

文章编号: 1006-6616 (2004) 04-0351-07

若尔盖高原地物遥感分类

徐刚, 赵志中

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘要: 各种物质在遥感数据中都有其特征的波谱吸收峰。因此通过波谱识别就可以大大减少以往遥感分类方法中的漏分及混分现象。为了解决若尔盖高原地物遥感分类问题, 首次对本区 ETM 多光谱融合数据采用了地物波谱角分类法进行地物识别。分类步骤: 遥感数据定标→选择训练区样本→MNF 变换减维去噪处理→利用纯净像元指数 (PPI) 进行样本提纯→利用 n-D 散度法进行样本重组→波谱角分类 (SAM)。其分类结果表明, 类别精度评价总精度为 0.806, kappa 系数为 0.785。其精度均符合 1:5 万比例尺的土地详查工作的技术要求。

关键词: 遥感; 波谱特征; 波谱角分类; 若尔盖高原

中图分类号: V474.2+91

文献标识码: A

由于遥感数据存在混合像元等效应^[1-4], 采用最小距离法和最大似然法等传统地物遥感分类方法往往产生漏分及混分现象。由于各种物质都有其特征吸收峰, 因此通过波谱识别就可以大大减少混分和漏分的弊病。

波谱角分类 (SAM) 是针对高光谱遥感信息的定量分析的一种地物分类方法^[5]。其原理是通过计算 n 维空间的波谱样本矢量与未知波谱向量之间的角度来进行类别分析。同类地物波谱矢量方向一致, 异类地物其波谱矢量方向不同, 同种地物由于受所处位置不同其影象密度 (或灰阶) 发生差别但其波谱矢量方向一致, 只是大小有差别。作者将其用在多光谱遥感信息的提取, 从分类结果看, SAM 类别识别能力强, 可以剔除光照和地形等的影响, 同时分类碎块较小, 反映地物分类的真实性。

1 遥感影像混合像元的地物几何组构类型分析

遥感数据记录的是地物在分辨率范围内特定波段上的全部反射辐射能级, 是连续空间在二维平面上的离散化的量化数值。以若尔盖地区为例, 根据像元范围内的地物分布, 可将地物几何组构分为以下几种类型:

(1) 单一型: 一个像元内地物比较单一, 地物相同。如黄河主河道的水域、兴措湖中心部位对应的像元。

收稿日期: 2004-08-11

基金项目: 中国地质调查局项目“青藏高原东缘第四纪地质环境调查评价”(编号: 200312300034) 资助。

作者简介: 徐刚 (1966-), 男, 副研究员, 主要从事遥感地质与构造地质研究。联系电话: 010-68422346。

(2) 突变型：一个像元内有两种或两种以上的地物镶嵌分布，之间关系呈截然的变化。如部分为道路、草地、青稞田的像元。

(3) 过渡型：一个像元内有两种或两种以上的地物过渡分布，如部分沼泽区和沼泽退化区，两者之间呈过渡变化关系的像元。

(4) 混杂无序型：一个像元内，多种地物混乱无序分布，各类地物的出现毫无规律可循。如稀树草地中有树、裸地、沙地等的无序混杂分布。

(5) 交叉型：上述各类型交叉分布，如既有突变型也有混杂无序型。

2 遥感地物分类

作者在 ENVI4.0 软件平台上对若尔盖地区 ETM 遥感数据采用了波谱角分析法进行地物分类。具体步骤：分类前处理→遥感数据定标→选择训练区样本→MNF 变换减维去噪处理→利用纯净像元指数 (PPI) 进行样本提纯→利用 n-D 散度法进行样本重组→波谱角分类 (SAM) 进行地物识别。

2.1 分类前处理

2.1.1 遥感数据源选取

(1) 不同时相遥感数据相结合

不同时相的地表植被在遥感影像上有不同的反映，同一遥感影像上表现的不同地表覆盖的光谱值亦可能相同，多时相遥感数据的结合使用，可提高信息提取的准确性。选取 ETM 多光谱数据遥感宏观信息量高，色彩丰富，在地物遥感分类及目视解译上效果较好，15m 分辨率数据能够满足 1:5 万比例尺的专业成图精度。

(2) 不同分辨率遥感数据相结合

主要表现在不同几何分辨率和不同光谱分辨率遥感数据的应用上，利用融合技术，充分发挥全色数据的高几何分辨率及纹理优势和多光谱数据的光谱分辨率优势。本次运用 ENVI4.0 新功能 Pansharpen 融合技术^[6]对 ETM 多光谱数据 6 个波段与第 8 波段融合，融合后选 743 波段，其图像纹理细腻，色彩丰富，能清楚地显示居民点、道路、草地、林地、水域、沼泽湿地和沙(石)漠化区、退化草地及退化沼泽等的分布范围，机助及目视解译土地利用分类可分到一级类和部分二级类。

2.1.2 分类前处理

分类前对研究区图像进行的各种增强处理，特别是通过多光谱空间的主成分变换 (K-L 变换)、缨帽变换 (K-T 变换) 和非监督分类 (用 Isodata clustering)，从多方面了解研究区 ETM 数据的特点及其与地物实况的关联。

2.2 遥感数据定标

遥感数据本质上是地物波谱。为了保证样本与地物关系的一致性，首先对遥感数据进行反射率定标。将影像的灰度值转化成反射率或辐射率图像。

2.3 选择训练区样本

在土地详查分类体系的基础上，结合若尔盖高原 ETM 融合图像的实际情况，将本区划分为 6 个一级类型、5 个二级类型训练区样本。分类系统的具体情况详见表 1。

2.4 采用 MNF (Minimum Noise Fraction Rotation) 方法实现信息重组

MNF 分析是由美国著名科学家 Boardman 和 Kruse 于 1994 年发明的一种图位空间变换方

法^[7-8]。此变换被用于判定图像数据内在的维数，隔离数据中的噪声，减少随后处理计算的需求。MNF 分析的第一步是以噪声成分的协方差矩阵为基础，对图像数据作去相关和重定标处理，这样使得噪声成分具有单一方差，且没有波段-波段间的相关性；第二步对经上述处理后的新数据作一次标准的主成分分析。最后，通过对比特征值与相应的结果图像可以把结果图像分成大特征值和主要成分图像，小特征值和噪声成分为主的图像两部分。

图 1 是若尔盖高原数据 MNF 变换前后的曲线剖面图，从右图可见信息与噪声分别有序地集中在一些有限的波段内。通过舍弃噪声波段或其它处理，相应地降低或消除噪声的影响。同时主要信息波段也比原始数据更易区分。

表 1 若尔盖高原遥感土地利用分类系统简表

Table 1 Summary of the classification system of remote sensing land use on the Roigê Plateau

一级类型		二级类型	
代号	名称	代号	名称
1	草地	11	草地
		12	草地严重退化
		13	草地一般退化
2	林地		
3	沼泽	31	沼泽
		32	沼泽退化
4	水域		
5	雪覆盖区		
6	沙、石漠化区		

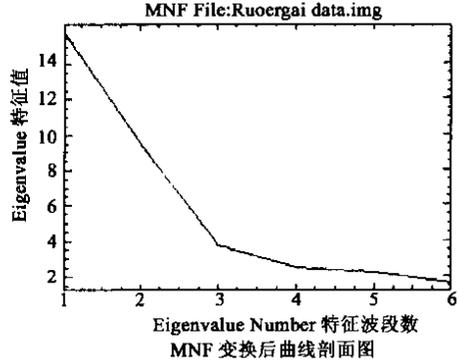
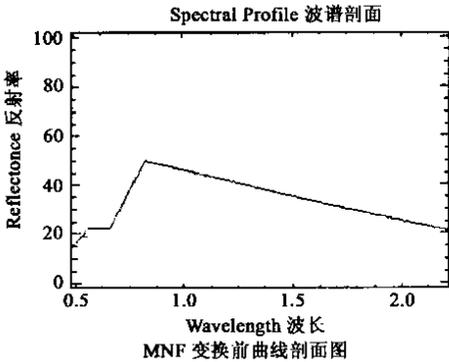


图 1 若尔盖高原遥感数据 MNF 变换前后曲线剖面图

Fig.1 Curves before and after MNF transform of remote sensing data of the Roigê Plateau

2.5 利用纯净像元指数 PPI (Pixel Purity Index) 进行样本提纯

纯净像元指数 (PPI) 是一种在多波谱和高光谱图像中寻找波谱最纯的像元的方法^[8-9]。纯净像元指数法对图像中的像素点进行反复迭代 (见 350 页图 2)，找出图像中相对纯净的像元 (作为图像波谱终端单元)，选择 MNF 结果的前三个主成分作为分析数据，结果图像中最亮的像元是最纯净的像元，把它们定义为感兴趣区 (ROI)。

2.6 利用 n-D (n-Dimensional Visualizer) 散度法进行样本重组

为了提高样本的精度，提供 n 维散度法^[8,10]来进一步提纯样本。n-D 散度法分析允许数据在 n-维空间中交互式旋转 (见 350 页图 3)，选择像元组进行分类，以及聚集类，使其它类的选择更容易。选择的类可以输出到感兴趣区 (ROIs)，并用于最终分类计算。

n 维散度法不仅利用了最新的可视化技术，使用户可以在真实 n 维样本空间中进行样本分离，而且可以使样本精度大大提高，减少了由于肉眼识别造成的误差。将选出的 ROI 进行

n 维散度分析, 允许散点在 n 维空间适时旋转, 散点的运动, 研究人员能同时使用图像的所有波段做波谱分析, 使视觉技术和散点的几何形状被同时用来定位图像的波谱终端单元, 这些波谱终端单元可以用于波谱角分类。

2.7 波谱角分类 (Spectral Angle Mapper) 并进行地物识别

波谱角分类 (SAM) 是根据图像像元与参考光谱或 ROI 的相似性来决定一个像元的类别^[15, 8]。图 4 二维空间的波谱角示意图, 此方法中所用的仅为波谱矢量的“方向”而不是“长度”, 对图像的亮度变化不太敏感。从分类结果看, SAM 类别识别能力强, 可以剔除光照和地形影响, 由于分类碎块小, 反映地物分类的真实性强。

波谱角分类 (SAM) 采用经过处理的训练区样本与每个像元之间的波谱向量之间的夹角比较, 夹角越小表明越接近训练样本的类型。因此, 分类时还要选取合适的阈值, 小于阈值的像元与训练样本属同一地物类型, 反之则不属于该类。

如 350 页图 5 所示为对若尔盖高原部分地区的遥感影像进行分类和地物识别的结果。图 5A 为 ETM 融合数据, 在图像上, 沼泽地及沙丘清晰可见, 依据其形状就可以目视解译判别出来; 但有些林地、草地退化区、沼泽退化区受影像空间分辨率限制, 肉眼很难准确将其从图像中识别出来。用波谱角分类的方法可以方便准确地将其辨认出来, 图 5B 为地物波谱角分类图, 根据不同色物, 可准确判别林地、草地、沼泽等退化区。根据经验和多次试验, 作者认为选取的合适阈值为 0.2。

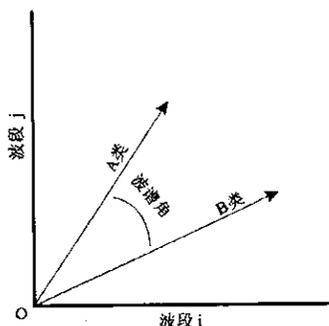


图 4 波谱角分类示意图

Fig.4 Diagram of spectral angle mapper classification
(引自 ENVI4.0 教程)
(Adapted from Envi4.0 tutorial)

3 波谱角自动分类结果的精度评价

遥感地物分类精度是指遥感分类结果 (各地类类别) 与实地地表真值的符合程度。分类精度主要包括: 类别精度和面积精度。

3.1 类别精度评价

对类别精度的评价通常采用检验样本建立混淆矩阵 (用于比较分类结果和地表真实信息) 进行评价见表 2。记录了总体精度、生产者以及用户的准确度、Kappa 系数等^[8]。

总体精度由被正确分类的像元总和除以总像元数计算。

Kappa 系数是从统计学角度出发, 对遥感影像分类结果与地面调查数据进行比较, 从而建立起对各个地类以及整个分类结果的一个评价基础。

生产者精度是指假定地表真实类是 X , 分类图像中像元被分到 X 类的可能性。

表 2 若尔盖高原遥感分类精度评价表

Table 2 Evaluation of precisions of remote sensing classification on the Roigê Plateau

类别	生产者精度	用户精度	平均精度
草地	0.713	0.686	0.670
草地严重退化	0.683	0.724	0.704
草地一般退化	0.675	0.812	0.744
林地	0.651	0.518	0.585
沼泽	0.973	0.767	0.870
沼泽退化	0.765	0.912	0.839
水域	0.865	0.783	0.824
雪覆盖区	0.908	0.926	0.917
沙、石漠化	0.966	0.953	0.960
总精度: 0.806		kappa 系数: 0.785	

用户精度是指假定分类图像中一个像元被归到 X 类，则地表真实类别是 X 的可能性。

3.2 面积精度评价

面积精度也是非常关键的应用效果的评价标准。本次研究以波谱角分类的地物面积与目视解译的地物面积进行比较分析。

如下表 3 所示。从表中可以看出，同一遥感影像的计算机分类面积与专家解译面积在个别地物的统计上有较大出入，如林地；而沙、石漠化区面积相差甚小，计算机分类与目视解译仅差 12%，这主要是由于沙、石漠化区在遥感影像上反映的敏感性决定的，其在遥感影像上的表现特征突出，界线分明。这也体现了利用波谱角分类 (SAM) 对本区多光谱数据地物遥感信息快速提取的优越性和可靠性。

表 3 各地物面积遥感计算机分类与专家解译比较

Table 3 Comparison of the surface feature are a computer's classification with expert's interpretation

类别	草地	草地严重退化	草地一般退化	林地	沼泽	沼泽退化	水域	雪覆盖区	沙、石漠化
误差	0.21	0.33	0.34	0.5	0.24	0.26	0.22	0.19	0.12

4 讨论与结论

虽然波谱角分类方法可以大大减少混分和漏分现象，由于受陆地卫星数据的空间分辨率和波谱分辨率以及数据的质量限制，计算机地物遥感分类中单纯依靠光谱值进行统计分析，难免受到异物同谱或同物异谱以及噪声点等的影响。因此，在计算机土地利用分类中，要综合考虑多种因素，如地学因素、社会因素、人文等因素等。还有最重要的一点，要依靠专家多年的实践经验，在地学、土地利用、土壤等方面可以进一步提高分类的精度。

近些年来，随着各种高光谱传感器的发展^[2]，高光谱遥感器的光谱分辨率已达数纳米，空间分辨率仅几米，对应图象任一像元反演的地物光谱，可与地面实测值相比拟，这将便于空间光谱信息与地物光谱信息的对比，利用计算机自动进行地物遥感分类的高精度判别。

本次研究对若尔盖高原 ETM 图像地物遥感分类探讨，得到以下结论：

(1) 本文根据波谱角分类的原理及方法，首次在本区对地物多光谱数据信息提取取得了较好效果，地物遥感分类比以往的分类在精度上更精确，反映了地物分类的真实性。类别精度评价，其总精度：0.806，kappa 系数：0.785。

(2) 对于比较单纯的地物如沙漠区、沼泽、水体、雪覆盖区等类别用波谱角分类自动识别精度很高，对草地严重退化区、草地一般退化区、沼泽退化区、林地区的判别程度也较高，但对稀林地物的组合地物，则要更多地借助于专家解译判别。

(3) 运用 ENVI4.0 新功能 Pansharpen 融合技术对 ETM 多光谱数据 6 个波段与第 8 波段融合，在此基础之上对融合图像进行土地利用现状的波谱角自动分类，其精度能够满足 1:5 万比例尺的土地详查工作的技术要求。

参 考 文 献

- [1] Sabins, F. F. Jr. Remote Sensing Principles and Interpretation. W. H. Freeman and Company, New York, 1986, p. 449.
- [2] Green, A. A., Berman, M., Switzer, P., Craig, M. D. 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.
- [3] 杨凯, 卢健, 林开愚等, 遥感图象处理原理和方法 [M]. 测绘出版社, 1988. 1 ~ 525.
- [4] 丰茂森. 遥感图象数字处理 [M]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [5] Kruse, F. A., Lefkoff, A. B., Boardman, J. B., Heidebrecht, K. B., Shapiro, A. T., Barloon, P. J., Goetz, A. F. H., The Spectral Image Processing System (SIPS)- Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data: Remote Sensing of Environment, Special issue on AVIRIS, May-June 1993, 44: 145 ~ 163.
- [6] Research Systems Inc, ENVI 4.0 User's Guide, 2003, Chapter 1.
- [7] Boardman, J. W., and Kruse, F. A., Automated spectral analysis: a geological example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada: in Proceedings, ERIM Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, 1994, p. 1 ~ 407, 418.
- [8] Research Systems Inc, ENVI 3.5 User's Guide, 2001, Chapter 6, 9.
- [9] Boardman, J. W., Kruse, F. A., Green, R. O. Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data: in Summaries, Fifth JPL Airborne Earth Science Workshop, JPL Publication 95 ~ 1, 1995, 1: 23 ~ 26.
- [10] Boardman, J. W., Automated spectral unmixing of AVIRIS data using convex geometry concepts: in Summaries, Fourth JPL Airborne Geoscience Workshop, JPL Publication 93 ~ 26, 1993, 1: 11 ~ 14.
- [11] Center for the Study of Earth from Space (CSES). SIPS User's Guide, Spectral Image Processing System, Version 1.2, Center for the Study of Earth from Space, Boulder, CO, 1992, p. 88.
- [12] 浦瑞良, 宫鹏. 高光谱遥感及其应用 [M]. 高等教育出版社, 2000.

REMOTE SENSING CLASSIFICATION OF SURFACE FEATURES ON THE ROIGÊ PLATEAU

XU Gang, ZHAO Zhi-zong

(Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081)

Abstract: All materials have their characteristic spectral absorption peaks in remote sensing data. So missing and mixing of information that usually occurred in previous remote sensing classification may be greatly reduced by spectral identification. In order to solve the problem of the remote sensing classification of surface features on the Roigê Plateau, the spectral angle mapper classification of surface features was for the first time used in the ETM multispectral pansharp images. The steps of the classification are as follows: setting the standard of remote sensing data → selecting the swatches in the training area → using the minimum noise fraction rotation (MNF) to reduce the dimension and remove noises → using the pixel purity index (PPI) to purify the swatches → using the n-D visualizer to regroup the swatches → using the spectral angle mapper (ASM) to identify surface features. The classification results are as follows: the total accuracy of the class accuracy evaluation is 0.806 and the Kappa coefficient is 0.785. These accuracies conform to the technical requirements of 1:50 000 detailed land survey.

Key words: remote sensing; spectral characteristics; spectral angle mapper classification; Roigê Plateau