

DOI:10.3969/j.issn.1672-0636.2011.01.006

基于光谱知识库对高光谱 影像目标快速识别方法

于 宏¹, 黄树桃¹, 刘京晶²

- (1. 核工业北京地质研究院, 遥感信息与图像分析技术国家级重点实验室, 北京 100029;
2. 国家卫星气象中心, 北京 100081)

[摘要] 针对国内引进的机载高光谱成像仪(CASI/SASI)数据采集系统, 介绍了利用先验知识建立的多种地物目标光谱库, 以及高光谱影像目标快速识别的技术方法研究; 同时还阐述了其数据处理流程、目标识别原理和应用源代码编程实现过程, 并对其结果与应用进行了简要的分析。

[关键词] 目标识别; 知识库; 成像光谱系统

[中图分类号] TP73 [文献标志码] A [文章编号] 1672-0636(2011)01-0029-03

Technique of identifying speedy hyperspectral images object based on spectrum repository

YU Hong¹, HUANG Shu-tao¹, LIU Jing-jing²

- (1. National Key Laboratory of Remote Sensing Information and Image Analysis Technology,
Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China;
2. National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract: Aimed at the imported airborne hyperspectral data collection system (CASI/SASI), the authors first introduce the knowledge based spectral repository for multi ground objects, the study on the technique approaches to identifying object at speed with hyperspectral images, and then expound the principle of object identification, the flow of data processing and the programming procedure with open code, finally make a brief analysis for the results and its application.

Key words: object identification; knowledge repository; spectral imaging system

高光谱遥感作为遥感技术的重大成就之一, 近年来取得了重大进展。高光谱影像目标识别技术是利用空间维和光谱维信息进行目标定位和定性的技术方法; 利用高光谱图像(Hyperspectral Images)进行目标识别是当前

国内、外遥感图像处理和分析的研究热点之一, 尤其是近年涌现出大量星载和机载高光谱数据采集系统, 并获得了相当丰富的高光谱数据资源。因此, 国内、外科研单位对其的研究日益重视, 促使人们为快速从海量数

[收稿日期] 2011-02-16

[基金项目] 装备预研项目: 可探测目标的光、电特性监测评估研究(编号: 51303020701-6)

[作者简介] 于 宏(1960—), 男, 河北东光人, 高级工程师, 长期从事目标光学特性研究工作。

据中获取所需信息,开展了大量的研究分析与应用工作。其中,利用已知目标的光谱特征,从高光谱影像数据中检索该目标的空间分布是高光谱数据分析应用的重点之一。

CASI/SASI 是加拿大 ITRES 公司生产的机载成像光谱仪,为两个独立的成像系统,可在同一平台进行数据采集,其中 CASI 波长为 350~1 100 nm,最高光谱分辨率为 10 nm; SASI 波长为 900~2 500 nm,光谱分辨率为 10 nm。当前的数据处理与分析应用的工作过程是:利用设备数据预处理软件,进行辐射校正和几何校正,然后采用“黑/白布标”同步测试的方法或利用 FLASH 在 ENVI 平台中进行大气校正,最终进行光谱角填图、地物目标分类等分析应用。由于采集的数据量都相当大,数据处理方式流程繁杂、工作效率偏低,为此,笔者针对该系统的数据特点和当前的主要应用任务,对高光谱图像的目标进行高速、有效和智能化的识别,设计了一套规范实用的数据处理流程,并基于开源代码编程开发了高光谱图像目标快速识别系统,从而实现对高光谱影像中地物目标的准确定位与快速定性。

1 原理与算法

高光谱影像的分类和目标识别,主要有两种方法:即基于地物光谱特征的分类识别方法和基于统计的分类识别方法。基于统计特征的分类,可采用非监督和监督分类两种方法,非监督方法一般不需要具备对数据的先验知识,也可以直接应用原始高光谱遥感图像数据来进行分类,虽然精度有所欠缺,

但简单易行,也是常用的方法之一。由于地物光谱特征分类识别方法是利用光谱库中已知的光谱数据,采用匹配算法来鉴别和识别图像中的地物类型,因而该方法既可采用全波长的比较和匹配,也可用感兴趣的光谱特征或部分波长的光谱或光谱组合参量进行匹配,达到分类和识别的目的^[1-2]。笔者采用该方法,使其整个数据处理过程更为系统化,其基本原理是,首先对高光谱影像进行大气校正,计算反射率,利用光谱数据库中已知目标,在影像中对每个像素点进行光谱匹配检索,同时获取该像素点的空间坐标(图 1),反射率计算、空间坐标获取和光谱匹配过程基本是同步进行。其中光谱数据库中的数据来源于美国地调局(USGS)和近年研究项目的数据积累;目标检索的算法主要是引进现有成熟的算法——光谱角度匹配、相关系数、最小距离、约束能量最小化和基于支持向光机的光谱匹配算法等^[3];目标的空间定位是利用传感器、平台与 GPS 时间同步,获取传感器的姿态参数,结合其成像方式,进行空间坐标变换计算获得。

在高光谱遥感影像数据处理中,光谱匹配技术是高光谱地物目标识别的最为关键技术之一。经过了几十年的发展,高光谱遥感图像数据的分析处理技术取得了巨大进步,在传统分类算法的基础上发展,形成了一系列面向高光谱图像的目标识别与分类算法。国内、外这类算法有数十种之多,其中的许多算法原理都类同,只是进行了部分改进。光谱角、最小距离匹配等是比较常用的算法。基于光谱间的最小距离匹配算法与最小距离分类法几乎一致,只是最小距离匹配基于样本数据,将未知光谱和参考光谱数值之间距

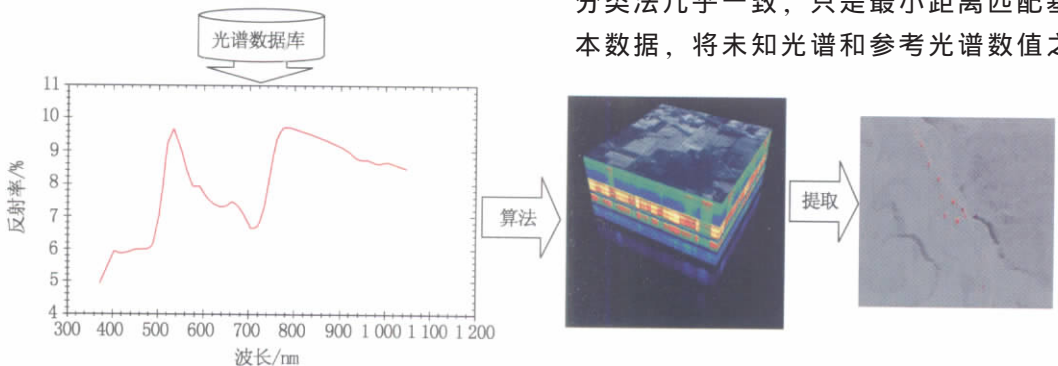


图 1 目标识别基本原理

离进行计算, 再根据最小二乘法进行分类匹配, 光谱可以采用欧氏、马氏和巴氏距离等。SAM 方法是把光谱看作多维矢量, 通过计算测量光谱(像元光谱)与目标光谱之间的“角度”来确定它们两者之间的相似性。SVM 是最近几年因计算机性能的极大提高而引入至高光谱影像数据分类的方法, SVM 是 Cortes 和 Vapnik 于 1995 年首先提出的, 建立在统计学习理论的 VC 维理论和结构风险最小原理基础上, 它在解决小样本、非线性及高维模式识别中表现出许多特有的优势, 并能够推广应用到函数拟合等其他机器学习问题中, 其本质上是一种对问题真实模型的逼近^[4-5]。本文并没有对上述算法的具体内容作过多的研究, 而是直接引用了这些成熟的算法和开源代码。

2 开发实现

根据上述原理和算法, 实现基于光谱知识库的高光谱影像目标的快速识别系统由 3 个主要部分组成, 即地物波谱信息管理系统、高光谱影像地理编码和高光谱影像目标检索模块, 其工作流程如图 2 所示。地物波谱信息管理系统是一个集波谱测量数据、地物目标先验知识数据于一体的信息管理系统, 为高光谱影像目标识别提供地物目标先验知识的平台。其建立方法是首先在 MS Access 中建

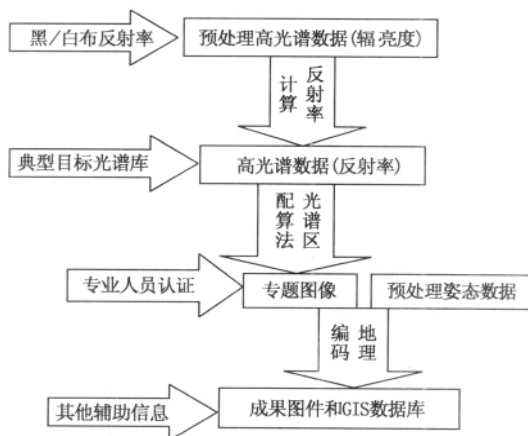


图 2 基于光谱知识库对高光谱影像目标快速识别工作流程

Fig. 2 Workflow of hyperspectral image object speedy identification procedure based on spectrum knowledge repository

立数据结构, 光谱数据以 BLOB 存储; 其后通过 ADO.Net 接口应用 C++ 编程开发, 实现对光谱数据及辅助信息的综合管理。当前该数据库中包含有来自 USGS 及近年积累的波谱数据(ASD 测量), 总计约 5 000 多个样本。其基本功能包括: 数据入库、查询、光谱图形可视化和数值分析等。

高光谱影像地理编码是利用 CASI/SASI 成像光谱系统的传感器、POS 和 GPS 的时间同步及其空间几何关系进行空间投影变换, 对影像中每一像素进行空间定位。CASI 和 SASI 在进行辐射校正后产生两个文件, 一个为文件记录每像素的辐亮度值(单位为 SUR, $1 \text{ SUR} = 1 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$)的高光谱影像数据; 另一文本文件存储每一扫描行的特征描述信息, 包括了系统时间、传感器坐标、姿态等辅助数据, 须与 GPS 进行同步以获取机下点像素精确的坐标与姿态数据, 其时间同步方法参照成像光谱系统所附技术说明书。扫描线的其他像素坐标依据飞行高度及空间变换矩阵计算获得^[6]。

高光谱影像目标检索模块是依据用户输入参数, 从高光谱影像中提取相应的目标空间分布, 具体功能包括: 利用黑/白布标计算反射率, 从地物波谱库中获得一组光谱数据(单个或多个样本), 并自动提取目标, 图像的基本操作与处理功能包括显示、放大、缩小、滤波、直方图和阈值设置等。可自选光谱匹配算法和任选不同的波段组合, 目前只有光谱角和相关性两种算法。SVM 算法尚在进行测试中, 还未取得好的结果。程序的实现是基于 GDAL、Open CV 等开源代码, 应用 C++ 编程调用其动态库功能函数实现的。

3 结果与讨论

首先, 对不同匹配算法进行比较测试, 从光谱库中随机抽取 20 个样本, 即应用 3 种算法(SAM、相关性和 SVM)对一组光谱数据 20 个样本进行实验循环测试, 即, 使用其中一个作为检测对象, 同时对样本的相似性进行排序, 前两者获取结果基本一致, 重叠率达 95%, 但 SVM 算法与前两者的差异较大, 重

- 学技术报告)[R]. 北京: 核工业北京地质研究院, 2004: 15-18.
- [16] 崔承禹. 岩石的热惯量研究 [J]. 遥感学报, 1994, 9(3): 177-183.
- [17] Watson K. Periodic heating of a layer over semi-infinite solid[J]. *J. Geophys. Res.*, 1973, 78: 5 904-5 910.
- [18] Kahle A B, Gillespie A R, Goetz A F H, *et al.* Thermal inertia mapping[C]//Proceedings of the tenth International Symposiums on Remote Sensing of Environment. London: IEEE, 1975: 985-994.
- [19] Kahle A B. A simple thermal model of the earth's surface for geologic mapping by remote sensing[J]. *J. Geophys. Res.*, 1977, 82: 1 673-1 680.
- [20] Gillespie A R, Kahle A B. Construction and interpretation of digital thermal inertia image [J]. *Photogramm. Eng. Rem. Sens.*, 1977, 43: 983-1 000.
- [21] Short N M, Stuart Jr L M. The heat capacity mapping mission (HCMM)anthology (NASA SP-565) [R]. Washington, DC: US Government Printing Office, 1982.
- [22] Nasipuria P, Mitra D S, Majumdar T J. Generation of thermal inertia image over a part of Gujarat: A new tool for geological mapping [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2005, 7(2): 129-139.
- [23] Nasipuria P, Majumdar T J, Mitra D S. Study of high-resolution thermal inertia over western India oil fields using ASTER data[J]. *Acta Astronautica*, 2006, 58(5): 270-278.
- [24] 张向前, 马藹乃, 崔承禹. 热惯量成像研究[J]. 遥感信息, 1986(2): 19-24.
- [25] 张霄羽, 毕于运, 李召良. 遥感估算热惯量研究的回顾与展望[J]. *地理科学进展*, 2008, 27(3): 166-172.
- [26] Christensen P R, Bandfield J L, Hamilton V E. A thermal emission spectral library of rock-forming minerals [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2000, 105(E4): 9 735-9 739.
- [27] 闫柏琨, 刘圣伟, 王润生, 等. 热红外遥感定量反演地表 SiO₂ 含量研究 [J]. *地质通报*, 2006, 25(5): 639-643.
- [28] 闫柏琨, 王润生, 甘甫平, 等. 热红外遥感岩矿信息提取研究进展[J]. *地球科学进展*, 2005, 20(10): 1 116-1 125.
- [29] Rowan L C, Mars J C. Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 84(3): 350-366.
- [30] Rowan L C, Mars J C, Simpson C J. Lithologic mapping of the Mordor, NT, australia ultramafic complex by using the advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 99 (1-2): 105-126.
- [31] 丑晓伟, 傅碧宏, 郑建京. 干旱区热红外遥感多光谱遥感岩石地层信息提取与分析方法研究[J]. *科学通报*, 1994, 39(18): 1 693-1 695.
- [32] 陈江, 王安建. 利用 ASTER 热红外遥感数据开展岩石化学成分填图的初步研究[J]. *遥感学报*, 2007, 11(4): 601.
- [33] 江西省地质矿产局. 江西省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1984: 286-357.

(上接第 31 页, Continued from page 31)

叠率仅为 70%。而在使用 SVM 算法进行高光光谱影像目标检索时, 没有获得预期的结果, 究其原因, 初步认为是 C++ 调用 Open CV 动态库过程中的参数设置存在错误。该方法已在两个实际应用课题中取得了良好的效果。在其后的工作中将完善 SVM 算法的测试, 并引进更多的算法进行应用。

[参考文献]

- [1] 童庆禧, 张兵, 郑兰芬. 高光光谱遥感: 原理、技术与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [2] 耿修瑞, 赵永超. 高光光谱遥感图像小目标探测的基本原理[J]. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2007, 37(8): 1 081-1 087.
- [3] Claudio Persello. Advanced techniques for the classification of very high resolution and hyperspectral remote sensing images[D]. Trento: DISI-University of Trento, 2010.
- [4] Marconcini M, Camps-Valls G, Bruzzone L. A composite semisupervised SVM for classification of hyperspectral images[J]. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2009, 6(2): 234-238.
- [5] Gualtieri J A, Chettri S. Support vector machines for classification of hyperspectral data [C]//Proc. of IEEE-IGARSS 2000. Hawaii: IEEE-IGARSS, 2000: 813-815.
- [6] Skaloud J, Lichti D. Rigorous approach to bore-sight self-calibration in airborne laser scanning [J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2006, 61(1): 47-59.