inter locking Region In China: A Preliminary Hypothesis", in The Extended Metropolis :Settlement Transition in Asia[M]. 1991.
 [6]朱铁臻. 城市化是新世纪中国经济高速增长的强大动力[J]. 经济观察, 2003, (1): 46.
 [7]吴良镛. 关于我国中小城市发展问题的探讨——兼论京津冀中等城市的成长[J]. 城市发展研究, 2004, (6): 29.
 [8]刘西田. 京津冀区域经一体化设想[J]. 经济论坛, 2005, (22): 61.
 [9]庞志显, 邹哲. 试论中国都市圈发展轨道交通的必要性[J]. 城市, 2003, (5): 37.
 [10]poter. M. E. Location, Competition, and Economic development: Local Cluster in a Global Economic [J]. Economic Development Quarter. Feb 2000.

[责任编辑:王云江]

The study of the course of urbanization in regional economic integration of Beijing - Tianjin - Hebei

ZHANG Jian - feng

(Fengfeng Group, Fengfeng 058600, China)

Abstract: Beijing - Tianjin - Hebei region is one of the most potential regions in the development of economic in our country currently, which has comparative advantage compared with the Pearl River Delta and the Yangtze Delta, however, the urbanization level of Beijing - Tianjin - Hebei region is lower at present, which has already influenced the course of regional economic integration. Therefore, at this stage, the urbanization level of Beijing - Tianjin - Hebei region should be greatly promoted. This paper analyzes the problems of urbanization existing in Beijing - Tianjin - Hebei region, and then poses the corresponding solutions.

Key words: Beijing - Tianjin - Hebei; urbanization; urban circles

(上接第27页)

三、结论

把上面预测的三个规范数据值运用公式②还原可得 07 - 09 三年的人才总数预测分别为 531177、562380 和 595466, 从而这三年纯增加的人才数为 37131、31203 和 33086。根据有关统计数据, 对每年的自然减员率按 1.2% 算, 则 06 - 08 三年的人才自然减员数分别为 5928、6374 和 6749, 由此得 07 - 09 三年的人才需求数分别为 43059、37577 和 39835 (单位: 人)。这三个预测数据和作者在另一篇文章《邯郸市

人才需求预测与结构分析》中运用多元回归模型预测数据相比, 本文对 07 年人才需求的预测数偏大, 而 08 和 09 两年的数据则基本相当。

Elman 神经网络代表了神经网络建模、预测与控制的发展方向, 如何提高训练与预测的精度和稳定性值得研究。在预测方面可将其与多元回归模型、灰色模型等科学合理结合起来以提高预测准确性。

[责任编辑:陶爱新]

The talent demand forecasting of Handan base on elman neural network

GUO Chang - he¹, GUO Han², FAN Jie¹

(1. College of Science, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;
 2. Accounting Institute, Northeast Finance and Economics University, Dalian 116023, China)

Abstract: Elman neural network is a typical dynamic neural network which has the ability to reflect dynamic features of the system. Considering the dynamic and random and nonlinear features of the talent demand system, this article collect the historical data in the statistical annual of Handan and predict the talent demand amount of Handan in 2007 - 2009 by using Elman regression neural network model. The numbers of the two years in 2008 and 2009 are almost correspond to the numbers forecasted with the method of multiple regression model in another article written by author. The precision of this method is need to be tested.

Key words: prediction of talent demand; elman neural network