

文章编号: 1000-0585(1999)04-0382-09

# 应用人工神经网络识别华南沿海全新世 海滩岩和海岸沙丘岩

王 为, 吴 正

(华南师范大学地理系 广东广州 510631)

摘要: 华南全新世海岸沙丘岩和海滩岩同是热带、亚热带海岸线附近胶结的岩石, 其沉积结构和构造极为相似, 很容易混淆。人工神经网络是最近发展起来的一种信息处理方法, 可以处理模糊的、非线性的、含有噪声的数据, 为海滩岩和沙丘岩的识别提供了一种新方法。用华南海岸现代风成砂和海滩砂的粒度参数作为训练样本, 华南海岸全新世沙丘岩和海滩岩的粒度参数作为测试样本, 经过训练的B-P网络能够根据海滩砂和海岸沙丘砂的粒度参数来区分大部分的海滩岩和海岸沙丘岩, 其效果比传统的识别方法好。

关键词: 人工神经网络; B-P网络; 沉积物识别; 粒度参数

中图分类号: P737.1; TP183 文献标识码: A

## 1 引言

人工神经网络是最近发展起来的一种新的信息处理方法。它实际上是一种由许多非常简单的彼此之间高度连接的处理单元组成的信息处理系统。这些单元是模仿大脑中神经细胞设计成的。神经网络不需任何数学模型, 只靠过去的经验来学习, 可以处理模糊的、非线性的、含有噪声的数据、可用于预测、分类、模式识别、非线性回归、过程控制等各种数据处理的场合。而且在大多数情况下, 应用效果优于传统的统计方法<sup>[1]</sup>, 因此, 人工神经网络有非常广泛的应用前景。目前, 它的主要应用领域涉及生物、电子、计算机、数学和物理等学科。神经网络在地学中的应用则是刚刚起步, 本文提出应用人工神经网络对沉积物进行识别的方法。

## 2 沉积物分类的粒度参数散点图与神经网络的分类原理

粒度参数是用来描述沉积物粒度特征的基本数据, 在一定程度上可以反映沉积物在侵蚀、搬运和堆积过程中动力的大小和性质。形成于不同沉积动力过程的沉积物应该具有不

收稿日期: 1998-11-08; 修订日期: 1999-08-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49671012)

作者简介: 王为 (1956-), 男, 副教授, 1996年毕业于香港大学地理地质系获博士学位, 现在华南师范大学地理系任教, 从事华南沿海海岸沉积和地貌研究。

同的粒度参数, 所以用粒度参数对沉积物进行分类和识别是沉积学研究中经常用到的方法, 其中用粒度参数作散点图区分不同类型沉积颗粒在国内外已经有很多成功的例子。粒度参数散点图是在一个二维(参数)的平面上找出一根把两种样品分隔开来的直线(图 1a、b)。当散点图可以区分已知样品时, 便可以把未知样品的参数投影到散点图上, 看其落在哪个区域来确定未知沉积物的类型。

感知器是一种前馈型神经网络, 联系网络各层之间的单元的传递函数是线性阈值函数, 是较早用于模式识别的神经网络模型之一<sup>[2]</sup>。在感知器网络的两维平面空间上输入 A 类和 B 类样品, 如果样品类似于粒度参数散点图上的样品是线性可分, 一个只有输入和输出层的感知器网络能找到一根把 A、B 两类样品分开的直线, 如图 2a。当样品在输入空间上的分布使网络不能用一根直线将其分开时, 可用含有多个中间层的感知网络产生多条直线来区分样品 A 和 B (图 2b、c、d)<sup>[3]</sup>。Lippmann 已经证明三层网络足以解决任意复杂的分类问题<sup>[4]</sup>。将图 1 和图 2 对比, 可知神经网络比散点图的识别能力高得多, 更适合对沉积物的识别与分类。但是感知器网络只能满足于线性分类。B-P 网络是由非线性变换单元组成的前馈型网络, 它的学习算法称为反向传播算法 (Back-Propagation), 因而称为 B-P 网络。它与

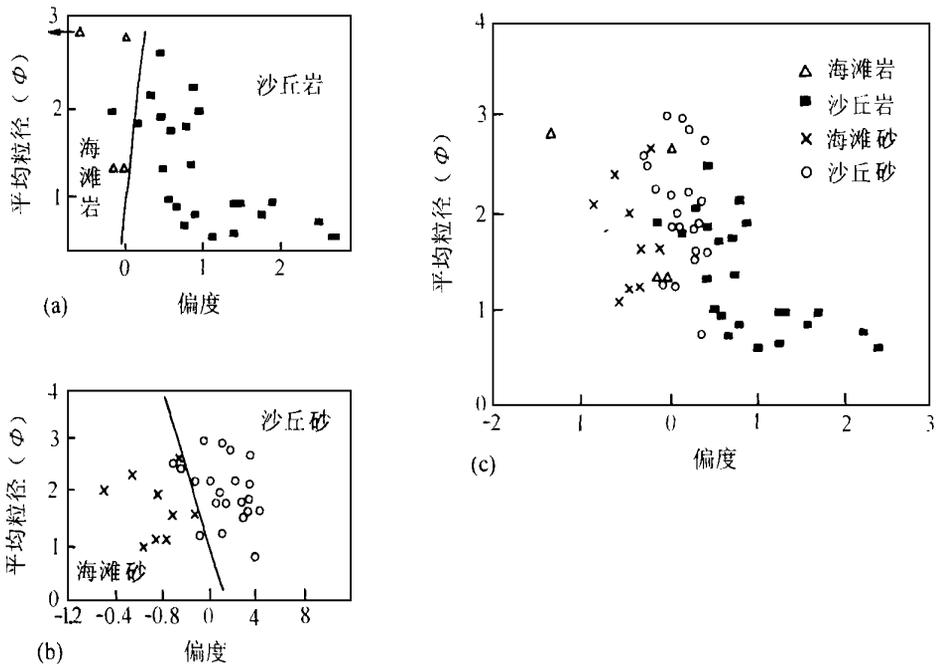


图 1 区分各种不同沉积物的粒度参数散点图

(a) 华南海岸沙丘岩和海滩岩<sup>[5]</sup> (b) 华南海岸沙丘砂和海滩砂<sup>[13]</sup>

(c) 将 a、b 两图重合后, 很难在散点图上区分海滩岩/海岸沙丘岩和海滩砂/海岸沙丘砂

Fig. 1 Scatter charts plotted by pairs of grain size parameters for sediment pattern recognition  
 (a) The scatter chart separating coastal dune sand from beach sand (b) The scatter chart separating coastal dune rocks from beach rocks (c) The scatter chart plotted by overlaying chart (a) with chart (b). Sample points of different sediment patterns are mixed together in the chart and no clear-defined boundaries are found between them

感知器的主要差异在于网络单元之间的传递函数不是线性函数而是非线性函数, 因而能够反映输入与输出之间的非线性关系。它的划分界线(面)比感知器的线性划分的界线(面)柔和、光滑, 可使其分类更精确和合理。因此 B-P 网络比感知器网络有更广泛的应用, 是目前神经网络在模式识别中应用最广泛、最具实用价值的网络类型。

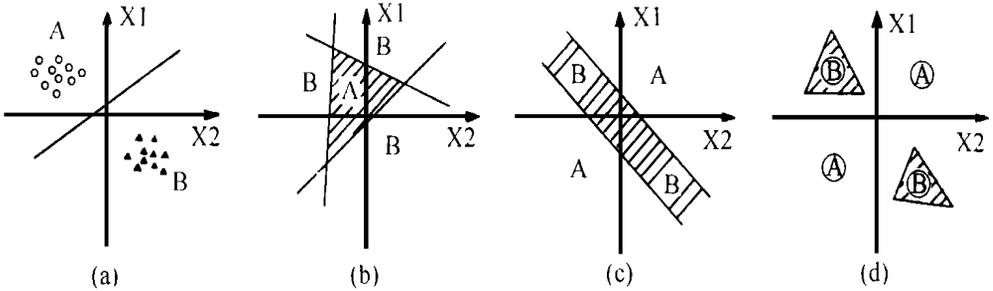


图 2 单层和多层感知器网络在输入空间的划分

Fig. 2 Different partitioning in bivariate input domains by single layer and multi-layer networks

### 3 海滩砂和海滩岩以及海岸风砂和沙丘岩的成因关系

华南全新世海岸沙丘岩和海滩岩同是热带、亚热带海岸线附近胶结的岩石, 在岩石学上它们同属碳酸盐胶结的碎屑岩, 其沉积结构和构造极为相似; 华南全新世海岸沙丘岩往往只胶结在近岸数十米至一两百米的范围内, 与现代海滩和海滩岩的位置又极为相近<sup>[5]</sup>。因此, 极容易混淆。一些研究者常把海岸沙丘岩误作海滩岩, 甚至把高于现代海平面几十米的沙丘岩也认为是高位海滩岩<sup>[6,7]</sup>。对海岸沙丘岩和高位海滩岩的识别和由此引出的第四纪古地理环境变化的问题曾经在地学界引起过较广泛的争论<sup>[5-9]</sup>。

海滩岩是由热带、亚热带潮间带的海滩砂胶结而成, 胶结的主要原因是潮间带高低潮转换过程中海水水面升降所造成的潮间带沉积物的干湿交替, 使海水中碳酸钙得以溶解和沉淀而形成的<sup>[11]</sup>。海岸沙丘岩则形成于热带、亚热带干湿交替气候条件下的地表环境, 海岸沙丘中所含的碳酸盐在降水时溶解, 干燥时蒸发, 导致碳酸盐沉淀将海岸风成碎屑胶结成固结岩石<sup>[12]</sup>。由此可见, 尽管海滩岩和沙丘岩极容易混淆, 但两者在沉积动力、胶结过程等方面都有本质的区别。因此华南海岸沙丘岩和海滩岩在分布位置、高度、粒度成分、颗粒形态、化学成分、沉积构造以及胶结物的成分和胶结特征等方面都是有差别的, 综合分析是可以区分它们的。就沉积动力而言, 海岸沙丘岩和海岸沙丘都是在风力作用下沉积的, 海滩岩与海滩砂则是在海浪的作用下沉积的, 它们的粒度特征的形成主要与各自的沉积动力(风和海浪)有关, 沉积后的碳酸盐胶结作用对岩石粒度参数特征的改变影响不大, 如果散点图能够区分海岸沙丘砂和海滩砂, 海岸沙丘岩和海滩岩应该分别落在散点图中海岸沙丘砂和海滩砂的区域范围内。

## 4 应用 B-P 网络识别海滩岩和沙丘岩

### 4.1 散点图识别海岸沙丘岩和海滩岩的局限性

图 1a、b 是根据表 1 和表 2 中华南沿海各地的海岸现代风成沙、海岸沙丘沙和全新世海岸沙丘岩、海滩岩的粒度参数绘成的散点图。在散点图上海岸风成砂和海滩砂以及海岸沙丘岩和海滩岩都能被较好地区分开来<sup>[5,13]</sup>。但是很明显, 两张散点图上的划分界线并不在同一位置上, 所以当两张图的数据绘在同一散点图上时, 就很难根据海滩砂和海岸沙丘砂来区分海滩岩和海岸沙丘岩 (图 1c)。这种现象说明了这几种沉积物的沉积特征极为相似。海岸沙丘砂和海岸沙丘岩的沉积颗粒主要是由海滩沙受风力搬运改造而沉积的, 由于搬运距离短, 海岸沙丘沙和沙丘岩颗粒的风成特征不如内陆荒漠的沙丘砂明显, 而是兼有风成、海成的特征<sup>[13]</sup>, 所以这几种沉积物的粒度参数投影在同一散点图上时, 它们的界线就很模糊。这种现象也反映了散点图的局限性: 一是传统的散点图只能对沉积物进行线性划分; 二是散点图对沉积物的识别往往依赖识别者对沉积理论的认识和实际工作经验。但人脑获取知识和经验的过程是很难用准确的数学公式来描述的, 散点图识别的结果往往因人而异。神经网络具有类似人脑识别过程的一些机制, 故可以在沉积物识别中发挥重要作用。

表 1 华南海岸现代风成砂和海滩砂粒度参数<sup>[13]</sup>

Tab. 1 Grain size parameters of coastal dune sand and beach sand on South China coast

样品号	平均粒径 $M_z (\Phi)$	标准差 $\sigma (\Phi)$	偏度 $s_k$	峰态 $k_g$	样品号	平均粒径 $M_z (\Phi)$	标准差 $\sigma (\Phi)$	偏度 $s_k$	峰态 $k_g$
1	1.950	0.297	0.303	1.430	16*	2.716	0.547	-0.245	0.984
2	3.033	0.234	-0.056	1.093	17	2.546	0.315	-0.267	1.928
3*	2.483	0.919	-0.645	1.016	18	1.613	0.967	0.291	0.930
4	1.867	0.658	0.100	1.202	19*	1.333	1.506	-0.379	1.129
5*	1.710	1.073	-0.344	1.470	20	1.357	0.662	-0.092	1.010
6	1.910	0.560	0.265	1.130	21*	1.737	0.796	-0.120	1.028
7	1.883	0.904	0.029	0.902	22	2.255	0.558	0.018	2.742
8	1.337	0.890	0.077	1.233	23*	1.195	1.120	-0.571	2.317
9	2.190	0.560	0.342	1.388	24	2.315	0.542	-0.158	3.193
10*	1.316	1.173	-0.451	0.948	25	2.078	0.624	0.066	3.209
11	1.767	1.193	0.312	0.887	26*	2.091	0.623	-0.457	2.836
12	2.277	0.692	0.201	1.009	27	1.697	0.632	0.414	3.365
13	2.553	0.591	-0.243	0.699	28	3.029	0.294	0.125	7.016
14	2.900	0.224	0.159	1.844	29*	2.149	1.032	-0.896	2.922
15	2.783	0.164	0.350	3.074	30	0.865	0.692	0.357	3.011

\* 为海滩砂。

### 4.2 B-P 网络的构成

在选用 B-P 网络来识别海滩岩和沙丘岩时, 以沉积物的粒度参数作为网络的输入变量, 分别构成两输入、三输入和四输入三个三层 (一个中间层) 的单输出 B-P 网络 (图 3)。

表 2 华南海岸全新世海滩岩和海岸沙丘岩粒度参数<sup>[5]</sup>

Tab. 2 Grain size parameters of coastal dune rocks and beach rocks on South China coast

样品号	平均粒径 $M_z (\Phi)$	标准差 $\sigma (\Phi)$	偏度 $s_k$	峰态 $k_g$	样品号	平均粒径 $M_z (\Phi)$	标准差 $\sigma (\Phi)$	偏度 $s_k$	峰态 $k_g$
1	0.733 1	1.031 8	1.212 3	4.791 1	16	2.526 4	0.518 3	0.399 3	2.298 9
2	0.935 8	0.827 8	0.769 8	4.284 1	17*	1.392 0	1.706 1	-0.037 0	1.896 5
3	0.987 8	0.910 4	0.561 1	3.073 1	18	1.904 9	0.643 3	0.395 3	4.336 6
4	0.853 3	0.978 6	2.206 1	7.346 1	19	1.395 4	0.522 9	0.397 3	3.917 7
5	0.670 3	0.713 3	2.325 9	10.060 6	20	1.638 0	0.741 1	0.202 3	2.711 5
6	1.083 6	1.090 3	1.674 5	5.001 7	21	1.944 6	0.793 3	-0.202 1	2.651 8
7	1.561 6	0.735 2	0.078 5	3.267 4	22*	2.850 8	0.516 0	-1.377 9	11.026 0
8	1.808 0	0.444 6	0.691 8	5.002 8	23	1.973 6	0.696 1	0.891 7	3.572 9
9	1.062 8	0.790 7	1.253 1	4.656 4	24	1.767 3	0.512 8	0.556 6	3.586 4
10	2.190 8	0.530 8	0.785 0	3.412 8	25	0.951 0	0.615 5	1.558 4	6.500 8
11*	2.676 8	0.591 8	-0.011 0	2.764 2	26	1.432 6	0.604 0	0.724 5	5.201 3
12	1.860 0	0.583 4	0.140 1	4.207 1	27	1.069 2	0.505 8	102 129	6.264 6
13	0.792 7	0.751 2	0.634 0	3.849 4	28*	1.425 9	1.087 5	-0.187 5	2.302 3
14	1.079 5	0.731 1	0.485 2	3.618 9	29	2.088 2	0.508 9	0.303 3	5.826 5
15	0.678 6	0.691 7	1.004 7	5.124 5					

\* 为海滩岩。

将标准差、平均粒径、偏度和峰态等参数按不同的组合作为网络的输入。按照中间单元选择的公式（三层网络中间单元数=  $\overline{mn}$ ，其中  $m$  = 输出单元数， $n$  = 输入单元数）<sup>[2]</sup>，所用的三个网络的中间单元均为两个。虽然增加中间单元可处理更复杂的问题，但是所需的训练样本也随之增加<sup>[2]</sup>。由于只有 30 个训练样本，所以不增加中间单元。根据文献 [2]，最小的训练样本数应是权重数的两倍（权重数 = (输入数 + 1) × 中间单元数）。训练

样本超过为最小训练样本数的两倍时效果最好；训练样本过多，会造成训练时间过长<sup>[2]</sup>。本文所用的三个网络的中二输入网络需要的最小训练样本是 12 个、三输入网络需要 16 个、四输入网络需要 20 个。30 个训练样本均超过各个网络所需的最小样本数。计算程序是美国 George Mason 大学的神经网络计算程序 BPS (V2.01)。初始权重为接近 0 的数，由计算程序随机确定，随机权重的初始值上下限一般取  $\pm 0.34$ <sup>[1]</sup>。

神经网络是靠过去的例子，也就是用已经获得的数据，经过学习和训练来记住问题应有的模式，如果海岸沙丘沙和海滩沙是可分的，而同时海滩岩和沙丘岩又分别与海滩砂和海岸沙丘砂同源。那么用海岸风成砂和海滩砂的粒度参数作为训练样本，海岸沙丘岩和海滩岩的粒度参数作为测试样本，经过训练的网络就应该能够根据海滩砂和海岸沙丘砂的粒

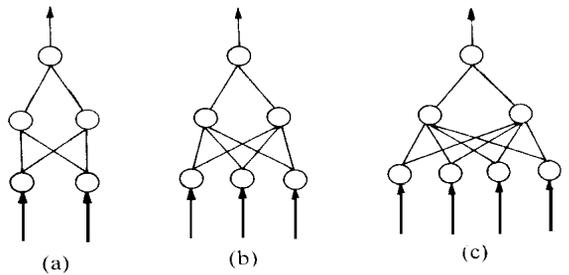


图 3 用于沉积物分类的 B-P 网络结构

Fig. 3 Structure of B-P networks with two, three and four inputs

度参数来区分海滩岩和海岸沙丘岩。以上述图 1a 中华南沿海海岸沙丘砂和海滩砂共 30 个样本的粒度参数作为神经网络的训练数据 (表 1), 其中海岸沙丘砂 21 个, 海滩砂 9 个。以图 1b 中华南沿海各地海岸沙丘岩和海滩岩 29 个样本的粒度参数作为测试数据 (表 2), 其中海岸沙丘岩 25 个, 海滩岩 4 个。在 25 个海岸沙丘岩中包括了在“高位海滩岩”争论中争议较大的广东汕头广澳、福建莆田后石井和苦鹅头的样品各三个<sup>[5]</sup>。为了使训练样品和测试样品具有相同的粒度参数尺度, 必须将训练样品和测试样品的粒度参数一起进行归一化, 即将每个参数的最大值定为 1, 最小值为定 0, 其他值在 0~1 之间, 使其只在 B-P 网络的传递函数 0~1 之间的动态范围内变化<sup>[2]</sup>。

### 4.3 网络识别结果

华南沿海各地海岸沙丘岩和海滩岩的识别结果见表 1。由表 1 可见, 两输入的网络对海滩岩和沙丘岩识别的总区分率在 58%~93% 之间。以偏度和标准差构成输入的网络对海滩岩和海岸沙丘岩的识别最好, 总区分率为 93%。以平均粒径和峰态构成输入的网络的效果最差, 总区分率仅为 58.6%。这说明峰态和平均粒径作为粒度参数在用于区分海滩岩和海岸沙丘岩或海岸风成砂和海滩砂不是很有效。效果差的网络, 收敛速度都很慢, 网络很难真正从训练数据中进行学习<sup>[2]</sup>。

三输入网络的总区分率都在 80% 以上, 以偏度、标准差和平均粒径构成输入的网络的识别能力最好, 总区分率为 96.6%。其中对海滩岩的区分为 100%、对海岸沙丘岩的区分为 96%。也就是说, 网络将检验样品中的四块海滩岩全部划分在海滩砂的类型中, 而 25 个海岸沙丘岩样品中有 24 个被划分到海岸沙丘砂的类型中。四输入网络总区分率也是 96.6% (表 3)。

表 3 B-P 网络识别海滩岩和海岸沙丘岩颗粒的测试结果

Tab. 3 The results of identification of coastal dune rocks and beach rocks on South China coasts with artificial neural networks

网络类型	网络输入	海滩岩 <sup>[4]</sup>	沙丘岩 <sup>[25]</sup>	总体 <sup>[29]</sup>
1	峰态、平均粒径	0% (11, 17, 22, 28)	68% (1, 2, 6, 8, 9, 13, 14, 19)	58.6%
2	偏度、平均粒径	75% (22)	64% (7, 12, 8, 12, 14, 16, 19, 20, 21)	65.5%
3	偏度、峰态	75% (22)	72% (3, 7, 12, 14, 16, 20, 21)	72%
4	平均粒径、标准差	25% (11, 22, 28)	100%	89.7%
5	标准差、峰态	25% (11, 22, 28)	100%	89.7%
6	标准差、偏度	50% (11, 22)	100%	93%
7	峰态、平均粒径、标准差	25% (11, 17, 28)	92% (1, 6)	82.8%
8	标准差、偏度、峰态	100%	88% (7, 8, 10)	89.7%
9	峰态、偏度、平均粒径、	75% (11)	92% (20, 21)	89.7%
10	平均粒径、标准差、偏度	100%	96% (21)	96.6%
11	偏度、平均粒径、标准差、峰态	100%	96% (21)	96.6%

注: 方括号内为样品数, 圆括号内为识别错误样品号(样品号根据表 2 排列), 百分数为准确率。

## 5 讨论与结论

(1) 神经网络分别把海岸沙丘岩及所谓的高位海滩岩划入沙丘砂, 把海滩岩划入海滩砂, 反映了沙丘岩和海岸沙丘砂以及海滩岩和海滩砂各自的成因关系。海滩岩和沙丘岩的粒度差异是从海滩砂和海岸沙丘砂的粒度差异上继承而来的, 正是因为海滩岩和海岸沙丘岩有各自的“亲缘性”, 网络才能分别将海滩岩和海岸沙丘岩划分到海滩砂和海岸沙丘砂的类型中。识别的结果再次证实了所谓“高位海滩岩”应是海岸沙丘岩。

(2) 上述结果表明, 将粒度参数应用在神经网络中识别海滩岩和海岸沙丘岩比传统的方法有效。地质领域的数据信息往往是影响因素多、数据中含噪音成分大和特征不明确。一些沉积物, 如海滩砂与海岸风成砂、冰川沉积与泥石流沉积等, 形成于不同的沉积过程, 却有相似的沉积特征。对这些沉积物的识别过去往往依赖于识别者对沉积理论的认识和实际工作经验, 例如用散点图这样的方法进行识别和分类的结果常会因人而异。神经网络作为一种抽取那些无法用数学公式明确地表示的知识和经验的方法可以在岩石和沉积物识别或分类中发挥作用, 其处理不精确及非线性关系的数据的能力要比传统方法高。

(3) 各种网络的识别能力的差异表明, 多输入的网络一般要比少输入的网络的识别能力高。同时也表明, 并不是所有的粒度参数对区分海滩岩和海岸沙丘岩都是同等有效的。其中, 以偏度和标准差(分选度)两个参数最有效, 峰态的效果最差。四输入网络比以偏度、标准差和平均粒径构成的三输入网络的准确率无明显提高, 相当于一个有效的三输入网络多加了一个无效的输入。这也证明了峰态的效果最差。

(4) 神经网络能根据海滩砂和海岸沙丘砂的粒度参数区分海滩岩和海岸沙丘岩, 说明本文所用的沉积物的粒度参数基本能反映沉积过程的动力差异。能否使用粒度参数识别海滩砂和海岸沙丘砂, 国内外的研究者有不同的意见, 国内不同地区的研究得出的结论也不一样<sup>[13~15]</sup>, 没有一个统一的识别模式, 原因除了实验室中实验手段的差异外(例如使用不同的筛分间隔导致粒度参数的差异等<sup>[16]</sup>), 更主要的是有时候粒度参数没能把沉积物所包含的所有粒度特征完全反映出来。像峰态这样的参数就很难反映海滩砂和海岸沙丘砂的差别。但是, 海滩砂和海岸沙丘砂的粒度特征的差别是客观存在的。例如持不同意见的研究者都认为两者在跳跃组分的相对含量、粉砂和粘土的含量等方面存在明显的差别<sup>[13~15]</sup>。神经网络技术在图象识别、声音的识别、系统分析和过程控制等其他领域成功的应用, 预示神经网络技术不仅可以对沉积物粒度参数进行识别, 而且还可以对沉积物不同粒径颗粒的含量, 粒度分布曲线的形状、沉积颗粒的形态等其他粒度特征进行识别。可以肯定, 只要海滩砂和海岸沙丘砂之间的粒度特征存在差异, 就一定能运用神经网络技术将其识别出来。

尽管神经网络技术目前在地学领域的应用才刚刚开始, 但它在这个领域中一定会有广阔的应用前景, 它不仅是沉积物识别和分类中的一个新方法, 还将成为地学领域内普遍应用的一种数据处理方法。

## 参考文献:

- [1] 张际先, 宓露. 神经网络及其在工程中的应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [2] Masters T. Practical Neural Network Recipes in C++ [M]. New York: Academic Press, 1993.
- [3] 张立明. 人工神经网络的模型及其应用[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1992.
- [4] Lippmann R P. An introduction to computing with neural nets[J]. *IEEE ASSP MAG.*, 1989, 4(2): 4~22.
- [5] 吴正, 王为. 华南海岸沙丘岩的特征及其形成发育模式[J]. 第四纪研究, 1990(4): 334~343.
- [6] 毕福志, 袁又申. 闽粤沿海近五千年海岸升降周期的初步研究[J]. 中国科学(B辑), 1987(4): 429~440.
- [7] 袁又申, 毕福志. 福建中段海岸晚全新世最高海滩岩的成因[J]. 科学通报, 1984, 29(19): 1193~1196.
- [8] 赵希涛等. 福建莆田海岸沙丘岩-I. 沉积构造与古风[J]. 中国科学(B辑), 1988(11): 1196~1205.
- [9] 赵希涛等. 福建莆田海岸沙丘岩-II. 沉积与成岩作用[J]. 中国科学(B辑), 1989(10): 1103~1109.
- [10] 李平日. 华南沿海全新世风成贝壳砂岩及其形成条件分析[J]. 海洋学报, 1991, 13(2): 221~229.
- [11] Scoffin T P, Stoddart T P. Beachrock and intertidal cements[A]. Goudie A S, Pye K eds. In: Chemical sediments and geomorphology[C]. London, Academic Press, 1983. 369~400.
- [12] Gardner R. Aeolianite[A]. Goudie A S, Pye K eds. In: Chemical sediments and geomorphology[C]. London, Academic Press, 1983. 256~300.
- [13] 吴正等. 华南海岸风沙地貌研究[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 57~68.
- [14] 傅启龙, 沙庆安. 昌黎海岸风成沙丘砂组结构特征及其与海滩砂的比较[J]. 地质科学, 1993, 28(1): 52~59.
- [15] 陈方. 中国东南部海岸砂与大陆架砂沉积特征比较及其环境意义[J]. 第四纪研究, 1997(4): 365~375.
- [16] Hails R J, Barry S T, Lynne C. An appraisal of the significance of sieve intervals in grain size analysis for environment interpretation[J]. *Jour. Sedimentary Petrology*, 1973, 43(3): 889~893.

## Identification of Holocene coastal dune rocks and beach rocks on South China coasts with artificial neural networks

WANG Wei, WU Zheng

(Department of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

**Abstract:** Artificial neural networks (ANN) are a recently developed information processing technique, which is most likely to be superior to other methods in processing data of nonlinearity and ill-definition and corrupted by significant noise. ANN is wildly and successfully applied in the fields of biology, electronics, computer science, mathematics and physics. Nevertheless, few examples of application of ANN in geoscience are found. Holocene beach rocks and coastal dune rocks distributing on Chinese tropical and subtropical coasts are rocks being cemented by calcium carbonate and have similar sedimentary structure and texture so that it is very difficult to distinguish them from each other. However, beach rocks are the cemented beach sand in the inter-tidal zone of beaches, while coastal dune rocks originate from coastal dunes cemented by calcium carbonate. The beach rocks and the beach sand have the same dynamical agent deferring from that of the coastal dunes and the dune rocks. This fact makes it possible to identify the dune rocks from the beach rocks according to the difference of the grain size

parameters between the coastal dune sand and the beach sand. Unfortunately, scatter charts, which are quite commonly used for sediment pattern recognition in sedimentology, fail to do it due to the ill-defined boundaries between these sediments. Back propagation (BP) network, which is one of the most powerful ANN models applied in pattern recognition, provides an excellent solution to this problem. Several BP networks with two, three and four inputs were constructed, and each has one intermediary layer and one output. The inputs of the networks were the grain size parameters of the sediments, such as the mean, the sorting, the skewness and the kurtosis. The grain size parameters of modern coastal dune sand and beach sand collected from South China coasts were used to train the BP networks which were sequentially tested by those of the beach rocks and coastal dune rocks also taken from South China coasts. The fully trained BP networks could recognize most of the coastal dune rocks and beach rocks. The result of the identification of the beach rocks and the coastal dune rocks with ANN indicated the real existence of the difference of grain size characteristics between the beach rocks and the coastal dune rocks. All the so called "high level beach rocks" were classified into the category of coastal dune sand, denoting that the "high level beach rocks" are coastal dune rocks located at high level. ANN was proven in this paper to be a powerful data processing method in sediment discrimination.

**Key words:** artificial neural networks; back propagation network; sediment discrimination; grain size parameters