

# 基于 MatLab 的神经网络在江苏矿山地质环境评估中的应用

刘 洪<sup>1</sup>, 张宏斌<sup>2</sup>

(1. 江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018; 2. 东南大学交通学院, 江苏 南京 210018)

**摘要:**神经网络作为一种新的方法体系,具有分布并行处理、非线性映射、自适应学习和鲁棒容错等特性,在模式识别、控制优化和智能信息处理等方面有着广泛的应用。利用 MatLab 的神经网络工具箱,建立了江苏矿山地质环境质量的评估模型,评估结果经过实际验证,具有较高的可信度和实用性。

**关键词:**MatLab;神经网络;矿山地质环境;江苏

**中图分类号:**TD167; TP389.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-6474(2007)04-0348-06

## 0 引言

矿山地质环境是矿产资源开发过程中,由于采矿、选矿等矿业活动导致矿区及其邻近地区生态地质环境的改变、破坏及污染等环境问题。矿山地质环境是一个复杂的系统,矿山环境地质问题类型、严重程度、表现形式等,与开发的矿产类型或种类、开发方式、开发强度、区域地质、区域自然条件、及矿山的规模性质、经济技术、管理水平等诸多因素密切相关。而且由于各因素的影响和作用不同、相互间存在一定的联系、描述的方式不同(定性、定量、半定量多种形式)、信息的不完整性,使得矿山地质环境评价通常以定性描述和分析为主,很难量化,评价的结果有较大的随意性和不准确性。

目前,用于矿山地质环境评价的方法很多,如加权比较法、地理信息系统(GIS)空间数据迭加分析法、综合指数法、环境数学模型法、模糊综合评判法、层次分析法、专家打分法、环境承载力分析法、信息量法等都已经得到应用和验证。但是由于我国在这方面工作开展的较晚,而且由于我国地域辽阔,各地区矿山地质环境问题的差异性,未能形成一套系统、科学、可操作性强的矿山地质环境评价方法和理论。加之矿山地质环境的影响因素众多,各种因素对矿山地质环境影响的贡献较难确定,很难找到统一的数学模型,正确反映各个影响因素与矿山环境质量之间的复杂的非线性关系。笔者尝试利用非线性的人工神经网络理论对江苏的矿山地质环境

进行评估,经过与其他方法验证,取得的分区结果比较符合实际情况,具有较高的可信度。

## 1 评价思路

矿山地质环境的影响由区域地质环境、矿山地质环境现状、矿产资源规划、矿山地质环境恢复四大要素构成,各因素又受众多次一级因子的影响,是一个多层次、多级别、包含多因素的复杂系统。结合江苏省的矿产资源开发利用和矿山地质环境现状,建立了矿山地质环境的评价系统如图1所示,评价指标如表1所示,矿山地质环境质量影响划分为严重区、较严重区和一般区。

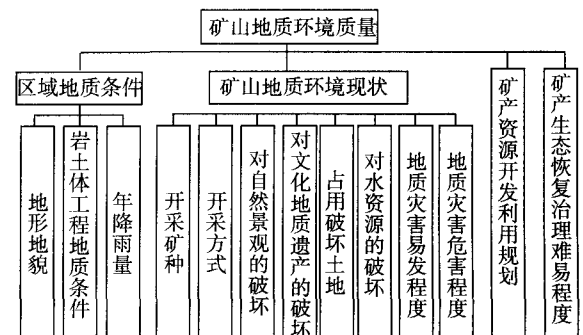


图1 矿山地质环境影响评价模型

收稿日期:2006-04-10;编辑:蒋艳

作者简介:刘洪(1973—),男,安徽阜阳人,工程师,主要从事环境地质研究工作。

表1 矿山地质环境影响评价指标一览表

评价因子	评价分级	严重区	较严重区	一般区
地质环境条件	地形地貌	地貌类型主要为低山区,地形起伏大,相对高差大	地貌类型主要为丘陵、岗地,地形起伏变化较大,相对高差较大	地貌类型主要为平原区,地形起伏平缓,相对高差小
	岩土体工程地质条件	矿床围岩结构破碎,岩石多为半坚硬薄层松散岩体,松散层较厚	矿床围岩岩石多为半坚硬块状碎屑岩体,松散层较薄	松散层厚
	年降雨量/mm	>1 000	900~1 000	<900
矿山地质环境现状	开采矿种	金属、能源矿山	非金属矿山(不含砂石粘土类矿山)	砂石、粘土类矿山
	开采方式	井下开采	井下、露天开采	露天开采
	对自然景观的破坏	严重	较严重	一般
	对文化、地质遗迹的破坏	严重	较严重	一般
	占用破坏土地	严重	较严重	一般
	对水资源的破坏	严重	较严重	一般
	地质灾害易发程度	高易发	中易发	低易发
	地质灾害危害程度	严重	较严重	一般
矿产资源开发利用规划	禁采区	限采区	鼓励开采区	
矿山生态恢复治理难易程度	难(需投入较大的工程、花费大量经费,治理周期长)	中等(通过投入一定的治理工程,能使矿山生态环境得到好转)	较易(通过简单的工程,即可进行生态环境恢复治理)	

依据矿产资源的分布特征、自然环境、地质环境条件为背景,综合考虑开采矿山分布特征、采掘形式、矿山密集程度、矿山规模和产生的矿山生态地质环境问题的发育现状,将江苏省矿山分布相对集中地区划分为92个不同的矿区作为评价单元。

## 2 神经网络基本原理

人工神经网络,作为对人脑最简单的一种抽象和模拟,是探索人类智能奥秘的有力工具。神经网络作为一种新的方法体系,具有分布并行处理、非线性映射、自适应学习和鲁棒容错等特性,这使得它在模式识别、控制优化、智能信息处理以及故障诊断等方面都有广泛的应用。

神经网络的基本单元称为神经元,它是对生物神经元的简化与模拟。神经元的特性在某中程度上

决定了神经网络的总体特性,大量简单的神经元的相互连接就构成了神经网络(图2)。

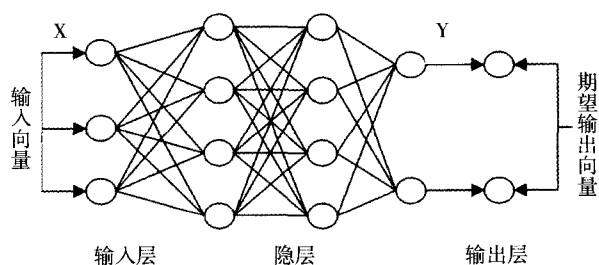


图2 神经网络的一般结构模型

人工神经网络的工作是集体进行的,各神经元之间的关系开始是不确定的,只是在经过训练后才稳定下来,因此网络的学习是一个自组织的过程。这是与确定性模型不同之处。确定性模型中变量间的关系和映射函数一般都是确定的,它们间有明确

的关系。由于神经网络是对非线性问题的近似模拟,作为一个灰色系统,它不可免的会有误差,一般这种误差的存在不会影响模型的实用。它的输出只是一种近似结果,这种特点决定了它分类的特长。显然,在矿山地质环境质量评价中,它明显优于其他分析方法。

神经网络的类型多种多样,从功能特性和学习特性来分,典型的神经网络模型主要包括感知器、线性神经网络、BP神经网络、径向基函数网络、自组织映射网络和反馈神经网络等。从网络的拓扑结构角度来看,可分为前向网络、从输出到输入有反馈的前向网络、层内互连前向网络和互连网络四种基本形式。一般来说,当神经元的模型确定之后,一个神经网络的特性及其功能主要决定于网络的拓扑结构及学习方法。

采用BP神经网络对江苏省的矿山地质环境质量进行评价。BP神经网络是指基于误差反向传播算法的多层前向神经网络,由D. E. Rumelhart和J. L. McClelland及其研究小组在1986年研究并设计出来,与感知器和线性神经网络不同的是,BP神经网络的神经元采用的传递函数是Sigmoid可微函数,可以实现输入和输出间的任意非线性映射,使得它在模式识别等领域有着广泛的应用,成为目前应用最广泛的神经网络模型。

### 3 评价步骤

MatLab是美国Mathworks公司1982年推出的数学软件,经过二十几年的发展,MatLab已经发展

成为多学科多种工作平台的功能强劲的大型软件,除了具有卓越的数值计算和数据可视化能力,MatLab针对各种学科推出了功能各异的工具箱,MatLab神经网络工具箱4.0版本是Mathworks公司推出的MatLab 6.x的组成部分,它主要针对神经网络的分析 and 设计,提供了大量可供直接调用的工具箱函数、图形用户界面和仿真工具,是进行神经网络系统分析与设计的绝佳工具。

#### 3.1 网络模型的建立和参数的选择

理论上已证明:3层以上的人工神经网络能准确完成任意非正交集的分类,选择的网络模型是:4层结构;输入、输出和两个中间隐含层;上述矿山地质环境影响因素的13个指标作为网络输入层的13个神经元,该输出层含3个神经元,分别用0.9、0.5、0.1代表严重区、较严重区、一般区,作为网络的期望输出,神经网络的第一隐含层含10个神经元,第二隐含层含5个神经元(图3)。由程序给出随机变量作为网络的初始权值和阈值。

首先利用newff函数生成BP神经网络

```
net = newff([0,1;0,1;0,1;0,1;0,1;0,1;0,1;0,1;0,1;0,1;0,1;0,1;0,1], [13,10,5,3], {'tansig', 'tansig', 'tansig', 'purelin'}, 'trainlm');
```

13维输入变量和3维输出变量的取值范围都是[0,1],输入层、中间层和输出层的神经元的个数分别为13、10、5和3,各层神经元的传递函数分别取tansig函数和purelin函数,网络训练函数选取trainlm函数。LW{1,1}、LW{2,1}、LW{3,1}、LW{4,1}和B{1}、B{2}、B{3}、B{4}分别表示各层的权值矩阵和阈值矩阵。

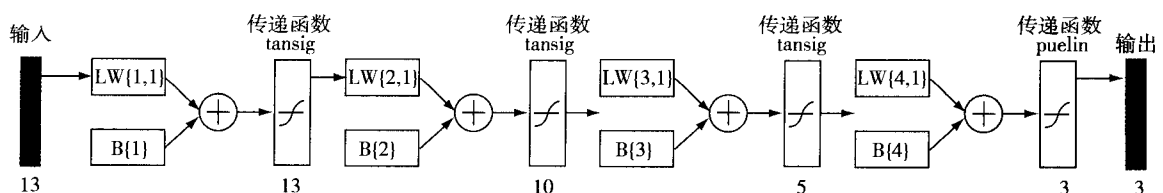


图3 BP神经网络模型

#### 3.2 网络模型的学习和训练

在训练之前对网络的训练参数进行适当设置:

训练步数 net.trainParam.epochs = 1 000;

显示训练结果的间隔步数 net.trainParam.show

= 50;

训练目标误差 net.trainParam.goal = 1e-14;

训练允许时间 net.trainParam.time = Inf;

训练中最小允许梯度值 net.trainParam.min\_

grad = 1e-15。

当训练步数大于100、训练误差小于0、训练时间超过Inf、或误差梯度小于1e-15时,训练都将自动终止,并返回训练后的神经网络对象。

从所研究的92个评价单元中,选出20个单元作为神经网络的学习教材,给出希望的输出值,然后调用train函数对生成的网络进行训练:[net, tr] = train(net, p, t), p为输入样本矢量集, t为输出样本矢量集, tr用于存储训练过程中的步数信息和误差信息。训练结果如下。

TRAINLM, Epoch 0/100 0, MSE 0.893489/1e-014, Gradient 65.77/1e-015

TRAINLM, Epoch 50/100 0, MSE 1.027 7e-013/1e-014, Gradient 1.181 94e-005/1e-015

TRAINLM, Epoch 100/100 0, MSE 3.373 74e-014/1e-014, Gradient 2.480 22e-006/1e-015

TRAINLM, Epoch 150/100 0, MSE 2.085 64e-014/1e-014, Gradient 1.032 64e-006/1e-015

TRAINLM, Epoch 200/100 0, MSE 1.509 89e-014/1e-014, Gradient 5.569 32e-007/1e-015

TRAINLM, Epoch 250/100 0, MSE 1.180 13e-014/1e-014, Gradient 3.449 9e-007/1e-015

TRAINLM, Epoch 291/100 0, MSE 9.989 23e-015/1e-014, Gradient 2.488 8e-007/1e-015

TRAINLM, Performance goal met.

可见,当网络训练到第291步时,收敛于一定的稳定值,网络性能达标,实际输出值和期望输出值的差值小于0.097 4(表2),完全满足模式判别需要,说明学习好的网络可以用于未知样本的预测,这样就确定了矿山地质环境质量评价的完整模型。网络误差变化曲线见图4。

表2 20个评价单元的学习结果

序号	地形地貌	岩土体工程地质条件	年降雨量	开采矿种	开采方式	对自然景观的破坏	对文化、地质遗迹的破坏	占用破坏土地	对水资源的破坏	地质灾害易发程度	地质灾害危害程度	矿产资源开发利用规划	矿山生态恢复治理难易程度	输出值	期望值	误差	分类
1	0.1	0.1	0.1	0.9	0.9	0.1	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.9	0.900 6	0.9	0.000 6	严重区
2	0.9	0.1	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.1	0.9	0.5	0.9	0.9	0.899 6	0.9	-0.000 4	严重区
3	0.9	0.1	0.5	0.5	0.1	0.9	0.9	0.5	0.1	0.9	0.5	0.9	0.5	0.897 9	0.9	-0.002 1	严重区
4	0.5	0.1	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.5	0.901 4	0.9	0.001 4	严重区
5	0.9	0.1	0.9	0.5	0.5	0.5	0.1	0.5	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.904 2	0.9	0.004 2	严重区
6	0.5	0.1	0.9	0.5	0.1	0.5	0.5	0.5	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.905 1	0.9	0.005 1	严重区
7	0.9	0.1	0.9	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.9	0.5	0.891 7	0.9	-0.008 3	严重区
8	0.5	0.1	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.485 0	0.5	-0.015 0	较严重区
9	0.5	0.1	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.5	0.5	0.9	0.5	0.529 6	0.5	0.029 6	较严重区
10	0.1	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.9	0.1	0.450 6	0.5	-0.049 4	较严重区
11	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.566 8	0.5	0.067 8	较严重区
12	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.9	0.5	0.475 2	0.5	-0.024 8	较严重区
13	0.5	0.1	0.9	0.5	0.1	0.9	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.9	0.5	0.563 5	0.5	0.063 5	较严重区
14	0.9	0.1	0.9	0.9	0.5	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.5	0.1	0.5	0.439 7	0.5	-0.060 3	较严重区
15	0.9	0.1	0.9	0.5	0.1	0.9	0.5	0.5	0.1	0.5	0.1	0.9	0.1	0.471 9	0.5	-0.028 1	较严重区
16	0.9	0.1	0.9	0.5	0.1	0.9	0.5	0.5	0.1	0.5	0.1	0.9	0.5	0.415 5	0.5	0.084 5	较严重区
17	0.9	0.1	0.9	0.5	0.1	0.9	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.402 6	0.5	-0.097 4	较严重区
18	0.6	0.1	0.9	0.5	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.9	0.5	0.433 2	0.5	-0.066 8	较严重区
19	0.9	0.1	0.9	0.5	0.1	0.9	0.9	0.5	0.1	0.1	0.1	0.9	0.5	0.486 5	0.5	-0.003 5	较严重区
20	0.1	0.9	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.100 0	0.1	0.000	一般区

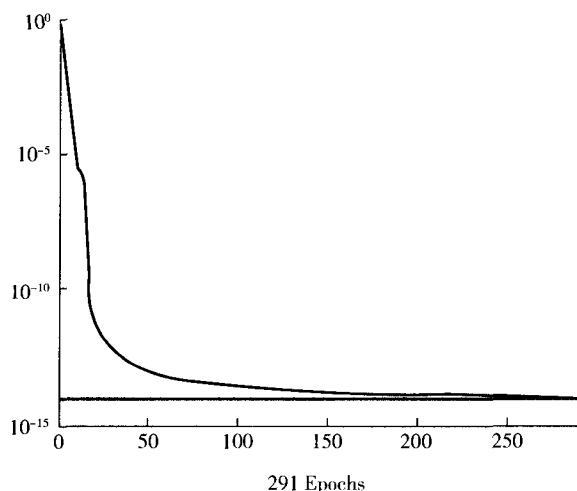


图4 网络误差变化曲线

## 4 评价结果

利用 sim 函数可以对训练后的网络进行仿真： $y = \text{sim}(\text{net}, P)$ ,  $P$  为未知样本。

连同已学习过的 20 个单元一起将 92 个评价单元作为“未知样本”输入训练好的网络,让确定的网络模型对这些样本进行识别评判,评判结果见图 5。

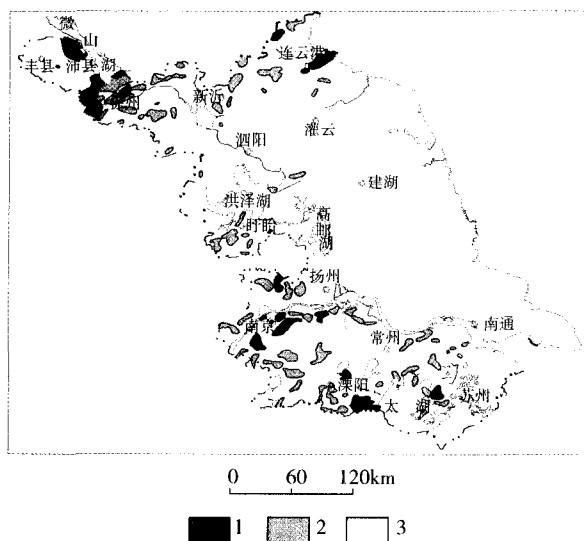


图5 江苏省矿山地质环境质量评估分区图

1-严重区;2-较严重区;3-一般区

评判结果表明,徐州的煤矿区和建筑石料矿区、连云港的磷矿区和建筑石料矿区、宁镇的有色金属、

铁矿、建筑石料矿区、苏州的高岭土矿、建筑石料矿区、溧阳东北部、宜兴南部的建筑石料矿区为矿山地质环境影响严重区,主要的矿山环境地质问题是采矿占用破坏土地、采矿引发的地面塌陷、滑坡、崩塌、矿坑突水、泥石流等地质灾害、对自然景观、文化地质遗迹、矿产资源和水土资源的影响、破坏和污染;砖瓦粘土矿分布的广大平原区为一般区,主要的矿山环境地质问题是采矿占用破坏土地,取土深度大的容易引发滑坡、崩塌;剩余分散的露天开采的非金属、建筑石料矿区为影响较严重区,主要的矿山环境地质问题是采矿占用破坏土地,采矿引发的滑坡、崩塌等地质灾害、对自然景观的影响和破坏。评判结果基本反映了江苏省的矿山地质环境质量的现状。

## 5 结语

通过采用 BP 人工神经网络模型对江苏矿山地质环境质量进行了综合评价,该模型收敛性能好、方法简单、速度快、计算效率高,能很好地掌握矿山地质环境影响因素的非线性关系,但在一些定性评价指标的选择和量化方面需要进一步的探讨,以提高模型的判别精度。

### 参考文献:

- [1] 许东,吴铮. 基于 MatLab 6. x 的系统分析与设计——神经网络(第2版)[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- [2] 周继成. 神经网络——第六代计算机的实现[M]. 北京:科学普及出版社,1993.
- [3] 包惠明,胡长顺. 岩溶地面塌陷神经网络预测[J]. 工程地质学报,2002,10(3):299-304.
- [4] 武健强,余勤. 神经网络技术在地面沉降区划中的应用研究[J]. 江苏地质,2003(3):171-174.
- [5] 彭建兵. 区域稳定性的神经网络分区评价[J]. 工程地质学报,2002,10(2):118-123.
- [6] 朱庆杰,马亚杰,陈艳华. 基于神经网络的区域地壳稳定性评价[J]. 岩土工程学报,2005,(27)9:1105-1109.
- [7] 张洪波,肖桂珍. 矿山地质环境影响评估及方法研究[J]. 西北地质,2003,36(增刊):130-133.
- [8] 徐友宁,何芳,陈杜斌,等. 矿山环境地质问题特点及类型划分[J]. 西北地质,2003,36(增刊):19-25.

## Application of artificial neural network in evaluating mine geological environment in Jiangsu based on MatLab

LIU Hong<sup>1</sup>, ZHANG Hong-bin<sup>2</sup>

(1. Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China; 2. Transportation College, Southeast University, Nanjing 210018, China)

**Abstract:** As a new method system, artificial neural network is characteristic of parallel processing, non-linear mapping, self-adaptive learning and Robust fault-tolerance, it has a wide application in mode recognition, control optimization and intelligent information processing. Based on the neural network toolbox of MatLab, the authors designed a valuation model of mine geological environment of Jiangsu Province, the valuation results were testified to be reliable and practical.

**Keywords:** MatLab; Artificial neural network, Mine geological environment; Jiangsu

### 院士风采之七——郭令智院士

著名构造地质学家,湖北安陆人。1938年毕业于中央大学地质系。毕业后先后在中央大学地质系、云南大学矿冶系以及中国地理研究所任助教、助理研究员。1946年~1949年为台湾大学地质系副教授和台湾省海洋研究所副研究员。1949年在英国伦敦大学皇家学院从事科学研究。1951年回国在南京大学地质系任教授至今,1981年任博士生导师。曾任南京大学学术委员会委员、副校长、代校长和顾问,中国地质学会副理事长,联合国教科文组织国际地质对比计划(IGCP)224项构造组召集人和267项领导人之一,教育部地学学科评议组组长和地学规划组组长以及国务院学位委员会第二届学科评议组成员。1993年11月当选为中国科学院地学部院士。

50多年来,他长期从事华南大地构造和中国板块构造、碰撞构造和地体构造研究,在国内外共发表论文和专著128篇(部)(包括合著)。1978年获全国科学大会奖,1982年获国家自然科学奖二等奖,1987年获国家自然科学奖三等奖,1984年获江苏省科技进步奖一等奖,1985年和1992年获国家教委科技进步奖二等奖2项。1990年他获得国家教委和国家科委授予的全国高校先进科技工作者称号。1999年获何梁何利地球科学奖和李四光荣誉奖。

(晓生)