

# 基于多层分割的面向对象遥感影像分类方法研究

彭海涛,柯长青

(南京大学地理与海洋科学学院,江苏 南京 210093)

**摘要:**利用 ALOS 数据,在 Definiens Developer 7 软件中用分形网络演化法(FNEA)进行多级分割,获取影像对象。综合运用对象的光谱、空间特征和不同层对象之间的关系,提取了湖北省洪湖市试验区土地覆盖与土地利用信息。最后,用一种基于单层分割的面向对象分类方法和基于像素的最大似然法与这种基于多级分割的面向对象分类方法进行了对比分析。结果表明,基于多级分割的面向对象分类方法,不仅克服了基于像素的最大似然法出现的“椒盐”现象,在分类精度上较这两种分类方法也有大幅度的提高。

**关 键 词:**面向对象;多级分割;模糊函数;分类;ALOS 影像

**中图分类号:**TP 79      **文献标志码:**A      **文章编号:**1004-0323(2010)01-0149-06

## 1 引 言

利用计算机对遥感影像数据进行分类处理,自动提取地物类型是一种有效获取地理信息的方法。从遥感影像中提取信息量的多少取决于遥感影像分类结果的精度,而遥感影像分类精度又受制于遥感分类方法和分类技术的发展水平<sup>[1]</sup>。

传统的基于像素的分类方法包括监督分类方法和非监督分类方法,它们都是利用影像的光谱信息,根据待分类像元与某类像元的亮度特征的相似性来将它们划分归类。但是遥感图像中存在“同物异谱”和“同谱异物”的现象,导致分类的复杂,从而引起错分和漏分,使分类精度降低<sup>[2]</sup>。基于像元的分类方法仅仅利用了单一的光谱信息,无法充分挖掘遥感数据中的纹理、形状及空间关系等信息,造成了数据的浪费。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<sup>[3]</sup>。近年来,随着具有丰富纹理信息高分辨率影像变得容易获取,基于对象的分类方法得到广泛的应用。这种方法先对影像进行分割,获得同质的对象基元(图斑),通过操作可以获得这些对象的形状、纹理等在单个像元中无法获取的信息,分类时操作的也不再是单个像素,而是把这些分割出来的对象作为分类对象。一些国内外研究人员对面向对象的分类方法进行了研究,

Matinfar<sup>[4]</sup>等用基于像元的最小距离法和面向对象方法分别对 Landsat7(ETM+)影像进行了分类比较,发现面向对象的方法获得了较高的分类精度;Yan Gao<sup>[5]</sup>等探究了影像空间分辨率对面向对象分类方法的分类效果的影响;在国内,孙志英<sup>[6]</sup>等在运用多尺度分割获取不同层对象之间的关系基础上,提取了南京市地表的不可透水性信息;张秀英<sup>[7]</sup>等在第二次土地调查中用面向对象分类方法将分类结果导入 GIS 中,完成土地调查数据库的建设。

本文将基于多级分割的面向对象分类方法用于 ALOS 数据,并且将这种方法的分类结果与基于像元的最大似然法和在 ENVI4.4 软件上的面向对象分类方法的分类结果进行了比较分析。

## 2 试验区及数据源

试验区处在湖北省洪湖市,位于湖北省南部,长江沿岸,地貌广阔而平坦,海拔大多在 23~28 m 之间,区内分布着大面积的水田和旱地,居民地主要集中在道路沿线,在区内其它地方也有分布,水体以人工水塘为主。

采用的遥感数据为日本先进对地观测卫星 ALOS 的 AVNIR-2 传感器获取的空间分辨率为 10 m 的 4 个波段数据。影像获取时间为 2008 年 3 月 3 日。AVNIR-2 传感器波段参数如表 1。遥感图像的

预处理主要为几何精校正,以洪湖市 1 : 1 万土地利用现状图为准,选取 15 个相对明显且分布均匀的地物为控制点,以二次多项式为校正模型,将 RMS 误差控制在 0.5 个像元内,保证类精度要求。在影像上截取 296 × 279 像素小区域作为试验区。

表 1 AVNIR-2 波段参数  
Table 1 AVNIR-2 band parameters

波段	波长/m
band 1	0.42~0.50
band 2	0.52~0.60
band 3	0.61~0.69
band 4	0.76~0.89

### 3 方法

#### 3.1 多层分割的面向对象分类

##### 3.1.1 影像分割

首先在 Definiens Developer 7 软件上对影像进行多尺度的分层分割,以获得在不同层次上的影像对象。

在 Definiens Developer 7 中分割采用的是分形网络演化法(FNEA)。它的基本思想是:从一个单个像元开始,分别与其邻近像元进行计算,以降低最终结果的异质性,当一轮合并结束后,以上一轮生成的对象为基本单元,继续分别与它的相邻对象进行计算,这一过程将一直持续到在用户指定的尺度上已经不能再进行任何对象的合并为止<sup>[8]</sup>。这种异质性是由两个对象的光谱和形状差异决定的。这种差异性度量准则的计算公式为式(1):

$$f=w_{\text{spectral}} * h_{\text{spectral}} + (1-w_{\text{spectral}})h_{\text{shape}} \tag{1}$$

其中: $h_{\text{spectral}}$ 和 $h_{\text{shape}}$ 表示颜色和形状的差异性度量, $w_{\text{spectral}}$ 表示颜色差异性度量在综合差异性度量中占的权值。其中形状差异性度量又包括光滑度和紧致度两个方面。光滑度表示的是合并后区域边界的光滑程度,而紧致度是为了保证合并后区域更加紧凑,它们各占有一个权值构成了形状差异性度量。

所谓分层分割就是整幅影像不是用一种尺度进行分割,然后一次性地将全部地物提取出来,而是不同的地物采取不同的尺度进行分割<sup>[9]</sup>。在多级分割中,可以遵循这样的思想:像元层和整个影像被视为

两个特殊的对象层<sup>[10]</sup>,其它层都处在这 2 个层的中间。大尺度分割形成的对象是由小尺度分割形成的对象组成的。

可见,利用多尺度的分层分割,不仅可以针对不同大小的地物采用不同的尺度进行分割,然后在不同的层中提取出来,还可以在分类时利用上层或下层对象与分类层对象之间的关系进行,对于已经在另外层提取出来的类别可以作为这层分类的掩膜,这样层与层之间的信息得到传递,逐层求精,最后得到分类结果。

在本文中,ALOS 数据的 4 个波段都参与分割,为达到对地物的有效分割,经过多次试验,通过目视比较,最终分割的具体参数见表 2。用这些参数分割的图像如图 1。

##### 3.1.2 分类规则及信息提取

定义地表覆盖类型是规则建立的基础<sup>[10]</sup>。经过野外调查和目视判读,本文将研究区的土地利用和覆盖类型分为 5 类:植被、旱地、居民地、水体和道路。确定地表覆盖类型之后,就可以对分割后的每个对象进行特征计算,提取出对象的特征。

在本文中,分类规则的设置考虑到了如下方面:  
①每一层规则的设置,主要根据对象的光谱特征、几何特征、拓扑特征来确定。  
②子类首先继承父类的特征,然后再增加自己的特征。  
③每一层分类的结果可以传递到其它层,作为其它层分类的依据。  
④每一类地物,由于其大小、密度等在影像上分布不均,而对于一个层次的分割来讲,不可能照顾到所有不同大小的地物,而只有与这层分割尺度相对应大小的地物才能得到最好的分割,才能表现这种地物所特有的特征。所以一种地物可以在不同的层中分离出来。比如说,大块的植被,可以在大尺度分割层中利用 NDVI 值分开,但对于细小的、零碎的植被区域,由于分割尺度太大,可能与其它地物一起被分割在一个对象里面,所以无法利用 NDVI 值来提取,只能在较小分割尺度层获得纯净对象后才能提取出来。本文通过对象的特征信息与地物之间的对应关系,建立了分类的层次结构,具体的规则见表 3。各规则的判据值的大小是通过人机交互的过程来确定的。

表 2 分割参数  
Table 2 Segmentation parameters

对象层次	分割尺度	颜色权重	形状权重	平滑度	紧致度
层 1	5	0.9	0.1	0.8	0.2
层 2	15	0.9	0.1	0.5	0.5

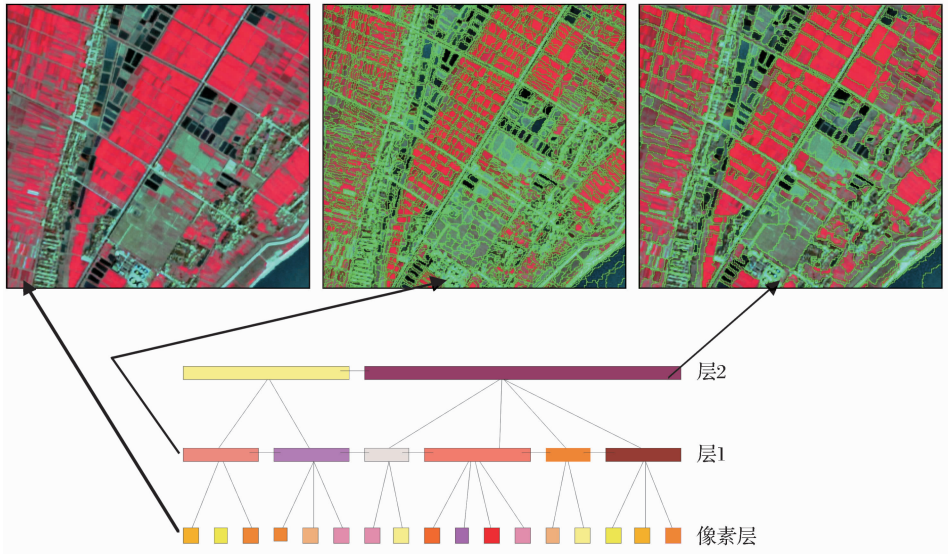


图 1 影像对象层次网络示意图

Fig. 1 The hierarchical network of image objects

表 3 多层次分类规则

Table 3 Multil levels classification rules

层次	类别	规则	备注
层 2	建设用地	Homogeneity 作为判据	Homogeneity 用来度量对象内部像元的同质性的纹理特征。 $NDVI = \frac{band4 - band1}{band4 + band1}$
	旱地 1	Homogeneity 作为判据	
	水体 1	band 4 光谱值作为判据	
	植被 1	NDVI 作为判据	
层 1	道路	继承建设用地 length/width 和 shape index	$Shape = \frac{e}{4\sqrt{A}}$ $e$ 为边长, $A$ 为面积。 Existence of super object 水体 1, 用来判断由该对象组成的上层对象是否被分类为水体 1。
	居民地	继承建设用地, not 道路	
	水体 2	Existence of super object 水体 1 length/width 、band 4 光谱值	
	植被 2	Existence of super object 植被 1 NDVI	
	旱地 2	Existence of super object 旱地 1	
		Homogeneity	

在 Definiens Developer 7 中利用模糊分类来分析影像对象,表 3 中的各类别的规则转化为一系列的模糊表达式。模糊规则可以只有一个条件或者包含几个条件的组合。因为有可能一个对象需要满足大量的条件才可以赋给某一类<sup>[11]</sup>。条件组合用“逻辑与 and”、“逻辑或 or”和“逻辑非 not”连接起来。

在层 2 中,通过设置成员函数利用模糊分类方法,初次提取表 3 中 4 种地物。由于植被对红光波段吸收较强,近红外波谱反射率较高,所以可以用 NDVI 很容易识别出来。水体在近红外波段吸收较强,所以用 band4 亮度特征来提取。通过观察,发现

居民地和道路的 Homogeneity 值较大,可以把它们与旱地分开,分为建设用地类。利用层 2 中对对象与层 1 中对象的关系,在层 1 中对分类做进一步的改进。在层 2 中,由于沟渠水体较浅,没有被分到水体中去,在层 1 中利用 band4 和形状特征 length/width 将沟渠分入水体类。在层 1 中先对建设用地中对象进行合并,然后再进行基于分类的分割,利用形状特征将道路和居民地区分开来。植被与旱地也分别重新设定 NDVI 值和 Homogeneity 值,在参考层 2 分类的基础上,对分类结果进行了改进。这样将分类结果从层 2 融合到层 1,得到如图 2 所示的分类结果。

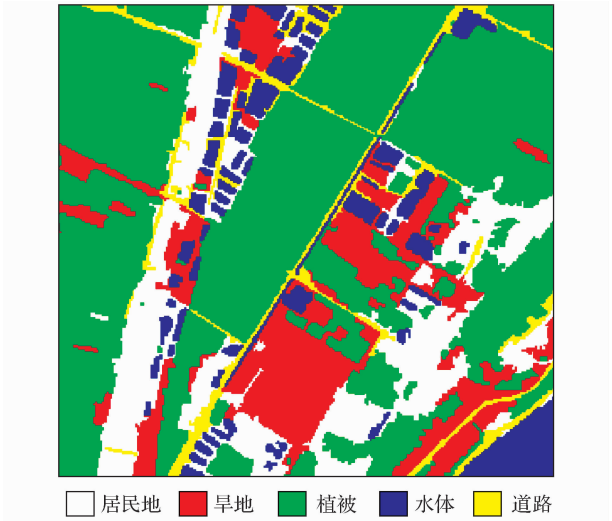


图 2 基于多级分割的分类

Fig. 2 Multil levels segmentation based classification

3.2 比较试验

为了与在 Definiens Developer 7 进行的多级分割面向对象分类方法相比较,本文还在 ENVI4.4 平台上分别进行了使用最大似然法分类器的基于像元的分类和面向对象的分类。

基于像元的监督分类方法通过比较待分类像元与训练样本中各类别的  $n$  维灰度向量( $n$  为参与分类的波段数),将待分像元进行分类。在常用的监督分类中,如平行管道法、最小距离法和最大似然法等,其中最大似然法是最常用的基于像元分类的方法。本文最大似然法分类结果见图 3。

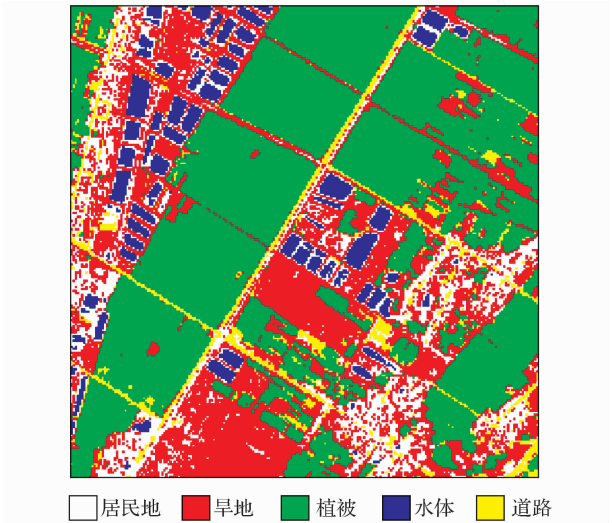


图 3 基于像素的分类

Fig. 3 Pixel based classification

ENVI4.4 中的分割方法是一种在分割过程中考虑了相邻像元亮度、纹理和颜色等特征的基于边

缘的分割方法。通过选取适当的分割参数进行分割,然后计算对象的各种特征值,选取 5 种类型地物的训练样本对象,通过计算自动选择能够用来最大区分各类别的属性特征参与分类,所以这也是一种监督分类。选取的分类器为  $k$  近邻( $k$  Nearest Neighbor)法。 $k$  近邻分类方法通过计算待分类对象与各样本对象在  $n$  维空间的欧氏距离( $n$  为选取参与分类的特征数量),选择  $k$  个距离最小的样本对象参与投票,这  $k$  个样本根据自己是哪个类,就投待分类对象为哪个类,然后待分类对象就被分类到了投票最多的那个类中。所以  $k$  值一般选择为奇数,考虑到每一类样本选择的数量为 5 到 10 个,本文中选择的  $k$  值为 5,分类结果见图 4。

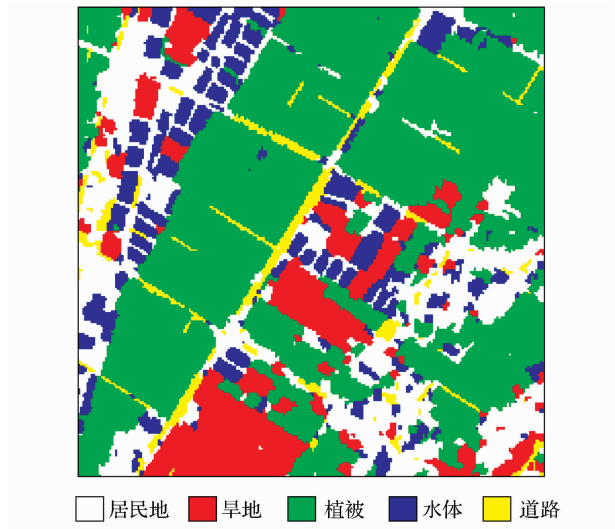


图 4 基于单级分割的分类

Fig. 4 Single level segmentation based classification

4 精度评价

在影像上随机选取 495 个参考点,通过实地调查然后在影像上判读,精确确定每个参考点的地物类别,对 3 种分类方法进行精度评价。3 种分类方法的精度评价结果如表 4。总的来说,基于分割,选取训练样本对象,采用  $k$  近邻分类器的面向对象分类方法总体精度从基于像素的分类方法的 75.76% 提高到 76.97%,而在多级分割的基础上,人工参与,结合人的思维方式的面向对象分类的总体精度达到了 89.94%,较前面两种方法有很大的优势。从表 4 中看出,由于居民地和道路具有相似的光谱特征,最大似然法道路和居民地混分很严重,分类精度很低,而面向对象方法有较大改进。面向对象的方法在植被的用户精度上都低于最大似然法,说明面向对象方法把较多的其它地物分类为了植被。

表 4 分类精度评价

Table 4 Classification accuracy assesement

分类方法	类别	检验样本数	被分类总数	正确分类数	生产者精度/%	用户精度/%	总体精度/%	Kappa 系数
基于像素 (最大似然)	植被	246	238	229	93.09	96.22	75.76	0.64
	旱地	91	119	64	70.33	53.78		
	水体	43	30	29	67.44	96.67		
	道路	25	26	8	32.00	30.77		
	居民地	90	82	45	50.00	54.88		
面向对象 (一级分割)	植被	246	255	229	93.09	89.80	76.97	0.66
	旱地	91	58	43	47.25	74.14		
	水体	43	45	35	81.4	77.78		
	道路	25	28	11	44.00	39.29		
	居民地	90	109	63	70.00	57.80		
面向对象 (多级分割)	植被	246	268	242	98.37	90.30	89.49	0.84
	旱地	91	76	70	76.92	92.11		
	水体	43	41	40	93.02	97.56		
	道路	25	25	20	80.00	80.00		
	居民地	90	85	71	78.89	83.53		

5 结 语

(1) 采用面向对象的分类思想,将影像在多个层次上分割,获取不同层次上的影像对象。这种基于多级分割的面向对象方法,在一层分割中损失的信息可以在另一层中得到增强,在加载人的思维的基础上,利用不同层对象之间的关系,通过设置相应的规则,分类在各层之间进行,不仅克服了基于像素分类方法的“椒盐”现象,而且分类总体精度达到了 89.94%,较其它两种方法有很大优势。

(2) 只进行一级分割的面向对象方法在分割过程中,虽然突出了一部分信息,同时不可避免地损失了另一部分信息,所以分类效果虽然克服了“椒盐”现象,但是分类精度明显低于基于多级分割的面向对象方法,只有 76.97%;与基于像素的最大似然法相比,分类精度也提高较小。

(3) 虽然基于多级分割和规则设置的面向对象分类方法能取得较高的分类精度,但是在分类过程中分割尺度和规则选取设置都需要人工参与,结合人的知识,对分类者的要求较高,降低人为干预和提高效率问题值得进一步的研究。

参考文献:

[1] Cao Bao, Qin Qiming, Zhang Zili, *et al.* Feature Enhancement Techniques Combined with Object-oriented Classification Approach[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2007, 14 (4): 358-361. [曹宝, 秦其明, 张自力, 等. 基于特征增强技术

的面向对象分类方法[J]. 水土保持研究, 2007, 14 (4): 358-361. ]

[2] Chen Zhong. High Spatial Resolution Remote Sensing Image Classification Method Research[D]. Beijing: Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences, 2006. [陈忠. 高分辨率遥感图像分类技术研究[D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2006. ]

[3] Chen Qiuxiao, Luo Jiancheng, Zhou Chenghu. Classification of Remotely Sensed Imagery Using Multi-features Based Approach[J]. Journal of Remote Sensing, 2004, 8(3): 239-245. [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. ]

[4] Matinfar H R, Sarmadian F, Alavi Panah S K, *et al.* Comparisons of Object-oriented and Pixel-based Classification of Land Use/Land Cover Types Based on Landsatsat7, ETM+ Spectral Bands (Case Study: Arid Region of Iran)[J]. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 2007, 2(4): 448-456.

[5] Yan Gao, Jean Francois Mas. A Comparison of the Performance of Pixel Based and Object Based Classifications over Images with Various Spatial Resolutions[J/OL]. Online Journal of Earth Sciences, 2008, 2(1): 27-35.

[6] Sun Zhiying, Zhao Yanfeng, Chen Jie, *et al.* Application of Object-oriented Classification in Extraction of Impervious Degree of Urban Surface[J]. Geographical Science, 2007, (6): 837-842. [孙志英, 赵彦锋, 陈杰, 等. 面向对象分类在城市地表不可透水体提取中的应用[J]. 地理科学, 2007, 27(6): 837-842. ]

[7] Zhang Xiuying, Yang Minhua, Liu Changjuan, *et al.* The Application of the Remote Sensing Classification Method Based on Object-oriented in the Second Land Use Survey[J]. Remote Sensing Information, 2008, (3): 77-80. [张秀英, 杨敏华, 刘常娟, 等. 面向对象遥感分类新技术在第二次土地调查中的应用[J]. 遥感信息, 2008, (3): 77-80. ]

[8]

Baatz M, Schape. Multiresolution Segmentation——An Optimization Approach for High Quality Multi-scale Image Segmentation[C]//Strobl J, Blaschke T (eds.). Angewandte Geographische Informationsverarbeitung X. Wichmann Verlag, 2000, 12-23.

[9]

Cao Xue, Ke Changqing. Classification of High-resolution Remote Sensing Images Using Object-oriented Method[J]. Remote Sensing Information, 2006, (5): 25-30. [曹雪, 柯长青. 基于对象级的高分辨率遥感影像分类研究[J]. 遥感信息, 2006, (5): 25-30. ]

[10]

Chen Yunhao, Feng Tong, Shi Peijun, et al. Classification of Remot Sensing Image Based on Object Oriented and Class Rules[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2006, 31(4): 316-319. [陈云浩, 冯通, 史培军, 等. 基于面向对象和规则的遥感影像分类研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2006, 31(4): 316-319. ]

[11]

Guan Yuanxiu, Cheng Xiaoyang. The Processing Guidebook of the High Resolution Satellite Image[M]. Beijing: Science Press, 2008. [关元秀, 程晓阳. 高分辨率卫星影像处理指南[M]. 北京: 科学出版社, 2008. ]

Study on Object-oriented Remote Sensing Image Classification  
Based on Multi-levels Segmentation

PENG Hai-tao, KE Chang-qing

(School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** ALOS image data was used to carry out a multi-levels segmentation with a method called FNEA in Definiens Developer 7 software and image objects were got. Spectral and spatial values of image objects, as well as relationship of objects among different levels were considered to extract land use and land cover information in the test area located in Honghu City, Hubei Province. Then an object-oriented classification based on single level segmentation and a pixel-based Maximum Likelihood classification were used to compare with it. Results showed that the object-oriented classification based on multi-levels segmentation not only overcame “Pepper and Salt Phenomenon” appeared in the pixel-based Maximum Likelihood classification but also obtained a significant improvement on classification accuracy compared with the other two classification methods.

**Key words:** Object-oriented; Multi-levels segmentation; Fuzzy function; Classification; ALOS image