

基于频域最小距离的 SPOT(Pan) 图像纹理分类算法

肖鹏峰,冯学智,阮仁宗,欧阳晓莹

(南京大学城市与资源学系,南京 210093)

摘要:为了将频谱对纹理特性的表征能力应用于遥感图像分类提出了基于频域最小距离遥感图像纹理分类算法。将模板图像和适当窗口大小的待判别图像分别进行傅立叶变换,计算两者的频域距离,距离最小者即判别窗口中心像元为该类别的地物。运用该方法对 SPOT(Pan) 图像进行纹理分类试验,结果表明窗口大小为 3×3 时分类效果最好,总体分类精度达到 80.4%。

关键词:纹理分类;傅立叶变换;频域;最小距离;SPOT

中图分类号: P237.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2006)83-0002-03

1 引言

图像的纹理是进行图像分割和分类的重要判据。纹理分析方法主要有统计方法和结构方法两大类,统计方法如灰度共生矩阵法、灰度差分法、灰度游程长度法、傅立叶功率谱法、数学形态学法、正交变换法、纹理模型法(包括 Markov 随机场模型、分形分维等)、空间-频率域分析法、纹理谱法等;结构方法如基于结构元抽取及排列规则的分析、结构元统计法、文法纹理分析等(李德仁等 a,1993;李德仁等 b,1993;赵锋等,1998;刘龙飞等,2003)。

由于一幅图像的频域的某一特定分量包含了图像空间的分布情况,因此从频域寻找一个合理的纹理特征是可行的。近年来国内外学者对频域提取图像纹理特征的研究较多。严学强等(1998)研究了基于局部功率谱的熵的纹理分类方法;刘晓龙等(1999)对高分辨率的航空影像进行傅立叶变换后按频率高低分解成若干频段影像,然后用频段影像参与分类,以提高 TM 影像的光谱分类精度;Zhou(2001)利用对傅立叶变换系数进行直方图统计和分析来提取纹理特征作为图像检索依据;周烽等(2001)利用像素点八近邻灰度之间的空间相关性,提出了用八近邻的傅立叶级数作为纹理刻画的方法;Li(2002)利用傅立叶周向谱和径向谱对人类掌纹进行识别研究;王东峰等(2003)探讨了傅立叶变换的自配准性质,并提出了基于自配准性质的纹理识别和图像分割算法;徐贵力等(2004)根据傅立叶变换的共轭对称性,提出了长方环傅立叶周向谱能量百分比算法;苏俊英等(2004)在进行高分辨率遥感影像上居民地特征提取时发现,使用最简单的方差特征进行纹理分析相对而言效果较好,傅立叶环形功率谱特征其次,灰度共生矩阵的二阶矩特征的效果最差。

本文基于傅立叶频谱对图像纹理的刻画能力,研究在频域内进行最小距离匹配的遥感图像纹理分类算法,并运用该算法对 SPOT(Pan) 图像进行纹理分类试验与精度评价。

2 频域最小距离算法

遥感所获取的地物信息可用 $f(x, y, z, t)$ 表示,其中, x, y 为空间位置参数, z 为相应点的观测值, t 为所使用的电磁波段, t 为重复观测周期。对固定波段的一幅遥感图像而言,则可用二维矩阵 $f(x, y)$ 来表示。用来描述图像纹理的统计方法和结构方法,由于处理技术的局部性,难以检测到整体的纹理模式。而傅立叶频谱完全适合于描述图像中循环的方向性或循环的二维模式二维离散傅里叶变换。

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})} \quad (1)$$

定义了大小为 $M \times N$ 的图像的频率空间, $F(u, v)$ 的范围称为频域, $|F(u, v)|$ 称为频谱。频谱中某截止频率 (u_0, v_0) 以内的成分称为低频成分,截止频率以外的成分称为高频成分。低频主要决定图像在平滑区域中总体灰度级的显示,而高频决定图像细节部分,如边缘和噪声。根据巴塞瓦定理,在空域图像 $f(x, y)$ 的能量及其对应的频谱 $F(u, v)$ 之间存在下列关系

$$\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |f(x, y)|^2 = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |f(u, v)|^2 \quad (2)$$

因此,频谱表征了图像的纹理和能量特征。如果图像的频谱中低频分量丰富,高频分量较小,那么这幅图像一定具有较平坦的纹理;如果图像的频谱中低频较少,高频比较丰富,则具有较复杂的纹理特征。空间域同一方向的边缘特征不论其位置如何,在频域的贡献会被叠加在一起,共同形成通过频谱原点并且与原方向垂直的谱线。

收稿日期:2005-07-02

基金项目:浙江省国土资源遥感综合调查项目(编号 2001500012021)

作者简介:肖鹏峰(1979~),男,湖南宁乡人,博士生,主要研究方向为资源环境遥感。

E-mail: xiaopf@tom.com

图 1 为江南地区 SPOT(Pan)上典型地物的图像及其频谱。水田的图像具有较规则的格网形状和复杂细致的纹理,其频谱高频分量较多,通过原点的两根谱线反映了图像上田间道路的线状特征。林地的图像具有较为平滑的纹理和方向不规则的边缘,反映在频谱上为高频分量较少,而且均匀散布在低频周围。水体的图像具有平滑的纹理和平稳的亮

度,其频谱的高频非常少,穿越第 2、4 象限的短谱线反映了与之垂直的水中悬浮物的边缘形状,与河流的流向一致。居民地图像的纹理非常复杂,所以频谱的高频成分丰富,而且散布的规律性不明显。可见不同的地物图像具有显著不同的频谱特征。

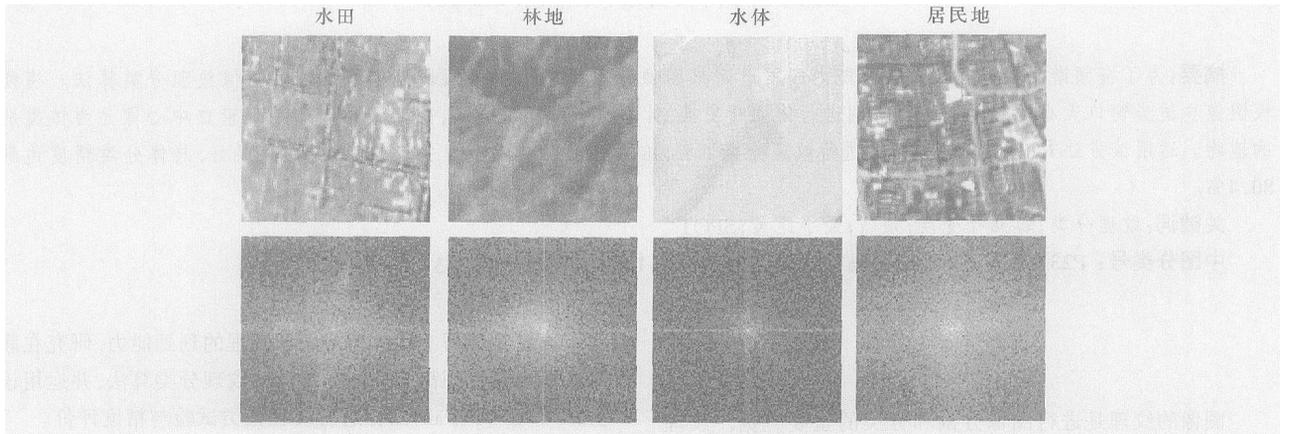


图 1 SPOT(Pan)图像上典型地物的频谱

因此,可以将频谱直接作为地物判别的依据。针对一幅单波段的遥感图像,将地物类型已知的若干模板图像和适当窗口大小的待判别图像分别进行傅立叶变换,计算两者的频域距离,距离最小者即判别为该类别的地物。假设 $|G(i, j)|$ 和 $|F(i, j)|$ 分别是模板图像和待判别图像的傅立叶变换幅度,将频域匹配运算的距离定义为:

$$I = \sum_{(i,j) \in S} [\ln |F(i, j)| - \ln |G(i, j)|]^2 \quad (3)$$

这里 S 是窗口面积减去零次谐波附近的小区域。因为图像灰度的不平稳分布主要叠加在低频区域,所以将零次谐波附近的小区域扣除,可以减小灰度不均匀性的影响。而频谱的对数变换可以增强高频部分的贡献,突出反映纹理的特征。

3 分类试验与结果分析

选取浙江境内一幅 469 × 358 的 SPOT(Pan) 图像进行纹理分类试验(彩色插页 4 图 2(a))。图像内的主要地物类型是水田;居民地零星分布在水田中间,有道路相连;一条河流自东南向西北流过,前后有两条支流注入,河流两岸有沙地和滩涂分布;水体因为含沙量比较大而呈现白色;中部有一座低山。

图像纹理分类的步骤如图 2 所示,首先选取纹理模板,根据图像的土地覆盖特征选取水体、水田、林地、其他(包括居民地、道路、沙地、滩涂等)四类模板,每一类模板采三个样本,进行傅立叶变换后将频谱进行平均,以减小采样不均匀可能造成的误差。获得模板频谱之后,用同样大小的窗口,在遥感图像上逐像元进行滑动,并与滑动窗口的图像频谱进行最小距离归类,将窗口中心的像元标记为该类别的属性。匹配距离计算时,忽略窗口中心的值,即扣除零次谐波附近

的区域,以减小灰度不均匀性的影响。最后,以边长为 3 的窗口对分类结果进行众数滤波,即将窗口中出现频率最高的灰度值取代窗口中心像元的值,用以平滑分类结果图像的边缘,去除细碎的小区域,得到最终的结果。

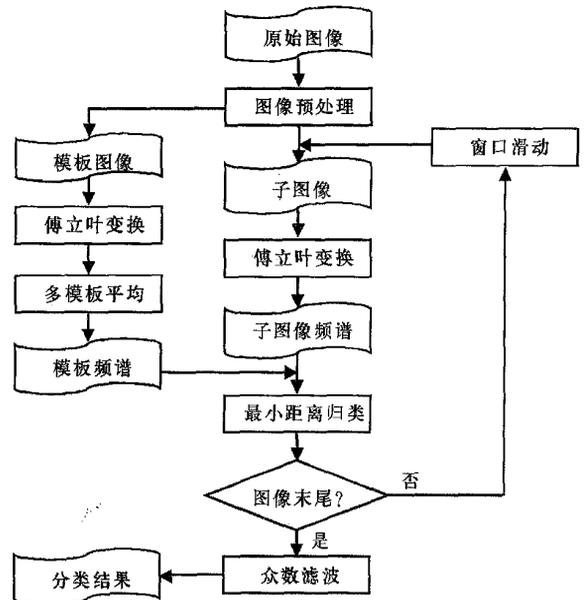


图 2 频域最小距离纹理分类算法流程

先后用大小为 3、5、7 的滑动窗口进行计算,分类的结果如彩色插页 4 图 2 b、c、d 所示。窗口为 3 × 3 时,总体的分类效果较好,水田、林地、水体等地物类型与实地基本吻合,界线清晰;水体呈现出良好的连通性,只有东南部一段窄的河道被错误地识别为其他类型。窗口为 5 × 5 时,其他类型的地物呈现扩张趋势,支流也几乎不见了。窗口为 7 × 7 时,这种趋势更加明显。此外,随着窗口的增大,“边界效应”也越来越明

显,这是因为窗口滑动的时候,图像边界上宽为窗口一半的范围内的像元无法成为窗口中心点的缘故。因此,从试验的结果来看,窗口越小,分类效果越好。在结果图像上选取 200 个随机点进行精度评价,发现分类总体精度为 80.4%。

4 结束语

纹理分类的关键在于找到这样的一种纹理描述,它既能反映不同纹理之间的差异,又能有效地表征同类纹理的共

性。研究和试验的结果表明,基于频域最小距离可以有效地对遥感图像依据纹理特征进行分类,而且采用较小的窗口分类效果较好。边界效应随着窗口的增大而扩大。如何克服频谱方向性的影响,发展旋转不变性的频谱描述方法,使方向不同的相似纹理判别为同一种地物类型,是该方法需要进一步改进的地方。另外,如何把频谱纹理描述的结果参与到遥感图像的多光谱分类,以提高分类的精度,也是值得进一步研究的问题。

参考文献

- 1 Li W, Zhang D, Xu Z. Recognition based on fourier transform [J]. Journal of Software, 2002, 13(5): 879 ~ 886.
- 2 Zhou F F, Shi J Q. Texture feature based on local fourier transform [J]. IEEE International Conference on Image Processing, 2001, 17(2): 610 ~ 613.
- 3 李德仁,张继贤. 影像纹理分析的现状和方法(一)[J]. 武测科技,1993(3):30~37.
- 4 李德仁,张继贤. 影像纹理分析的现状和方法评述(二)[J]. 武测科技,1993(4):16~25.
- 5 刘龙飞,陈云浩,李京. 遥感影像纹理分析方法综述与展望[J]. 遥感技术与应用,2003,18(6):442~447.
- 6 刘晓龙,李英成. 地物频谱在遥感图像分类中的应用研究[J]. 遥感信息,1999(1):24~26.
- 7 苏俊英,曹辉,张剑清. 高分辨率遥感影像上居民地半自动提取研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2004,29(9):791~795.
- 8 王东峰,邹谋炎. 傅氏变换的自配准性质及其在纹理识别和图象分割中的应用[J]. 中国图象图形学报,2003,8(2):140~146.
- 9 徐贵力,毛罕平. 利用傅里叶变换提取图像纹理特征新方法[J]. 光电工程,2004,31(11):55~58.
- 10 严学强,刘济林,郭小军,等. 基于空间频率域的纹理分类算法[J]. 浙江大学学报(自然科学版),1998,32(6):727~731.
- 11 赵锋,赵荣椿. 纹理分类及特征提取方法综述[J]. 中国体视学与图像分析,1998,3(4):238~245.
- 12 周烽,封举富,石青云. 一种新的基于局部傅立叶级数的纹理描述子[J]. 中国图象图形学报,2001,6A(10):993~997.

Texture Classification of SPOT (Pan) Image Using Minimum Distance in Frequency Space

XIAO Peng-feng, FENG Xue-zhi, RUAN Ren-zong, OU YANG Xiao-ying

(Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: To use the frequency spectrum characteristics in texture classification of remotely sensed imagery, a texture classification algorithm based on minimum distance in frequency space is put forward. Make Fourier transformation of the module and target image with suitable window size, then compute the distance in frequency space. If the distance was minimum, the center pixel is assigned to this module's attribute. Furthermore, a SPOT (Pan) image is classified using this algorithm. The results indicate that the window size of 3 × 3 presents best classification. The total precision of classification is up to 80.4%.

Key words: texture classification; transform; frequency space; minimum distance; SPOT

(上接第 52 页)

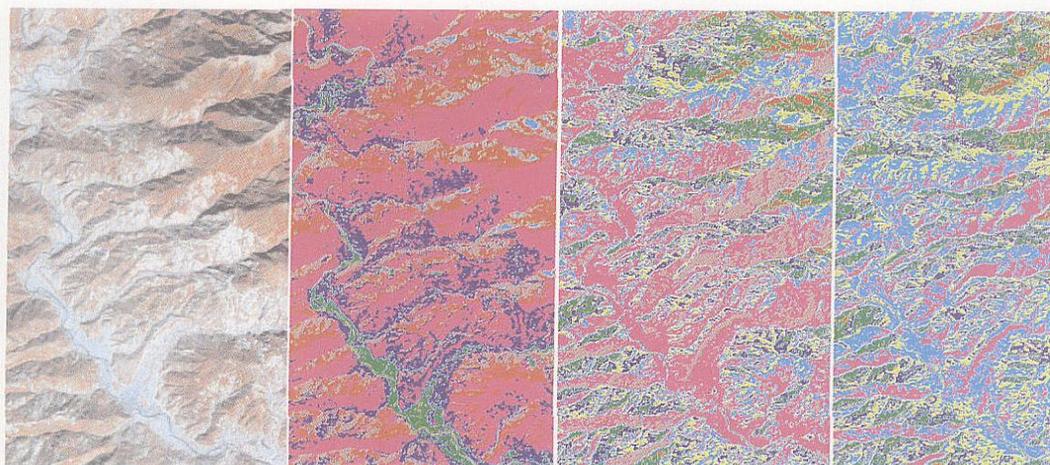
Data Quality Assessment and Control of Present Land Use Database Construction

SHEN Chen-hua

(Urban and Resources Department, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Based on the practice of building 1:10000 databases of the land use status survey in some counties of Jiangsu province, the article studies the main factors which affect the quality of data, brings forward the main characteristics of the factors and their weighting. Based on fuzzy math, the article proposes a model of comprehensive fuzzy assessment of data quality, and investigate the data quality control in process of database construction by SPC.

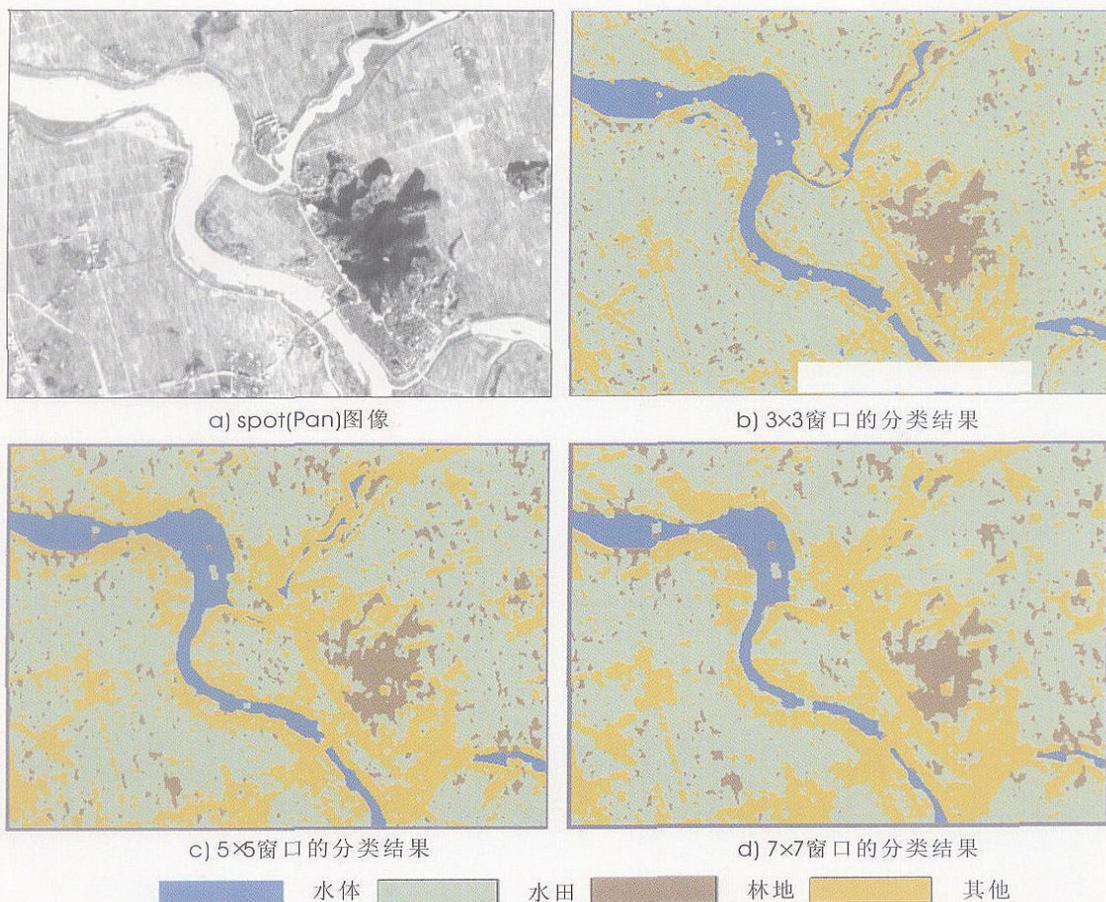
Key words: land use survey; data characteristics and weighting; data quality assessment model; quality process control



标准假彩色图像 多阶段信息提取结果图 K-mean信息提取图 ISO信息提取图

图1

详见《中巴资源一号02星土地覆被多阶段信息提取》一文P34



c) 5×5窗口的分类结果

d) 7×7窗口的分类结果

■ 水体 ■ 水田 ■ 林地 ■ 其他

图2 频域最小距离纹理分类结果比较

详见《基于频域最小距离的SPOT (Pan) 图像纹理分类算法》一文P3