

Prediction of the Coal Consumption Based on Artificial Neural Network

Yimei Zhang, Yang Han

Chengdu University of Technology, Chengdu
Email: zhangyimei@163.com

Received: Jun. 8th, 2013 revised: Jul. 24th, 2013; accepted: Aug. 3rd, 2013

Copyright © 2013 Yimei Zhang, Yang Han. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: To the coal consumption problem of China, artificial neural network model for coal consumption's predictive analysis and assessment was set up with the energy statistics of the years 2000-2011. At first, the ANN model was trained through the energy statistics of the years 2000-2010, on this basis, the model will predict the coal consumption of the year 2011. Then the results predicted of the coal consumption in the recent 12 years will be analyzed and assessed. In a word, it provides some scientific and valuable reference for the managers and decision makers.

Keywords: Coal Consumption; Artificial Neural Network; Prediction; Assessment

基于人工神经网络的煤炭消耗量预测研究

仇义美, 韩 杨

成都理工大学, 成都
Email: zhangyimei@163.com

收稿日期: 2013年6月8日; 修回日期: 2013年7月24日; 录用日期: 2013年8月3日

摘 要: 本文利用我国 2000~2011 年的能源统计数据, 针对我国煤炭消耗量问题, 应用人工神经网络模型对煤炭消费量进行预测分析与评估。首先通过对 2000~2010 年的能源统计数据对网络模型进行学习训练, 在此基础上对 2011 年的煤炭消费量进行预测。然后, 在对这 12 年的煤炭消费量预测的结果进行评估分析。最后为与煤炭消耗相关的决策者们提供科学且有价值的参考依据。

关键词: 煤炭消耗量; 人工神经网络; 预测; 评估

1. 引言

煤炭是中国的基础能源, 在一次能源构成中占 70%左右。“十一五”规划进一步确立了“煤为基础、多元发展”的基本方略, 为中国煤炭工业的兴旺发展奠定了基础。煤炭因为储量巨大, 加之科学技术的飞速发展, 煤炭汽化等新技术日趋成熟, 并得到广泛应用。因而准确地预测我国煤炭消耗的变化趋势就显得十分必要。

关于煤炭消耗量的预测分析模型有很多, 这里采

用人工神经网络模型。人工神经网络具有自学习和自适应能力, 可以通过预先提供的一批相互对应的输入输出数据, 分析掌握两者之间的映射关系, 根据这些关系, 输入新的数据来推算结果。因此, 神经网络预测的精度就较高, 预测结果的可靠性就较大。

2. 神经网络的结构及学习算法

人工神经网络是模仿生理神经网络的结构和功能而设计的一种信息处理系统。大量的人工神经元以

一定的规则连接成神经网络，神经元之间的连接及各连接权值的分布用来表示特定的信息^[6]。神经网络分布式存储信息，具有很高的容错性。每个神经元都可以独立的运算和处理接收到的信息并输出结果，网络具有并行运算能力，实时性非常强。神经网络对信息的处理具有自组织、自学习的特点，便于联想、综合和推广。神经网络以其优越的性能应用在人工智能、计算机科学、模式识别、控制工程、信号处理、联想记忆等极其广泛的领域。

2.1. 神经元模型

神经元是神经网络的基本计算单元，一般是多个输入、一个输出的非线性单元，可以有内部反馈和阈值。如图 1 是一个完整的神经元结构。

其中， $X_1, X_2 \dots X_n$ 是神经元的输入； $V_1, V_2 \dots V_n$ 是每个输入与神经元的连接强度，即权值； Σ 为内部状态的反馈信息； W_i 为阈值； f 为该神经元的作用函数； Y 是神经元的输出。

2.2. 人工神经网络模型

人工神经网络是一个并行和分布式的信息处理网络结构，该网络结构一般由许多个神经元组成，每个神经元有一个单一的输出，它可以连接到很多其他的神经元，其输入有多个连接通路，每个连接通路对应一个连接权系数。如图 2，是是一个三层的人工神经网络模型。

3. 煤炭消耗量的预测分析

3.1. 煤炭消耗量的影响因素

煤炭消耗量的影响因素有多个，这里只设定为原

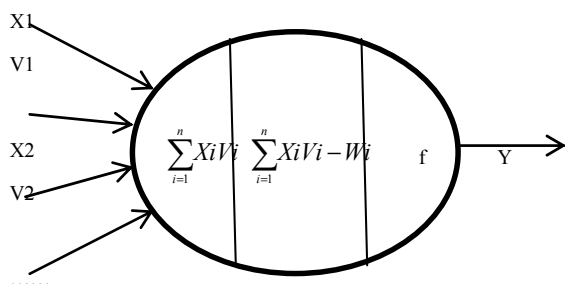


Figure 1. Neuron model
图 1. 神经元模型

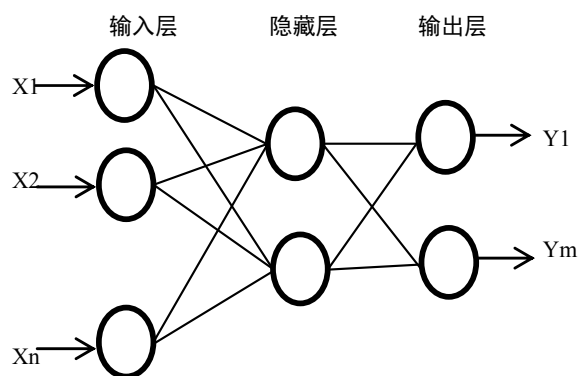


Figure 2. Artificial neural network model
图 2. 人工神经网络模型

煤生产量，能源消耗量，国民生产总值增长速度，价格四个影响因素^[1]。国民生产总值是引导煤炭需求的原因，但煤炭需求不是引导国民生产总值增长的原因，这也说明了将国民生产总值增长速度作为解释变量的合理性。煤炭消耗量与这些影响因素之间往往具有复杂的非线性关系^[2]。

3.2. 人工神经网络模型

人工神经网络具有学习的能力，工作过程可分为两个阶段。首先对神经网络进行训练，在学习期主要是利用给定的数据或知识来调整网络的各种参数。当学习结束后，神经网络便学到了所要求的知识。在下一个阶段工作期，神经网络就利用学习期所学到的只是，对网络输入做出正确的响应^[3]。

人工神经网络模型学习训练用的数据是 2000~2010 年的实际数据^[5]，如表 1 中所示。当神经网络训练结束后。即网络的输入向量和输出向量之间的函数关系已经确定。训练后的神经网络即为煤炭消费量与其影响因素之间的函数关系模型。利用这个网络模型就可以进行预测。在 SQL sever2008 挖掘模型预测中，选择单独查询输入，即可实现预测。当把 2011 年的影响因素的变量值输入时，产生的 2011 年的煤炭消耗量的预测值为 239953.137，其绝对误差为 1314.08，相对误差为 1.22%。

4. 神经网络预测精度的检验

人工神经网络是个不断学习的模型。利用 2000~2011 年的数据，重新训练学习，得到了不同的结果。如表 2，计算了绝对误差和相对误差。

Table 1. The statistical data of coal consumption and influence factors in 2000-2011
表 1. 2000~2011 年煤炭消耗量及影响因素的统计数据

年份	原煤生产量/万 t 标准煤	能源消耗量/万 t 标准煤	国民生产总值 增长速度/%	价格(欧洲市场)/ 美元·t ⁻¹	煤炭消耗量/ 万 t 标准煤
2000	98874.6701	139445	8.4	35.99	100957.963
2001	105109.513	142972	8.3	39.03	102853.762
2002	110749.289	151789	9.1	31.65	108468.184
2003	131061.326	176074	10.0	43.6	128639.898
2004	151612.513	204219	10.1	72.08	148569.25
2005	167817.178	225781	11.3	60.54	167371.255
2006	180603.703	247562	12.7	64.11	184012.931
2007	192264.348	268413	14.2	88.79	199377.518
2008	200151.814	277515	9.6	147.67	207803.359
2009	212229.639	292028	9.2	70.66	216100.72
2010	227319.768	307987	10.4	92.5	221431.987
2011	247323.907	329546	9.2	121.54	242910.89

注：2000~2011 年数据来自中国能源统计年鉴和世界 BP 世界能源统计年鉴；2011 年的数据摘自中国产业信息网和世界 BP 世界能源统计年鉴。

Table 2. The analysis of coal consumption prediction value in 2000-2011
表 2. 2000~2011 年煤炭消耗量预测值的比照分析

年份	煤炭消耗实际量/万 t 标准煤	煤炭消耗预测量/万 t 标准煤	绝对误差/万 t 标准煤	相对误差
2000	100957.963	101028.7863	70.823	0.07%
2001	102853.762	103024.945	171.183	0.17%
2002	108468.184	109054.7837	586.600	0.54%
2003	128639.898	130629.367	1989.469	1.55%
2004	148569.25	146880.739	1688.511	1.14%
2005	167371.255	165073.063	2298.192	1.37%
2006	184012.931	185256.7092	1243.778	0.68%
2007	199377.518	201271.0582	1893.540	0.95%
2008	207803.359	208042.1996	238.841	0.11%
2009	216100.72	220855.1982	4754.478	2.20%
2010	221431.987	221985.916	553.929	0.25%
2011	242910.89	241596.81	1314.08	0.54%

由表 2 可见，人工神经网络模型输出值与实际值的相对误差的绝对值大多在 1% 以下，最大为 1.55%，也就是说，人工神经网络模型对样本的拟合程度是相当高的^[4]。看 2011 年的预测结果，当学习数据是前 11 年时，相对误差为 1.22%，而当学习数据是前 12 年时，相对误差却减少到 0.54。由此可以看出当数据

足够多时，拟合程度会更加高，效果会更好。

5. 结论

本文用人工神经网络通过煤炭消耗量的影响因素分析，预测了煤炭消耗量，并对预测值进行了分析评估。经实际数据检验，神经网络方法的预测精度较

高。证明了将神经网络应用于煤炭消耗量的预测是可行的、有效的。

参考文献 (References)

- [1] H. L. Chan, S. K. Lee. Modeling and forecasting the demand for coal in China. *Energy Economics*, 1997, 19(3): 271-287.
- [2] M. Kulshreshtha, J. K. Parikh. Modeling demand for coal in India: Vector autoregressive models with cointegrated variables. *Energy*, 2000, 25(2): 149-168.
- [3] 马致远等. 基于小波神经网络的中国煤炭消耗预测[J]. *能源技术与管理*, 2006, 5: 121-122.
- [4] 马宏伟, 张兆同. 我国能源消费与经济增长的灰关联分析[J]. *经贸纵横*, 2005, 5.
- [5] 国家统计局. 中国统计年鉴 2003[M]. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [6] 包龙生, 张乐, 于玲, 曹鑫. 基于 BP 神经网络对大跨径预应力连续梁桥标高偏差预测分析[A]. 第 22 届全国结构工程学术会议论文集第 I 册[C]. 2013.