

环境质量综合评价的 RBF 网络方法

颜 勇¹, 郦建强², 陆桂华², 杨晓华³, 杨志峰³

(1. 水利部水资源司规划处, 北京 100053; 2. 河海大学水问题研究所, 江苏 南京 210098;
3. 北京师范大学环境学院, 北京 100875)

摘要 为提高评价模型的精度, 用评价标准表确定 RBF 网络的输入、输出, 并给出了大气环境质量综合评价的 MATLAB 环境下的径向基函数(RBF)神经网络的结构、仿真函数和输出方法. 实例分析表明, MATLAB 环境下的 RBF 网络方法, 不仅能确定各评价对象所属的级别、进行不同评价对象之间大气环境质量优劣的比较, 而且精度较高、操作简便、实用性强.

关键词 大气环境质量 综合评价 RBF 网络

中图分类号 X822 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2005)01-0029-03

目前, 用于环境质量综合评价的方法很多, 如多目标决策-理想区间法^[1]、层次分析法^[2]、污染损失率法^[3]、模糊综合评价法^[4]、变权识别模型、灰关联分析方法^[5]、BP 神经网络方法^[6,7]、径向基函数(Radial Basis Function, RBF)神经网络方法^[8]等. BP 神经网络用于评价、函数逼近时, 存在收敛速度慢和局部极小等缺点. 而径向基函数神经网络^[9]在逼近能力、分类能力和学习速度等方面均优于 BP 神经网络. 因此, 本文将目前应用较好的 RBF 网络法应用于大气环境质量综合评价, 并给出了 MATLAB6.5 环境下的 RBF 网络方法, 以作为对现有环境质量综合评价方法的有效补充.

1 大气环境质量综合评价的 RBF 网络方法

RBF 网络由输入层、径向基层和线性输出层组成. 如果把评价对象的各指标所构成的向量集作为输入、径向基函数作为非线性处理器、评价结果作为输出, 则可将 RBF 网络应用于大气环境质量综合评价. 由于 MATLAB 把数、向量、矩阵等都处理成矩阵形式, 所以如下 RBF 网络方法的输入、输出都用矩阵来表示. 下面给出大气环境质量综合评价的 MATLAB6.5 环境下的 RBF 网络方法.

步骤 1 据大气环境质量评价标准表^[1,2], 建立 RBF 网络训练样本的输入、输出矩阵. 对于 n 个评价等级(或评价单元、备选方案)、 m 个评价指标的大气环境质量综合评价问题, 其输入、输出矩阵为

$$\begin{aligned} X &= [X_1 \quad X_2 \quad \cdots \quad X_n] & Y &= [1 \quad 2 \quad 3 \quad \cdots \quad n] \\ X_i &= [a_{i1} \quad a_{i2} \quad \cdots \quad a_{im}]^T & (i &= 1, 2, \cdots, n) \\ a_{ij} &= \bar{a}_{ij}/f_{\max}(j) & (i &= 1, 2, \cdots, n; j = 1, 2, \cdots, m) \end{aligned} \tag{1}$$

式中: $f_{\max}(j)$ ——第 j 个指标的最大值; $\bar{a}_{ij}$ ——第 i 个评价等级(或评价单元、备选方案)的第 j 个评价指标值, $\bar{a}_{ij} = f_j(x_i)$; a_{ij} —— $\bar{a}_{ij} = f_j(x_i)$ 的归一化值.

步骤 2 用 newrb 函数设计一个 RBF 网络. 其格式为

$$\text{net} = \text{newrb}(X, Y, \epsilon, s)$$

式中: X, Y, ϵ, s ——归一化输入矩阵、目标矩阵、均方误差和 RBF 的分布系数; newrb——在 MATLAB6.5 环境下的 RBF 网络方法的设计函数.

用 RBF 网络逼近函数时, newrb 可自动增加 RBF 网络的隐层神经元, 直到均方误差满足要求为止.

步骤 3 用 sim 函数对大气环境质量等级进行评价. 其格式为

收稿日期 2004-02-24
基金项目 国家重点基础研究发展规划项目(2003CB415200) 江苏省“333 工程”资助计划项目
作者简介 颜勇(1964—), 男, 山东平邑人, 高级工程师, 主要从事水资源及环境规划与评价研究.

$$B = \text{sim}(\text{net}, A)$$

式中： A, B ——待评价单元的归一化输入矩阵和用 RBF 网络对大气环境质量进行评价的等级矩阵； sim ——在 MATLAB6.5 环境下的 RBF 网络方法的仿真函数。

2 应 用

本文将大气环境质量评价等级从好到坏分为Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ级.为了方便计算,用1,2,3,4级来分别表示Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ级.大气环境质量评价标准见表1,某铝加工厂各季度单元中各评价指标的实际监测浓度见表2^[1,2].

表2 某铝加工厂各季度单元大气环境质量评价指标实测浓度值

Table 2 Assessment experiential values of atmospheric environmental quality for four quarters of an aluminium processing factory $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

季度单元	指 标		
	$\rho(\text{SO}_2)$	$\rho(\text{NO}_x)$	$\rho(\text{TSP})$
第1季度(X_5)	0.046	0.036	0.086
第2季度(X_6)	0.139	0.044	0.152
第3季度(X_7)	0.032	0.014	0.159
第4季度(X_8)	0.056	0.016	0.183

- b. 用‘newrb’函数设计 RBF 网络.取均方误差 $\varepsilon = 0.000\,000\,01$,分布系数 $s = 1$.
c. 由表2数据和式(1)得到待评价单元的输入向量

$$A = \begin{bmatrix} 0.054\,1 & 0.163\,5 & 0.037\,6 & 0.065\,9 \\ 0.072\,0 & 0.088\,0 & 0.028\,0 & 0.032\,0 \\ 0.050\,6 & 0.089\,4 & 0.093\,5 & 0.107\,6 \end{bmatrix}$$

由 $T = \text{sim}(\text{net}, X)$ 可得网络的训练结果.由 MATLAB6.5 环境下的 plot 函数可得网络训练的图形输出结果,如图1所示.从图1可知,各训练样本的误差为0.000000,计算精度较高.

据 $B = \text{sim}(\text{net}, A)$ 对各季度单元的大气环境质量进行评价,则

$$B = [0.769\,5 \quad 1.304\,2 \quad 0.701\,2 \quad 0.855\,0]$$

由 plot 函数可得网络评价结果的图形输出,如图2所示.整个网络的建立、训练和评价所花费的 CPU 时间为2.8600 s,网络计算速度很快.

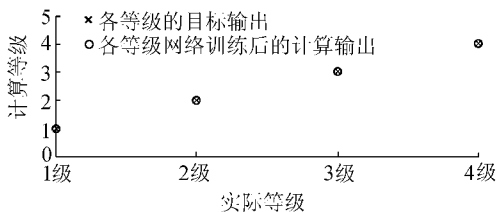


图1 网络训练结果

Fig.1 Training results of radial basis function network

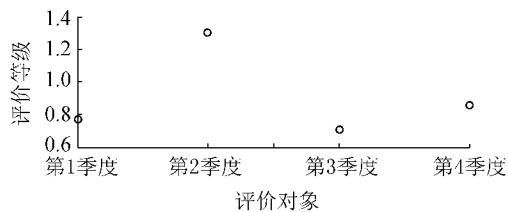


图2 网络评价结果

Fig.2 Assessment results of radial basis function network

根据计算结果,某铝加工厂各季度大气环境质量从优到劣依次为:第3季度,第1季度,第4季度,第2季度.由于第3季度、第1季度、第4季度的大气环境质量优于Ⅰ级标准最低界限值,所以它们都属于Ⅰ级,而第2季度的大气环境质量介于Ⅰ级和Ⅱ级标准最低界限值之间,所以属于Ⅱ级.各评价方法的对比结果见表3.

3 结 论

a. MATLAB 环境下的 RBF 网络方法,评价结果真实可靠并具有可比性,且实例计算结果的精度高于污染损失率法、模糊综合评价法、灰关联分析方法、多目标决策-理想区间法、变权识别模型等方法评价结果的精度.

b. MATLAB 环境下的 RBF 网络方法适用性强,不仅能确定各评价对象所属的级别,而且还能进行不同评价对象之间大气环境质量优劣的比较,可广泛应用于各种环境质量的综合评价.

表 3 7 种方法评价结果比较

Table 3 Assessment results with seven methods

评价方法	评价结果			
	第 1 季度	第 2 季度	第 3 季度	第 4 季度
层次分析法	I	II	I	II
污染损失率法	I	II	I	I
模糊综合评价法	I	II	I	I
灰关联分析方法	I	II	I	I
变权识别模型	I	II	I	I
多目标决策-理想区间法	I	II	I	I
本文方法	I	II	I	I

参考文献：

[1] 杨晓华,杨志峰,郦建强,等. 大气环境质量综合评价的多目标决策-理想区间法[J]. 环境工程,2003,21(3):70—72.

[2] 何斌,谢开贵. 大气环境质量综合评价的层次分析法[J]. 环境保护,1997,(8):24—27.

[3] 何斌,谢开贵. 大气环境质量综合评价的污染损失率法[J]. 环境保护,1998,(3):33—35.

[4] 肖继先. 应用模糊综合评价级数评价大气环境质量[J]. 环境工程,1994,12(6):46—49.

[5] 何斌,高登好. 大气环境质量综合评价的变权识别模型及其应用[J]. 环境工程,2001,19(6):57—58.

[6] 黄涛珍,王晓东. BP 神经网络在洪涝灾损失快速评估中的应用[J]. 河海大学学报(自然科学版),2003,31(4):457—460.

[7] 王俭,胡筱敏,郑龙熙,等. 基于 BP 模型的大气污染预报方法的研究[J]. 环境科学研究,2002,15(5):62—64.

[8] 李宗伟,辛沂,王美娟. 径向基网络在环境质量评价中的应用[J]. 临沂师范学院学报,2001,23(6):12—14.

[9] 闻新,周露,王丹力,等. MATLAB 神经网络仿真与应用[M]. 北京: 科学出版社,2003. 285—286.

A radial basis function network method for
comprehensive assessment of environmental quality

YAN Yong¹, LI Jian-qiang², LU Gui-hua², YANG Xiao-hua³, YANG Zhi-feng³

- (1. Department of Water Resources, MWR, Beijing 100053, China ;
2. Research Institute of Water Problems, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;
3. School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract For improvement of the precision of the atmospheric environmental quality comprehensive evaluation model, a Radial Basis Function (RBF) network method was introduced with the input and output of the network determined by the assessment standard. Meanwhile, the structure, simulating function and figure output of the RBF neural network were given based on the MATLAB radial basis function network. Practices show that, with high precision and applicability, the RBF method is convenient in operation, and it is proved to be a good method for classification and assessment of various items of atmospheric environmental quality.

Key words atmospheric environmental quality ; comprehensive assessment ; radial basis function network