



# 人工神经网络在白云岩类型识别中的应用

蔡煜东 姚林声

(中国科学院上海冶金研究所, 上海 200050)

关键词 地球化学数据 白云岩 人工神经网络 反向传播模型

提要 利用地球化学数据, 运用人工神经网络方法对美国密苏里州东南Bonnetterre组(寒武纪)滨海相的白云岩进行了分类、识别, 判别率达100%, 结果表明, 该方法性能良好, 可望成为岩石分类、判别的有效手段。

人工神经网络是八十年代迅速兴起的一门非线性科学, 它试图模拟人脑的一些基本特性, 如自适应性、自组织性、容错性能等, 已在模式识别、系统辨别等领域得到了初步的应用, 取得了很好的效果<sup>[1]</sup>。

1985年, 美国MIT的PDP(并行分布处理)小组提出的反向传播模型是近年来用得最多的网络之一(见图1), 它具有很强的自组织、自适应能力, 通过对有代表性例子的学习和训练, 能够掌握事物的本质特征, 许多问题都可由它来解决, 例如XOR问题, T-C匹配, 对称性判断等<sup>[1]</sup>。目前在神经网络的研究热潮中B-P模型是起了重要作用的模型之一。

设 $T(p, j)$ ,  $O(p, j)$  分别是第P个样本的期望输出与实际输出, 则B-P网络学习算法为:

$$\Delta_p W(j, i) = \eta \times D(p, j) \times O(p, j)$$

Ca Se 1  $O(p, j)$  为输出节点的输出时

$$D(p, j) = F'(NET(p, j)) \times (T(p, j) - O(p, j))$$

Ca Se 2  $O(p, j)$  为隐蔽层节点的输出时

$$D(p, j) = F'(NET(p, j)) \times \sum_m W(m, j) \times D(p, m)$$

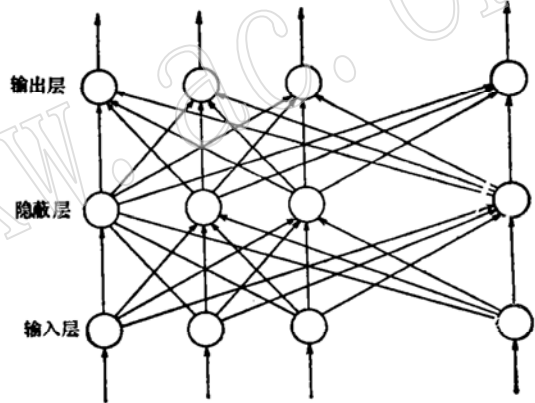


图1 反向传播模型  
Fig. 1 Back-propagation model

本文于1992年11月收到, 1993年5月改回。

其中  $F' = F \times (1 - F)$ ,  $F = 1.0 / (1 + \exp(-x))$ , 此处,  $W(i, j)$  是某层的第  $i$  个节点与上一层的第  $j$  个节点间连线的权,  $O(p, j)$  是第  $j$  个节点的输出,  $NET(p, j) = \sum W(p, j) \times O(p, j)$  是第  $j$  个节点收到的信息总和,  $D(p, j)$  是第  $j$  个节点的输出误差,  $\eta > 0$  是增益。

这样一个网络的学习过程, 就是一个网络权系数的自适应、自组织的过程, 经过多次训练后, 网络具有了对学习样本的记忆、联想的能力。

文献<sup>[2]</sup>报道了60个美国密苏里州东南 Bonnetterre 组 (寒武纪) 滨海相的白云岩样品的地化测试指标, 我们以此为研究对象, 探讨神经网络方法的可靠性。

首先, 随机选取其中48个样品, 作为神经网络的“学习”教材, 以其特征变量 ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{MnCO}_3$ ) 作为神经网络的输入, 将2类样品 (底白云岩, 铁白云岩) 的期望输出值依次定为“0.9” (底白云岩) 和“0.1” (铁白云岩)。神经网络的隐蔽层含14个神经元, 训练集收敛度达0.001。经过学习, 神经网络能完全正确地识别这些样品, 建立了岩石地化指标与其类型之间的复杂对应关系, 见表1。

表1 48个学习样本  
Table 1 48 learning samples

样品序号	神经网络学习结果	类别	样品序号	神经网络学习结果	类别
1	0.890646	底白云岩	33	0.106355	铁白云岩
3	0.889709	底白云岩	35	0.080984	铁白云岩
4	0.905875	底白云岩	36	0.089785	铁白云岩
5	0.904156	底白云岩	37	0.105228	铁白云岩
7	0.886451	底白云岩	38	0.105418	铁白云岩
9	0.903645	底白云岩	40	0.105125	铁白云岩
10	0.904281	底白云岩	42	0.088952	铁白云岩
11	0.904102	底白云岩	43	0.108837	铁白云岩
13	0.904504	底白云岩	44	0.101357	铁白云岩
14	0.903095	底白云岩	45	0.101314	铁白云岩
15	0.896808	底白云岩	46	0.098849	铁白云岩
16	0.904834	底白云岩	47	0.101612	铁白云岩
17	0.899829	底白云岩	48	0.108373	铁白云岩
18	0.907250	底白云岩	49	0.100777	铁白云岩
19	0.890938	底白云岩	51	0.086129	铁白云岩
20	0.893183	底白云岩	52	0.101559	铁白云岩
23	0.090089	铁白云岩	53	0.101458	铁白云岩
24	0.098755	铁白云岩	54	0.109672	铁白云岩
25	0.100927	铁白云岩	55	0.101687	铁白云岩
26	0.101850	铁白云岩	56	0.105394	铁白云岩
28	0.101662	铁白云岩	57	0.109820	铁白云岩
29	0.101396	铁白云岩	58	0.102851	铁白云岩
30	0.103486	铁白云岩	59	0.093564	铁白云岩
32	0.096397	铁白云岩	60	0.090559	铁白云岩

为了考验所建立的模型, 将未参加训练的12个样品, 作为“未知”样品, 由已掌握了知识信息的神经网络模型进行识别, 依照其实际输出与期望输出间的距离决定其类型, 由表2可见, 识别结果与实际情况完全一致。

表 2 12个待识别样本  
Table 2 12 samples to be identified

样品序号	神经网络计算结果	类别 (识别)	类别 (实际)
2	0.905562	底白云岩	底白云岩
6	0.903172	底白云岩	底白云岩
8	0.847600	底白云岩	底白云岩
11	0.904313	底白云岩	底白云岩
21	0.869223	底白云岩	底白云岩
22	0.138344	铁白云岩	铁白云岩
27	0.101967	铁白云岩	铁白云岩
31	0.103266	铁白云岩	铁白云岩
34	0.046483	铁白云岩	铁白云岩
39	0.111812	铁白云岩	铁白云岩
41	0.177922	铁白云岩	铁白云岩
50	0.097259	铁白云岩	铁白云岩

神经网络以其高度的非线性分类及识别能力, 比较能处理岩石类型识别这一类多因子、多目标的模式识别问题。此外, 它与一般多因子判别法相比, 有如下优点:

1. 容错能力 神经网络模型中知识信息采取分布式存储, 个别单元损坏不会引起错误, 因此用神经网络进行预报识别容错能力强, 可靠性高。

在本研究中将神经网络最后一个隐节点删去, 即相关的权重置为零, 得到的神经网络模型记为模型B, 原来的模型记为模型A, 对“未知”样本的预测见表3。

表 3 个别神经元损坏对网络性能的影响  
Table 3 Effect of the damage of individual neuron to the performance of the network

神经网络B的计算结果	预报类别	神经网络A的计算结果	预报类别
0.908037	底白云岩	0.905562	底白云岩
0.906946	底白云岩	0.903172	底白云岩
0.847865	底白云岩	0.847600	底白云岩
0.906579	底白云岩	0.904313	底白云岩
0.870486	底白云岩	0.869223	底白云岩
0.133862	铁白云岩	0.138344	铁白云岩
0.101597	铁白云岩	0.101597	铁白云岩
0.103268	铁白云岩	0.103266	铁白云岩
0.046499	铁白云岩	0.046483	铁白云岩
0.111939	铁白云岩	0.111812	铁白云岩
0.178000	铁白云岩	0.177922	铁白云岩
0.097269	铁白云岩	0.097259	铁白云岩

2. 识别速度 训练好的神经网络在对“未知”样本进行识别时仅需作少量的加法和乘法, 因此识别速度快。如果做成专用硬件或用并行机进行处理则速度更快。

有鉴于此, 神经网络可望开辟岩石分类、识别的新途径。

## 参 考 文 献

- 1 尹红风等. 人工神经网络原理. 模式识别与人工智能, 1990, 3(1): 1—12.
- 2 田时芸等. 多元统计方法在白云岩分类和类型识别中的应用, 江汉石油学院学报, 1991, 1: 11—16.
- 3 Gergg J M. Origins of dolomite in the offshore facies of the bonneterre formation (Cambrian), Missouri; sedimentology and geochemistry of dolostones, SEPM Special Publication, 1988, 43: 67—83.
- 4 Sibley D F, Gregg J M. Classification of dolomite rock textures. Journal of Sedimentary Petrology, 1987, 57: 967—975.

## The Application of the Artificial Neural Network to the Identification of Dolomites

Cai Yudong, Yao Linsheng

(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica, Shanghai 200050)

**Key words:** geochemical data; dolomite; artificial neural network; “back-propagation” model

### Abstract

on the basis of geochemical data, dolomites in the offshore facies of the Cambrian Bonneterre Formation were classified and identified by the artificial neural network, with the rate of discrimination reaching 100%. The results show that the neural network approach is fairly satisfactory and might be expected to become an effective technique for the classification and identification of rocks.