

人工神经网络方法在我国环境预测中的应用

王 瑛 桑大勇

孙林岩

(空军工程学院航空工程管理学, 西安 710038) (西安交通大学管理学院, 西安 710049)

摘要 从环境预测的模型适用性出发, 提出用人工神经网络技术进行环境预测的新思路, 建立了环境预测的多层神经网络模型, 利用最近12年(1981—1992)的环境经济数据对2000年环境指标进行了预测, 并根据预测结果对未来的环境对策进行了分析。

关键词 环境预测, 人工神经网络, 多层神经网络模型。

常用的投入-产出模型采用不变的系数, 特别是在产出变化范围较大的时候, 也许不能正确代表生产的关系对环境质量的影响^[1]。1974年, Werbock 最先提出误差反向传播 BP 算法, Rumelhart、McClelland 的 PDP 小组, 于1985年发展和完善了著名的误差反向传播训练算法 (Back Propagation Algorithm, BP)^[2], 该算法当外界环境和系统本身性质发生剧烈变化时, 能提供一种有效的方法来更新模型, 实现新旧模型之间的转换。随着时间的推移, 不断增加新的实际数据, 对原有预测作定期滚动修订。它从例子中学习, 这就满足了根据过去、现在资料预测未来情况的要求。通过调整权值, 使输出满足多次预测的需要。这种方法为解决环境预测的模型问题提供了一条新思路。

1 环境预测的多层神经网络模型 (MLPEF) 的结构

1.1 环境预测的指标体系

按照《公元2000年中国环境预测技术规定》中的经济-环境指标体系^[3], 共有5类指标: 经济人口数据、环境污染预测指标、生态环境预测指标、环境资源破坏和环境污染造成的经济损失指标、对策研究指标。笔者按照可靠性、定量性、可比性、整体性、独立性5个原则^[4], 选取了14种经济-环境指标作为系统的输入和输出, 如图1(a, b)所示。

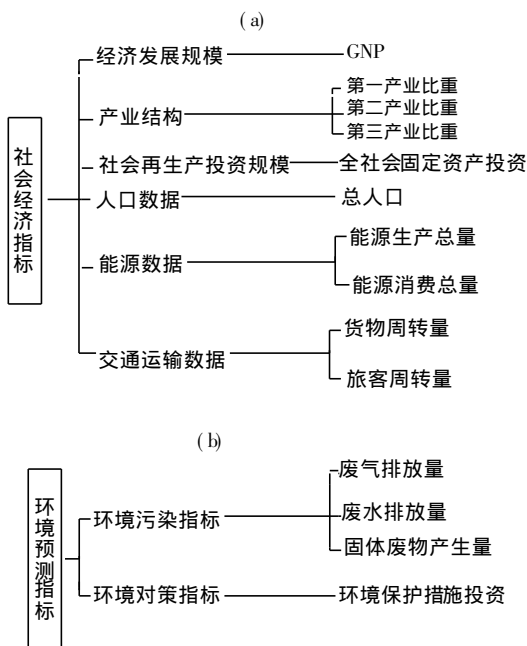


图1 系统输入(a)和输出(b)指标体系

1.2 模型参数的确定

BP 算法所构成的 BP 网络实际上是一个多层感知器 (Multiple Layer Perceptron 简称 MLP), 把学习的结果反馈到中间层次的隐单元, 改变它们的权系矩阵, 从而达到预期的学习目的, 实现了 Minsky 的多层网络设想。它已成为迄今为止最普及的网络, 广泛应用于语言综合、自适应控制等。

BP 算法训练 MLP 时, 可以任意选择隐层

数和隐神经元数, 所以 MLP 模型中隐层数目和隐神经元个数的确定尚无统一方法.

(1) 层数确定 从理论上讲, 仅有一个隐层的 MLP 就足够了, 二层 MLP(一个隐层) 与三层 MLP 相比, 后者更易于陷入局部极小, 且更难以训练, 而在其他方面, 二者性能相似^[5]. 一般考虑到尽可能减少学习费用, 而又满足精度要求情况下, 多数应用选用三层的 MLP 即可. 考虑到学习精度和学习费用的关系, 选择有一个隐层的 MLP 模型.

(2) 隐单元数目的确定 在选取隐单元数 (HN) 时, 首先选定 $HN = P - 1$ (P 为训练模式数)^[6] 用对象样本来训练学习, 然后选取较小的隐单元数训练, 通过观察误差的大小变化来调整隐单元数. 调整隐单元数是按以下原则进行的: 若在减小隐单元数进行训练时过程平衡 (即逐步收敛并达到较小的误差), 则说明所选的隐单元数合适; 否则若在重复学习学过的样本时, 又出现很大的误差, 表明隐单元数不合适, 增加隐单元数直到满意为止.

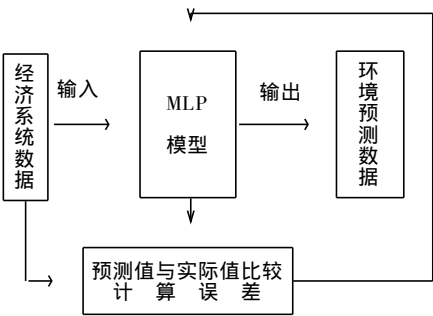
(3) 输入输出单元数的确定 设一模型关系为 $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$, 由于对系统本身的认识不足以及各种噪声的干扰, 建立的模型可能是 $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n, a_1, a_2, \dots, a_m)$, 其中 $a_1, a_2, \dots, a_m$ 是不相关因素而被误导入了系统模型. 这些变量的引入, 一方面导致系统模型的复杂性增加, 另一方面可能完全破坏了系统模型的适应能力^[7]. 对于这类变量可以通过神经网络本身来消除. 可以采用这样的步骤来消除不相关数据: ①将所有认为可能相关的数据作为输入数据输入网络; ②完成网络的强制训练; ③逐一对各变量作强制为0的检验, 根据误差变化情况, 判断出相关与不相关数据.

在前面讨论环境预测的指标体系时, 已得到作为系统输入的10个社会经济指标, 以及作为系统输出的4个环境预测指标, 利用上述方法最终确定9个输入单元 (除旅客周转量外) 和4个输出单元 (系统输出的指标个数).

2 模型的模拟实现

遵循软件工程学的方法论, 经过系统分析、系统设计和程序设计3个阶段, 最后得到了一个用 C 语言编码的 MLPEF 的计算机软件模拟系统, 该系统的精度参数 (相对误差) 为 1%, 由于缺乏 1980 年以前的环境指标数据, 所以样本数选为 12 (1981– 1992 年). 经检验该系统较好地模拟了根据环境经济数据预测环境指标的现实的物理模型^[8].

整个 MLPEF 系统的框图见图 2.



将得到的2000年的社会经济数据^[9] (其中按9% 的年增长率计算 GNP、全社会固定资产投资以 1978 年的 GNP 为 100, 按可比价格计算, 如表 1 所示), 作为研究的 MLPEF 系统的输入, 调用预测模块得到系统的 4 个输出 (环境预测数据) 的预测结果 (其中环保投资以 1978 年的 GNP 为 100, 按可比价格计算), 列于表 2.

表1 2000年社会经济数据

GNP (指数)	产业结构/%			总人口 /万人	能源生产量(标煤) × 10 ⁴ /t	能源消费量(标煤) × 10 ⁴ /t	全社会固定资产 投资(指数)	货物周转量 × 10 ⁸ /t·km ⁻¹
	第一 产业	第二 产业	第三 产业					
688.696	19	51	30	127100	120000	177000	229.565	62174

表2 2000年环境预测数据

预测内容		预测值	与 GNP 之比/ %
环保投资	(指数)	6.44475	0.94
废 水	$\times 10^4/\text{t}$	3322248	74.3415
废 气	$\times 10^8/\text{m}^3$	168820	3.7776
固体废物	$\times 10^4/\text{t}$	50724	1.1350

3 讨论

从以上数据可以推算2000年的环保投资为418.1953亿元(以1990年不变价为基础),占GNP的0.94%,这与SDNMC^[9]的预测结果(1.1%)基本一致,与文献[10]提出的2000年环保投资不超过1%一致.与西方发达国家70年代环保投资占GNP的1%—2%相比,我国的环保投资数量偏小,投资比例也偏低,这也是我国环保事业中的一个急需解决的问题.要使环境污染控制达到规划的目标,1995—2000年的6年尚需2800亿元投入,每年就需要400多亿元,现在实际投入距这个数字相差很大,必须从环境管理和财政、金融政策上采取措施,运用经济手段,落实和调整现有的各种投资渠道并开辟新的投资渠道.

与1990年相比,2000年我国环保投资由占GNP的0.61%上升到0.94%,生产单位GNP所产生的废水由 $199.939 \times 10^4\text{t}$ 下降到 $74.3415 \times 10^4\text{t}$,废气由 $4.8250 \times 10^8\text{m}^3$ 下降到 $3.7776 \times 10^8\text{m}^3$,固体废物由 $3.2662 \times 10^4\text{t}$ 下降到 $1.1350 \times 10^4\text{t}$,其中废气下降幅度最小.从绝对值来看,环保投资有大幅度的增加,废水和固体废物呈下降趋势,废气明显增加,因此,今后应在治理废气方面加大投资力度.

今后5年是实现本世纪末、21世纪初环境保护目标至关重要的时期,按目前的趋势发展,废气将是今后污染问题的重点.除加大投资进行外延式地控制污染外,还必须提高环保科技水平,走内涵式控制污染的道路.这样,才能充分利用已是紧缺的资金,更好地控制污染,改善人类的生活环境,以新的面貌跨入21世纪.

参 考 文 献

- 1 陈文明. 混合整数线性规划在环境规划中的应用前景分析. 环境科学研究, 1993, 6(6): 52—54
- 2 Rumelhart D E, Hinton G E et al. . Rumelhart D E and McClelland J L, Eds. Learning internal representations by error propagation. Parallel Distributed Processing, vol. 1, Cambridge: MA: MIT Press, 1986: 318— 362
- 3 左玉辉. 环境系统工程导论. 南京: 南京大学出版社, 1985: 17— 22
- 4 刘天齐. 环境技术与管理工程概论. 北京: 化学工业出版社, 1987: 145— 151
- 5 Jacques de Villars and Etinne Barnard. Backpropagation Neural Nets with One and Two Hidden Layers. IEEE Trans. Neural Networks, 1993, 4(1): 136— 141
- 6 Sartori M A and Antsaklis P J. A Simple Method to Derive Bounds on the Size and to Train Multilayer Neural Networks. IEEE Trans. Neural Networks, 1991, 2(5): 467— 471
- 7 石山铭, 张维, 刘豹. 神经网络与非线性预测模型建模与变量的合理选择. 决策与决策支持系统, 1993, 3(4): 72— 78
- 8 王瑛. 我国经济发展中的环境问题的预测研究——基于神经网络方法的研究结果. 西安交通大学硕士论文, 1995: 18— 26
- 9 国务院经济技术社会发展研究中心编. 中国经济的发展与模型. 北京: 中国财政经济出版社, 1990: 188— 239
- 10 冯珊, 刘翔. 环保投资在国民生产总值中所占比重的研究. 华中理工大学学报. 1988, 16(5): 41— 48

no more than 180 . The removal of COD by the treatment is over twenty percents more than Fenton's, while, H_2O_2 : COD (weight ratio) less than one point two at the condition of phenol influent content more than 14000mg/L of COD. The existence of synergistic effect for COD removal in H_2SO_4 + Fenton system under the condition of added pressure and heating (0.1–0.6MPa, 104–165) was verified. It was carried out that five kinds of dye and pesticide wastewater was treated using the method.

Key words: wet oxidation, Fenton reagent, catalytic oxidation, organic wastewater, wastewater treatment.

Study on the Detoxication Effect of Chromate Sludge by Red Brick Method with Shale Rock-Clunch.

Yang Guang et al. (Research Center of Resources Comprehensive Utilization Eng., Chongqing University 630044): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 75–77

The chromate sludge brick was made using shale rock, chromate sludge and clunch as main materials. When directions for producing materials are 20% of chromate sludge and 10% of clunch. The determination of whole brick powder showed that detoxication of $\text{Cr}(\text{VI})$ is thorough and stable; and determination of brick surface layer powder showed that the leaching concentration of water soluble $\text{Cr}(\text{VI})$ is 1.16mg/L. through five years following trail of tests under the free air and sun conditions $\text{Cr}(\text{VI})$ concentration can still achieve the standard of GB5086-85. The detoxication effect is mainly influenced by kiln temperature, acid-alkali property of the system, coal content and auxiliary.

Key words: chromate sludge, brick manufacture, red brick method, shale rock, clunch, detoxication.

Spectrophotometric Method for the Simultaneous Determination of Phenols and Aromatic Amines in Sewage with Extraction-Reextraction.

Li Meirong, Yuan Cunguang et al. (Dept. of Chem. Eng., University of Petroleum, Shandong, 257062): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 78–80

This paper deals with a method of simultaneous determination of phenols and aromatic amines which extracted by ether, then reextracted by 10% NaOH and 10% HCl respectively. The sensitivity is improved highly, and many kinds of interferences is removed efficiently. Phenols of 0.03–6.0 mg/L and aromatic amines of 0.008–0.5mg/L can be determined.

Key words: phenols, aromatic amines, extrac-

tion-reextraction, double-wavelength, spectrophotometry, ether.

The Application of Artificial Neural Network in Chinese Environmental Forecast.

Wang Ying and Sang Dayong (Dept. of Aeronautical Management Engineering, The Air Force Institute of Engineering, Xian 710038), Sun Linyan (School of Management, Xian Jiaotong University, Xian 710049): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 81–83

According to suitability of models for environment forecast, a multiple layer perceptron environment forecast model was built using artificial neural network as a new forecast method, with which the environment indices of 2000 were forecasted based on environmental data and economic data in 12 years (1981–1992). Future strategies were also analyzed on the basis of forecasted data.

Key words: environment forecast, artificial neural network, multiple layer perceptron environment forecast model.

Data Acquisition for Inventory Analysis in LCA.

Xi Deli, Peng Xiaoyan (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 84–87

The LCA inventory analysis is an important stage in LCA after its scope and goal are defined. According to the real situation in China, a set of methods of data acquisition for life cycle inventory analysis were developed in this paper. It also gave concrete procedures for obtaining the social data of products through pollution coefficients of industrial departments and for gathering and checking data from enterprises by using production mass scheme respectively.

Key words: life cycle assessment, inventory analysis, data acquisition.

Viewpoint on the Air Resources. Ning Datong, Yuan Jun et al. (Institute of Environ. Sci., Beijing Normal University, Beijing 100875), *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 88–90
It is proved that air resource is one of the most valuable natural resources by means of analyzing and expounding. From the standpoint of atmospheric environmental carrying capacity for pollutants, the ambient air quality is divided into two parts of "quidditative" and "heterogeneous", and its method of assessment is approached. On the basis of analyzing the air resource's value, a preliminary solution in measuring its value is also given in this paper. Furthermore, the effective ways for air resources protection are studied.

Key words: air resources, value, quality assessment, atmospheric environmental carrying capacity for pollutants.