

合理尺度纹理分析遥感影像分类方法研究

黄艳, 张超, 苏伟, 岳安志

(中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

摘要: 纹理分析是提高遥感影像分类精度的重要手段之一。纹理特征与地物类别尺度密切相关,应用纹理特征进行遥感影像分类,关键在于纹理尺度的确定。对于灰度共生矩阵纹理分析来说,就是选择大小合适的纹理窗口。根据样本半变异值在较小范围内有较大变化的特性,研究遥感影像相邻像素之间的空间关系,将半变异值开始趋于恒值时所对应的步长作为纹理分析的窗口大小,并在纹理特征提取过程中针对每一个像素,在最大似然分类结果的约束下,适时改变窗口大小,提取纹理特征,提出一种合理尺度纹理分析的遥感影像分类方法。最后,选择北京市昌平区2006年SPOT 5遥感影像,利用TitanImage二次开发环境实现了该方法。实践证明,该方法能有效提高遥感影像的分类精度。

关键词: 半变异函数; 灰度共生矩阵; 纹理特征; 分类

中图分类号: TP 75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2008)04-0014-04

0 引言

遥感影像的空间分辨率和要分类的类别数在很大程度上决定着影像的分类精度。传统的基于像素的光谱分类方法并不能使目前高空间分辨率遥感影像(如SPOT 5、IKONOS和QuickBird)的分类精度得到提高,因为它忽视了影像中潜在的空间信息,从本质上是基于像素的光谱特征分类,存在一定的局限性^[1],不能达到应用精度的要求。因此,针对高分辨率影像分类,不能仅仅依靠光谱特征,还应更多地利用遥感影像本身所固有的空间信息。近年来,利用纹理信息辅助影像光谱分类以增强分类精度的思想逐渐发展起来,成为遥感信息提取方面的一个研究热点。

灰度共生矩阵方法是一种广泛应用的纹理统计分析方法,由它所生成的参数可以描述纹理多方面的统计特征。半变异函数,也称为半方差函数,是关于数据点的半变异值(半方差值)与数据点间距离的函数,这种特征在空间上表现为一种空间自相关性,在遥感影像上反映为像素之间的空间关系。本文在影像空间统计特性稳定的情况下,利用半变异函数分析确定共生矩阵纹理窗口大小,得到较好的分类结果。

1 研究方法

1.1 共生矩阵定义

Haralick于1973年首先提出灰度共生矩阵

(GLCM)^[2]。灰度共生矩阵描述统计空间上具有某种位置关系的像元灰度对出现的频度。灰度共生矩阵反映了图像灰度分布关于方向、局部邻域和变化幅度的综合信息,但是它不能直接提取区域纹理的特性。因此,为了能描述纹理的性质,有必要从灰度共生矩阵中进一步提取描述图像纹理的特征。Haralick定义了14种纹理特征,用于提取遥感影像纹理信息的特征统计量主要有同质性(Homogeneity)、对比度(Contrast)、均值性(Mean)及角二阶矩(Angular Second Moment)等。

1.2 半变异函数定义

半变异函数属于一种空间统计(也称为地统计)分析方法^[3],由法国统计学家G. Matheron提出^[4]。在地质统计学方法中,半变异函数描述了样本之间空间依赖的程度;在遥感影像中,半变异函数描述了遥感影像的空间变异结构。

半变异函数一般用半变异曲线来表示。变异函数模型参数包括变程、基台值和块金值,其中,变程是一个重要参数,它描述了遥感影像中某一地物空间依赖性达到最大时的地面距离,它和图像中地物的大小有关,给出了随机地物DN量在空间上自相关的尺度^[5]。

1.3 基于半变异函数纹理窗口的确定

用灰度共生矩阵提取纹理特征时,主要参数包括纹理特征统计量、灰度级别,像素对的方向、距离以及纹理窗口大小。F. Dell'Acqua等人利用共生矩阵和半变异分析相结合的方法提取纹理特征。结果表明,该方法能够根据精度要求,合适选择纹理窗口大小,

有效搜索合理的尺度对纹理特征进行提取^[6]。

当我们用固定窗口提取的纹理特征参与分类时,如果纹理窗口较小,提取的纹理信息就会比较破碎,表现的细节较多,斑点现象严重;如果纹理窗口较大,小地物信息很容易被过滤掉,边界模糊。所以,窗口太大和太小都不能得到理想的提取结果。

试验表明,不同窗口大小对不同地类的分类精度也不相同,如本次实验的 SPOT 5 影像,当窗口在小于 9 像元 × 9 像元的大小范围内,耕地的分类精度会随窗口的增大而逐渐提高,而林地的分类精度却逐渐降低。因此,本文根据样本的半变异值在较小范围内有较大变化的特性,研究遥感影像相邻像素之间的空间相关性,将半变异值开始趋于恒值时对应的步长作为分析窗口大小,此时的步长即为变程,也称为滞后距离,它和图像中地物的大小有关,能较好地反映地物特征,并避免了其它随机变量影响的扩大,从而能准确地定出灰度共生矩阵纹理分析中窗口大小这个最重要的影响因素。

2 研究区与数据准备

以北京市昌平区为例,该区地物类型有耕地、林地、居民点和水体等。本文以算法研究为目的,仅从影像中裁剪出一小块有代表性的区域作为试验区。该区包含了典型的土地利用/覆盖对象,可以满足试验要求。

研究采用的数据是 2006 年 SPOT 5 影像。首先对原始 SPOT 5 影像进行预处理,即用全色波段数据对多光谱波段数据进行几何校正,并将校正后结果与全色波段数据进行 HSV 融合,融合后影像具有和全色波段数据相同的空间分辨率。

3 纹理特征提取流程

纹理特征提取的具体流程如图 1 所示。

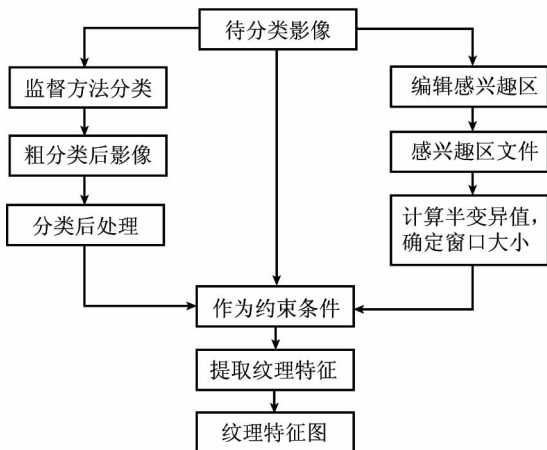


图 1 纹理特征提取流程

首先,从融合后影像和全色波段影像上选择纹理信息丰富的相同区域作为研究对象(待分类影像),然后在全色波段影像中对不同的土地利用类型分别编辑出 10 ~ 30 个训练区作为样本,并转化为 ASC II 格式,同时加入与 DN 值对应的行列号,此结果可为后面的半变异分析提供数据源。

3.1 半变异函数分析

将各个类别的样本分别在地统计学软件 GS⁺ 中进行半变异分析,将半变异值开始趋于恒值时的步长作为相应类别的共生矩阵窗口大小。由于各个土地利用类别的样本在选择时存在不确定性,所以在确定样本大小时,要综合考虑土地利用类别地物的大小等特性。如果样本范围太大,其它非样本对象的随机因素的干扰作用变强;如果样本范围太小,样本对象被破坏,也不能得到各土地利用类别准确的半变异特性。根据植被覆盖度不同,将耕地分为植被覆盖度大和小两种(光谱特征存在差异),分别归为耕地 1 和耕地 2。本文研究耕地 1 样本的半变异函数曲线如图 2 所示。

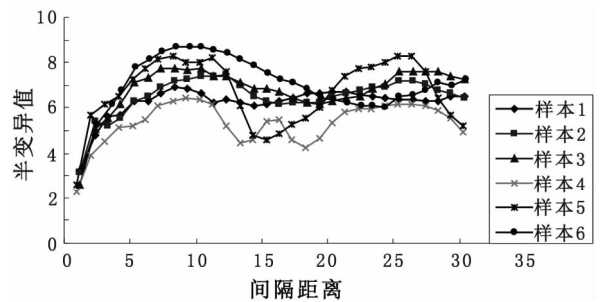


图 2 耕地半变异函数曲线

大多数样本点在间隔距离 8 ~ 10 区间内的半变异值达到最大值点,所以确定耕地 1 的纹理窗口大小为 9 像元 × 9 像元。最终确定的各个类别的纹理分析窗口如表 1 所示。

表 1 实验得到的不同类别纹理窗口

类别	纹理窗口大小/像元 × 像元
耕地 1	9 × 9
耕地 2	9 × 9
林地	5 × 5
水体	3 × 3
建设用地	11 × 11

3.2 纹理特征提取

在每一种土地利用类别纹理窗口大小确定的基础上,对原始融合影像(插页彩片 1)进行最大似然监督分类。将分类后影像中的类别信息与窗口大小分析结果关联起来,并将分类后影像作为原始全色波段影像的约束,读取分类影像的类别号,加载每一类别所对应的纹理窗口大小,改变纹理特征提取时每一个像素所对应的窗口大小来提取纹理特征。用

非固定窗口提取的纹理特征如插页彩片 2。

试验表明,与固定窗口提取的纹理特征相比,非固定窗口提取的纹理特征椒盐现象有一定的改善,且保证了细节信息不丢失,边缘清晰程度良好。

4 分类试验与分析

本文采用 VC++ 6.0 作为开发环境,在 Titan-Image 6.0 二次开发平台上实现了多种纹理特征提取方法和相应的分类算法。将提取的纹理特征作为一个波段和融合后影像进行波段组合,将得到的影像在同样的训练区文件下进行最大似然监督分类;同时,也分别对原始融合影像和加入固定窗口大小纹理影像进行最大似然监督分类。原始影像分类图和加入纹理特征的分类结果如插页彩片 3 所示。

表 2 分类精度评价

方法	角二阶矩		均质性		均值		相关性	
	总体精度/%	Kappa	总体精度/%	Kappa	总体精度/%	Kappa	总体精度/%	Kappa
固定窗口	83.248 3	0.709 3	82.734 7	0.702 0	81.075 3	0.678 5	83.248 3	0.709 3
非固定窗口	84.795 4	0.733 1	86.017 5	0.747 6	86.435 5	0.759 5	84.347 2	0.725 5

表 2 中固定窗口总体精度和 Kappa 系数是选取 3 像元×3 像元至 11 像元×11 像元窗口纹理信息中参与分类精度的最优者。例如,对于均值这个特征来说,3 像元×3 像元窗口的分类精度为 81.075 3%,7 像元×7 像元的精度为 78.016 9%,11 像元×11 像元的精度为 77.568 0%,则选择 3 像元×3 像元窗口的分类精度 81.075 3% 作为最后比较均值特征固定窗口的精度。试验结果表明,加入一定范围内(固定窗口)普通纹理特征数据分类的方法可以提高分类精度,而本文利用非固定窗口提取纹理特征数据参与分类的方法进一步提高了分类精度。例如,就均值这一纹理特征而言,加入固定窗口提取纹理特征进行分类,总体精度提高 1 个百分点,而加入非固定窗口提取的纹理特征进行分类,总体精度在此基础上又提高了 5 个百分点;加入固定窗口提取的纹理特征进行分类,Kappa 系数比原始融合后影像分类结果提高了 0.002,而加入非固定窗口提取的纹理特征进行分类,Kappa 系数在此基础上又提高了 0.081 2。

就各个地类而言,水体和建设用地的分类精度较高,可以达到 90% 以上,而原始融合影像的耕地分类精度为 75.38%,林地的分类精度为 84.58%。但是,加入固定窗口均值纹理特征后,耕地的分类精度为 75.81%,林地的分类精度为 80.52%;加入非固定窗口的纹理特征后,耕地的分类精度为 82.14%,林地的分类精度为 89.03%。因此,本文所提出的合理尺度纹理分析遥感影像分类方法可以提高分类精度。

如图插页彩片 3(a)所示,由于耕地和林地的光谱值相似,存在很多将耕地错分为林地的现象;在加入 3 像元×3 像元固定窗口提取的纹理特征后(彩片 3(b)),由于耕地和林地所用的纹理特征测度不同,所以耕地错分为林地的现象有所改善,但由于采用的纹理窗口过小,椒盐现象比较严重,尤其表现在建设用地这一类别;随着纹理窗口的增大,椒盐现象有所改善,但同时也滤掉了一些细节信息(彩片 3(c)、(d));而插页彩片 3(e)利用了非固定窗口的纹理特征,可以在耕地信息不被错分的情况下,同时保证细节信息,满足了分类精度的要求。

分别用混淆矩阵和 Kappa 系数法对上述 4 种分类结果进行精度评价:原始融合影像的分类总体精度为 80.955 5%,Kappa=0.678 3;加入纹理特征的分类精度评价如表 2 所示。

5 结论

(1)针对不同地物类别选择合适的纹理窗口是提高分类精度的关键:一方面,避免了小窗口提取纹理特征的破碎现象;另一方面,防止大窗口提取纹理时易滤掉小地物信息和时间效率低等问题。

(2)对于高分辨率遥感影像分类,加入非固定窗口纹理特征,可以充分利用高分辨率遥感影像的纹理信息,而合适的纹理窗口大小可有效提高遥感影像分类精度。

(3)提出的基于纹理分析遥感影像分类方法的分类精度较传统分类方法精度有明显提高,这对于进行大比例尺遥感土地调查与监测,以及提取更加丰富的地表覆盖信息,有较好的应用前景。

(4)由于同类地物复杂多样,各土地覆盖类别纹理窗口大小的确定需要大量采样和进行半变异分析,故实际操作相对复杂,因此,如大范围推广应用本文提出的分类方法,仍需对算法进一步完善和改进,这也是我们下一步将要开展的工作。

参考文献

- [1] 陈秋晓,骆剑承,周成虎. 基于多特征的遥感影像分析——一个新的视角[J]. 国土资源遥感, 2003, (1): 5-7.
- [2] Haralick R M, Shanmugam K, Dinstein I. Texture Features for Image Classification [J]. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 1973, 3(6): 610-621.

[3] Peter I Brooker. Changes in Dispersion Variance Consequent upon Inaccurately Modelled Semi - variograms [J]. Mathematics and Computers in Simulation, 1988, 30(1 - 2) :11 - 16.

[4] Matheron G. Principles of Geostatistics[J]. Economic Geology, 1963, 58(8) :1246 - 1266.

[5] 沈国状, 廖静娟. 基于半变异函数的多极化 SAR 图像地表淹没程度分析[J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(6) :569 - 573.

[6] Dell' Acqua F, Gamba P, Trianni G. Semi - automatic Choice of Scale - dependent Features for Satellite SAR Image Classification [J]. Pattern Recognition Letters, 2006, (27) : 244 - 251.

A STUDY OF THE OPTIMAL SCALE TEXTURE ANALYSIS FOR REMOTE SENSING IMAGE CLASSIFICATION

HUANG Yan, ZHANG Chao, SU Wei, YUE An - zhi

(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Texture analysis has become an important means for improving the accuracy of remote sensing image classification. As the texture feature is closely related to image scale, the determination of a scale for texture analysis applied in remote sensing image classification is very important and corresponds to the choice of an appropriate size of texture window for gray co - occurrence matrix texture analysis. The authors studied the spatial relationship between the adjacent pixels in the remote sensing image, and selected the lag distance of the semi - variogram that was determined when the value of the semi - variogram tended to be constant as the co - occurrence window size. Under the restraint of the Maximum Likelihood supervised classification results, the co - occurrence features were computed with a timely changeable co - occurrence window size according to the semi - variogram analysis. This paper introduced a method of reasonable scale texture analysis for remote sensing image classification and had an image taken in Changping District, Beijing as an example. The texture feature was extracted from SPOT5 remote sensing data in the Titan Image secondary development environment and involved in classification. A comparison of the results using the method proposed in this paper shows that the classification accuracy has been improved effectively.

Key words: Semi - variogram; Gray co - occurrence matrix; Texture feature; Classification

第一作者简介: 黄艳(1983 -), 女, 在读研究生, 主要从事遥感应用研究。

(责任编辑: 刁淑娟)

“全国新型遥感技术应用交流会暨中国遥感应用协会专家委员会会议”在广西南宁召开

由中国遥感应用协会专家委员会和核工业北京地质研究院国家级遥感重点实验室主办的“全国新型遥感技术应用交流会暨中国遥感应用协会专家委员会会议”于 2008 年 10 月 13 ~ 14 日在广西南宁市成功召开。来自全国 18 个省、市、自治区的百余位遥感技术应用专家和代表参加了新型遥感技术应用交流会, 50 多位委员参加了中国遥感应用协会专家委员会会议。

会议由中国遥感应用协会专家委员会秘书长刘德长研究员主持, 由专家委员会常务副主任胡如忠研究员致开幕词, 刘侠副主任宣读了专家委员会主任庄逢甘院士给大会的信, 核工业北京地质研究院国家级遥感重点实验室赵英俊主任宣读了专家委员会主任陈述彭院士为大会的题词。中国遥感应用协会荣忠启秘书长代表中国遥感应用协会到会, 广西壮族自治区气象减灾研究所钟仕全副所长代表东道主到会并致词祝贺。

中国国土资源航空物探遥感中心王润生教授应邀作了“高光谱遥感地物的物质组分和物质成分探测”的专题报告, 核工业北京地质研究院国家级遥感重点实验室赵英俊主任作了“CASI/SASI 航空成像光谱测量系统数据获取及处理分析”的专题报告, 中国科学院遥感所邵芸研究员作了“新型成像雷达遥感应用的优势与挑战”的专题报告。随后, 与会代表就高空间分辨率信息源应用、新型多光谱 - 高光谱遥感信息源应用、合成孔径雷达信息源的应用、多源遥感与地学信息集成应用等议题进行了学术交流和深入探讨, 涉及的应用领域包括农业、林业、土地利用、矿产资源勘查、海洋调查、环境评价、地震灾害监测、城市规划以及方法技术研究等诸多方面, 其中, 新型遥感数据在我国四川地区抗震救灾工作中发挥的重要作用尤其引人注目, 更加充分地证明了遥感技术在我国国民经济建设中的重要地位和广阔的应用前景。

在新型遥感技术应用交流会后, 召开了中国遥感应用协会专家委员会会议。

(杨旭 报导)