

基于面向对象和规则的遥感影像分类研究

陈云浩^{1,2} 冯 通² 史培军¹ 王今飞³

(1 北京师范大学资源学院,北京市新街口外大街19号,100875)

(2 香港中文大学地理与资源管理系,香港新界沙田)

(3 加拿大西安大略大学地理系,加拿大, N6A 5C2)

摘 要: 讨论了面向对象和规则的光学遥感影像分类方法。首先利用多尺度分割形成影像对象,建立对象的层次结构,计算对象的光谱特征、几何特征、拓扑特征等,利用对象、特征形成分类规则,并通过不同对象层间信息的传递和合并实现对影像的分类。并以北京城市土地利用分类为例,对该方法进行了验证。

关键词: 面向对象;多尺度分割;规则;分类

中图法分类号: TP753; P237.4

面向像元的分类方法实际上是以像元为基本单元,利用其光谱(颜色)信息进行信息的提取与归并。虽然许多数学方法如各种神经网络方法^[1]、模糊分类^[2]、改进的最大似然分类^[3]等的引入提高了分类的精度,然而从根本上讲,基于像元的分类方法仍相当于图像理解过程的第一层次,即仅利用基本像元的特征进行识别,对于色调空间分布等较为复杂的关系没有考虑。自从 IKONOS、Quickbird 等高空间分辨率影像出现以来,传统的利用面向像元的影像分类技术就面临着许多挑战^[4]。针对上述情况,许多考虑地物空间特征的遥感影像分类方法得以发展,如支持向量机^[5]、上下文分类^[6]、纹理分类^[7]等。在分类过程中,考虑了地物的纹理、形状、尺寸等空间特征,以像元的空间特征辅助光谱信息,以提高分类精度。显然,此类方法应属于图像理解的第二层次。虽然利用纹理等信息可以辅助分类,然而在很多情况下,只有图像被分割为同质对象时,图像分析的结果才有意义^[8,9]。本文正是利用了面向对象的分类思想,在对遥感影像进行多尺度分割的基础上,探讨面向对象分类策略、分类规则的建立方法。

1 面向对象分类原理

所谓面向对象方法,通过对影像的分割,使同质像元组成大小不同的对象。正是由于对象内部的光谱差异小,所以对任一对象可以忽略其纹理等空间信息,而从光谱和形状两方面刻画。利用对象的空间特征和光谱特征进行分类,可以有效地克服基于像元层次分类的不足^[10]。面向对象的分类方法主要包括影像分割、对象层次结构、分类规则和信息提取。

1.1 影像分割

多尺度影像分割从任一个像元开始,采用自下而上的区域合并方法形成对象。小的对象可以经过若干步骤合并成大的对象,每一对象大小的调整都必须确保合并后对象的异质性小于给定的阈值。因此,多尺度影像分割可以理解为一个局部优化过程,而异质性则是由对象的光谱(spectral)和形状(shape)差异确定的^[11],形状的异质性则由其光滑度和紧凑度来衡量^[11]。显然,设定了较大的分割尺度,则对应着较多的像元被合并,因而产生较大面积的对象。

收稿日期: 2006-01-15。

项目来源: RGC Grant 资助项目(CUHK. 4251/03H); 国家自然科学基金资助项目(40201036); 测绘遥感信息工程国家重点实验室开放研究基金资助项目(WKL(03)0102)。

1.2 对象的层次结构

分割遵守以下思想: 像元层和整个影像视为两个特殊的对象层, 任何分割所形成的对象层则介于其间。大尺度分割下所形成的对象是由小尺度分割所形成的对象组合产生的^[1], 以确保不同尺度下的对象可以构成层次结构, 从而有利于不同层次间信息的传递。

1.3 规则建立

多尺度分割后, 影像的基本单元已不是单个像元, 而是由同质像元组成的多边形对象。面向每一多边形对象可计算出所包含像元的光谱信息

以及多边形的形状信息、纹理信息、位置信息以及多边形间的拓扑关系信息等。具体的分类规则可以利用对象所提供的各种信息进行组合, 以提取具体的地物。不同层次可以针对特定地物建立各自规则, 通过不同分类规则的层间传递, 使得分类规则的建立不仅可以利用本层对象信息, 也可以利用比本层高或低的其他层次的对象信息。

1.4 信息提取

面向对象的信息提取和分类过程所处理的不再是单个像元, 而是影像分割后所形成的对象。面向对象的分类/ 信息提取过程如图 1 所示。

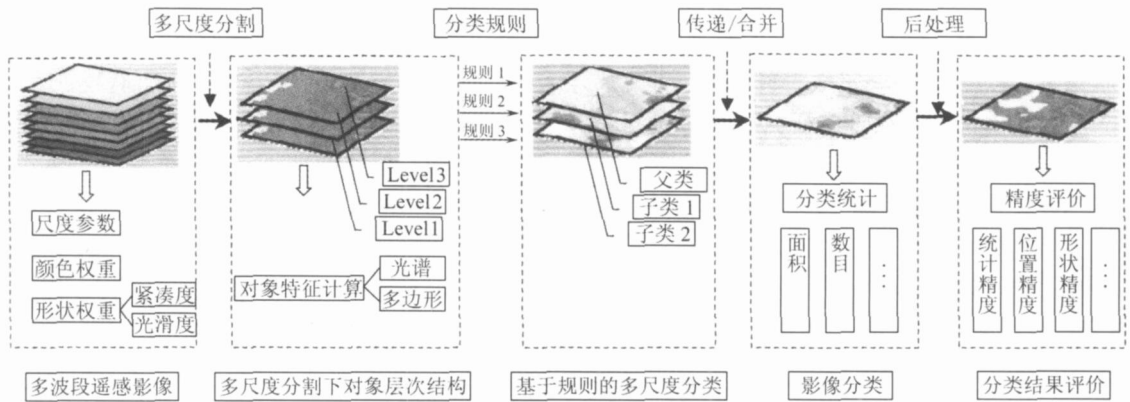


图 1 面向对象影像分类流程图

Fig. 1 Framework of Object Oriented Classification

2 研究区及数据

研究区主要包括北京城区的东城、西城、宣武、崇文, 近郊区的石景山、海淀、朝阳、丰台及远郊区的昌平、顺义、通州等部分, 具体范围为 116° 6' E~ 116° 26' E, 39° 27' N~ 40° 6' N。地形上西北高、东南低, 由西北向东南呈现出低地丘陵-山前洪积-平原区的有序排列; 经济上具有从城市核心区、城乡过渡区到远郊区县的明显过渡; 空间上则呈现从城市中心区、城市边缘区到外围地域的明显圈层变化, 并且整体上联系紧密。

本文采用的遥感数据为 2001 年 6 月 11 日获取的 Aster1B 数据。由于 Aster 卫星数据中可见光、近红外波段的空间分辨率为 15 m, 本研究以其为主要数据源。遥感图像的预处理主要为几何校正, 以 1: 5 万地形图为准, 利用二次多项式和双线性内插法对图像进行几何校正, 经重新选点检验, 误差在一个像元内, 然后截取相应的研究区影像(见封二彩图 1(a))。

3 遥感影像分类

3.1 分割参数选择

分割参数的确定取决于遥感影像空间分辨率和地物的特征, 考虑到所用 Aster 数据的空间分辨率为 15 m, 地物特征以光谱信息为主、结构信息为辅。分割尺度的选择通过反复尝试, 以达到对不同地物的有效分割, 不同的分割尺度对应不同的地物综合。经过多次试验, 本文具体分割参数选择如下: 颜色(光谱) 权重为 0. 8, 形状权重为 0. 2, 其中光滑度权重为 0. 9, 紧凑度权重为 0. 1, 分割尺度分别为 3、5、15 和 59, 分割结果的统计特征见表 1。

表 1 多尺度分割参数

Tab. 1 Parameters Used in Multi Resolution Segmentation

对象层	分割尺度	对象个数	对象平均大小/ 像元	相邻对象数
Level1	3	1 592 654	6. 37	5. 2
Level2	5	577 031	17. 6	5. 43
Level3	15	79 774	127. 3	5. 53
Level4	59	8 859	1 146	5. 52

3.2 特征参数计算

对象的特征参数计算主要包括光谱、几何和拓扑特征等,光谱特征又主要包括均值、标准差等;几何特征主要包括形状、纹理、拓扑等,每一种特征又包含若干指标;拓扑特征是指对象间的相邻、相接、包含等拓扑关系。在不同的对象层,可以灵活运用对象的特征,以帮助提取特定地物信息。如通过对形状特征的长宽比计算,可以对线性地物有很好的突出作用(见封二彩图1(b))。本试验中主要利用了形状特征、面积特征、方向特征等参数。

3.3 分类规则及层次结构

定义地表覆盖类型是规则建立的基础,根据研究目的和影像数据特点,制定地表覆盖类型并定义出可能包含的子类型。通过对研究区影像的目视解译和实地考察,本文定义了以下土地利用类别:林地、草地、农田(包括菜地及有或无作物覆盖耕地)、城市用地(包括高反射率的人工建筑和工地等)、裸地。同一类地物由于其大小、分布、密度不同,而引起在光谱响应上的差异,往往会导致分类

困难,因而将某一地物细分为若干子类,再利用其光谱和其他特征分类,可以有效地降低分类难度。

具体的规则建立考虑以下三个层次:各层次类型的规则建立。根据对象的光谱特征、几何特征和拓扑特征定义类型的判定规则。层内子类型对父类型继承。如果存在子类型,子类型应首先继承其父类型的判定规则,然后增加其特有的光谱特征、几何特征和拓扑特征作为判定规则。对每一层的分类结果进行合并与传递,形成最终的分类判定规则。值得说明的是,每一规则的建立并不一定必须包含以上三个层次,如果能很好地对地物进行判定,仅用一个层次也可以形成规则。同样,在每个层次也可以灵活选择其特征形成其规则,并不要求包含所有特征。

根据对象的特征信息和地物及其子类的定义以及地物与地物间的关系,本文建立了分类层次结构。在每一对象层次,并不要求对所有类别进行分类,而仅考虑在光谱和几何特征较容易区分的类别。具体的规则如表2所示,其中判据值大小的确定主要依靠人机交互。

表2 多层次影像分类规则

Tab. 2 Rules of Multi Resolution Classification

Level	类别	规则	备注
Level4	裸地4	利用 bare index 和 length/width 作为判据	bare index = band3+ band2, length/width: 对象的长宽比
	农田3	最小距离分类、shape index 和 NDVI 作为判据	shape = $\frac{e}{4\sqrt{A}}$ e 为边长, A 为面积, NDVI = $\frac{\text{band3} - \text{band2}}{\text{band3} + \text{band2}}$
Level3	林地3	最小距离分类、length/width、shape index	利用 length/width 确定行道树
	水体3	band3 光谱值、shape index 和 NDVI 作为判据	利用 length/width 确定养鱼池
	草地3	brightness 和 NDVI 作为判据	brightness: 对象的多光谱灰度值平均
Level2	水体2	band3 光谱值、length/width 和 NDVI 作为判据	
	草地2	brightness 和 NDVI 作为判据	
	不透水面2	bareness index 作为判据	
	裸地1	继承裸地4	继承: 层次结构进行不同层之间的信息传递
Level1	水体1	继承水体2、水体3	
	植被	NDVI 作为判据, 继承草地2、林地3、农田3	
	建筑	继承不透水面2	

4 结果分析

采用上述基于面向对象和规则的分类方法,得到研究区的土地利用分类结果,见封二彩图1(c)。为了更好地分析面向对象方法的精度,应对对象进行精度评价,具体包括对象的类别精度和面积精度。将对象多边形所包含像元的类别与相应的真实类别比较,如果准确率大于或等于90%,则该对象的类别精度为真,否则为假。在对象的类别判别正确的条件下,进行面积精度检验。

对象多边形面积为 S_1 , 参考多边形面积为 S_2 , 则面积精度为:

$$D = \frac{|S_1 - S_2|}{S_2} \times 100\%$$

采用野外实地调查和目视解译的方法进行精度检验,随机对对象进行抽样,其评价结果见表3。进一步对面向对象方法的分类结果进行误差矩阵分析,结果见表4。

从表4可以发现,利用该方法进行分类结果是令人满意的。经分析发现,草地与林地、农田与林地存在着混分现象,草地与林地混分主要集中

表 3 对象(类别、面积)精度评价

Tab. 3 Accuracy Assessment for Class of Objects and Area of Objects

类别	对象类别属性		精度/%		总精度/%	
	真/个	假/个	对象类别	对象面积	对象类别	对象面积
裸地	8	0	100	94.15		
水体	6	0	100	92.34		
草地	21	1	95.45	85.38	95.51	88.24
林地	32	2	94.12	80.16		
农田	34	3	91.89	87.22		
建筑	55	1	98.21	90.21		

表 4 面向对象方法的分类结果精度评价

Tab. 4 Accuracy Assessment of Classification Based on Object Oriented

样本数	参考分类						sum
	裸地	水体	草地	林地	农田	建筑	
裸地	171	0	0	0	36	8	215
水体	0	261	0	0	0	34	295
计算	0	0	228	2	16	0	246
分类	0	0	55	252	20	0	327
农田	0	0	12	38	310	0	360
建筑	0	52	0	0	15	362	429
sum	171	313	295	292	397	404	1872
生产精度	0.80	0.89	0.86	0.93	0.77	0.86	0.84
用户精度	1	0.83	0.77	0.86	0.78	0.90	
总精度				0.85			
Kappa index				0.81			

在城区林草混杂区域, 而农田与林地混分则主要发生在农村居民点附近区域; 水体与建筑的混分主要是城区柏油路面和城市水渠, 是由于光谱与形状特征十分接近而引起的。

5 结 语

传统基于像元的分类方法对噪声比较敏感, 在高分辨率影像中, 影像图斑更加破碎, 在不考虑邻域像元的情况下, 对单个像元的分类往往导致椒盐效应产生。为了抑制噪声而广泛采用的滤波方法, 实际是以损失影像原始信息为代价的。影像分割过程中也包含光谱信息的损失, 这种基于同质区域的光谱综合和机械滤波(通过调节窗口的大小)的物理意义是不同的。对象所提供的有关几何和拓扑信息及其衍生信息, 为特定分类规则的建立提供了可能。多尺度分割下的对象层次结构的建立为图斑大小不同的地物提供了良好的分类平台, 同时, 不同层次间的信息传递又为信息的综合提供了保证。

虽然基于面向对象和规则的分类方法显示出巨大的潜力, 但以下问题需进一步研究: 如何科学地确定分割尺度, 不同的尺度分割可以突出一部

分信息, 同时不可避免地损伤了另一部分信息。

对象的特征参数的选取, 在众多的特征参数中, 如何通过有效的特征参数组合达到最佳分类。分割和特征参数计算所造成的海量数据处理给分类带来的困难, 如何实现分类精度和效率的平衡。

参 考 文 献

- [1] Iio Y, Omatu S. Category Classification Method Using a Self-organizing Neural Network [J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18(4): 829-845
- [2] Ricotta C. Evaluating the Classification Accuracy of Fuzzy Thematic Maps with a Simple Parametric Measure [J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(11): 2169-2176
- [3] 骆剑承, 王钦敏, 马江洪, 等. 遥感图像最大似然分类方法的 EM 改进算法 [J]. 测绘学报, 2002, 31(3): 234-239
- [4] Vander S C J, Jong S M, Roo A P J. A Segmentation and Classification Approach of IKONOS 2 Imagery for Land Cover Mapping to Assist Flood Risk and Flood Damage Assessment [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2003 (4): 217-229
- [5] Huang C, Davis L S, Townshend J R G. An Assessment of Support Vector Machines for Land Cover Classification [J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(4): 725-749
- [6] 史培军, 宫鹏, 李晓兵, 等. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2000
- [7] Magnussen S, Boudewyn P, Wulder M. Contextual Classification of Landsat TM Images to Forest Inventory Covertypes [J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(12): 2421-2440
- [8] 陈秋晓, 骆剑承, 周成虎. 基于多特征的遥感影像分类方法 [J]. 遥感学报, 2004, 8(3): 239-245
- [9] Volker W. Object based Classification of Remote Sensing Data for Change Detection [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2004 (58): 225-238
- [10] eCognition, User Guide. Definiens Imaging GmbH, Munich [OL]. <http://www.definiensimaging.com/product.htm>, 2002
- [11] Benz U C, Peter H, Gregor W, et al. Multi resolution, Object oriented Fuzzy Analysis of Remote Sensing Data for GIS ready Information [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2004 (58): 239-258

第一作者简介: 陈云浩, 博士, 副教授。现主要从事资源与环境遥感研究。

E-mail: cyh@ires.cn

Classification of Remot Sensing Image Based on Object Oriented and Class Rules

CHEN Yunhao^{1,2} FENG Tong² SHI Peijun¹ WANG Jinfei³

(1 College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, 19 Xijiekou Street, Beijing 100875, China)

(2 Department of Geography & Resource Management, Chinese University of Hong Kong, Shatin, N.T., Hong Kong)

(3 Department of Geography, The University of Western Ontario, Canada, N6A 5C2)

Abstract: A classification method for remote sensing image based on object oriented and class rules is presented in this paper. The whole image is firstly segmented into image objects and object hierarchy is built using multi-resolution segmentation. Then, the features of objects, such as spectral, geometrical and topological characteristics, are measured. The class rules are constructed based on these features. Classification of remote sensing image is carried out using the rules and information transferring and merging among these objects. The accuracy of the classification approach based on object oriented and class rules is checked by a case study of land use classification of Beijing.

Key words: object oriented; multi-resolution segmentation; class rules; classification

About the first author: CHEN Yunhao, Ph. D, associate professor. His main research interest includes remote sensing of resources and environment.

E-mail: cyh@ires.cn

(上接第 300 页)

GPS Data Processing of the 2005 Qomolangma Height Surveying

DANG Yamin¹ CHENG Chuanlu² CHEN Junyong³ ZHANG Peng⁴

(1 Chinese Academy of Surveying and Mapping, 16 Beitaping Road, Beijing 100039, China)

(2 Geodetic Data Processing Center, State Bureau of Surveying and Mapping,
334 East Youyi Road, Xi'an 710054, China)

(3 State Bureau of Surveying and Mapping, 9 Sanlihe Road, Baiwanzhuang, Beijing 100830, China)

(4 National Geomatics Center of China, 1 Baishengcun, Zizhuyuan, Beijing 100044, China)

Abstract: The determination of geodetic height at the Qomolangma peak is one of the very important tasks in the 2005' Qomolangma height surveying. There are three GPS networks in the 2005' Qomolangma height surveying, regional GPS crustal deformation network, geodetic GPS control network, and GPS measurement at the Qomolangma peak. The data collection and data processing were introduced in the paper. The final data processing strategy and reasonable geodetic height were fairly determined based on the careful data analysis.

Key words: Qomolangma; GPS; height; measurement

About the first author: DANG Yamin, researcher, Ph. D, Ph. D supervisor, majors in geodesy and geodynamics.

E-mail: dangym@casm.ac.cn