

文章编号 1004-924X(2001)04-0392-04

超光谱遥感图像特征分析

刘恒殊¹, 彭风华², 黄廉卿¹

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022

2. 广州市公安局, 广东 广州 510435)

摘要:超光谱遥感图像是一种三维立体图像,可反映地物的空间信息和光谱信息,其数据量庞大。本文通过对实际多光谱遥感图像的测试,分析了空间相关性和谱间相关性;计算出自相关系数和互相关系数;并与普通图像进行比较,揭示了超光谱图像的特征,为超光谱图像处理和压缩编码奠定了理论基础。

关键词:超光谱图像;遥感图像;特征提取

中图分类号:TP751 文献标识码:A

1 引言

近十几年来,随着空间技术、电子学、光学和计算机技术的日趋成熟,使得遥感技术得到迅速发展,广泛用于军事侦察、粮食估产、资源探测、灾害预防等各个方面。在我国,遥感技术一直是重点攻关和优先发展的项目。

成像光谱技术是80年代初发展起来的一种新型遥感技术^[1-5]。它集光谱与成像为一体,具有获得高空间分辨率和光谱分辨率、超多波段光谱图像的技术能力。

通过成像光谱仪获得的超光谱遥感图像是三维立体图像,在普通二维图像的基础上又多一维光谱信息,其波段数一般在几十到几百个。根据超光谱图像和地物光谱特征,研究人员可以快速、定量地分析、识别地物类型和确定物质性质,得到比普通遥感图像更为丰富、准确的信息,图1为在不同波段获取的光谱图像。

超光谱遥感图像的数据量庞大,难以传输和存储,必须对图像进行压缩。为了有针对性地对超光谱图像进行处理和压缩,收到更好的效果,首先应分析超光谱图像的特征^[6-8],而超光谱遥感图像的特征,最为突出的是图像的相关性。

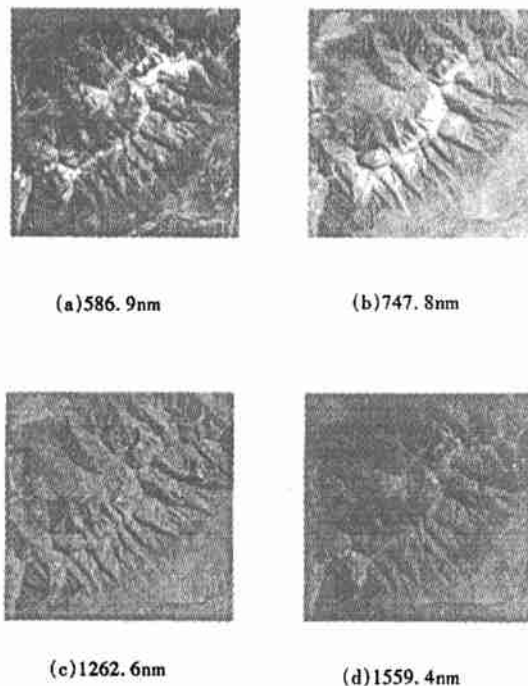


Fig. 1 Hyperspectral image(AVIRIS)

光谱图像的相关性^[7],可以表现为两个方面:空间相关性和谱间相关性。

2 空间相关性分析

空间相关性是指每个谱段内某一像素与其相邻像素之间的相似性。

图像自相关函数 $r(l, k)$ 定义为

$$r(l, k) = \iint f(x, y)f(x + l, y + k)dx dy \quad (1)$$

其中, $f(x, y)$ 为图像灰度函数。

对图像自相关函数公式(1)进行归一化和离散化处理,有

$$R(l, k) = \frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [f(x, y) - u_f][f(x + k, y + l) - u_f]}{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [f(x, y) - u_f]^2} \quad (2)$$

其中, $M \times N$ 为图像的大小, u_f 为图像亮度的平均值,即

$$u_f = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N f(x, y) \quad (3)$$

将 $k = 1, l = 1$ 时的自相关函数的取值 $R(1, 1)$, 即相邻两个像素之间的相关函数的值称为自相关系数,记作 $\rho, \rho = R(1, 1)$ 。从自相关函数的定义,可以得出 ρ 是一个在 0 和 1 之间的数值,即 $0 \leq \rho \leq 1$ 。

对于成像光谱图像来讲,自相关函数代表的是单一波段光谱图像的空间相关性。我们选取了超光谱图像的若干波段进行测试,测得自相关系数结果见图 2。

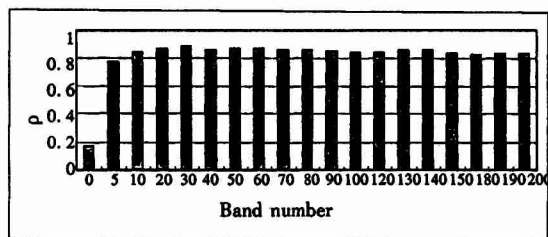


Fig. 2 Self-correlation coefficient

为了和普通图像(风景人物)比较,选取了国际标准图像 Lena(图 3)进行了比对测试,结果见表 1。



Fig. 3 Standard test image: Lena

Table 1 Compare test of AVIRIS and Lena

k, l	AVIRIS - Band20 (596.7nm)	Lena
1	0.8758	0.9222
2	0.7680	0.8329
3	0.6862	0.7550
4	0.6202	0.6805
5	0.5722	0.6112

从表中可以看到超光谱图像的自相关系数比 Lena 图像小,即超光谱图像的相关性低于普通图像。Lena 图像的目标尺寸小,有大块变化平坦的区域(如帽子、肩头、室内背景等),这些区域内的像素连续性很高,图像的相关性也较高。而遥感图像的分辨率低,涉及到的目标大,其结构特征很难有整体的一致性。本实验图像的分辨率 20m,地面目标只占一个或几个像素,像素值连续性较差,因此相关性较低。

从表中也可以看出,一个像素与相邻一两个像素的相关性较高,当间隔大于 5 个像素时,相关系数已降到 0.5 左右,在图像处理与压缩过程中,应考虑这一点。

3 谱间相关性分析

谱间相关性是指每个谱段光谱图像的同一空间位置像素有相似性。产生这种相似性的原因有以下两点:(1)光谱图像的每个波段图像的像素值,是相同区域地物在各个波段的反射值,它们是具有相关性的,其相关性的强弱在很大程度上取决于光谱分辨率;(2)由于不同波段的图像所涉及的地面目标相同,它们具有相同的空间拓扑结构。

为了分析图像的互相关性,引入互相关函数。

互相关函数 $h(l, k)$ 定义为:

$$h(l, k) = \iint f(x+l, y+k)g(x, y)dx dy \quad (4)$$

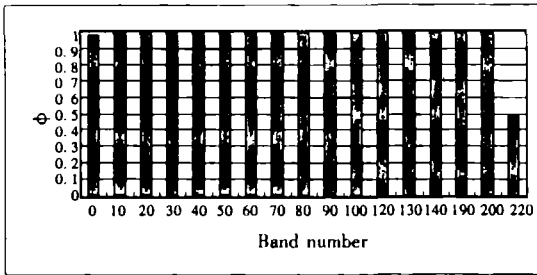


Fig.4 Cross-correlation coefficient

其中, $f(x, y)$ 为图像的灰度值函数, $g(x, y)$ 为标准图像或称图像模板, $h(l, k)$ 为 $f(x, y)$ 和 $g(x, y)$ 的互相关函数。

对公式(4)归一化离散化处理,得:

$$h(l, k) = \frac{\sum_{x=l_y=1}^M \sum_{y=1}^N f(x+l, y+k)g(x, y)}{\sqrt{(\sum_{x=l_y=1}^M \sum_{y=1}^N [f(x, y)]^2)(\sum_{x=l_y=1}^M \sum_{y=1}^N [g(x, y)]^2)} \quad (5)$$

其中, $f(x, y)$ 、 $g(x, y)$ 分别代表相邻两个光谱图像中的空间坐标为 (x, y) 像素灰度, l, k 分别代表像素的行、列位置变化值。当 $l = k = 0$, $h(0, 0)$ 称作两个图像的互相关系数, 记作 ϕ , 即 $\phi = h(0, 0)$ 。

利用公式(5), 选取若干相邻波段光谱图像的谱间互相关系数进行计算, 图4为光谱图像互相关系数的直方图。

从图4可以看出在成像光谱图像中, 相邻两个波段的光谱图像间的互相关性是非常强烈的。普通图像没有多波段, 不具有谱间相关性。谱间相关性是光谱图像特有的性质, 在图像处理与压

缩中应充分重视。

相邻波段图像的结构极其相似, 所不同的只是其强度值, 这是由于不同波段的光辐射强度不一样, 其分布规律如图5所示^[8-12], 由于大气层的吸收和散射的原因, 图中曲线产生波谷。在去相关过程中应根据曲线表达的规律预测相邻波段强度值, 可根据图5来构造预测编码中的预测器。

4 结束语

通过上述理论分析, 得出了超光谱图像具有很强的谱间相关性, 这是一般视频图像和遥感图像所不具备的。因此在对超光谱图像进行处理中, 应充分考虑这一典型特征, 而不能照搬一般图像的处理方法。这为我们今后实现超光谱图像的编码压缩奠定了有力的理论基础。

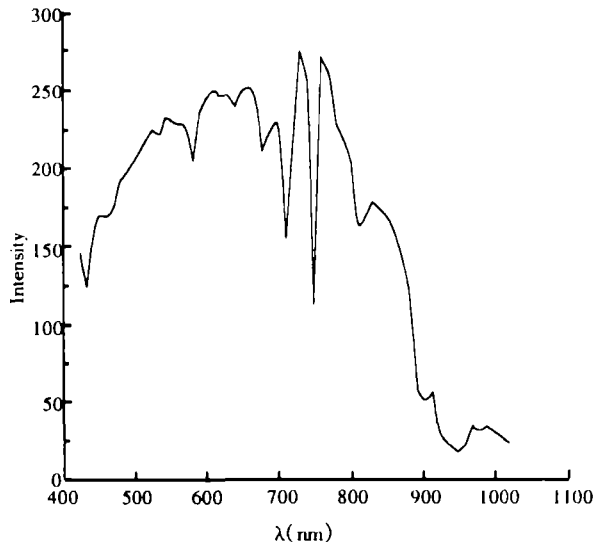


Fig.5 Relationship between signal intensity and wavelength

参考文献:

- [1] 王丽霞, 王慧. 星载超光谱成像技术应用于现状分析[J]. 航天返回与遥感, 2000, 21(1): 40-47
- [2] JEFFREY B, JOAN A. On-board hyperspectral compression and analysis system for the NEMO satellite[J]. SPIE. 1998, 3437: 20-28.
- [3] 秦愉伦. 国外成像光谱仪的发展[J]. 航天返回与遥感, 1995, 16(3): 27-36.
- [4] 张桦, 张钧萍. 遥感超谱(Hyperspectral)图像处理技术[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(1): 6-13.
- [5] 郭培基. 新型遥感光学立体成像系统的光学系统设计[J]. 光学精密工程, 2000, 8(1): 1-4.
- [6] 何斌, 郝志航. 遥感数字图像分类编码软件仿真[J]. 光学精密工程, 2000, 8(6): 545-548
- [7] 何斌, 郝志航. 卫星解码数字图像块效应计算机后处理方法[J]. 光学精密工程, 2001, 9(1): 43-49

- [8] 贾晓光,王雷.航天遥感压缩技术的最新发展[J].中国图象图形学报,1997,2(10):697-700.
- [9] 濮静娟,华缙健,刘益吾.空间遥感图像的分析应用[M].北京:国防工业出版社,1985.
- [10] 史光辉.卫星对地观测高分辨率光学系统的设计问题[J].光学精密工程,1999,7(1):16-24.
- [11] 郑玉权,崔敦杰.用BMP图像文件合成多光谱遥感图像的简单方法[J].光学精密工程,1999,7(1):25-30.
- [12] 王俊,卢钙等.航天相机等效模型的研制[J].光学精密工程,1999,7(5):49-55.

Feature analysis of hyperspectral images

LIU Heng-shu¹, PENG Feng-hua², HUANG Lian-qing¹

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,*
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China;

2. *Public Security Bureau of Guangzhou City, Guangzhou 510435, China*)

Abstract: The hyperspectral image is a three-dimensional image, which can provide both spatial information and spectral information. Because of the large size, it is difficult to be transmitted and restored. The paper describes the tests on hyperspectral images and analyzes the spatial correlation and spectral correlation. The self-correlation coefficient and cross-correlation coefficient are also calculated. In comparison with ordinary images, the feature of the hyperspectral images are revealed. The results obtained can be used in the research of remote sensing hyperspectral image compression.

Key words: hyperspectral images, remote sensing images, feature extraction

作者简介:刘恒殊(1975-),男,吉林省吉林市人,1996年毕业于上海交通大学应用数学专业,获学士学位,1998年进入中国科学院长春光机所读硕士研究生,2000年起攻读博士学位,研究领域为计算机图像处理。