

技术 方法

# BP 神经网络在测井岩性识别中的应用

张 洪, 邹乐君, 沈晓华

(浙江大学地球科学系, 杭州 310027)

[摘 要]在岩性识别方法中,人工神经网络方法由于其识别结果客观可靠,得到越来越广泛的应用。研究选用 BP 神经网络,对金衢盆地的金 66 测井的岩性进行了识别,并对改善 BP 神经网络收敛性能的方法进行了有效探索。

[关键词]BP 神经网络 测井资料 收敛速度 岩性识别

[中图分类号]P631.84 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2002)06-0063-03

## 0 引言

储层预测是寻找油气资源、评估油气储量最基础的工作之一。由于井下地质构造的复杂性和测井参数分布的模糊性,传统的岩性识别方法往往识别精度有限。

人工神经网络方法是以自身特有的样本学习能力获得识别模式,克服了模糊数学法、灰色聚类法和多元统计法的缺陷。它具有自组织、自学习、自适应、容错及抗干扰能力,识别结果客观可靠,运用这种方法识别岩性是测井岩性识别工作的改进。

神经网络在测井岩性识别领域的应用,前人做过了大量的研究。卢新卫、金章东对胜利油田某测井岩性用 BP 神经网络进行识别<sup>[1]</sup>,以及范训礼等用 BP 网络对塔里木油田 TZ4 测井的岩性进行了自动识别<sup>[2]</sup>,侯俊胜、王颖利用 BP 网络对煤层测井资料进行了定量解释识别<sup>[3]</sup>,识别准确率都很高。然而,并没有涉及到 BP 网络算法的收敛性能这一重要问题。在这次程序实现中,遇到了 BP 网络收敛速度慢,易陷入局部极小的情况,不断尝试得到一些有效的且易于实现的改进方法,对金 66 测井岩性进行了实际识别试验,效果不错。

## 1 测井资料对于岩性识别能力的分析

作为神经网络的输入参数,测井资料的选择对于神经网络的识别率和收敛性能有很大的关系。岩性分析的基础资料是与岩相有关的各种参数的测井曲线,测井曲线中包含丰富的岩性信息,不同的测井

曲线对于岩性和地层有不同的区分度。对岩性反应灵敏的测井曲线有自然伽马或自然伽马能谱、岩性密度、自然电位等<sup>[4]</sup>。测井参数观测值的差异主要取决于岩性,即决定于组成岩石的矿物成分、结构和岩石孔隙中所含流体的性质。反之,对于一组特定的测井参数值,它就对应着地层中的某一种岩性。

## 2 BP 网络算法改进

误差反向传播(Back-Propagation)神经网络是目前使用最为广泛的神经网络模型。其实质就是调节各层的权值使网络学会并记住学习样本集。训练过程由正向过程(计算节点误差)和反向过程(调整连接权值)两部分组成。

训练参数的选择和避免局部最小是 BP 神经网络训练中最主要的问题。由于 BP 网络自身的梯度下降算法问题以及测井参数分布的模糊性,往往造成网络的收敛速度很慢,甚至于陷入到局部极小。主要采用了以下 3 种方法来改善网络的收敛性能:

1) 采用主成分分析法(PCA),优化神经网络的输入参数,以降低神经网络的结构复杂度,提高收敛速度。神经网络的结构复杂度是影响网络收敛性能的一个重要原因。采用主成分分析法具体就是根据输入的测井参数值,算出其特征矩阵及主因子载荷矩阵,然后将组合得到的新的向量作为神经网络输入参数<sup>[5]</sup>。

2) 自动调整学习步长  $d_{ij}$ ,在 BP 神经网络的学习过程中动态的改变学习步长。 $d_{ij}(n+1) = dd_{ij}(n) + d_{ij}(n)$ , (其中  $d_{ij}$  为连接第  $i$  和  $j$  个神经

[收稿日期]2001-11-05; [修订日期]2002-01-23; [责任编辑]曲丽莉。

[第一作者简介]张 洪(1979年-),男,2000年毕业于浙江大学,获学士学位,现为在读研究生,主要研究方向为应用数学地质和遥感图像处理。

元的权值的学习步长)。

$$d_{ij}(n) = \begin{cases} \eta_j(n-1) & \text{if } \eta_j(n) > 0 \\ -\phi d_{ij}(n-1) & \text{if } \eta_j(n) < 0; \text{其中 } \eta_j(n) = \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}} \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

$\eta_j(n) = (1 - \phi) \eta_j(n) + \phi \eta_j(n-1)$ ,  $\phi$ , 为常量,  $E$  为均方差,  $w$  为权值<sup>[6]</sup>。

3) 在 BP 神经网络训练中加入动量参数  $a$ , 以加速权值调整速度。 $w_{ij}(n+1) = w_{ij}(n) + \eta_j(n) + a(w_{ij}(n) - w_{ij}(n-1))$ <sup>[7]</sup>

另外, 初始权值可以随机的赋予 (0, 0.2) 间的值, 结果可以用 (0.1, 0.1, 0.9)、(0.1, 0.9, 0.1) 和 (0.9, 0.1, 0.1) 分别代表 3 种岩性。至于初始学习步长和动量参数的确定没有特定的方法, 通常凭经验选择。

上述 3 种方法, 在程序中很易于实现, 当然, 采用模拟退火法和遗传算法, 以及在训练模式中加入噪声对解决 BP 网络的局部极小问题也很有效。席道瑛、张涛研究过模拟退火 BP 神经网络在地质中应用<sup>[8]</sup>, 然而, 在具体程序实现时, 算法比较复杂。

表 1 金 66 井 BP 网络训练样本

GR	AC	SP	CAL	RLML	RNML	RT	岩性
25.4	166.2	22.0	21.6	10.1	10.9	1097.5	荧光灰岩
27.1	169.7	22.0	21.7	10.1	9.4	1100.9	荧光灰岩
28.4	170.2	22.0	22.1	9.2	10.0	1087.9	荧光灰岩
29.5	167.1	21.9	22.5	8.2	9.1	1060.8	荧光灰岩
29.6	161.2	21.8	22.7	7.6	7.9	1026.3	荧光灰岩
27.8	158.8	21.7	22.4	8.3	9.0	1029.7	荧光灰岩
25.2	160.5	21.6	21.5	9.6	9.7	1070.4	荧光灰岩
21.8	164.3	21.4	21.2	9.2	9.2	1098.3	荧光灰岩
116.7	207.2	74.8	23.3	9.5	8.9	58.2	泥质粉砂岩
115.8	206.8	74.8	23.3	9.8	8.4	57.2	泥质粉砂岩
120.0	203.8	74.9	23.4	8.3	7.6	58.4	泥质粉砂岩
123.1	201.8	75.0	23.5	8.7	7.9	59.5	泥质粉砂岩
129.2	201.7	74.8	23.5	8.8	7.7	61.0	泥质粉砂岩
151.9	200.5	74.6	23.7	9.0	7.7	62.3	泥质粉砂岩
111.0	206.5	74.1	23.7	8.2	7.7	67.9	泥质粉砂岩
115.4	200.4	74.1	23.1	7.6	6.9	72.3	泥质粉砂岩
66.1	175.1	54.3	19.9	9.1	11.4	388.9	砂砾屑灰岩
65.2	160.1	54.3	19.9	6.2	9.2	387.8	砂砾屑灰岩
64.2	156.8	54.3	19.9	6.5	9.2	388.4	砂砾屑灰岩
64.2	158.6	54.3	19.7	6.5	9.2	387.8	砂砾屑灰岩
65.6	160.7	54.3	19.4	6.5	9.2	387.4	砂砾屑灰岩
66.6	162.4	54.3	19.0	6.5	9.2	387.7	砂砾屑灰岩
68.7	162.1	54.3	18.7	6.5	9.3	388.1	砂砾屑灰岩
69.3	162.1	54.3	18.7	6.5	9.3	388.0	砂砾屑灰岩

### 3 研究结果

本次研究采用金衢盆地钱家构造金 66 井来验证岩性识别的结果, 金 66 井是金衢盆地中央隆起带钱家圈闭上的一口地质研究井。

选择了自然电位 (SP)、自然伽玛 (GR)、井径 (CAL)、声波 (AC)、微梯度 (RLML)、微电位 (RNML)、电阻率 (RT), 7 条测井曲线作为研究对象。选取了有岩芯资料的典型样本 24 个, (荧光灰岩、泥质粉砂岩以及砂砾屑灰岩各 8 个), 作为 BP 神经网络的学习训练输入样本 (表 1)。

采用三层 BP 神经网络 (一个隐含层), 输入层有 7 个神经元, 隐含层 4 个神经元, 输出层 3 个神经元, 训练初始参数为: 学习步长  $d = 0.7$ ; 动量参数  $a = 0.1$ ; 极限误差为 0.001。首先, 采用主成分分析法得到新的输入向量 (方差贡献 95% 以上), 然后根据方法 2、3 调整学习步长和加入动量参数, 网络收敛明显加快。

接着, 我选择了 15 个已知岩性的样本作为训练好的 BP 神经网络的测试数据, 结果见 (表 2), 除了个别样本测试结果的误差较大, 其余的与期望输出值完全一致, 岩性识别正确率高达 90% 以上。

表 2 15 个测试样本识别结果

No.	BP 网络网络实际输出结果			期望输出		
1	0.0957	0.1035	0.9032	0.1	0.1	0.9
2	0.0951	0.1027	0.9033	0.1	0.1	0.9
3	0.0942	0.1035	0.9053	0.1	0.1	0.9
4	0.0933	0.1023	0.9055	0.1	0.1	0.9
5	0.0963	0.1032	0.9012	0.1	0.1	0.9
6	0.0812	0.1232	0.1233	0.1	0.1	0.1
7	0.0787	0.1267	0.1172	0.1	0.1	0.1
8	0.0791	0.1212	0.1319	0.1	0.1	0.1
9	0.0832	0.1223	0.1312	0.1	0.1	0.1
10	0.0821	0.1358	0.1237	0.1	0.1	0.1
11	0.2012	0.9874	0.4693	0.1	0.9	0.1
12	0.1130	0.9300	0.1442	0.1	0.9	0.1
13	0.0944	0.9251	0.1262	0.1	0.9	0.1
14	0.0914	0.9293	0.1280	0.1	0.9	0.1
15	0.0947	0.9099	0.1135	0.1	0.9	0.1

## [参考文献]

## 4 结 论

在算法实现中遇到了收敛缓慢和发散,通过优化训练输入参数,加入动量参数,以及学习步长的适应调整,加快了神经网络的收敛速度。另外,这次研究由于测井数据有限,神经网络只在一个单井内进行了测试。对于一个构造区,掌握了关键井的数据,就可以对本地区测井进行岩性识别。

研究表明采用 BP 神经网络来进行测井岩性识别,方法简单易操作,且识别准确率相当高。这为测井资料地质解释提供了一个全新的方法,对于探寻和鉴别含油气地层的精确性,在油气资源开发领域非常具有实用意义。

- [1] 卢新卫,金章东.前馈神经网络的岩性识别方法[J].石油与天然气地质,1999,3.
- [2] 范训礼,戴航,张新家,等.神经网络在岩性识别中的应用[J].测井技术,1999,1.
- [3] 侯俊胜,王颖.神经网络方法在煤气层测井资料解释中的应用[J].地质与勘探,1999,5.
- [4] 高敏.石油工业专业基础知识系列讲座(地球物理测井)[J].石油化工动态,1999,17(5).
- [5] 曾黄麟,虞厥邦,曾谦.基于主成分分析的特征简化[J].四川轻化工学院学报,1999,12(1).
- [6] Pattern Recognition with Neural Networks in C++ [M]. CRC Press.
- [7] 徐勇,荆涛,译.神经网络模式识别及其实现[M].北京:电子工业出版社.
- [8] 席道瑛,张涛.BP网络的改进及模拟退火神经网络在地质中应用[J].物探化探计算技术,1996,18(3).

## THE APPLICATION OF BP NEURAL NETWORK IN WELL LITHOLOGY IDENTIFICATION

ZHANG Hong, ZOU Le - jun, SHEN Xiao - hua

(Department of Earth Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

**Abstract:** Among lithologic identification methods, ANN has been used widely because its identification result is very credible. In this paper, a test on JIN66 well by method of BP ANN to identify well lithology has been made, and a method to improving convergence speed for BP neural network been explored.

**Key words:** BP neural network, well test data, convergence speed, lithology identification

## 新中国地质工作 50 年暨中国地质学会成立 80 周年 纪念会在京举行

据报载:10月15日,来自全国各地的中国地质学会代表近500人在北京欢聚一堂,庆祝新中国地质工作50年暨中国地质学会成立80周年。中共中央政治局委员、国务院副总理温家宝会上作了重要讲话,讲话中强调地质工作要适应发展社会主义市场经济的要求,适应高新技术迅猛发展的新形势,适应经济全球化和我国加入世贸组织的新环境,切实贯彻“三个代表”的重要思想,与时俱进,深化改革,实现新的战略性转变。

温家宝在讲话中概述了新中国成立以来,特别是改革开放以来我国地质工作取得的巨大成就,总结了50年地质工作的基本经验。温家宝指出,地质工作要适应新形势的要求,实现新的战略性转变,建立与社会主义市场经济体制相适应的地质工作体制。要实现传统地质工作向以“地球系统科学”为核心内容的现代地质工作转变,使地质工作更加紧密地与经济建设和社会发展相结合,更好地为经济社会发展服务。当前要

突出抓好三项工作:一是建设一支人员精干并相对稳定、装备精良的地质“野战军”队伍。二是加强对全国和地方地质工作的宏观指导,搞好全国地质工作的统一规划,正确引导地质工作布局和结构调整,促进属地化管理的地质队伍逐步实现向企业化过渡或融入企业。三是整顿和规范矿产资源管理秩序,加大依法行政的工作力度,从法制、体制、机制和利益关系等方面着手,深入研究、推进改革,探索规范矿产资源管理与利用秩序的治本之策。

全国人大常委会副委员长邹家华,全国政协副主席朱光亚出席会议。会议由国土资源部部长田凤山主持。曾在地质、国土资源各有关部门工作的负责人、地质找矿功勋单位代表、李四光地质科学奖获奖者代表,以及各有关部门的负责同志参加了这次纪念会。荣获第一届黄汲清青年地质科技奖的10位同志在会上受到表彰。