

神经网络法在寻找“隐伏矿(盲矿)”中的应用机理探讨

张维宸¹, 刘建芬²

(1. 河北省遥感中心, 石家庄 050021; 2. 河北省地质调查院, 石家庄 050051)

[摘要] 随着计算机应用技术的不断提高, 神经网络作为一个数据处理结构应运而生。传统的遥感找矿方法是通过目视解译圈定“靶区”, 但在“隐伏矿(盲矿)找矿”项目中却遇到了难题, 很难找到相关弱信息, 利用神经网络的模拟人脑功能来提取矿化相关弱信息寻找“隐伏矿(盲矿)”是可能的。在此仅仅对其应用做简单的介绍, 希望对今后的遥感找矿产生一定的提示作用。

[关键词] 神经网络 分类 隐伏矿(盲矿)

[中图分类号] P618; TP183 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2003)02-0056-05

0 引言

由于已知矿体的分布与矿化因子得分异常区一致, 因此, 矿化因子得分异常区就是矿体原生晕的反映, 是矿质富集的中心。隐伏矿体原生晕的分布特点可用矿化因子得分异常区特征来描述, 不同类型矿化因子的异常区用来分析隐伏矿体的矿化类型, 根据因子得分异常区的变化特征用来推断隐伏矿体原生晕的性质。矿化因子得分异常区的存在与否是预测隐伏矿床(体)的首要准则。神经网络法正是利用了矿体分布与矿化因子得分异常区的一致性。应用了神经网络法找矿, 它是通过自适应性和自训练的方法, 对隐伏矿(盲矿)的弱色信息和弱影纹信息进行提取, 其分析精度较高, 应用效果也较明显。

1 神经网络法在“隐伏矿(盲矿)找矿”中的应用机理

卫星遥感图像计算机分类主要是为了模拟人工目视判读解译, 但一般在采用统计方法时的效果有时不太令人满意, 因为采用统计方法只是根据各波段灰度数据的统计特征进行的, 加上卫星遥感光谱数据由于空间分辨率较低(如 TM 数据一个像元相当于地面 28.5 m × 28.5 m), 因而, 一般带有综合光谱信息的特点(即一个像元有时是地面各类地物光

谱的总和), 致使计算机分类面临着诸多模糊对象。简单地按灰度数据分类, 常常使人看到混淆不清的结果。当然, 在地物类别比较简单, 且大面积分布的情况下, 也会带来计算机分类的不正确的结果。为此, 人们不断研究新的方法, 尝试新的方法, 以图改善。

神经网络作为一个数据处理结构, 包含叫做神经元的处理单元, 它们由单向信号通道完全互连起来。每个神经元不但能够从很多原始资料接受数据, 而且能朝某一方向发送数据。这个输出连接能扩展到大量的其它连接中去, 而且通过各个连接来携带上同样信号。神经网络主要通过学习人类的简单做法, 按照人类取样的标准和质量, 指示神经网络来确定如何更好或更有效地学习、训练。它以很多神经元的“微”活动构成神经网络的“宏”效应, 因而能模拟人脑的某些智能行为。因此, 如果利用神经网络的这些特性, 对隐伏矿(盲矿)定位预测, 有望取得接近于人类思维模式的综合评价模型。

在我国, 神经网络 20 世纪 80 年代末开始应用于遥感图像分类。遥感图像分类是反映人对图像的一种理解, 理解包括浅层的视觉生理理解和深层的逻辑心理理解等两种层次, 神经网络方法的图像识别是人的视觉生理现象的简单模拟。与传统方法相比, 具有并行处理、自适应等优势; 另外对数据源要求更宽松。

[收稿日期] 2002-03-11; **[修订日期]** 2002-07-08; **[责任编辑]** 余大良。

[基金项目] 中国地质调查局科研项目(编号: 200020100040696、科研编号: DK0002017)资助。

[第一作者简介] 张维宸(1974年-), 男, 1995年毕业于石家庄经济学院, 获学士学位, 助理工程师, 现主要从事计算机软件系统开发、TM 图像处理及野外波谱数据处理工作。

在卫星像片上能发现一些沉积岩层下的隐伏岩体或松散沉积物下的隐伏构造。但一般隐伏构造的边界比较模糊,时隐时现,这些模糊的深部地质信息,或通过地貌形态微微隆起和凹陷,或通过边界含水量的多少造成图像上的色调有一定的反差,由于卫片视域范围大,能将模糊的断断续续的构造以宏观的角度从图像上判读出来,所以,利用卫星像片寻找矿床是完全可能的,也是可行的。而隐伏矿(盲矿)在 TM 图像上都是弱信息、弱影纹,要通过目视解译圈定它们又是相当艰难的。所以,方法的创新是本次研究的重点任务之一。当然,将遥感 TM 图像与地学信息巧妙地结合在一起处理的神经网络分类也是比较复杂的。

由于神经网络分类具备了一些智能推理功能,即它能够根据图像及颜色的性质来选择相应的信息。由于图像弱信息的提取是十分复杂的过程,而神经网络分类更接近人类大脑神经网络系统的处理机制,因而能够获得更好的提取效果。另外,由于神经网络具备本质上并行运算的能力,因此它能够自己组织和自己学习训练。利用 BP(后向传播)神经网络系统,能够对较为相近的弱信息(弱色、弱影纹)进行定位。

神经网络方法是一种人工智能,它企图模拟人脑的神经网络的信息反馈方式,进行数据分析。一个神经元有多路输入,接收来自其它神经元的信号,并将反馈信息经由一条路线传递给另一个神经元。人脑内 100 亿左右的神经元的信号传递与交互作用,构成了人脑分析的复杂机能。模拟人脑神经元可以有多个模型,比如神经元的输入总和为:

$$U_i = \sum_{j=1}^n W_{ji} X_j$$

其输出为 $Y_i = U_i - Q_i$

其中 W_{ji} 表示神经元 j 向神经元 i 信息传递的权值, X_j 表示神经元 j 的输出, Q_i 表示神经元 i “激发”阈值,当 U_i 超出这一阈值时,神经元就产生某一输出动作,即作出某一反应。神经元之间的这种关系,构成如图 1 的神经网络。

1.1 简单的人工神经网络模型(BP 模型)

ANN 模型有许多种,目前,应用最为广泛的是 BP(Back Propagation) 模型, BP 模型是一种有指导训练的模型,其结构一般为三层,即输入层、隐层、输出层(图 2)。它是靠调节各层与层之间的结点的连接权 W_{ij} 使网络“记忆”各训练组(样本),每一训练组由输入和输出对组成,执行优化的基本方法是梯

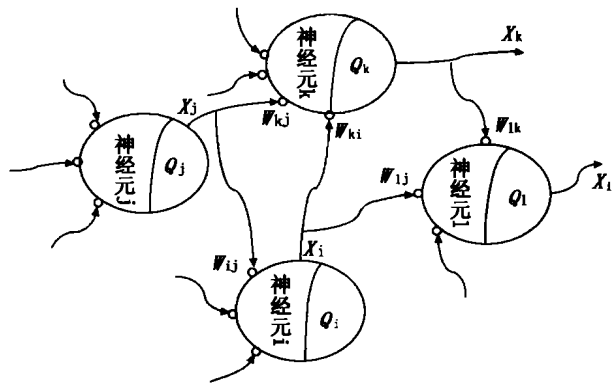


图1 神经元网络

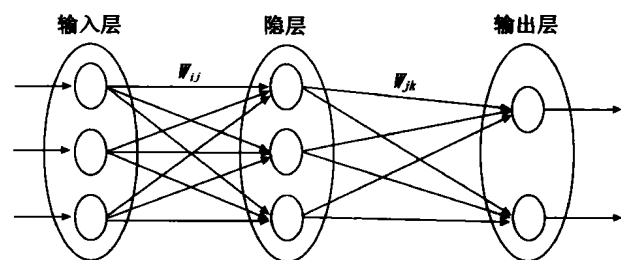


图2 具有一个隐层的BP网络结构模型

度下降法。它通过大量训练组的学习,自适应地获得输入和输出的高度非线性映射关系,它对确定型因果关系有很强的自适应识别能力。

1.2 BP 网络的算法

现以只有一个隐层的 BP 网络模型为例介绍算法。

1) 网络初始化: 给各层权重 W_{ij} 、 W_{jk} 及阈值 Q_j 赋予一个较小的随机值。

2) 将样本集中每一模式对(输入值与期望输出值)输入给网络。

3) 通过网络之间的前后传播计算各层结点的输出值:

$$X_j^{(s)} = f\left(\sum_i W_{ij}^{(s-1)} X_i^{(s-1)} + Q_j\right) \quad (1)$$

式中: s —输入输出模式系列; i, j —各对应层结点序列; $X_j^{(s)}$ —第 s 层上第 j 个神经元的连接权值; $W_{ij}^{(s)}$ —第 i 个神经元至第 j 个神经元的连接权值; f —称为作为函数,一般为 S 形(sigmoid) 函数,即 $f = 1/(1 + \exp(-x))$ 。

4) 根据输出层的实际输出 o_k 与期望输出 t_k 及中间层结点 j 的输出 y_j 计算输出层结点 k 的误差 δ_k 和中间层结点 j 的误差 σ_j :

$$\delta_k = (O_k - t_k) O_k (1 - O_k) \quad (2)$$

$$\sigma_j = \sum_k \delta_k W_{jk} (1 - y_j) \quad (3)$$

s —学习模式总数。

5) 根据各层误差调整各层的连接权值:

$$W_{jk} = W_{jk} + \alpha \delta_k y_j \quad (4)$$

$$W_{ij} = W_{ij} + \alpha \sigma_j I_i \quad (5)$$

式中, α —学习因子, I_i —输入层结点 i 的输出值。

6) 重复(2)一(5)步,直到实际输出与期望输出的均方根误差 E_{RMS} 小于某一给定值 ε 为止,网络学习结束。

训练结束后,网络自样本实例中学到了有关隐伏矿(盲矿)的成矿知识,并将其以网络连接权值和其他结构参数的形式固定下来,不再变动。此时,即可用该学习好的神经网络,输入要预测的样本参数,就可以直接得到相应的预测结果。

1.3 建立模型

由于地质成矿因子及地质构造的复杂性,从而决定了影响隐伏矿(盲矿)定位的因子很多。又由于实际工作中所收集的样本值的有限性和离散性,故统计结果很可能出现反常现象。由此,可采用灰色系统理论中的灰关联分析方法来确定各定位因子的主次关系及其影响程度,它不需要太多的样本,是一种简便快捷的有效的方法。

模型的建立是较复杂的过程,不仅涉及到因子的选取,而且涉及到隐层结点数的确定。需要将地学知识、遥感信息和计算机人工智能紧密地结合起来,否则很难达到预期的效果。

BP 算法的实质是把一组样本的输入输出问题转化为非线性优化问题,采用梯度下降法,迭代运算修正网络联结权重,相应于学习记忆,而加入隐层结点是为了使优化问题的可调参数增加,获得更精确的解。

在利用神经网络对遥感 TM 影像进行分类中,为了提高找矿的精度和寻找矿床的相关弱信息,对 BP 算法进行了适当的改进:首先,对 TM 影像的样本值进行了归一化处理,从而避免了在网络的前后传播过程中出现过饱和状态。其次,将网络的隐层数目增加到两个。通过增加隐层数目和结点数来提高运算精度,但增加了运算时间。第三,将遥感信息与相应的地理信息、物化探信息、波谱数据、地质构造图等相融合形成分布式的网络知识结构,从而提高了影像分类的精度,使隐伏矿(盲矿)的遥感弱信息(弱色信息和弱影纹信息)显露出来,以便于提取和圈定成矿“靶区”,同时也保障了网络的稳定性。

我们在 TM 遥感图像数据分析中采用的 BP(后向传播)网络模型如图 3 所示,这是一个具有两隐层结构的 BP 网络,各神经元的输入输出关系为

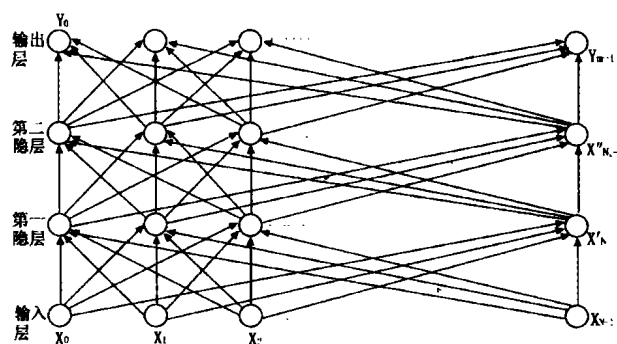


图3 具有两个隐层的 BP 网络

$$X'_i = f\left(\sum_{j=0}^{N_1-1} W_{ji} X_j - Q_i\right) \quad i \in [0, N_1 - 1]$$

$$X''_k = f\left(\sum_{j=0}^{N_2-1} W'_{jk} X'_j - Q'_k\right) \quad k \in [0, N_2 - 1]$$

$$Y_l = f\left(\sum_{j=0}^{N_3-1} W''_{jl} X''_j - Q''_l\right) \quad l \in [0, N_3 - 1]$$

其中 $X = (X_1, X_2, X_3 \cdots X_{N_1})$ 为输入模式。有输入模式和相应已知输出数据时,即可估算出各 W_{ji} 、 W'_{jk} 、 W''_{jl} 和 Q_i 、 Q'_k 、 Q''_l ,形成针对所有对象的分析模型。

2 应用实例

我们在中国地调局“隐伏矿(盲矿)卫星遥感(TM)图像相关弱信息提取及其专题微机系统研究与开发”项目中应用了神经网络分类方法寻找矿化蚀变弱信息,并取得了较好的效果。

根据地质调查资料和以往的研究成果,通过对地质控矿因素分析发现,控矿主要受地层岩性、地质构造、地幔热柱等因素的综合影响,而大规模的、成群发生的矿化蚀变多与弱信息有关。从研究区情况看,多种因素之间存在极大的相关性,其中弱色信息和弱影纹信息差异具有突出的作用。因此,对弱色信息和弱影纹信息的研究成为我们的重点研究方面。

首先对河北省涞源浮图峪地区的 TM 图像进行 7(R)4(G)3(B)假彩色图像合成,再通过神经网络分类法对已知矿床点和矿化蚀变进行分级,而后进行适当的调整,形成了“神经网络分类对河北省涞源地区 TM 图像处理前(上)后(下)图像比较图”(图 4)。

3 结论

隐伏矿(盲矿)在 TM 图像上都是弱信息、弱影纹,要通过目视解译圈定它们又是相当艰难的。当然,将遥感 TM 图像与地学信息巧妙地结合在一起处理的神经网络分类也是比较复杂的。需要具备计算机应用和遥感以及地学知识的人才。

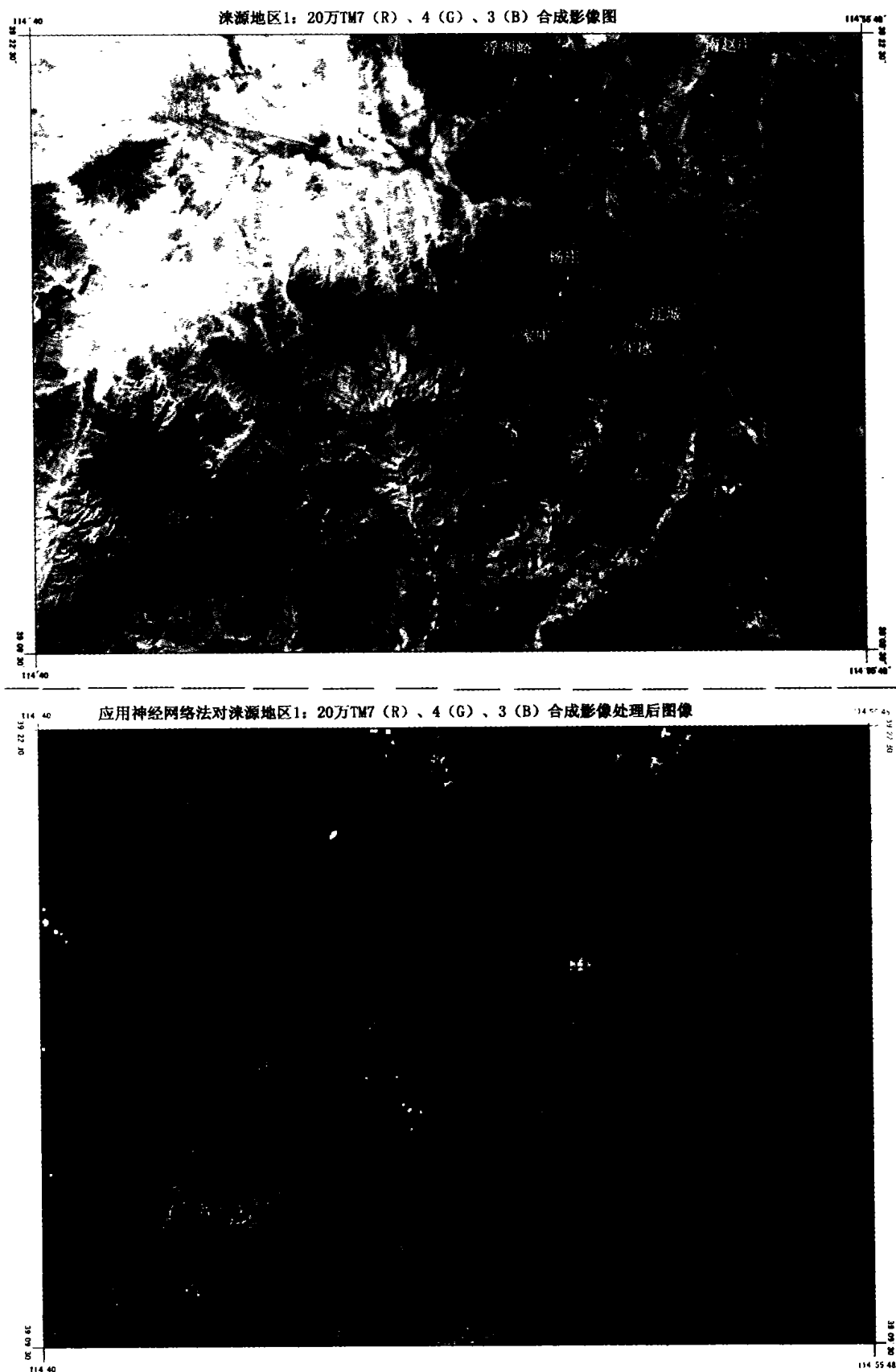


图4 神经网络分类对河北省涞源地区 TM 图像处理前(上)后(下)图像比较图
 注:万年冰为利用神经网络法处理后发现的隐伏矿预测区之一,经实地踏勘地表有矿化蚀变;
 万年冰也是本项目发现的 6 个成矿远景区之一

由于神经网络分类具备了一些智能推理功能,即它能够根据图像及颜色的性质来选择相应的信息。由于图像弱信息的提取是十分复杂的过程,而神经网络分类更接近人类大脑神经网络系统的处理机制,因而能够获得更好的提取效果。另外,由于神经网络具备本质上并行运算的能力,因此它能够自己组织和自己学习训练。利用 BP(后向传播)神经网络系统,能够对较为相近的弱信息(弱色、弱影纹)进行定位。从而说明利用神经网络法来定位预测隐伏矿(盲矿)是完全可能的也是可行的。

在 TM 图像遥感找矿中利用神经网络系统,总体上其计算精度要优于传统的参数化统计分类方法和常规物探化探计算方法,尤其在对于相似程度比较接近的类别区分程度上要比一般的分类方法好。虽然进行了大量的试验,也得到了许多启发,发现了许多意想不到的东西,但还只是一种尝试,如何优化神经网络的结构,减少结点数和训练次数,提

高训练速度以及神经网络在找矿中的工作深入应用,将成为遥感技术利用 TM 图像找矿今后研究的工作重点。

总之,隐伏矿体定位预测是一项科学系统工程,它有自己的科学找矿理论和技术,在工作中不断深化和发展这些理论和技术,探索矿体空间定位机制、定位规律、多源预测信息的有效提取、隐伏矿体定位预测的有效技术方法组合将是今后隐伏矿定位预测的发展趋势。神经网络法定位预测隐伏矿(盲矿),作为一种尝试性技术手段方法,还有待于进一步的开发和挖掘。

[参考文献]

- [1] 沈远超,曾庆栋,刘铁兵,等.隐伏金矿定位预测[J].地质与勘探.2001,1(1).
- [2] 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,1993.
- [3] 梁光河,蔡新平,张宝林,等.浅层地震勘探方法在金矿深部预测中的应用[J].地质与勘探.2001,11(6).

NEURAL NETWORKS CLASSIFIED APPLICATION IN "INSIDIOUS OR SCOTOMA MINE" ITEM

ZHANG Wei - chen¹, LIU Jian - fen²

(1. The Remote Sensing Center of Hebei Province, Shijiazhuang 050021;

2. The Geological Survey of Hebei Province, Shijiazhuang 050051)

Abstract: With continuous development of computer technology, neural networks as a data - processing structure emerge as the times require. Traditional remote sensing to seek ores is depended on eye observation/explanation, and translation to mark with circle "target area", but it meets a difficult problem in "hidden and blind ores". To find interrelated weak information is very difficult. Neural networks can simulate human brain function to pick - up interrelated mineralization weak information in search for "hidden and blind ores". Application of neural networks is simply introduced, and hoped to point out to find ores using remote sensing technology in the future.

Key words: neural networks, classification, hidden or blind ores

第七届全国勘查地球化学学术讨论会在珠海召开

第七届全国勘查地球化学学术讨论会于2003年3月4日~7日在广东珠海召开,这是继1998年在湖南张家界成功召开第六次会议后的又一次、也是我国开展新一轮国土资源大调查后的首次全国性地探界学术盛会,是进入21世纪后全国勘查地球化学界同仁的第一次聚会。来自国土资源、冶金、有色、武警黄金、石化、核工业及院校等各界代表170多人出席会议,其中有

60多位代表做了大会发言,代表们就金属矿产地球化学勘查理论与方法技术;能源地球化学勘查理论与方法技术;环境、农业、卫生、工程地球化学勘查理论与方法技术;国内外勘查地球化学发展现状前景展望;综合解释与计算机应用技术等方面进行了广泛交流,会议共收到论文及摘要100多篇。