

# 利用规则进行高分辨率遥感影像地物提取

闫利<sup>1</sup> 赵展<sup>1</sup> 聂倩<sup>2</sup> 姚尧<sup>1</sup>

(1 武汉大学测绘学院,武汉市珞喻路129号,430072)

(2 宁波市测绘设计研究院,宁波市和济街36号,315000)

**摘要:**针对高分辨率遥感影像中地物的复杂性和多变性带来的地物提取难点,提出了一种基于多层次规则的面向对象的典型地物提取方法。改进了基于区域增长的影像分割方法,利用小区域内的全局最优策略进行初始增长,避开了种子点的选择。利用影像分割得到的影像对象作为地物提取的基元,针对影像上典型地物选择提取特征,利用多层次的提取规则进行地物提取,总的提取精度达到87.1%。

**关键词:**高分辨率遥感影像;影像分割;面向对象影像分析;地物提取;多层次规则

**中图法分类号:**P237.4

高分辨率卫星影像已经成为遥感对地观测的主要数据来源之一。相比中低分辨率卫星影像,高分辨率影像在很大程度上消除了混合像元的影响,地物的几何结构和纹理信息更加明显,在提取地表覆盖的空间细节信息方面具有更高的潜力<sup>[1]</sup>。然而,高分辨率影像也给地物信息提取带来一些新的难题。在更细致的空间尺度下,影像上地物的光谱、纹理、形状等差异增大,地物更具空间破碎性,高分辨率影像分类的精度并没有随着分辨率的提高而得到显著提高<sup>[2]</sup>。如何充分利用高分辨率影像的纹理、空间关系和先验知识等提高地物提取的精度,仍需要进行深入研究<sup>[3]</sup>。

具有高复杂性和差异性的高分辨率影像地物需要利用多种提取知识进行判断提取。多层次的提取规则可以灵活处理各种不同的知识,组成复杂的规则网络进行推理,实现地物的有效提取。另外,面向对象分析已经成为高分辨率影像分类的基本思路<sup>[4]</sup>。本文提出了一种基于规则和面向对象的地物提取方法,利用改进的区域增长影像方法分割获得影像对象,根据多种分类特征和分类知识建立多种分类规则,组成层次规则网络进行地物提取。

## 1 改进的区域增长影像分割

传统的区域增长方法都是从一定的种子点开

始增长形成功分割区域,不同的种子点选择会影响到最后的分割结果。本文利用局部区域内的全局最优增长策略来避免种子点的选择,分割方法分为初始分割和区域合并两个过程。

### 1.1 初始分割

初始分割将影像划分为不同的小区域。在小区域内,每个像素都作为一个分割对象,建立其与邻近像素的邻接关系,并计算相应的同质性指数。对邻接关系表根据同质性指数大小进行排序,依次将同质性指数最小的相邻对象合并,直到邻接关系表中的最小的同质性指数大于给定的阈值为止。由于初始分割区域较小,可以不考虑形状因素,仅根据光谱信息计算同质性指数。

### 1.2 区域增长

完成影像的初始分割后,进一步根据同质性指数合并初始分割对象。在这一过程中,根据对象间的同质性指数,采用双向最优策略寻找可合并的分割对象<sup>[4]</sup>。对于某个分割对象A,寻找其具有最小同质性指数的邻接对象B(最优合并对象),对于对象B同样寻找其最优合并对象,若为A,则A和B为双向最优合并对象。如果A和B的同质性指数小于给定的阈值,则将其合并。迭代进行这一过程,直至影像中不存在可以合并的对象为止。计算对象间的同质性指数时,既要考虑影像的光谱信息,也要考虑对象的形状信息,形

状同质性又包括对象的紧支度和光滑度<sup>[4]</sup>。通过设置区域合并中同质性指数的阈值,可以决定最终分割的尺度。同时,也可以设置光谱同质性和形状同质性的不同权重,以实现更好的分割效果。

## 2 基于多层次规则的地物提取方法

### 2.1 提取规则设计

高分辨率遥感影像上地物显得复杂而破碎。在高分辨率遥感影像上提取地物,需要综合多种特征和知识进行判断。针对地物多种多样的不同特征,需要建立不同类型的判别规则。

本文中采用的规则有两种:确定性规则和模糊性规则。确定性规则是针对某一特征设定阈值和逻辑运算方式,判断影像对象是否属于某一类别。确定性规则又分为充分性规则和必要性规则。对于充分性规则,只要影像对象满足所有的充分性规则,则判定属于该类别。对于必要性规则,若影像对象满足所有的必要性规则,则该对象有可能属于该类别,然后进一步通过模糊性规则进行判别。模糊性规则是根据对象的特征值计算该对象属于某一类的隶属度,模糊性规则设计既可以是支持性的(隶属度为正),也可以是否定性的(隶属度为负)。将所有的模糊性规则计算的隶属度相加,若总隶属度大于0.5,则判定该对象属于该类别。多个不同的规则组成一个规则集,来判断影像对象是否属于某一个地物类别。由于同类地物可能在影像上表现出较大的差异,对于一个地物类别,可以采用多个规则集进行判别,只要影像对象满足其中一个规则集,即可将其归类为该类别。这样,综合利用多种特征和模糊数学的思想,基于不同特征、不同类型的规则组成规则集,并进一步建立一个多层次的分类规则体系,实现复杂地物的提取。

### 2.2 地物提取特征

高分辨率不同地物在影像上表现出不同的光谱、形状和纹理特征,即使是同类地物也可能表现出不同的特征。要建立有效的地物提取规则,必须充分考虑地物的各种特征。本文中采用的地物提取特征有:各波段灰度值及其四则运算值、归一化植被指数NDVI、归一化水体指数NDWI、影像对象的长宽比、矩形度、纹理(灰度共生矩阵的熵值)等。

### 2.3 典型地物规则制定知识

要建立有效的地物提取规则,必须充分考虑影像上地物的各种特征表现,根据复杂地物的多

种特征,建立多个规则集来进行提取。影像上的水体在近红外波段的灰度值相对较小,具有较高的归一化水体指数。植被在近红外波段有强反射,具有较高的归一化植被指数。道路是影像上的典型线状地物,具有较高的长宽比。同时,道路的光谱反射与其铺设材质密切相关,如水泥和沥青的反射特性。影像上的房屋也有多种类别,主要有面积比较大的水泥屋顶建筑物、工厂厂房以及密集的居民地。水泥建筑物和工厂厂房在影像上面积较大,并具有规则的矩形形状。水泥建筑物的3波段反射率都较高,而工厂厂房在近红外波段反射率较高。密集居民地的房屋较小,形状不规则,光谱反射变化范围也较大,但密集居民地具有较高的纹理度量值。

## 3 实验与分析

### 3.1 影像数据

以合肥市西北部的开发区为研究区域,其地理范围为东经117.186°~117.277°,北纬31.73°~31.81°。研究区域内地势平坦,主要有学校、工厂、居民区、商业区等。实验影像为该区域的QuickBird多光谱遥感影像。影像大小为3 587×4 150,分辨率为X方向3.12 m,Y方向2.96 m。影像上主要存在水体、房屋、道路、植被等地物。影像的缩略图如图1(a)所示。

### 3.2 规则制定

根据第二节中的特征选择和规则制定准则,针对实验影像的特点,建立的提取各地物的提取规则集如表1所示。其中,NIR、R、G分别表示近红外、红和绿波段灰度值,Tnir、Tr、Tg表示相应各波段的纹理值。

### 3.3 实验结果与分析

采用表1中的各地物提取规则,对实验影像上的水体、植被、裸地、建筑物和道路进行提取。同时,本文还采用了基于SVM的地物提取方法进行实验作为对比。两种方法的提取结果如图1所示,图1(b)为基于规则的提取结果,图1(c)为SVM提取结果。

为了对地物提取结果进行精度评定,在影像上进行人工目视解译提取各类地物的检查样本。精度评定指标包括总提取精度和每一类的漏提率、误提率。地物提取的总提取精度等于样本中正确提取的像素个数除以样本中总的像素个数。通过样本检查,本文方法的地物提取的总提取精度达到87.1%,优于基于SVM的提取方法(总体

表 1 实验影像地物提取规则集

Tab. 1 Extraction Rules of Experimental Image

地物	规则集	规则描述
水体	规则集一	$NIR \leq 5$
	规则集二	$NDWI \geq 0.15$ ; 根据 $NDWI$ 值、 $NIR - R$ 、 $R - G$ 、 $R$ 计算隶属度
裸地	规则集一	$NIR \in [30, 50]$ ; $R - NIR \geq 10$ ; $R - G \leq 70$ ; $Tnir \leq 190$ ; $Tr \leq 190$ ; $Tg \leq 190$
	规则集二	$NDVI \geq 0.05$ ; $NIR \geq 100$ ; $R \leq 120$ ; $G \leq 120$
植被	规则集一	$NIR \geq 190$ ; $R \geq 240$ ; $G \geq 190$ ; 矩形度 $\geq 0.2$ ; 长宽比 $\leq 15$
	规则集二	$NIR \geq 130$ ; $NIR - G \in [0, 135]$ 之间; $R - G \geq 20$
建筑物	规则集三	$R \geq NIR$ ; $R - G \geq 30$ ; $G - R \leq 0.65$ ; 长宽比 $\leq 15$ ; $Tnir \geq 130$ ; $Tr \geq 130$ ; $Tg \geq 130$
	规则集一	$R \geq 165$ ; $G \geq 170$ ; 长宽比 $\geq 20$
道路	规则集二	$NIR \geq 120$ ; $R \geq 190$ ; $G \geq 190$ ; 长宽比 $\geq 10$
	规则集三	$R \geq G \geq NIR$ ; $NIR \in [45, 110]$ ; $R \geq 60$ ; 长宽比 $\geq 10$ ; $R - G \leq 10$ ; $R - NIR \leq 100$ ; 根据长宽比、 $R - NIR$ 、 $R - G$ 计算隶属度

精度 77.8%), 取得了令人满意的结果。漏提率等于该类参考样本中被正确提取的像素数除以该类参考样本中的像素总数, 误提率等于样本中被错误提取的像素数除以该类别被提取的像素总数。漏提率和误提率可以具体显示每类地物的提取状况。影像上各类地物提取的漏提率和误提率如表 2 所示。对比本文方法与 SVM 方法可知, 本文方法对水体、裸地、建筑物和道路 4 种地物的提取结果明显优于 SVM 方法。

具体分析每类地物的提取精度, 由表 2 可知, 本文方法对水体、植被和裸地 3 种地物的漏提率较低, 而建筑物和道路的漏提率较高。这主要是因为建筑物中的部分密集居民地的反射光谱与水体和裸地相近, 而密集居民地中的房屋较小而没有在影像上表现出明显的形状特征, 采用纹理特征虽然可以区分大部分的密集居民地和裸地, 但依然有纹理变化平缓的部分密集居民地被误分为水体和裸地。这也导致了二者有较大的误提率。在影像上, 部分较宽的城市中心道路中包含有绿化带, 绿化带和道路沥青相混合使得道路对象具有与裸地相近的特征, 部分道路被误提取为裸地。影像中部分道路和房屋的建设材质相同, 相互之间也会造成提取混淆。根据提取过程中地物间相互混淆的原因进行分析, 进一步寻找区分混淆地物的特征和分类方法, 将是下一步研究的重点。

表 2 各类地物的提取精度

Tab. 2 Extraction Accuracy of All Kinds of Ground Objects

方法	指标	水体	植被	裸地	建筑物	道路
本文	漏提率	7.80%	1.50%	0.60%	28.20%	17.60%
方法	误提率	10.70%	13.0%	17.40%	4.60%	20.0%
SVM	漏提率	6.8%	0.6%	3.6%	41.0%	35.8%
方法	误提率	27.0%	1.6%	34.9%	7.5%	31.8%

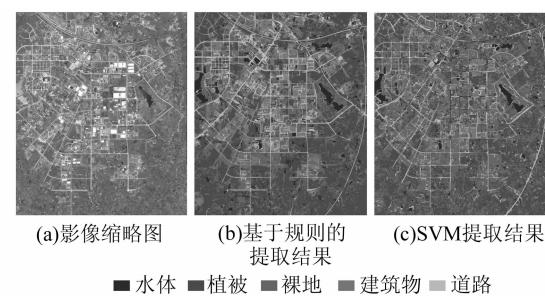


图 1 实验影像和地物提取方法结果  
Fig. 1 Experimental Image and Results of Ground Objects Extraction

## 4 结语

本文提出了一种基于规则和面向对象的高分辨率影像地物提取方法。利用改进的区域增长分割算法对遥感影像进行分割获得影像对象, 以影像对象作为基本处理单元, 针对遥感影像上的典型地物特点, 采用多种提取类特征建立多层次的分类规则进行典型地物提取, 提取结果总体精度达到 87.1%。对于基于规则的地物提取方法, 由于不同影像间的差异, 地物提取规则的参数不可能对所有影像适用, 但对于同类地物, 规则背后的知识是通用的。如何充分挖掘地物知识, 建立典型地物样本库, 利用样本库的已有知识提高地物提取的自动化程度, 是需要进一步深入研究的问题。

## 参 考 文 献

- [1] Lu D, Weng Q. A Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance[J]. International Journal of Remote Sensing, 2007, 28(5):823-870
- [2] Wilkinson G G. Results and Implications of a Study of Fifteen Years of Satellite Image Classification Ex-

- periments[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2005, 43(3): 433-440
- [3] 舒宁. 关于遥感影像处理分析的理论与方法之若干问题[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2007, 32(11): 1 007-1 015
- [4] Baatz M, Schape A. Multiresolution Segmentation—an Optimization Approach for High Quality Multiscale Image Segmentation[C]. Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII: Beitrag zum AGIT-Symposium, Salzburg, 2000
- [5] Roger T S, Georges Stamon. Using Colour, Texture, and Hierarchical Segmentation for High-Resolution Remote Sensing[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2008, 63(2): 156-168
- [6] Li Haitao, Gu Haiyan, Han Yanshun, et al. Object-Oriented Classification of Highresolution Remote Sensing Imagery Based on an Improved Colour
- Structure Code and a Support Vector Machine'[J]. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31(6): 1453-1470
- [7] Xiao Pengfeng, Feng Xuezhi, An Ru, et al. Segmentation of Multispectral Highresolution Satellite Imagery Using Log Gabor Filters[J]. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31(6): 1 427-1 439
- [8] 王爱萍, 王树根, 吴会征. 利用分层聚合进行高分辨率遥感影像多尺度分割[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2009, 34(9): 1 055-1 058
- [9] 沈占锋, 骆剑承, 胡晓东, 等. 高分辨率遥感影像多尺度均值漂移分割算法研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2010, 35(3): 313-316

**第一作者简介:**闫利,教授,博士生导师。现从事摄影测量、遥感图像处理和三维激光成像扫描测量技术的研究。  
E-mail:lyan@sgg.whu.edu.cn

## Ground Objects Extraction from High-Resolution Remote Sensing Image with Rules

YAN Li<sup>1</sup> ZHAO Zhan<sup>1</sup> NIE Qian<sup>2</sup> YAO Yao<sup>1</sup>

(1) School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2) Ningbo Institute of Surveying and Mapping, 36 Heji Street, Ningbo 315000, China)

**Abstract:** An object-oriented typical ground objects extraction method based on multi-level rules is presented to solve the problem of ground objects extraction, which are complex and various in high resolution remote sensing image. Image segmentation method based on region is improved with an initial growing by global optimal principle, avoiding seed selecting. Image objects from image segmentation are used as primitive for extraction of ground objects extraction. The typical extraction features are analyzed for different ground objects. Multi-level rules are made based on different features and used to extract ground objects. And overall exaction accuracy of 87.1% is achieved in the experiment.

**Key words:** high-resolution remote sensing image; image segmentation; object-oriented image analysis; ground objects extraction; multi-level rules

**About the first author:** YAN Li, professor, Ph.D supervisor. His main research interests are remote sensing image processing and 3D laser imaging radar.

E-mail: lyan@sgg.whu.edu.cn