

遥感图像专题信息提取新方法 ——定向变换和逻辑取与法研究*

赵元洪 陈岚 张福祥 田良虎 黄智才

(浙江大学地球科学系 杭州 310027)

摘要 本文利用 TM 波段比值开展了专题信息的计算机自动提取工作,提出了两种新方法——定向变换法和逻辑取与法。在南方亚热带植被覆盖的火山岩区进行了试验。

结果表明,所提出的方法能消除植被和其他地物的干扰,有效地提取出与金、银等多金属有关的矿化蚀变信息,效果良好。同时,在南方红盆区油气显示信息的提取和直接寻找油气藏方面,用波段比值逻辑取与法也取得良好效果。新方法是实用的,有广阔的应用前景。

关键词 定向变换,逻辑取与,蚀变信息

1 概述

近年来,作者利用美国陆地卫星专题制图仪(TM)的计算机兼容磁带CCT数据,进行了一系列研究工作,特别是结合国家自然科学基金项目——火山岩金、银矿遥感信息提取研究。在南方亚热带区,包括新昌、拔茅、溪口等地开展了与金银等多金属矿有关的专题信息计算机图像处理工作,侧重研究了有关岩石蚀变的遥感专题信息自动提取问题。

由于亚热带区植被发育茂盛,它与植被稀少的干旱和半干旱区不同,在有关矿化的专题信息提取时植被和其他地物的干扰十分严重,用常规的图像增强方法难以显示和提取蚀变信息,因此必须认真研究并设法消除或减小各种干扰。

作者在研究过程中利用 TM 波段比值进行计算机处理,先后设计和研制了二种新方法,即波段比值定向变换和波段比值逻辑取与方法简称“定向变换”和“逻辑取与”法。它们能有效地消除各种干扰,从而使感兴趣的专题信息有效地提取出来。

试验表明提出的新方法不但在上述地区有关金、银等多金属矿化的专题信息提取方面取得了突破性进展,而且在南方红盆区提取油气显示信息直接寻找油气方面也取得满意结果。

2 定向变换

定向变换是利用图像变量之间的相关性,在变量空间进行转轴变换,以便分离和消除干扰达到提取专题信息的目的。它是在主成分变换基础上发展和研制的一种新方法。进

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1994年3月28日;收到修改稿日期 1994年5月17日。

行变换时其转轴的方向是确定的,就是相关轴的方向,故称定向变换,其原理如下。

在遥感数字图像处理中,每一波段图像或经过处理得到的任一单色图像包括各种比值图像,其像元的亮度值就是图像变量的取值。

如果在研究的图像中包含专题信息 T 和干扰信息 V ,为了提取专题信息,作定向变换时只需设法求得只含(或者主要反映)专题信息的图像。

$$x_1 = f(T) + f_1(V) \quad (1)$$

$$x_2 = f_2(V) \quad (2)$$

式中: x_1 为专题信息的图像变量, x_2 为反映干扰信息的图像变量; $f(T)$ 为感兴趣的专题信息,如岩石蚀变信息,它由蚀变强度、类型、分布以及遥感器通道等因素决定。

$f_1(V)$ 和 $f_2(V)$ 分别为 x_1 和 x_2 中的干扰信息,如植被信息,则它由植被的覆盖度、类型、年龄以及遥感器通道等因素决定。

从(1)、(2)式中可知,由于它们都包含着相同的干扰变量,所以 x_1, x_2 是两个相关的变量。它们的散点如图 1 所示。由(1)、(2)式可知, $f(T)$ 越小,则 x_1 与 x_2 的相关性越大,散点 $P(x_1, x_2)$ 就越聚集在相关轴线 y_1 附近。相关信息就可用 $P(x_1, x_2)$ 点在相关轴线上的投影来代替,因此 y_1 就是经过转轴变换后集中相关信息(干扰信息)的新变量; $P(x_1, x_2)$ 在相关轴垂线上的投影代表着独立信息, y_2 就是集中独立信息(专题信息)的新变量。

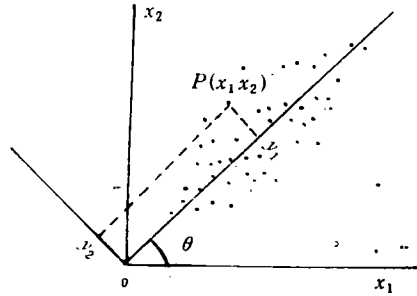


图 1 x_1, x_2 散点图

Fig. 1 The relationship between x_1 and x_2

转轴变换时,在旋转角方向上的新变量,由方向轴上单位向量决定,即

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \\ y_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= [a_{11}, a_{12}] \\ a_2 &= [a_{21}, a_{22}] \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中: a_1, a_2 分别为 y_1 和 y_2 轴方向上单位向量;

a_{11}, a_{12} 为 a_1 在 x_1 和 x_2 轴上的投影;

a_{21}, a_{22} 为 a_2 在 x_1 和 x_2 轴上的投影。

因为 y_1 轴的方向角为 θ , y_2 轴的方向角为 $90^\circ + \theta$, 则

$$\left. \begin{aligned} a_{11} &= \cos \theta, \quad a_{12} = \sin \theta \\ a_{21} &= -\sin \theta, \quad a_{22} = \cos \theta \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

故

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= x_2 \sin \theta + x_1 \cos \theta = g_1(V) \\ y_2 &= x_2 \cos \theta - x_1 \sin \theta = g_2(T) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

这样就可消除干扰信息而将专题信息提取出来。

在实际工作中,旋转方向上的单位向量及其方向角可根据 x_1 和 x_2 的协方差矩阵的特征向量来计算,或者直接用拟合的相关线来确定。

2.1 特征向量法

从图 1 中可知,在相关轴 y_1 方向上,散点投影的离散程度最大,即方差最大,而在 y_2 上的方差则最小。因此 y_1 和 y_2 就是对 x_1 和 x_2 作主成分变换求出的第一、二主成分。 a_1 和 a_2 就是从 x_1, x_2 协方差矩阵中求出的对应于第一和第二特征值的特征向量。

理论与试验表明,对标准化或规格化数据而言 $\theta = 45^\circ$, 则式(6)可写成:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= \frac{\sqrt{2}}{2} (x_2 + x_1) \\ y_2 &= \frac{\sqrt{2}}{2} (x_2 - x_1) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

因此定向变换公式既简单,运算速度又快。

2.2 相关线法

定向变换时,转轴的方向角也可直接采用求相关线的方法来确定。根据 x_1 和 x_2 平面上散点的分布,用二元线性回归就能求出相关线和它的方向角。

为了提高相关线确定的精度,在拟合相关线时,宜正确选点 $P(x_1, x_2)$, 剔除那些已知含专题信息的点,使散点的分布自然地集中在相关线附近。求出相关线及其方向角后,则反映专题信息的新变量轴也就确定了。

这里要指出,当散点比较分散时,用常规的直线拟合法不能求出正确的相关线。有关求相关线法中的一些问题,将在另文叙述。

如上所述,定向变换目的明确、公式简单、计算方便。但必须指出,在遥感图像变换处理中,各种变换方法包括主成分变换,由于具体情况比较复杂,如果事先不对图像变量作某些预处理,变换效果就可能受到影响,定向变换也是如此。所以变换前宜对变量作某些预处理工作,包括在研究区中剔除一些不感兴趣和对变换有不利影响的地区,再对图像变量作标准化处理等等。总之设法使变量满足公式的要求,定向变换就可取得良好效果。

3 逻辑取与

逻辑取与法是在专题信息提取基础上进一步消除干扰的一种简便和有效的方法。在研制过程中对波段比值作逻辑取与运算,故此法又简称为“比值取与”法。

处理时,先用比值法,增强和提取特定的专题信息。设经过处理后,得到两幅包含专题信息 T 的数字图像 G_1 和 G_2 , 但是它们都分别包含着某些干扰信息 a_i 和 b_j , 即

$$G_1 = \{T, a_i\} \quad i = 1, 2, \dots, l \quad (8)$$

$$G_2 = \{T, b_j\} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

若干扰信息相互独立,因它们所处的像元位置不同,所以通过逻辑取与运算就能把感兴趣的专题信息提取出来,即

$$T = G_1 \cap G_2 \quad (10)$$

在计算机具体处理时也十分简单,只要将两幅图像中同时为专题信息 T 的像元提取

出来,就能达到消除干扰信息的目的。

但必须指出,逻辑取与法的应用前提为 G_1 和 G_2 中除包含特定的专题信息外,只有不同的干扰信息。若同时又具有某一相同的干扰信息 c_k , 则作一次逻辑取与运算后,这一相同的干扰信息就误认为是专题信息而被同时提取出来。如:

$$\begin{aligned} G_1 &= \{T, a_i, c_k\} \\ G_2 &= \{T, b_j, c_k\} \end{aligned} \quad (11)$$

则 $G_1 \cap G_2 = \{T, c_k\}$

可见一次取与运算后得到的专题信息中仍包含有干扰信息 c_k 。为此必须求得另一图像 G_3 , 它包含着与 c_k 不同的干扰信息 d_i 。这时将处理后的图像再与此图像作二次逻辑取与,就能将专题信息提取出来。即

$$\begin{aligned} G_3 &= \{T, d_i\} \\ T &= G_1 \cap G_2 \cap G_3 \end{aligned} \quad (12)$$

逻辑取与运算方便,处理中只要满足方法应用前提,就能有效地消除干扰,将专题信息提取出来。

4 应用与效果

上述“定向变换”和“逻辑取与”方法,先后在浙江新昌、富阳、龙游和南方某红盆地区进行了试验。现将方法的应用与效果简述如下。

4.1 浙江新昌、富阳地区粘土化蚀变信息提取效果

新昌地处我国东部新华夏构造隆起带上,火山活动频繁,构造复杂,属亚热带气候,植被发育。试验区有金银矿化和银铅锌矿化带,岩石蚀变呈分带现象,矿化两侧发育有绢英岩化、绢云母化和碳酸盐化。在富阳地区银铅锌矿外围同样有绢云母和碳酸盐蚀变带。因此,提取上述蚀变信息对金、银等贵金属勘查有重要意义。

研究中采用卫星遥感 TM CCT 数字图像,因为绢云母等粘土矿物在 TM_5 波段有较强的光谱反射率,而在 TM_7 波段上有羟基吸收带,反射率较小。因此可用比值 TM_5/TM_7 来增强粘土化蚀变信息,但由于植被在 $TM_{5,7}$ 波段上有相似的光谱特性,使比值中包含着干扰的植被信息,必须设法消除。从植被光谱特性分析可知,植被在可见光区 0.45 和 $0.66\mu m$ 处有强烈的叶绿素吸收带,而在近红外区有很强的红外反射带,所以比值植被指数 TM_4/TM_3 中主要是植被信息。因此用定向变换法时,可令

$$\begin{aligned} x_1 &= TM_5/TM_7 \\ x_2 &= TM_4/TM_3 \end{aligned}$$

进行变换处理,就可将蚀变信息提取出来。采用逻辑取与法时,取

$$\begin{aligned} G_1 &= TM_5/TM_7 \\ G_2 &= (TM_5/TM_7)/(TM_4/TM_3) \end{aligned}$$

式中: G_1 主要包含蚀变信息和植被信息;

G_2 主要包含蚀变信息和其他干扰信息(如水体和居民点等的干扰,他们的 TM_4/TM_3)

TM₃ 值较小)。

对 G_1 和 G_2 作简单的逻辑取与运算就能将蚀变信息有效地提取出来。

上述两种方法,试验结果,效果良好。必须注意,提取出来的蚀变信息通常呈离散状,其中存在某些随机噪声的干扰信息,可用结构滤波法加以处理。此外为了便于分析,可将蚀变信息叠加在原始的 TM₁ 图像上制成蚀变信息分布图(图版 I 图 2)。其中红色图斑为粘土化和碳酸盐化蚀变信息,可以看出:(1)中部的蚀变信息经野外检查,他们位于东坞山银矿区,蚀变带呈北东向和近东西向分布,这和该区构造方向相符合。在周家、鸡笼顶等地蚀变信息呈箭头形指向东北。验证结果也与实际情况完全符合。(2)中南部的蚀变信息经验证,它们位于祝家村附近,野外蚀变信息明显。在大岭水库两侧有明显的绢云母化和高岭土化岩类。全区在野外共检查了 8 个蚀变信息点,都和实际情况相符合¹⁾。

必须指出,在上述植被覆盖的研究区中,采用常规的比值增强等方法时,由于植被信息的严重干扰,根本无法将蚀变信息显示出来。而定向变换和逻辑取与法却能取得良好效果,这就充分表明了这两种新方法的有效性。

4.2 浙江龙游地区蚀变信息提取效果

和富阳地区不同,龙游试验区内主要以黄铁矿和铅锌多金属矿为主,黄铁矿化发育,地表都以铁帽形式出现。在该地区用逻辑取与法进行了三价铁离子 (Fe^{3+}) 蚀变信息提取试验。

从光谱分析可知,这时可取

$$G_1 = TM_5/TM_4,$$

$$G_2 = TM_3/TM_1,$$

因为三价铁离子在 TM_1 和 TM_4 波段上有光谱吸收带,而在 TM_3 和 TM_5 上有较大的反射率,因此 G_1 和 G_2 都包含着被增强的蚀变信息和某些干扰信息。对 G_1 、 G_2 作逻辑取与运算,结果消除了 G_1 、 G_2 中存在的各种干扰信息,使三价铁离子蚀变信息有效地提取了出来。试验表明,这种方法和以前采用的“特征主成分选择”和“主成份分析”方法,效果相同,但新方法简便得多。

提取的龙游溪口地区 Fe^{3+} 蚀变信息分布图见图版 I 图 3。图中桔红色图斑为提取的蚀变信息。试验结果与化探图对比有 80% 以上的蚀变信息都落在化探异常区。野外实地验证:(1)北部大量蚀变信息都位于溪口黄铁矿区内,蚀变信息在牛角湾、灵山、东山、洪家等处都与褐铁矿化有关,具有不同结构、形态和颜色,蚀变信息分布和实际相吻合。(2)东北部蚀变信息野外检查,它们位于石壁山区都与铁帽分布有关。(3)中部蚀变信息野外验证位于渡头附近。该蚀变信息恰处在厚层红壤覆盖的河流阶地上,蚀变信息与铁染有关。上述野外验证结果表明,逻辑取与法提取 Fe^{3+} 蚀变信息是简便和有效的。

4.3 南方某红盆区油气信息提取效果

油气藏地区由于烃类物质的渗漏,引起地表地球化学环境的改变,出现岩石退色和粘

1) 赵元洪、田良虎,浙西杭州昌化地区遥感蚀变信息提取及遥感线环体地层解译(研究报告)。1992。

土化(主要为高岭石化)等现象。提取这种和油气藏有关的蚀变信息对油气勘查有重要意义。

研究区地层以陆相中生代红层为主。试验中取

$$G_1 = TM_5/TM_7$$

$$G_2 = (TM_5/TM_7)/(TM_4/TM_3)$$

在本区, G_2 中包含油气信息和红层的干扰信息(因为含氧化铁的红层在 TM_4 有吸收带, 具有较小的 TM_4/TM_3 比值, 所以二次比值后得到较大的 G_2 值), G_1 中包含油气信息和植被干扰信息。将 G_1, G_2 作逻辑取与运算, 就可消除植被和红层等信息引起的干扰像元, 获得含油气信息的遥感图像。

试验结果作了解译和分析¹⁾, 效果良好, 遥感提取的有关油气信息和成油有利部位相吻合。

5 结语

(1) 不同地区的试验表明, 上述两种方法在专题信息提取上具有简便、快速、有效等特点, 为遥感数字图像专题信息提取提供了两种有前景的新方法。

(2) 定向变换和逻辑取与两种方法虽然都能达到提取专题信息的目的, 但它们是两种性质完全不同的方法。定向变换是一种变量分离方法, 逻辑取与则是判断图像像元信息的一种方法。

(3) 有时两种方法可以联合使用, 使专题信息提取获得更佳的效果。例如, 有时为了消除专题图像中的随机干扰, 可与原始图像(将原始图像中亮度处于平均值加减 3 倍均方差范围之外的像元视作随机干扰像元)作逻辑取与运算, 就能消除在专题信息提取过程中产生的各种随机干扰。

1) 张福祥、岑曙晖。用 TM 波段比提取南方湿润区地表油气显示信息的研究。第八届全国遥感技术学术交流会论文集。1993 年, p. 510—513。

The New Methods for Extracting Thematic Information —The Studies on the Methods of Directional Transformation and Logical Intersection

Zhao Yuanhong Chen Lan Zhang Fuxiang Tian Lianghu Huang Zhicai

(Dept. of Earth Sciences, Zhejiang Univ.)

Abstract Computer processing for extracting thematic information has been developed by using different band ratio of TM data. In the course of the researches authors advanced two new methods, Directional Transformation method and Logical Intersection method.

In southern areas of subtropical volcanic rock covered with vegetation such as Xin Chang, Ba Mao and Xi Kou area, the satisfied effects have been obtained. The new methods can eliminate the interfering information of vegetation and other objects, and the hydrothermal alteration information can be extracted effectively. Its importance is to explore Au, Ag and multiple metalliferous ore.

In the aspect of extracting information about oil gas show and detecting oil field with the information directly in area of southern red basin, a good result has been achieved too by using the new method of Logical Intersection.

It shows that the new methods posed in this paper is practical and have wide applied prospects.

Key words directional transformation, logical intersection, alteration information