

SAM 权重法在端元提取中的应用

朱怀朝, 王茂芝, 崔之熠, 刘国涛, 苟盛

(成都理工大学管理科学学院数学地质四川省高校重点实验室, 成都 610059)

摘要: 高光谱遥感的出现使得在宽波段遥感中不可探测的物质能被探测。获得的高光谱数据大都具有数据冗余度高、信噪比低等特点。文章通过 idl 编程实现高光谱数据的特征提取并利用其做了端元提取流程与光谱解混, 及权重法 SAM 端元提取、混合光谱分解模型及实现。利用 SAM 权重法能够完成端元提取并最终得到的解混结果。

关键词: 高光谱遥感; 像元纯净指数; 特征提取; 光谱角度填图

中图分类号: TP75

文献标识码: A

引言

成像光谱系统在对目标地物的空间特征城乡的同时, 也获取了每个像元近乎连续的在波段光谱信息, 达到从空间识别地球表面物质的目的^[1]。

本文在处理模拟星载高光谱数据时分别使用了最小噪声分离变换 (MNF), 像元纯净指数 (PPI), 并提出了基于 PPI 结果的波谱角度填图 (SAM) 权重法用于进行端元的提取与识别, 使用 IDL 语言编程实现这些算法。将提取出来的端元用到光谱解混中。

1 研究区概况及高光谱数据源

1.1 地质概况

研究区位于吐 - 哈盆地南缘。出露地层为中石炭统梧桐窝子组 (C₃W₄) 浅红色霏细斑岩和暗绿色辉绿岩, 出露岩体为华力西中期花岗岩。蚀变矿物类型为 Al - OH 类矿物, 包括富铝白云母、贫铝白云母、绿帘石、少量蛇纹石。

研究区内形成了诸多类型的矿产和规模不等的矿床。产出矿床有黄山、黄山东大型铜镍矿、香山铜镍矿、镜儿泉铜镍矿、赤湖钼矿、白山钼矿、金山金矿等。

1.2 数据来源

2002 年国土资源航空物探遥感中心对研究区利用航空成像光谱仪 HYMAP 获取了研究区域面积约

3000km² 的高光谱数据^[2] (见图 1)。通过 2009 年对载荷参数对比分析, 采用 30m 空间分辨率、10nm 光谱分辨率和 200:1 的信噪比将 HYMAP 机载高光谱数据模拟为星载高光谱数据作为试验数据 (见图 2)。

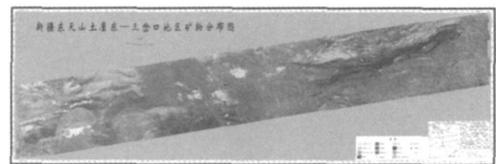


图 1 东天山研究区示意图 (张宗贵等, 2005)

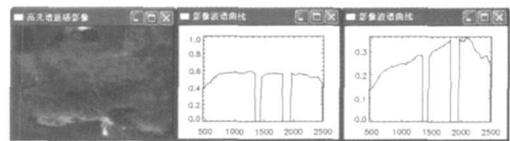


图 2 研究区遥感影像及某两点光谱曲线

2 端元提取流程与光谱解混

2.1 最小噪声分离 (MNF) 变换降噪^[3-5]

由于主成分分析 (PCA) 对噪声较敏感, 当某个信息量大的主成分中包含的噪声的方差大于信号的方差时, 该主成分分量形成的图像质量就差。针对 PCA 变换的不足, Green 等提出了最小噪声分离变换, 它本质上是含有两次叠置处理的主成分分析。

收稿日期: 2010-12-31

基金项目: 国家 863 计划重点课题 (2008AA121103)

作者简介: 朱怀朝 (1986-) 男, 陕西西安人, 硕士生, 主要从事空间分析及 GIS 软件开发方面的研究。



图 3 MNF 变换前 3 个综合分量图像

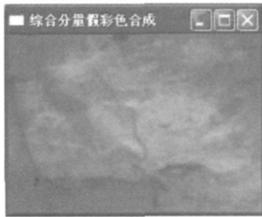


图 4 变换前 3 个综合分量假彩色合成图像

2.2 像元纯净指数 (PPI) 简介 [6-7]

像元纯净指数 (PPI) 可计算并表征遥感图像中每个像元的“纯度”, PPI 数值越大, 说明对应的像元越“纯”, PPI 的计算过程就是寻找中单形体顶点的过程。

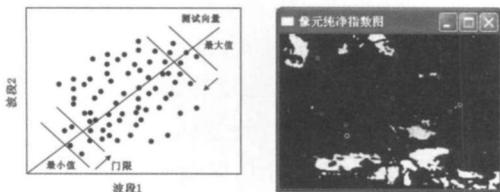


图 5 PPI 示意图 (薛绮等, 2004)

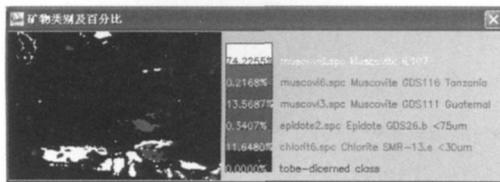


图 6 像元纯净指数结果图

2.3 SAM 权重法端元提取简介 [8-9]

PPI 算法并没有确定出最终的端元向量, 是一种端元提取方法的指导 [10]。随机向量选取的任意性是该算法的不足之处, 本文提出基于 PPI 结果图的 SAM 权重法提取端元。其基本思想是将 PPI 结果图和原始影像有机结合起来, 使用 PPI 结果图所对应的像元点作为光谱端元提取与识别的待选样点。

2.3.1 光谱角度填图 (SAM) 简介

光谱角度填图 (Spectral Angle Mapper) 通过计算一测试光谱与参考光谱间的角度来估算两者之间的相似度。假定图像数据已转为暗辐射或程辐射消除后的视反射率, 光谱维数与波段数相等。通过下式计算测试光谱 t_i 与参考光谱 r_i 间相似性:

$$\alpha = \arccos \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_b} t_i r_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_b} t_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{n_b} r_i^2}} \right]$$

n_b 等于波段数。 α 为 0 到 90°。

2.3.2 权重法端元提取原理简介

文献 [11] 在混合光谱分解模型的实现过程中, 选用了 3 种基本组分, 并同时选取 100 个纯像元取平均值作为端元的光谱曲线来进行光谱解混。本文采用权重法进行端元的光谱曲线提取, 原理:

- ① 对原始遥感影像进行像元纯净指数 (PPI) 处理, 得到像元纯净指数图。
- ② 结合原始影像数据, 使用 SAM 方法, 将 PPI 图上所对应每一点的原始光谱数据和波谱库中的标准波谱曲线进行匹配识别, 并进行矿物类别标记并通过设置阈值, 将伪端元剔除。
- ③ 标记完后并算每 (亚) 类矿物波谱曲线的平均值, 设共 N 类矿物, 所对应的平均值分别为 $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \dots, \bar{S}_N$ 。
- ④ 计算每 (亚) 类矿物在端元中占的比例, 设 N 类对应比例为 a_1, a_2, \dots, a_n 。
- ⑤ 根据比例合并亚类。设 a_1, a_2 属类 A , A 光谱值 $A_{final} = a_1 * \bar{S}_1 + a_2 * \bar{S}_2$ 。
- ⑥ 同理对其它亚类进行合并。若某一类别不存在亚类, 则所求出的平均值 \bar{S}_i 就是该类别的最终光谱值。

2.3.3 端元提取识别结果

提取过程中, 考虑到大气吸收影响非常大且各个像素点光谱吸收特征不是特别显著, 与文献 [9] 所采用的 2.0~2.5 微米波段作为 SAM 匹配的特征波段不同, 这里采用全波段匹配法。运行上述算法, 基于 PPI 结果, 使用 0.08 作为阈值, 运用 SAM 权重法进行了端元提取。图 7 为 SAM 方法识别出的端元类别及所占百分比, 图 8 为使用权重法提取出来的端元的波谱曲线。

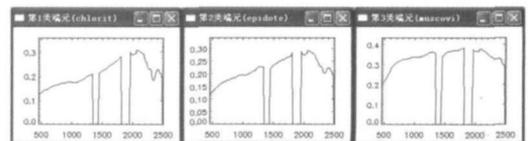
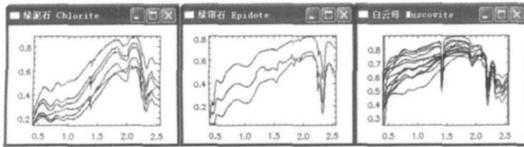


图 7 SAM 权重法端元提取结果示意图

SAM 权重法提取出来端元分别为绿泥石类, 绿帘石类, 云母类。三者间光谱曲线在 2.3 微米附近区域差异较大: 绿泥石的吸收峰最为明显, 绿帘石次之, 云母类最不明显。在相同波长处, 绿帘石类较绿泥石类波谱反射率值大, 但绿泥石类和绿帘石类在 0.5 微米区域波谱反



绿泥石类、绿帘石类、云母类类端元

图 8 结果波谱曲线示意图

射率值较接近,都为 0.12 左右,云母类与其它差异较大,达到了 0.20

与 USGS 波谱库中的端元进行对比。库中每类端元矿物对应多条波谱曲线(见图 9),按照权重法原理,将同类矿物进行等权重,得到其波谱曲线(见图 10)。

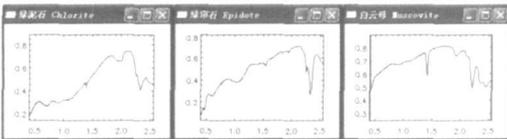


图 9 USGS 库同类矿物对应多条波谱曲线



绿泥石类、绿帘石类、云母类端元

图 10 10 USGS 库同类矿物波谱曲线平均值

图 10 看出,USGS 库中经过权重法处理后波谱曲线保持较好的识别分辨特征。与使用 SAM 权重法所提取端元对比,模拟数据提取出来的端元的总体波谱形态特征较为类似,仅在部分吸收峰特别明显的地方才有差异,模拟数据所提取出来的端元与 USGS 库中端元波谱形态差异比较大。故直接使用从影像上提取出来的纯净地物像元作为端元。纯净像元图所对应的波谱曲线与 USGS 波谱库最接近,可以最大限度匹配已知库信息。SAM 权重法提取出来的端元利用了 USGS 库信息,又最大限度的考虑了原始影像采集环境等方面的因素。

2.4 混合光谱分解

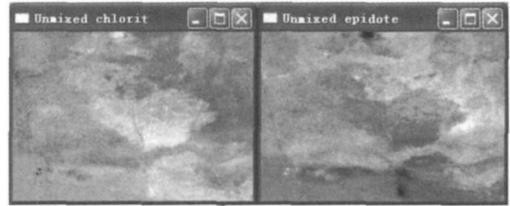
2.4.1 混合光谱分解模型原理^[8 11-12]

遥感影像中某像元的波谱曲线一般是几种地物的光谱曲线混合而成。国内外学者提出了许多不同的混合像元分解模型,如线性模型、概率模型、模糊模型等。鉴于线性模型发展较为成熟且其操作性强,本文用线性混合光谱模型。

2.4.2 混合光谱分解模型实现

结合 3.3.3 节所提取出来的端元,使用 DL 语言编

程实现无约束最小二乘法,最终解混结果如图所示。图中白色部分表示相应矿物含量较高。



(a)绿泥石丰度图 (b)绿帘石丰度图
(c)白云母丰度图 (d)误差图

图 11

绿泥石丰度图图 (a) 显示主要集中在研究区域的中南部,绿帘石丰度图图 (b) 显示主要集中分布在东部和东南部,云母丰度图图 (c) 显示主要分布在研究区南部。图 (d) 是应用线性模型分解过程中产生的各像元均方根误差的图像。根据 RMS 计算公式可知,均方根值越小,解混精度就越高。对 RMS 误差图像进行分析可以发现,大部分像元的 RMS 值在 0.02 左右,均值为 0.0254,最大值为 0.2354 最小值为 0.0107。

结合本地区的地质资料信息:绿帘石主要分布与该区南部;富铝白云母主要呈块状或片状分布于该区的东部和西部;贫铝白云母呈片状大面积出现;蛇纹石呈斑点状分布于该区南部及东部。同时由于原影像数据范围为 0.0~1.0 之间。故线性混合分解模型较好的对研究区域进行了解。

3 结论

(1) 结果表明利用 SAM 权重法能够较好的完成端元提取。解混结果显示研究区南部绿帘石和白云母组合分布带是找铜多金属矿的有利区。

(2) 研究初步形成星载高光谱遥感影像端元提取与识别和混合像元解混的技术流程与方法。

(3) 提出 SAM 权重法针对的是具有实际地质调查资料的局部研究区和特定的几种矿物信息,如何用到更广大的缺乏地质调查资料的区域,是今后工作研究的重点。

参考文献:

[1] 浦瑞良,宫鹏.高光谱遥感及其应用[M].北京:高等教育出版社,2000.

[2] 张宗贵,王润生,著.成像光谱岩矿识别方法技术研究和影响因素分析[M].北京:地质出版社 2006

[3] 顾海燕,李海涛,杨景辉.基于最小噪声分离变换的遥感影像融合方法[J].国土资源遥感,2007(6): 53-55

- [4] Green A A, Bernan M, Switzer P, et al A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 1988, 26(1): 65-74
- [5] Boardman JW, Kruse F A. Automated spectral analysis a geological example using AVIRIS data north Grapevine Mountains [C]. Nevada in Proceedings ERM Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing Environmental Research Institute of Michigan Ann Arbor MI 1994 F407-I-418
- [6] 刘汉湖, 杨武年, 杨容浩. ALI 遥感数据在岩矿信息提取中的应用研究 [J]. 地质与勘探, 2009(7): 456-461.
- [7] Farzeen Chaudhry, Sumit Chakravarty, Antonio Plaza et al Design of fast algorithms for pixel purity index for endmember extraction in hyperspectral imagery [M]. ASPRS 2005 Annual Conference "Geospatial Goes Global From Your Neighborhood to the Whole Planet" March 7-11, 2005, Baltimore, Maryland
- [8] 燕守勋, 张兵, 赵永超, 等. 高光谱遥感岩矿识别填图的技术流程与主要技术方法综述 [J]. 遥感技术与应用, 2004(2): 52-59
- [9] 阙明哲, 田庆久, 张宗贵. 新疆哈密三种典型蚀变矿物的 HYMAP 高光谱遥感信息提取 [J]. 国土资源遥感, 2005(1): 37-39
- [10] 薛 绮, 匡纲要, 李智勇. 基于线性混合模型的高光谱图像端元提取 [J]. 遥感技术与应用, 2004, 19(3): 197-200
- [11] 应天玉, 李明泽, 范文义. 基于 DL 的混合光谱分解模型的实现 [J]. 东北林业大学学报, 2007(11): 70-73
- [12] 蔡 薇, 郭洪海, 隋学艳, 等. 基于混合像元分解提取小麦种植面积的技术与方法研究 [J]. 山东农业科学, 2009(5): 12-16

Application of SAM in Endmember Extraction

ZHU Huai-zhao, WANG Mao-zhi, CUI Zhi-yi, LIU Guo-tao, GOU Sheng
(Key Lab of Geomathematics of Sichuan Province, College of Management Science,
Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract The emergence of hyperspectral remote sensing technology makes the undetected interested object can be detected by remote sensing technology today. It is important for extracting data with features as high redundancy and low signal-to-noise ratio of hyperspectral data. It contains space, radiation and spectrum. The paper analyzes the theory with DL to obtain feature extraction, and uses the results to obtain endmember extraction and spectral unmixing algorithm and spectral angle mapper. Through this test, the technology and method of endmember extraction and spectral unmixing in hyperspectral remote sensing is taking shape.

Key words hyperspectral remote sensing, pure pixel, feature extraction, spectral angle mapper