

土地利用分类规则集的构建与应用研究

邵蔚^①, 张友静^①, 王玲玲^①, 何挺^②, 余远见^①

(^① 河海大学地球科学与工程学院, 南京 210098; ^② 中国土地勘测规划院, 北京 100035)

摘要: 利用高空间分辨率影像, 采用面向对象的分类方法, 通过多种方法确定了土地利用类型的适宜尺度, 形成了多尺度的影像对象层次网络体系。对影像对象进行多特征与空间关系描述, 有效集成了辅助特征和专家知识, 构建了影像对象分类规则集。研究区分类结果表明: 地物分布特征及其空间关系规则的应用, 可以有效地提高分类精度, 得到更好的语义区分和更精确的分类结果。以期仅作少许改动就可将方案应用到条件类似的高分辨率影像分类中。

关键词: 土地利用分类; 面向对象; 分类规则集; QuickBird; 黄土高原

doi: 10.3969/j.issn.1000-3177.2012.01.018

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2012)119-0088-07

Study on Rule Set Construction and Application to Land Use Classification

SHAO Wei^①, ZHANG You-jing^①, WANG Ling-ling^①, HE Ting^②

(^① School of Earth Sciences and Engineering of Hohai University, Nanjing 210098;

^② Chinese Land Surveying and Land Planning Center, Beijing 100035)

Abstract: The high spatial resolution images are used and object-oriented classification method is adopted to determine the appropriate scale of land use types by various methods and the hierarchical network system of image object with multi-scale are obtained. The features and spatial relationship of image objects are derived, the auxiliary characteristic and the expert knowledge summarized effectively and build the classification rules set of image objects. The results of the classification indicate that the accuracy of classification can be improved effectively and get better semantic distinguish and more accurate results of the classification by using features and spatial relationship rules. This program can be used to classification of high resolution image with similar natural environment conditions and with a little modification to the proposed program.

Key words: land use classification; object-oriented method; classification rule; Quickbird; Loess Plateau

1 引言

随着高分辨率遥感影像在获取土地利用状况、土地基础数据等领域中应用的日益广泛, 面向对象分类技术作为一种新的方法, 也越来越引起人们的重视。与传统的分类方法相比, 面向对象最大的不同在于: 其操作尺度单元不再是单个的像素, 而是有意义的影像对象, 即由若干个像元组成的像元集合体。可以由影像对象提取到大量的附加信息, 包括

形状、纹理、上下文以及来自其他对象层的信息。使用这些信息, 由分类可以得到更好的语义区分和更精确详细的结果。

自从 Baatz M 和 Schape A (1999) 提出了面向对象的遥感图像分类方法以后, 面向对象分类方法发展迅速, 越来越多地受到遥感研究者的青睐。Mauro 和 Huang Hulping 等相关的研究对面向对象的影像分类结果的精度和准确性进行了肯定; enaud Mathieu (2005) 等利用面向对象分类方法

收稿日期: 2011-01-26 修订日期: 2011-03-14

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项经费项目 (200811085); 中央高校基本科研业务费专项资金资助 (2009B1020127)。

作者简介: 邵蔚 (1987~), 男, 在读硕士研究生, 研究方向: 遥感应用。

E-mail: 515897704@qq.com

对研究区 IKONOS 多光谱影像进行植被信息提取。在国内,曹雪(2006)等对深圳市 QuickBird 数据进行对象级的分类,结果表明精度相对于传统方法有了明显提高;张宝雷(2005)等运用面向对象技术自动提取方法完成了三峡地区主要土地利用类型的自动提取工作并取得了较高的验证精度;黄慧萍(2004)等以高分辨率遥感影像为数据源,以多尺度影像分割与面向对象影像分析方法为主要技术,自动提取大庆市城市绿地覆盖信息,达到清查城市绿地的目的。

本文采用面向对象的分类方法,以陕西省横山县部分区域为研究区,为土地利用信息的提取,构建了影像对象分类规则集,得到了更好的语义区分和更精确的分类,实现了土地利用类别的遥感影像自动分类,达到了技术效益、经济效益、社会效益的有机统一。

2 研究区及数据

2.1 研究区概况

陕西省榆林市横山县朱家沟流域,位于陕西省榆林市境内古长城南面,地处黄土高原的腹地,位于东经 $109.34^{\circ} \sim 109.43^{\circ}$,北纬 $37.9^{\circ} \sim 38^{\circ}$ 间,总面积约为 64km^2 。研究区地形以黄土梁、沟壑为主,北部有一水库和一块塬地,平均海拔 1163m ,相对高差 220m 。土地利用类型主要包括耕地、园地、林地、草地、住宅用地、道路、水域、工矿存储用地、特殊用地和其他用地,共有土地利用类型 20 个,旱地、灌木林地和其他草地之和约占研究区总面积的 80% ,是较为典型的黄土高原土地利用形态。

2.2 数据预处理

本次研究采用 QuickBird 影像,空间分辨率全色波段为 0.61m ,多光谱波段为 2.44m 。土地利用矢量图是根据融合后的 2.5mSPOT 影像提取的土地利用分类现状图,辅助数据为 DEM 数据。将所有的遥感数据统一到同一个投影坐标系下:UTM-WGS84,ZONE-49N,以 QuickBird 数据为基准数据,对 DEM 数据和土地利用矢量图进行几何纠正和精配准,通过主成分分析除去波段之间多余信息。

3 研究方法

3.1 分类系统

采用《土地利用现状分类》(GB/T21010—2007)分类体系,结合研究区的实际情况建立合适的

分类体系,研究区土地利用分类的所要提取的是 20 个二级地类。

3.2 分类方案

面向对象分类方法主要是两个互相依赖的模块:多尺度分割和信息提取。这两个处理过程是相互影响的循环过程,分类结果的效果依赖于分割结果的质量。其主要流程为:多源空间数据库的建立、多尺度分割、规则集的构建、遥感影像分类精度评定、规则集与知识库的通用性测试。其技术路线如图 1 所示:

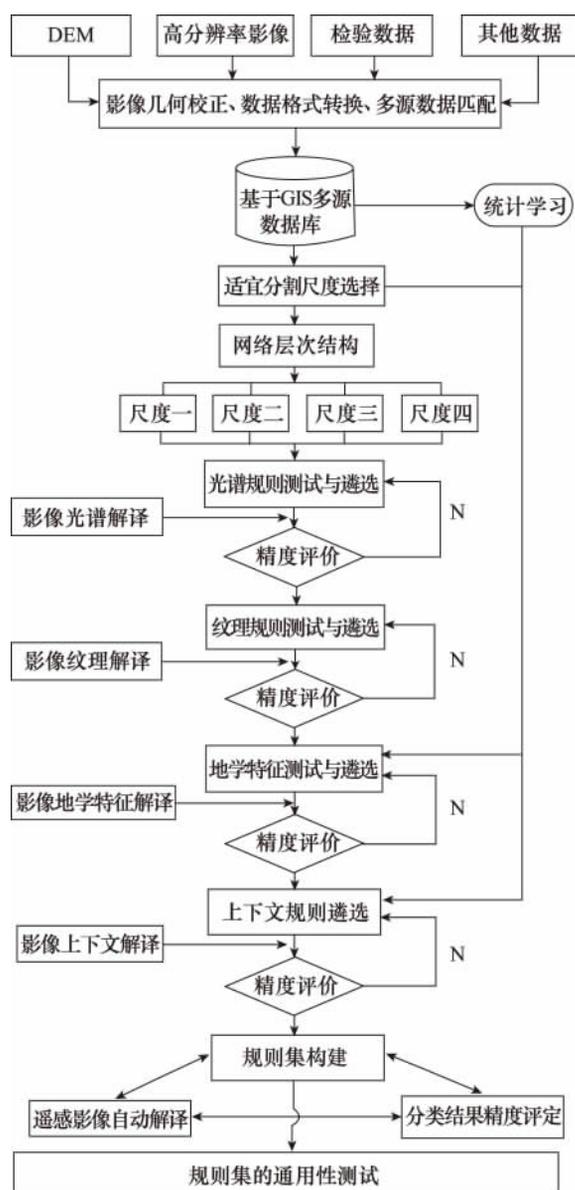


图 1 技术路线图

3.3 适宜分割尺度的确定

不同地物其最优提取尺度存在差异,分割尺度越小并不意味着地物类别提取精度就越高。本项目采用最大面积法、均值方差法、经验尝试法 3 种方

法,通过多次试验比较,最终确定了各地物类别的适宜分割尺度与层次。最大面积法和均值方差法中影像对象最大面积及影像对象均值方差随尺度变化情况如图 2 和图 3 所示。

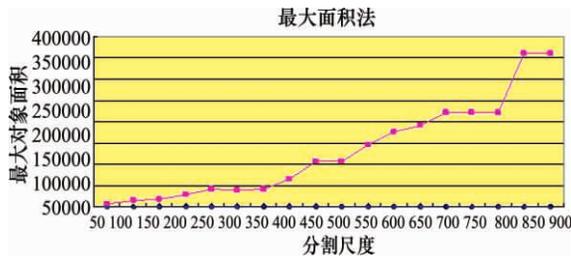


图 2 影像对象最大面积随尺度变化的曲线图

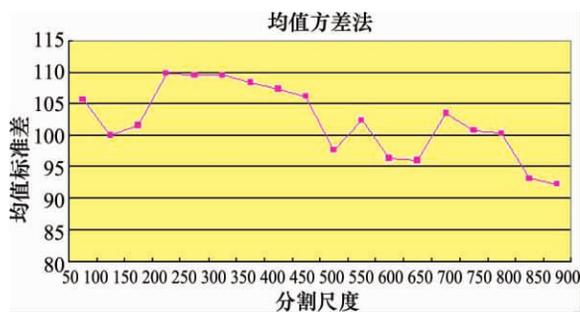


图 3 影像对象均值方差随尺度变化的曲线图

3 种方法得到的分割层次具有很强的相关性,最大面积法确定的是一个尺度区间,所以综合运用经验法、均值方差法和最大面积法来判定是一个较为可行的方法。由于各特定地物类别的适宜尺度确定需要一定的经验,因此根据试验对各方法确定的结果进行调整,最后得到的分割层次及类结构如图 4 所示:

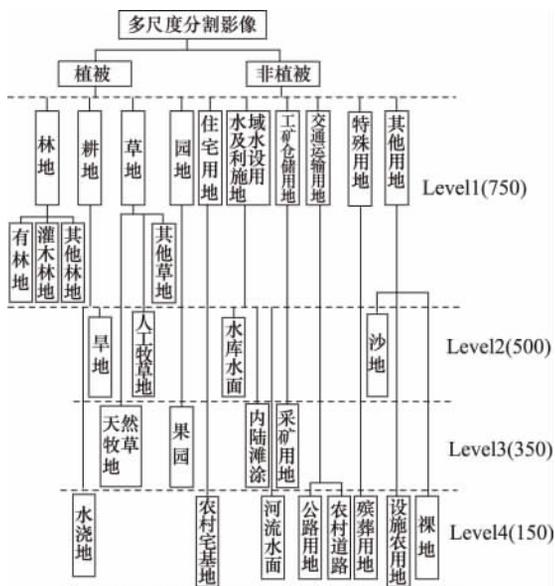


图 4 分割层次以及类结构

4 分类规则集构建

规则集即规则的集合,多条规则可以表达复杂的非线性知识,从而形成遥感影像自动分类的基础。

4.1 光谱与形状纹理规则集

光谱规则是建立在色调、颜色、阴影、反差等信息基础上的,基于植被指数等有特征意义的指数的判定规则也归属此类,比如均值(mean)、亮度(brightness)、最大差分(max diff)、归一化植被指数(NDVI)、植被覆盖度(Fc)、归一化水体指数(NDWI)等;基于形状纹理的类别判定规则是建立在形状、大小、空间分布、纹理等信息基础上,如长宽之比(L/W)、形状指数(shape index)、均质性(Homogeneity)、熵(entropy)、标准差(standard deviation)等。从影像中可看出,草地在影像上表现为大片均匀的色调,而林地则呈现出不均匀的细颗粒结构,其中灌木林地植株高度不大,阴影不明显,有林地有一定的阴影。

4.2 地形特征规则集

利用 DEM、坡度、坡向土地利用图等辅助信息建立的类别判定规则归属此范畴。处于黄土高原腹地的朱家沟流域,地物存在一定的地形分布特征,如旱地一般分布在地势平坦的沟间地和沟底地地区,平均坡度(Mean Slope) $\leq 15^\circ$;而荒草地分布在地势较为陡峭的沟坡地等;旱地的二级地类梯田,虽然是分布在坡面上,但其呈阶梯状分布,坡度仍较小。故采用“平均坡度(Mean Slope)”这条规则可对以上地物进行有效提取。

4.3 空间关系规则集

空间关系是地理实体之间存在的与空间特性有关的关系,如方向关系、顺序关系、拓扑关系、邻近关系等等。面向对象方法可充分利用影像对象的相邻信息,如以下规则:与类的距离(distance to class),所考虑的影像对象与已被分为某类的最邻近的影像对象的距离。水浇地要有水源保证和灌溉设施,则采用 distance to 水库水面/河流水面来判断;农村宅基地周围必定有交通设施,故利用 distance to 农村道路/公路用地来改进农村宅基地的提取精度。同理,内陆滩涂、采矿用地也用到此条规则。而规则与类的相对边界(rel. border to class)表示一个影像对象与它的已被分为某类的领域对象共享的边界除以总边界长度。

对于方向关系,空间分布较集中且地块较少的地类,根据其地理坐标标定直线方程,将其限定在某一空间范围内,将其作为规则运用到分类中。如本

研究区中有林地和其他林地,采用直线方程将其划定在某一小区域中,对其提取很有帮助。最终的规则集如表 1 所示。

表 1 分类规则集

分割尺度	一级地类	规则集	二级地类	规则集	分类器
750(0.3,0.5)	03 林地	$350 \leq \text{Brightness} \leq 485$ $\text{NDVI} \geq 0.06$ $\text{Fc} \geq 0$ $4 \leq \text{GLCM stdDev} \leq 7.5$	031 有林地	$0.27 \leq \text{Fc} \leq 0.35$ $\text{GLCM Homogeneity} \leq 0.55$ $\text{Max. diff.} \geq 0.47$ $\text{Ycenter} \geq 1.385\text{Xcenter} + 3705895$ $\text{Ycenter} \geq -1.385\text{Xcenter} + 4698336$	隶属度函数
			032 灌木林地	$\text{Fc} \geq 0.30$ $4 \leq \text{GLCM Contrast} \leq 12$	隶属度函数
			033 其他林地	$0.1 \leq \text{Fc} \leq 0.2$ $\text{Ycenter} \geq 1.385\text{Xcenter} + 3705895$ $\text{Ycenter} \geq -1.385\text{Xcenter} + 4698336$	隶属度函数
	04 草地	$\text{Brightness} \leq 580$ $0.05 \leq \text{NDVI} \leq 0.2$ $\text{Fc} \geq 0.12$	043 其他草地	$\text{Brightness} \leq 470$ $0.06 \leq \text{NDVI} \leq 0.1$ $\text{Mean Slope} \geq 25$	隶属度函数
550(0.2,0.5)	01 耕地	$\text{Brightness} \geq 520$ $0.0 \leq \text{NDVI} \leq 0.18$	013 旱地	$0 \leq \text{Fc} \leq 0.18$ $\text{Mean Slope} \leq 15$ $\text{GLCM stdDev} \leq 6.7$	隶属度函数
	04 草地	同上	042 人工牧草地	Brightness, NDVI	最邻近分类
	无继承关系		113 水库水面	$\text{NDWI} \geq 0.4$	隶属度函数
	无继承关系		126 沙地	$\text{Brightness} \geq 615, \text{Fc} = 0$ $\text{Max. diff.} \geq 0.52$	隶属度函数
300(0.2,0.5)	04 草地	同上	041 天然牧草地	$380 \leq \text{Brightness} \leq 580$ $0.1 \leq \text{NDVI} \leq 0.17$ $\text{GLCM stdDev} \leq 4.5$ $8 \leq \text{Mean Slope} \leq 25$	隶属度函数
	无继承关系		021 果园	Brightness, NDVI, Fc	最邻近分类
	无继承关系		116 内陆滩涂	Brightness, NDWI $\text{Max. diff.}, \text{Distance to 水库水面}$	最邻近分类
	无继承关系		062 采矿用地	Brightness, NDVI $\text{Distance to 农村道路/公路}$	最邻近分类

分割尺度	一级地类	规则集	二级地类	规则集	分类器
150(0.2,0.5)	无继承关系		102 公路用地	310≤Brightness≤345 0.0≤NDVI≤0.05	隶属度函数
			104 农村道路	470≤Brightness≤715 3.8≤Shape Index≤8 2.2≤Length/Width≤10 0.05≤NDVI≤0.1 5.0≤GLCM Entropy≤6.5 5≤GLCM StdDev≤8	隶属度函数
			111 河流水面	Brightness, NDVI, WI	最邻近分类
			122 设施农用地	Brightness, NDVI	最邻近分类
			127 裸地	Brightness, NDVI, Fc	最邻近分类
			095 殡葬用地	Brightness, NDVI, Fc	最邻近分类
	01 耕地	同上	012 水浇地	Brightness, NDVI, NDWI Distance to 水库水面/河流水面	最邻近分类
	无继承关系		072 农村宅基地	490≤Brightness≤602 GLCM Homogeneity<0.52 Distance to 农村道路/公路 Rel. Border to 旱地	隶属度函数

5 结果与讨论

5.1 分类过程

本项目采用多边形随机采集的样本进行后续的精度评价与分析,在图像分割基础上,共进行了4次分类和规则处理。首先根据图像信息,依次按照光谱和纹理特征规则集,进行对象语义识别;依据精度分析,对混分或漏分较为严重的地类,再依次加入地形特征和空间关系规则集对分类结果进行处理,得到具有较高精度土地利用分类数据。

5.2 结果分析

5.2.1 光谱规则应用与分析

分类总体精度较低,存在严重混分漏分现象。林地、草地混分现象严重;林地的二级地类细分也较为困难;农村宅基地和旱地、灌木林地混分较严重,主要由农村宅基地自身面积普遍较小且零散和其周围环境造成;林地的二级地类以及草地的二级地类错分较多,这是由于其在影像上的光谱特征差异较小,区分较困难;其他草地中也混入了较多的旱地、天然牧草地和灌木林地,其原因是其他草地、天然牧草地、部分灌木林地以及返青的小麦旱地之间的光谱特征差异较小,精度如表2所示:

表2 光谱分类结果精度统计

地物类别	012	013	021	031	032	033	041	042	043	062	072	095	102	104	111	113	116	122	126	127
生产者精度	0.80	0.85	0.96	0.62	0.64	0.54	0.38	1	0.75	0.68	0.50	1	1	0.57	1	1	0.96	1	0.89	1
用户精度	1	0.87	0.87	0.59	0.56	0.66	0.46	1	0.76	1	0.24	0.5	1	1	1	0.95	1	1	1	1
总体精度=72.71% KAPPA系数=0.66																				

5.2.2 形状纹理规则应用与分析

纹理的加入对农村宅基地的严重混分现象有一定改善,对于有林地、灌木林地和其他林地这3个地类的区分以及天然牧草地、灌木林地和旱地的区分

有一定效果。

由此可见,仅利用高空间分辨率图像解译复杂的地物分布信息,仍难以获得满意的精度,有待新规则集的构建来提高分类精度。精度如表3所示:

表 3 形状纹理分类结果精度统计

地物类别	012	013	021	031	032	033	041	042	043	062	072	095	102	104	111	113	116	122	126	127
生产者精度	0.80	0.84	0.96	0.75	0.60	0.62	0.47	1	0.87	0.68	0.45	1	1	0.67	1	1	0.96	1	0.89	1
用户精度	1	0.87	0.84	0.67	0.67	0.88	0.44	1	0.75	1	0.43	0.5	1	1	1	0.95	1	1	1	1
总体精度=75.99% KAPPA 系数=0.70																				

5.2.3 地形特征规则应用与分析

通过对研究区各地类的 DEM 数据统计学习,得到各地物坡度分布规律并将其作为规则参与分类后处理,一定程度上改善了分类结果,如表 4 所示,总体精度提高了 5.4%,KAPPA 提高了 7.5%,主要解决了如下几个问题:

①其他草地的错分以及漏分现象,生成者精度与用户精度都有明显的提高,分别为 97%和 86%。

②坡度解决了一些农村宅基地的错分和漏分

③由于天然牧草地分布在海拔较高且地形不平坦区域,在坡度规则限定下,减少了错分和漏分的影像对象。

表 4 加入地形特征分类结果精度统计

地物类别	012	013	021	031	032	033	041	042	043	062	072	095	102	104	111	113	116	122	126	127
生产者精度	0.80	0.91	0.96	0.71	0.62	0.72	0.51	1	0.97	0.71	0.50	1	1	0.77	1	1	0.96	1	0.89	1
用户精度	1	0.81	1	0.79	0.70	0.88	0.67	1	0.86	1	0.47	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1
总体精度=81.37% KAPPA 系数=0.77																				

5.2.4 空间关系规则应用与分析

分类中加入了空间关系规则,分类结果的总体精度比前一次分类结果提高了 5.7%,得到了较满意的结果。

农村宅基地提高了 22%,内陆滩涂则提高了 4%。

②空间关系上的相对距离:直线方程标定这一规则运用到了有林地和其他林地,其他林地的精度提高了 8%。

最后的分类结果如图 6、图 7 所示:

横山县土地利用分类图

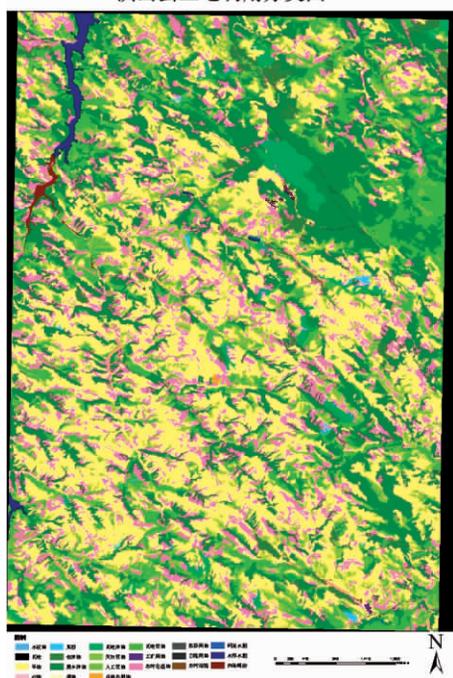


图 6 光谱纹理分类结果图

横山县土地利用分类图

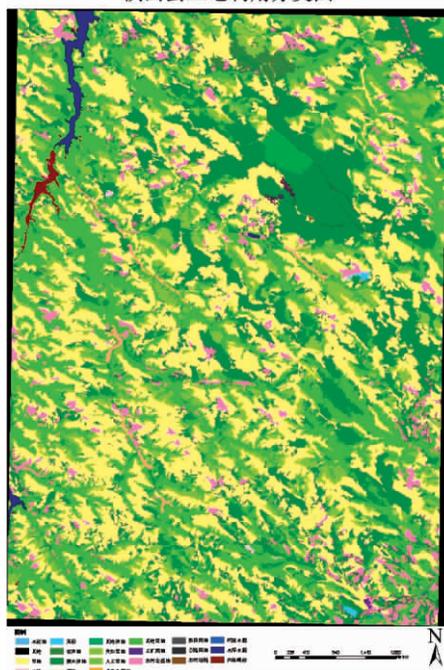


图 7 地形特征及空间关系参与分类结果图

①空间关系上的绝对距离:“distance to 地类”和“rel. border to 地类”这两个规则对于水浇地、采矿用地、农村宅基地以及内陆滩涂的错分现象有了一定地改善。生产者精度都有所提高,采矿用地提高了 5%。

通过分类结果精度评价表(表 5)可以发现,最后的分类精度为 87.07%,KAPPA 系数为 0.84,对于研究区来讲,分类结果令人满意。

表 5 地形特征及空间关系参与分类结果精度统计

地物类别	012	013	021	031	032	033	041	042	043	062	072	095	102	104	111	113	116	122	126	127
生成者精度	0.81	0.92	0.96	0.71	0.85	0.72	0.71	1	0.93	0.76	0.72	1	1	0.77	1	1	1	1	0.89	1
用户精度	1	0.87	1	0.80	0.83	0.96	0.77	1	0.89	1	0.61	1	1	1	1	1	1	1	1	1
总体精度=87.07% KAPPA 系数=0.84																				

6 结束语

本研究利用面向对象信息提取方法构建了陕西省横山县部分地区土地利用分类规则集,为进一步的信息提取提供了基础数据。本次研究对研究区进行了逐步深入的影像分类和规则集的构建,分类精度逐步提高,满足了项目总体目标。通过研究表明,面向对象的分类方法可灵活应用地物光谱特征、形状特征、纹理及上下文信息等,更主要的是能加载人的思维,构建知识库,从而提高高分辨率遥感影像自动识别的精度。

本研究下一步工作有以下几点:

- ①其他辅助数据对分类结果的影响,项目中只

利用了 DEM 数据以及由其衍生的一些信息,考虑其他的辅助数据如土壤养分图、植被数据等等,集成不同来源的辅助数据进行组合优化可很大程度上提高分类精度。

②规则的优化问题及其通用性,本次研究没有作深入的分析。

③本研究中针对面积精度作了一个分析尝试,但不够深入与成熟,之后的研究可从以下着手:通过多边形随机采样方案采集的样本用于精度评价,不仅可以进行混淆矩阵的计算,同时还可以在形状匹配度、面积匹配度等方面进行评价,减少分类精度评价的不确定性。

参考文献

[1] Andrea S. Laliberte, Albert Rango, Kris M. Havstad, et al. Object-oriented image analysis for mapping shrub encroachment from 1937 to 2003 in southern New Mexico[J]. Remote Sensing of Environment, 2004(93):198-210.

[2] Aplin P, Atkinson P, Curran P. Fine spatial resolution simulated satellite sensor imagery for land cover mapping in the United Kingdom[J]. Remote Sensing of Environment, 1999, 68(3):206-216.

[3] Baatz M, Schape A. Multiresolution segmentation-An optimization approach for high quality multi-scale image segmentation[C]//Angewandte Geographische Information sverarbeitung XII, Ed. J. Strobl et al. AGIF Symposium, Salzburg, Germany, 2000

[4] Baatz M, Schape A. Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic networks[C]//Proc of the 2nd International Symposium on Operationalization of Remote Sensing. 1999.

[5] Baudeouin Desclee, Patrick Bogaert, Pierre Defourny. Forest change detecton by statistical object-based method[J]. Remote Sensing of Environment, 2006(10):1-11.

[6] Renaud Mathieu, Jagannath Aryal. Object-oriented classification and IKONOS multispectral imagery for mapping vegetation communities in urban areas[C]//The 17th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre. 2005.

[7] Sun D F, Yang J H, Liu S X. Application of high spatial remote sensing images in land use classification and change monitoring[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(2):160-164.

[8] Volker Walter. Object-based classification of remote sensing data for change detection [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry& Remote Sensing, 2004(58):225-238.

[9] Zhang X. Y, Feng X. Z. Detecting urban vegetation using object-oriented method from IKONOS imagery[J]. 2005.

[10] Zhang Y. J. A survey on evaluation methods for image segmentation[J]. Pattern Recognition, 1996, 29(8):1335-1346.

[11] 田新光. 面向对象高分辨率遥感影像信息提取[D]. 中国测绘科学研究院, 2004.

[12] 黄慧萍, 吴炳方, 李苗苗, 周位峰, 王忠武. 高分辨率影像城市绿地快速提取技术与应用[J]. 遥感学报, 2004, 8(1).

[13] 黄慧萍. 面向对象影像分析中的尺度问题[D]. 中科院遥感应用研究所, 2003.

[14] 王建芳, 包世泰. 面向对象解译方法在遥感影像地物分类中的应用[J]. 热带地理, 2006, 26(3):234-238.

[15] 杜风兰, 田庆久, 夏学齐. 面向对象的地物分类法分析与评价[J]. 遥感技术与应用, 2004, 19(1):20-23.