

利用混合像元线性分解模型 提取卧龙泉地区粘土蚀变信息

刘 成^{1,2}, 金成洙¹, 李笑梅³, 王丹丽¹

(1. 东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110004; 2. 沈阳航空工业学院 信息经济系, 辽宁 沈阳 110034;
3. 沈阳航空工业学院 CAD/CAM 中心, 辽宁 沈阳 110034)

摘 要: 利用混合像元线性分解模型提取植被覆盖中等的辽南卧龙泉地区植被丰度图像, 并依此进一步提取了该区域的粘土类蚀变信息。在使用混合像元线性分解基本模型的同时, 也结合研究目标对其进行了改进与补充, 效果令人满意, 为中等植被覆盖区的专题信息的提取提供了一种方法。

关键词: 混合像元线性分解; 中等植被覆盖; 卧龙泉地区; 粘土类蚀变; 辽宁省

中图分类号: TP79 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2003) 02-0131-03

1 前言

卧龙泉处于辽南中部, 是重要的金矿化带, 该区已知有王家崴子、金厂沟以及赵家堡子等多处中小型金矿。尽管此区研究程度较高, 但利用遥感图像提取与矿化紧密相关的粘土蚀变信息, 并与已有的研究成果相结合寻找其他可能的靶区, 仍然具有重要意义。

区内出露地层主要为下元古界辽河群盖县组片岩, 以及中生代花岗岩体。区内蚀变现象较普遍, 蚀变岩石中常见有高岭石、绢云母、伊利石、蒙脱石, 白云母等矿物。

与卧龙泉地区相关的金矿床成因以及构造分析的文献已有多篇。吕贻峰^[1]对辽南金矿集中区的卫星图像进行了构造解译并进行了成矿预测的研究; 魏俊浩等(1998)对该区金矿床流体包裹体的特征及其找矿意义进行了研究。但利用 ETM 卫星影像对该区进行区域性的矿化蚀变岩的信息提取并应用于成矿预测的文献很少, 这也正是本文的主要内容。

研究区约 400 km², 丘陵地貌, 植被覆盖中等(覆盖率约 37%), 植被较单一。

作者收集的资料主要为 ETM 影像、卧龙泉幅

1: 5万地质图以及幅内的相关化探数据。其中 ETM 影像是主要信息源, 通过数字处理从中提取专题信息(蚀变), 其成像日期为 1999 年 9 月 23 日。地质图、地质矿产图以及相关化探数据是辅助性的, 主要

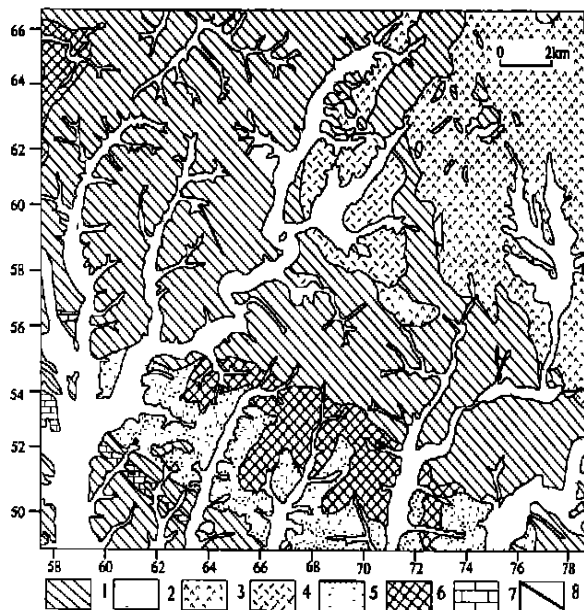


图 1 研究区地质图

Fig. 1 Geological map of the study area

1. 辽河群盖县组片岩
2. 第四系
3. 倪家堡子单元花岗闪长岩
4. 卧龙泉单元似斑状二长花岗岩
5. 四张砬子单元二长花岗岩
6. 梁屯单元角闪正长岩
7. 大理岩与透辉石岩、透闪石岩类
- 8.

收稿日期: 2002-10-28; 修订日期: 2003-04-14

基金项目: 国家教育部博士点基金(1999014513)资助。

作者简介: 刘成(1967-), 男, 辽宁大连人, 东北大学博士研究生, 沈阳航空工业学院讲师。

用于对提取的专题信息进行对比和解译。本文中的地质图(图 1, 1954 年北京坐标系)和所处理的 ETM 影像子图幅(图 3、图 4)范围非完全重合。

2 提取粘土蚀变信息的技术方案

由 ETM 3(Red)、ETM 2(Green)、ETM 1(Blue)合成的图像显示出该区明显的、普遍的植被覆盖,这是提取蚀变信息的最大干扰因素。所以,从图像中首先应该除掉的干扰信息是植被信息。尽管解决方案较多,但作者认为,“混合像元线性分解模型”不但物理意义明确,而且数学模型相对简单,因而成为作者的首选方案。另外一种干扰信息是山体阴影,采用比较传统而且有效的方法——比值法。可以设想,如果“混合像元线性分解模型”可以清除大部分的植被信息,那么用相应波段的比值(band5/band7)突出蚀变信息的同时也有效抑制了阴影的干扰。

3 混合像元线性分解基本原理及应用

在遥感图像中,其中含有多种地物信息的像元叫混合像元。在混合像元线性模式意义下,认为任一像元在某波段的灰度值,是本像元中各地物在此波段的共同反射作用,作用的大小与地物的面积成线性关系。在图像分类中,人们通过计算推测每个混合像元中各种已知地物的丰度(占地面积的比例),此过程叫混合像元的分解。

使用混合像元线性分解模型的目的是通过计算每个像元中各典型地物(包括植被)的丰度,除去植被信息,为后续提取的专题信息(如粘土类蚀变信息)提供较为可靠的基础数据。

混合像元线性分解模型为:

$$R_i = \sum_{j=1}^m (F_j * Re_{ij}) + e_i \quad i = 1, 2, \cdots, n \quad (1)$$

$$0 \leq F_j \leq 1 \quad (2)$$

其中 m 代表地物类别的总数, n 代表波段的总数; R_i 代表像元在第 i 波段的灰度值。 F_j 代表像元中第 j 类地物的丰度, Re_{ij} 代表第 j 中地物在 i 波段的光谱反射值, e_i 是服从正态分布的随机噪声。 F_j 为待求值, R_i 和 Re_{ij} 为已知值, e_i 本文忽略不计。

很明显,线性方程组(1)的解是需要公式(2)来约束的,否则很多的解是不合理的(例如解是负数),原因是我们选择的是典型地物,而非全部地物,再者,计算出的典型地物的波谱矢量肯定是有误差的。因此作者使用了优化方法对此方程组进行求解,其合理的求解结果给予本文最根本的支持。

该线性模型在国内外均有较多相关文献^[2,3,4],相比之下国外的少数文献^[5]的介绍要详尽一些。而作者则综合这些文献,较完整地使用并合理改进了方程组,并提出了消除植被信息的方案。

当方程(1)在条件(2)的约束下求解完毕后,设某点植被的丰度为 F_t ,则清除植被信息后的像元中其他各地物的丰度应为

$$f_j = \frac{F_j}{1 - F_t} \quad j = 1, 2, \cdots, m, j \neq t \quad (3)$$

则消除植被影响后的第 i 波段的灰度值为

$$R_{i_new} = \sum_{j=1, j \neq t}^m (f_j * Re_{ij}) \quad (4)$$

m 种地物的波谱值是可以从多波段遥感图像中获得的,途径是首先通过主成分分析(PCA)形成关于 PC1 和 PC2 的二维散点图,在其中多边形的主要顶点位置圈定典型地物,并在原图像中确定这些典型地物的波谱矢量。这些典型地物也叫端元地物。

一般认为,所选取的端元地物种类的数量不应超过有效波段个数。但从取得方程最优解的角度,可以不受此约束,作者则突破此限制并进行了试验。参加计算的波段为 ETM 1, 2, 3, 4, 5, 7 共 6 个,在 PC1 和 PC2 的二维散点图中确定了 7 种地物: 2 种阴影、3 种第四系地物(可能是房屋、塑料大棚等,在可见光波段反射值很大)、1 种植物(覆盖率为 100%),另一种地物未知。实际上,在 7 种地物中,我们必须知道的是哪些地物是绿色植被,而对于非绿色植被地物(根据卫片的时相,研究区域干枯植被很少),我们只关心它们的丰度、波谱特征,而不必知道它们是什么地物。

提取的 7 种地物的波谱矢量见表 1,波谱矢量折线图见图 2。

根据公式(1)、公式(2),用已知的 7 种地物波谱矢量和图像,对每个像素建立了线性方程组并求解,结果得到 7 个波段的新图像,其中第 6 波段表示研究区域的植被丰度(图 3,植被覆盖密度)。植被覆盖密度图像的灰度平均值为 0.377,即研究区域的植被覆盖率为 37.7% 左右。野外验证和室内的定量分析表明作者采用的线性分解模型和求解的过程是比较

准确的。

表 1 7 种端元地物的波谱矢量

Table 1 Wave spectrum of seven end member of ground objects

波段	地物 1	地物 2	地物 3	地物 4	地物 5	地物 6	地物 7
Band1	48	55	98	101	100	64	48
Band2	32	40	85	82	84	53	34
Band3	22	32	99	101	99	41	21
Band4	36	53	94	108	130	157	70
Band5	18	38	109	141	154	104	35
Band7	13	24	88	110	110	50	19

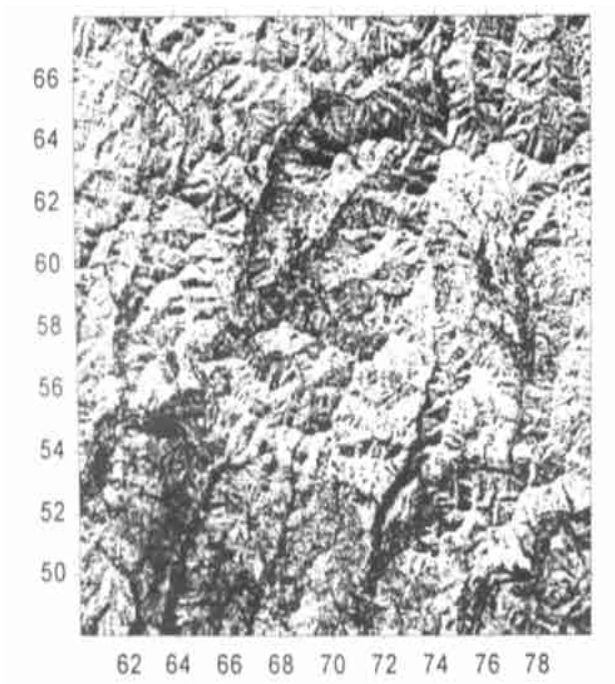


图 3 研究区植被的丰度图像

Fig. 3 Image showing vegetation abundances in the study area

得到 7 种地物丰度图像后, 就可以按照公式(3)和(4), 对原始的 ETM 图像进行“除植被”处理, 得到新的、认为不含有植被信息的 6 波段图像。在基岩裸露的地表覆盖条件下, 提取粘土类蚀变岩的常规方法是使用波段比值 $TM5/TM7$ 。对于重构得到的多波段图像, 按此比值处理公式获得的粘土类蚀变岩分布图像(图 4)。图中亮值表示蚀变岩密度高, 反之表示低(分布于第四系的高亮度区意义不大)。

将图 4 与图 1 相比较, 发现蚀变强烈区主要分布在盖县组片岩与中生代卧龙泉岩体的接触带, 例如, 卧龙泉环形构造的边缘地带; 将图 4 与研究区域

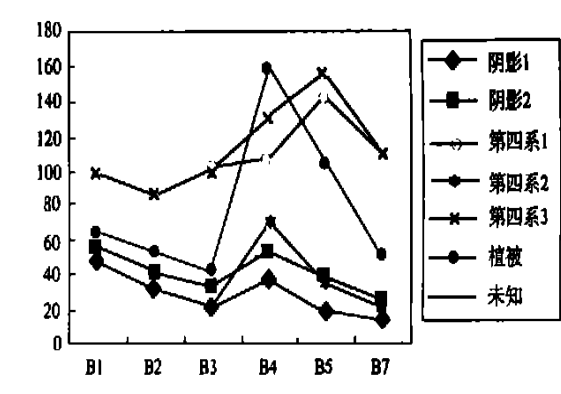


图 2 7 种地物的波谱折线图

Fig. 2 Curves of the seven ground objects

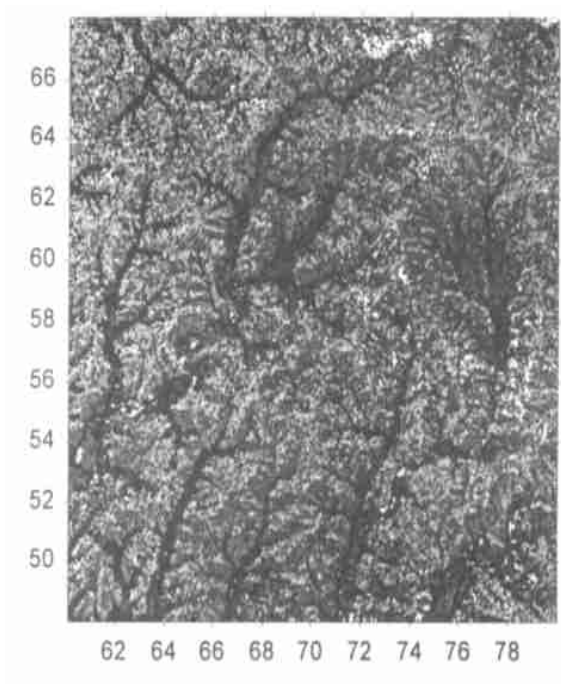


图 4 研究区粘土类强蚀变分布图

Fig. 4 Map showing distribution of strong clay mineral alterations in the study area

Au 次生晕丰度图像(略)相比较, 发现 Au 的高值区与粘土蚀变强烈区空间位置相关性很好。

4 结论

通过以上分析说明, 对 ETM 混合像元进行线性分解的技术路线是正确、可行的。用混合像元的线性分解理论提取中等植被覆盖区域的植被丰度是比较准确的。对于消除植被影响后的新图像, 可以用传统 (下转第 137 页)

(1. *Chang Chun institute of technology, Changchun 130021, China;*
2. *Tianjin company of first road and bridge engineering department, Tianjin 300000, China*)

Abstract: The cement mixing method is good one to reinforce soft soil ground. It can over come vehicle jump on the head crossroad. However its bearing power is heterogeneous and the engineering entity is less. The gnawn pile and cement mixing pile method can overcome the heterogeneous bearing and the less engineering entity, also vehical jump overcome. This paper introduces the application of the gnawn pile and cement xixing pile method to Nanjiang Haour projeict in Tianjin and the results checked.

Key words: cement mixing pile; gnawing pile detecting; check

(上接第 133 页)
方法(如比值处理) 直接提取专题信息。建议, 对于图 4 中蚀变强烈但非已知矿床或矿点的区域加强勘查工作。

参考文献:

[1] 吕贻峰, 李江风, 秦松贤. 辽南金矿集中区卫星图像构造解译及构造控矿模型探讨[J]. 国土资源遥感, 1998, (4) : 37-43.

[2] Asanobu Kitamoto, Mikio Takagi. Image Classification Using Probabilistic Models that Reflect the Internal Structure of Mix-els[J]. Pattern Analysis & Applications, 1999, (2) : 31-43.
[3] 朱述龙. 基于混合像元的遥感图像分类技术[J]. 解放军测绘学院学报, 1995, 12(4) : 276-278.
[4] 陈晋, 陈云浩, 何春阳, 等. 基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用[J]. 遥感学报, 2001, 5(6) : 416-422.
[5] Maarten Tromp, Gerrit F Epema. Spectral mixture analysis for mapping land degradation in semi-arid areas[J]. Geologie en Mijnbouw, 1999, 77: 153-160.

EXTRACTION OF ALTERATION INFORMATION WITH
LINEAR MODEL OF MIXED PIXEL

LIU Cheng^{1,2}, JIN Cheng-zhu¹, LI Xiao-mei³, WANG Dan-li¹

(1. *School of Resources and Civil Engineering, Northeast University, Shenyang 110004, China;*
2. *Department of information and economy, Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Shenyang 110034, China;*
3. *CAD/CAM center, Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Shenyang 110034, China*)

Abstract: Based on the linear decomposition model of MSA, this paper manages to get the vegetation abundance of the study area, then extract the clay-alteration information and make some supplements to the basic linear model of MSA. Field survey and other information show that the practice of this paper can be adopted to extract thematic information for such areas with medium vegetation cover.

Key words: linear decomposition of mixture pixel; medium vegetation cover; Wolongquan area; clay-alteration; Liaoning province