

基于图像光谱数据库的多光谱 影像分类识别研究

王冠珠^{1,2}, 王爱春^{1,3}, 闵祥军²

(1. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 中国资源卫星应用中心, 北京 100830;
3. 中国空间技术研究院, 北京 100081)

摘要: 中巴地球资源系列卫星经过多年运行, 积累了大量的数据, 其中多光谱数据尤其得到了广泛的应用。为了更好地利用 CCD 数据进行相关领域的应用, 尤其是进行定量遥感分析, 就如何对 CCD 影像进行表观反射率计算, 以及如何应用图像光谱数据库数据进行图像分类识别展开了一些基础性研究。并以宁夏某地区为例, 分别采用最大似然法和夹角余弦法进行了地物分类及分类结果对比分析。

关键词: CBERS; 图像光谱; 分类

中图分类号: TP 75 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2009)04-0528-05

1 引言

近年来随着卫星遥感技术的发展, 传感器水平和性能的不断提高, 加之世界各主要强国对遥感手段的日益重视和不断投入, 遥感影像数据不仅在科研领域和军事领域, 也在各种与国民经济密切相关的领域起到越来越重要的作用。这些遥感影像数据在不同的空间尺度上和不同的波段(蓝光波段、绿光波段、红光波段、近红外波段等)反映了地物和地貌特征, 为我们研究各种实际问题提供了极大的选择空间, 提供了大量可实际应用的信息。

遥感技术是以电磁波辐射为表现形式, 通过各种有效的手段来收集、处理、分析和提取所需要的特征, 达到识别所研究对象的存在状况和动态的目的^[1]。现代遥感技术最重要的形式就是通过各种遥感器, 收集地面物体在某一电磁波辐射范围内所反映的图像, 通过对获取图像的分析、研究, 达到识别物体的目的。

任何遥感图像都是地物电磁波谱特性的客观记录。因此, 遥感图像的应用处理与分析解译过程, 就是一个从记录电磁波谱辐射能量的图像反推地物目标属性类别及其时空分布变化的过程。研究地球表面各种物体电磁波辐射特性是遥感技术的一项极重要的基础, 也是推动遥感技术发展必不可少的工作。

近年来, CBERS 卫星为用户提供了大量的遥感数据, 在测绘、城市规划、土地利用与管理、森林覆盖监测、工程勘察等方面开展了许多的应用研究。正是由于资源卫星图像数据得到了广泛的应用, 对于图像的充分利用迫切需要我们建立和完善与之相关的数据产品库。图像光谱特性是遥感探测的基础、遥感器波段优化组合的依据、遥感图像解译指南、信息提取和目标识别的根据, 是定量遥感技术与应用发展的先决条件。通过建立资源卫星遥感图像光谱数据库, 可以为自然资源和地理空间基础信息库提供资源、环境、测绘、农业、林业、土地、水利、地质矿产、生态环境和自然灾害等领域的信息。同时, 随着定量遥感技术发展与遥感应用的逐步深入, 图像光谱数据库愈加显示其在遥感领域中的重要技术支撑作用^[2]。

本文以 CBERS 影像为例, 详细介绍了图像光谱数据库的数据获取以及如何应用图像光谱数据库更准确地进行地物识别。

2 图像的预处理

2.1 多光谱图像的获取

遥感图像上的各个像元是由有效载荷上不同的探测元对地物采样生成的。即: 每个探测元都对地采样成像, 然后各自有一个输出值, 该输出值就是原始图像数据的像元数字值。对 CCD 传感器来讲, 从入

射光信号到输出数字值(Digital Number;DN)要经过 3 个主要环节:一是光学透镜,二是 CCD 传感器,三是后处理电子链路。这样就可以得到遥感图像。

2.2 图像的辐射校正

由于对地采样成像有效载荷上的各个探测元本身固有特性不尽相同,存在差异,这就造成了对于完全相同的地物进行成像时,不同的探测元可能输出不同的 DN 值,使得生成的图像失真。而这是有效载荷制造生产中很难避免的。为了克服这种现象,地面数据处理系统对原始图像数据进行相对辐射校正,消除原始图像的失真,恢复真实的地物图像,对各个探测元获取的图像的原始 DN 值进行调整校正,将各个探测元的输出值调整到同一个基准上,使得各探测元对完全相同的地物生成的像元具有相同的 DN 值。

利用卫星发射前在地面测得的实验室积分球定标数据与整星积分球定标数据或卫星发射之后的星上定标数据可以获得相对定标系数。再通过将辐射校正系数作用于 0 级数据就可以生成 1 级数据。

2.3 图像的几何校正

从卫星遥感影像中提取信息,要把遥感影像投影在某一固定的参照系统中并修正原始影像所存在的几何变形(通常称之为影像几何纠正),实现卫星遥感影像的精确对地目标定位,以便进行影像信息的几何量测、相互比较和复合分析。

利用卫星参数、星历数据、姿态数据和其它辅助数据生成的系统几何校正模型,对辐射校正后的数据进行重采样可以由 1 级数据获得 2 级数据,即我们所需图像。

3 光谱信息提取

3.1 传感器入瞳处辐亮度的计算

太阳辐射从大气上界穿过大气,经地面反射后再穿过大气到达卫星传感器,两次穿过大气过程中,一部分能量被大气散射,一部分能量被大气吸收,所以卫星接收到的入瞳处辐亮度并不是真实的、完全的地物反射信息。但是这一数值对提高图像质量以及进一步的计算表观反射率都起着至关重要的作用。

此外,随着遥感定量化的发展,许多应用领域都需要用生物物理量。例如,叶面积指数(LAI)、光合有效辐射(PAR)等的获取。这些生物物理量的差异信息微弱,要消除大气这样的环境影响因素,才有可能获得。而且,光学传感器的性能随时间变化,引起输出信号值的漂移,这样遥感数据之间的长时间比较,精度也将受到影响。原始遥感数据的 DN 值

已不适宜直接用来监测这种类型的变化,它们需要经过绝对辐射校正后,才能胜任遥感监测的新需求。

根据 CBERS-02 星 CCD 相机的特点,可以根据图像 DN 值,结合绝对辐射校正系数,计算出表观辐亮度。传感器入瞳处辐亮度很大程度上决定着图像质量,是传感器接受数据的重要参数。传感器入瞳处辐亮度 L ,可以根据公式(1)得到,单位是 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ 。

$$L=\frac{DN}{A}$$

(1)

其中:DN 为图像的灰度值,A 是绝对辐射校正系数。

原始图像的颜色偏差是由于 CCD 相机原因引起的,不能代表地物的真实“面目”。而绝对辐射校正系数,可将歪曲的“面目”纠正到真实的状态,不仅使 CBERS 图像清晰,而且扩大了使用范围、提高了应用价值。绝对辐射校正系数 A 的获取不仅可以监测星上传感器性能的变化,而且利用绝对辐射定标系数,可以进一步开发各个深加工产品(如辐亮度产品、地表反射率产品等)。绝对辐射校正系数在中国资源卫星应用中心的网站上可以直接查询,为了保证数据的准确性,每年都会进行绝对辐射校正系数的更新,2004~2006 年 CBERS 卫星 CCD 相机绝对辐射校正系数如表 1 所示。

表 1 敦煌场地 CBERS-02 星 CCD 绝对辐射校正系数
(单位:DN/(W·m⁻²·sr⁻¹·μm⁻¹))

Table 1 Absolute radiometric correction coefficient of CBERS-02 CCD in DunHuang

年份	波段 1	波段 2	波段 3	波段 4
2004 年	1.0287	1.7298	1.0387	2.1594
2005 年	1.0288	1.8096	1.1079	2.2783
2006 年	0.9486	1.6729	1.0259	2.1275

3.2 表观反射率的计算

在定量化遥感应用中,大气影响是主要误差来源之一,而且消除这种影响很困难。一般来说,要完成大气校正,必须先进行辐射定标,得到绝对辐射校正系数。利用辐射定标结果,我们可以得到表观辐亮度和表观反射率。因此,可以认为表观反射率计算是大气校正的前期准备,具有重要意义。

从地物在太阳光照射下能量转换的角度看,传感器接收到的地物辐射亮度 L 是一个被称为在大气顶部的等效地物反射率 ρ 、太阳天顶角 θ 和太阳等效辐射照度 E_s 的函数(E_s 值见表 2)^[3],即:

$$L=(\rho/\pi)E_s \cdot \cos \theta$$

(2)

在大气顶部,太阳的辐射照度是一个常数,被称为太阳常数,是指在不受大气影响的情况下,在距太阳一个天文单位内,垂直于太阳光辐射方向上,单位面积单位时间黑体所接收的太阳辐射能量,其值为 $1.36 \times 10^3 \text{ W/m}^2$ 。对于 CBERS-02 星来说,当其波段响应函数确定的情况下,其波段平均太阳辐射度也是常数。

表 2 CBERS-02 星波段平均太阳辐射度 E_s 的值
($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$)

波段	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
E_s	1 928.1	1 783	1 546.6	1 070.5	1 663.8

考虑到地球绕太阳公转时与太阳距离的变化,引入日—地距离校正因子 d 。表示了由于地球的公转所引起的太阳辐射度的变化,则地物的大气顶部等效反射率的含义可以由下面公式(3)给出:

$$\rho = \frac{\pi L D_s^2}{E_0 \cdot \cos \theta} \tag{3}$$

其中: d 是日—地距离校正因子,可以据公式(4)计算,以天文单位来表示,其值在 0.983~1.017 之间,当计算精度要求不高时,可以取 1,带来的误差约为 5%。

$$d = \frac{1}{1 - 0.01673 \cos \left(0.9856 \frac{\pi (J - 4)}{180} \right)} \tag{4}$$

其中: π 是圆周率, J 是积数。

以上(4)式成立的条件是假设在大气层顶,有一个朗伯特(Lambertian)反射面。太阳光以天顶角 θ 入射到该面。

根据上述原理,可以计算出各种地物的表观反射率,从而获得表观反射率曲线,存入图像光谱数据库。图 1 为数据库中水田、旱田、河流、沙地和坑塘 5 种地物的反射率曲线。

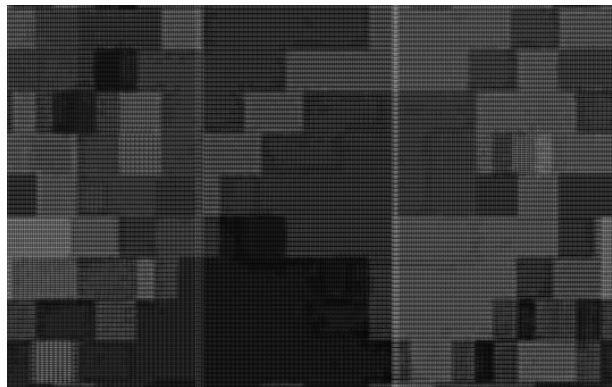


图 1 水田、旱田、河流、沙地和坑塘 5 种地物的反射率曲线
Fig. 1 The reflectance curve of paddy field, glebe, river, sand and pool

4 多光谱影像的分类识别

为了更好地验证波谱数据库分析功能的可行性,分别采用监督分类当中的最大似然法和夹角余弦法,对已经过预处理的 CBERS-CCD 图像进行实例分类研究。其中,图像光谱数据选用资源卫星图像高光谱数据库中的部分数据;多光谱数据选用宁夏某地区资源卫星 CCD 遥感图像,该区域位于 $38^{\circ}2'N \sim 38^{\circ}5'N, 106^{\circ}3'E \sim 106^{\circ}9'E$ 之间。原始影像数据量大,计算机运行速度较慢,设置了宽为 355 像元,高为 315 像元的矩形样窗,对原始影像剪裁,作为研究区域。CCD 图像如图 2 所示。

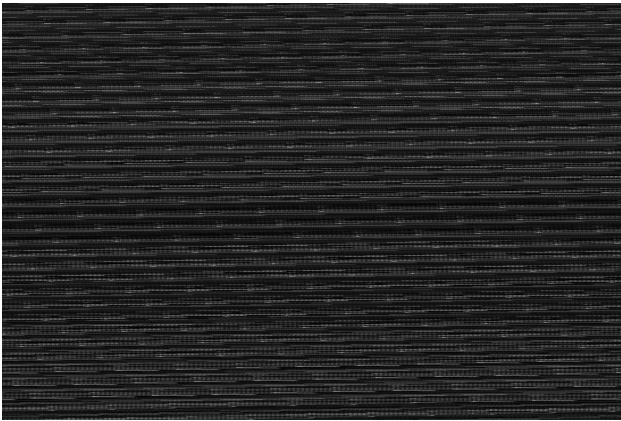


图 2 宁夏某地区 CCD 图像
Fig. 2 The CCD image of the study area in Ningxia province

4.1 分类方法与流程

4.1.1 分类方法

分类大体可分为监督分类和无监督分类。与无监督分类相比,有监督分类的最大区别就是有了人的指导,即各种先验知识的帮助,概括地说,就是用已经被确定类别的样本去识别其它待识别的像素点。在这种分类中,分析者对图中每一类别分别选取一定数量的样本点作为样本集合,然后利用这些样本集合对图像分类器进行训练。目前较为常用的算法有平行六面体算法^[4]、最小距离法^[4]、基于最小错误概率的贝叶斯分类器^[4]、极大似然法^[4]、夹角余弦法(SAM)^[5]、支持向量机法(SVM)^[6]、二进制编码方法^[7]和人工神经网络算法^[8]等等。

监督分类是一种常用的精度较高的统计判决分类,通过选择特征变量、确定判别函数或判别规则,从而把图像中的各个像元点划归到各个给定类。为了对比不同分类函数应用于 CBERS-CCD 数据的分类精度,研究中选用了最大似然、夹角余弦两种分类方法。

4.1.2 分类流程

两种分类方法支持下的影像分类过程大致分为 3 个步骤:

- (1) 选择训练区,建立分类模板。
- (2) 选择或构造训练分类器。
- (3) 对分类精度进行评价等。

具体操作流程如图 3。

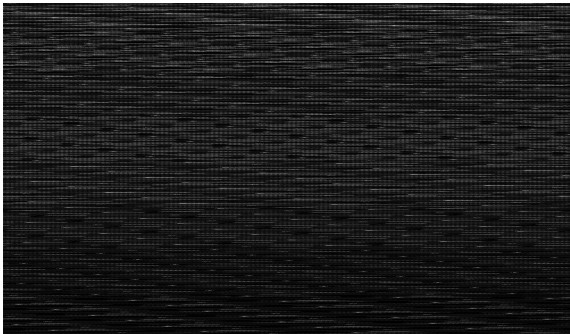


图 3 图像分类流程
Fig. 3 The flow chart of classification

4.2 分类结果与精度

分类过程中,把光谱特征相似、区分度较低的地

物类别进行合并,最终把研究区域分类模板确定为 5 类:水田、旱田、河流、沙地和坑塘。

进行分类后处理,最终确定了比较科学的分类结果。对两种不同方法的分类精度进行分析与评价,其中参考类别的确定采用现有的土地利用图与专家目视解译结果相结合的方法;通过混淆矩阵显示分类精度评价结果,混淆矩阵用于比较分类结果和地表真实信息,每一栏代表了一个地表的真实分类,并且每一栏中的数值与地表真实像元中的分类图像标签相对应;提取总体精度和 Kappa 系数,表示影像分类精度,数值越大,表明分类精度越高。两种分类方法的分类结果精度如表 3 所示。两种分类方法的分类精度均较为理想,能够满足应用的要求,但是夹角余弦法效果略好一些。分类结果如图 4 所示。

表 3 分类结果精度		
Table 3 The accuracy of the classification result		
分类方法	提取总体精度	kappa 系数
最大似然法分类法	88.41	0.8494
夹角余弦分类法	92.40	0.9034

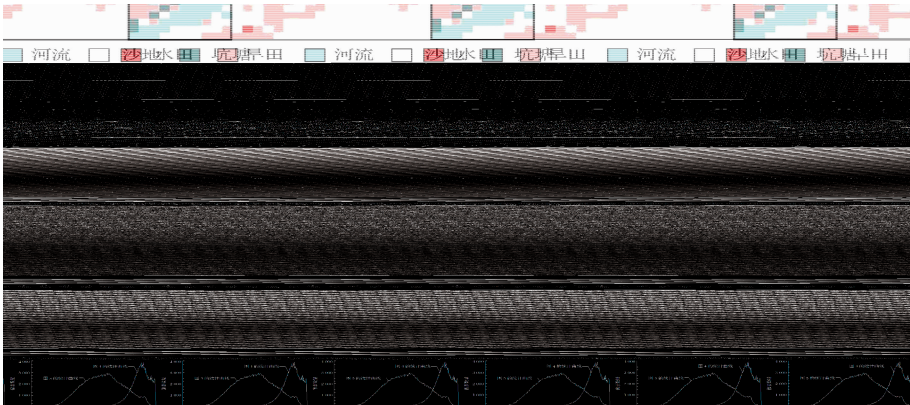


图 4 分类结果
Fig. 4 The result of classification

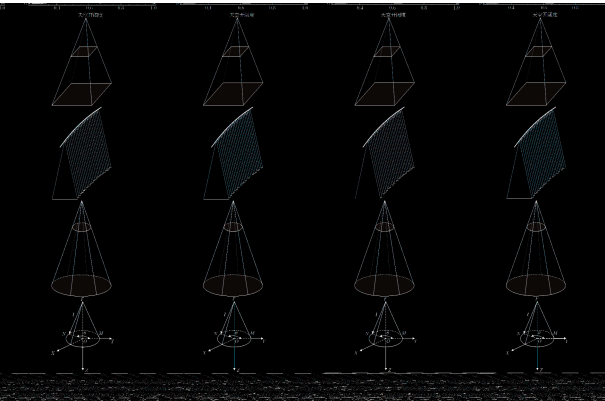


图 5 该区域土地利用图
Fig. 5 The land-use map in this area

为了更好地验证分类结果的可靠性,分别对比研究区的土地利用图(图 5)以及 CCD 图像 4、3、2 波段的彩色合成图(图 2),发现两种方法均满足应用的要求,且夹角余弦法结果略优于最大似然法。

5 结 语

由上述可知,最大似然法和夹角余弦法均实现了对遥感图像的分类,所得到的分类结果相近,并与已知的地质资料基本吻合。但是,两种分类方法所得到的结果又存在着一定的差异,主要原因是最大似然法利用遥感数据的统计特征,假定各类的分布

函数为正态分布,通过求出每个像素对于各类别的归属概率,把像素分到归属概率最大的类别中,而夹角余弦反映了光谱维空间中不同地物样本光谱矢量之间的夹角,强调了光谱的形状,可在一定程度上消除光照、地形等因素的影响,即可在一定程度上消除光谱矢量长度的影响,从而可以取得相对较好的分类结果。

虽然最大似然法分类结果略优于夹角余弦法,但是需要人工参与的工作更多;而夹角余弦法可以直接采用图像光谱数据库数据,极大地减少了工作量,提高了工作效率,更有利于高效的图像分类识别。

参考文献:

[1] Tong Qingxi. The Analysis of China' Typical Objects Spectrum and Its Features[M]. Beijing: Science Press, 1990. [童庆禧. 中国典型地物波谱及其特征分析[M]. 北京: 科学出版社, 1990.]

[2] Tian Qingjiu, Gong Peng. Current Status and Future Trends of Remote Sensing Spectral Database[J]. Remote Sensing Infor-

mation, 2002, (3): 1-7. [田庆久, 宫鹏. 地物波谱数据库研究现状与发展趋势[J]. 遥感信息, 2002, (3): 1-7.]

[3] <http://www.cresda.com>.

[4] Richards J A. Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer-Verlag[M]. Berlin, 1994, 340.

[5] Kruse F A, Lefkoff A B, Boardman J B, et al. The Spectral Image Processing System (SIPS)- Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data[J]. Remote Sensing of Environment, 1993, 44: 145-163.

[6] Tang Jingtian, Hu Dan, Gong Zhimin. Study of Classification by Support Vector Machine on Synthetic Aperture Radar Image [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2008, 23 (3): 341-345. [汤井田, 胡丹, 龚智敏. 基于 SVM 的 SAR 图像分类研究[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(3): 341-345.]

[7] Laine A, Fan J. Texture Classification by Wavelet Packet Signatures[J]. IEEE Trans on Pattern Anal and Machine Intel, 1993, 11: 32-36.

[8] Tatem A J, Lewis H G, Atkinson P, et al. Super-resolution Target Identification from Remotely Sensed Images Using a Hopfield Neural Network[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39(4): 781-796.

The Study of Classification and Identification of CCD Images Based on Image Spectra Database

WANG Guan-zhu^{1,2}, WANG Ai-chun^{1,3}, MIN Xiang-jun²

- (1. *Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*
2. *China Centre for Resources Satellite Data and Application, Beijing 100830, China;*
3. *China Association for Science and Technology, Beijing 100081, China)*

Abstract: A lot of data has been accumulated by years of operating of the series satellites-CBERS, among which the CCD image is applied widely. Some researches on classification and identification and on how to invert the apparent reflection for more applications of the CCD image in some relative departments was carried out, especially for the analysis on quantificational remote sensing. The results of classification with maximum likelihood and angle cosine are compared and analyzed as an example of some place in Ningxia Province.

Key words: CBERS; Image spectrum; Classification