



# 一种面向对象的高分辨率影像最优分割尺度选择算法

张 俊<sup>1</sup>, 汪云甲<sup>2</sup>, 李 妍<sup>2</sup>, 王行风<sup>2</sup>

1. 国家测绘局第三地形测量队, 哈尔滨 150081

2. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州 221008

**摘要** 近年来越来越多的高分辨率遥感卫星得到应用, 传统方法已然不能满足高空间分辨率遥感影像的应用需求, 面向对象的遥感影像处理方法应运而生。面向对象方法的基本处理单元是经过多尺度分割的具有较好的完整性和单一性的影像对象, 相关研究表明不同目标有其最适宜的提取尺度。在分析两种最优尺度选择方法局限性的基础上, 根据“类内同质性大, 类间异质性大”的最佳分类原则, 提出面向对象的 RMAS 方法。该方法的思想是, 当对象 RMAS 值最大时, 对象内部的异质性最小、对象外部的异质性最大, 此时的分割尺度为类别提取的最优分割尺度。根据最优尺度下信息提取精度最高的原理, 实验验证了该方法的可行性, 且能获得较好的分类结果。分析还发现 RMAS 折线有时会出现多个局部峰值的情况, 说明最优尺度是相对的, 通常是一个数值范围, 对于面积较大的类别使用一种尺度不易将信息准确提取出来, 需要根据应用目标选择合适的最佳尺度。

**关键词** 高分辨率遥感; 面向对象; 多尺度分割; 最优尺度

**中图分类号** TP751, P237

**文献标识码** A

**文章编号** 1000-7857(2009)21-0091-04

## An Object-Oriented Optimal Scale Choice Method for High Spatial Resolution Remote Sensing Image

ZHANG Jun<sup>1</sup>, WANG Yunjia<sup>2</sup>, LI Yan<sup>2</sup>,  
WANG Xingfeng<sup>2</sup>

1. No.3 Topographic Survey Team, State Bureau of Surveying and Mapping, Harbin 150081, China

2. School of Environment & Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, Jiangsu Province, China

**Abstract** The traditional pixel-based information extraction and classification method is not suitable for processing high spatial resolution remote sensing images because it only focuses on spectral information and ignores information concerning texture, shape and structure related with adjacent pixels. The object-oriented

information and classification extraction approach can solve this problem, with the basic unit being the image object, which enjoys good integrity and uniqueness in a multi-scale segmentation algorithm. The related experimental researches show that it is necessary to extract the region of interest in optimal scale images. In view of this, the RMAS method is based on analysis of the limitations of two optimal scale selecting methods, according to the best classification principle as "homogeneity in class, heterogeneity between classes". This method makes the heterogeneity in class the minimum and that between class the maximum when RMAS is the maximum, so the segmentation scale is optimal. According to the principle of the highest information extraction accuracy based on the optimal scale, the experiment has verified the feasibility of this method and the classification results are found to be better. It is shown that several local peaks appear in the curve of RMAS and that the optimal scale is relative and usually in a range of values. So, it is difficult to extract information using only one scale for the class with a large area. The optimal scale should be very carefully chosen according to specific application cases.

**Keywords** high spatial resolution remote sensing; object-oriented; multi-scale segmentation; optimal scale

收稿日期: 2009-08-04

基金项目: 西部测图项目; 国家自然科学基金重点项目(50534050); 矿山空间信息技术国家测绘局重点实验室开放基金项目(KLM200819)

作者简介: 张俊, 研究方向为遥感图像处理与应用方面, 电子信箱: zjaust@163.com; 汪云甲(通信作者, 中国科协所属全国学会个人会员登记号: S300000067M), 教授, 研究方向为地理信息工程与资源环境评价等, 电子信箱: wyj4139@cumt.edu.cn



### 0 引言

过去 40 年间遥感技术有了长足的发展<sup>[1-4]</sup>,具备了高光谱分辨率、高时间分辨率、高空间分辨率、自动化、低成本、快速、准确、大尺度连续覆盖能力、全天时、全天候、实时/准实时的长期对地观测能力,已经形成了三多和三高的发展局面,在目标识别、环境监测、资源开发、城市规划、测绘、农业、林业、海洋、军事等行业和领域得到广泛的应用,发挥着重要作用。

随着遥感技术日臻完善、各种探测卫星的成功发射,使人们能够获得极其丰富的信息,特别是近年来,越来越多的

高分辨率遥感卫星得到应用<sup>[5-6]</sup>。表 1<sup>[5-6]</sup>列举的几种典型的高分辨率传感器,其卫星影像分辨率高达 0.1~10 m。本文所述的高分辨率卫星影像指的是高空间分辨率遥感影像。目前人们对遥感信息的认识和利用程度远远落后于遥感信息获取的速度,造成大量资源的严重浪费,因此,面对海量的遥感影像数据,如何根据高分辨率影像的特点,实现高分辨率影像信息的快速、高精度提取感兴趣信息是目前遥感数据处理领域非常活跃的亟待解决的研究主题。其中,对影像进行多尺度分割和最优尺度选择是进一步进行信息提取的前提和保障。

表 1 典型的高分辨率传感器  
Table 1 Some typical high-resolution sensors

| 卫星           | 国家  | 发射日期    | 传感器    | 空间分辨率/m   | 影像覆盖/km   |
|--------------|-----|---------|--------|-----------|-----------|
| IKONOS II    | 美国  | 1999-09 | 全色/多光谱 | 1/4       | 11×11     |
| OrbView4     | 美国  | 2001-09 | 全色/多光谱 | 1/4       | 8×8       |
| QuickBird II | 美国  | 2001-10 | 全色/多光谱 | 0.61/2.44 | 16.5×16.5 |
| SPOT5        | 法国  | 2002-05 | 全色/多光谱 | 2.5/10    | 60×60     |
| IRS-P6       | 印度  | 2003-10 | 全色/多光谱 | 5.8/23.5  | 70×70     |
| ALOS         | 日本  | 2006-01 | 全色/多光谱 | 2.5/10    | 35×35     |
| EROS-B1      | 以色列 | 2006-04 | 全色     | 0.8       | 16×16     |
| CBERS-02B HR | 中国  | 2007-09 | 全色     | 2.36      | 27×27     |
| WorldView II | 美国  | 2009-01 | 全色/多光谱 | 0.46/1.8  | 16.4×16.4 |

### 1 面向对象高分辨率遥感影像多尺度分割技术

遥感影像信息是对依赖尺度的地表空间格局与过程的特征反映,表现为同一种格局与过程随遥感影像覆盖范围和观测尺度的变化。一个地物单元在小尺度上观察是异质的,而在大尺度上则可能变成均质的<sup>[7]</sup>。尺度与遥感影像密切相关,在同一分辨率或同一尺度的影像中提取的信息是有限的。为了有效地反映地表特征多尺度特征与尺度变化效应,在遥感影像分析中必须考虑尺度这一因子。解释不同的地理现象和规律需要在不同尺度的影像数据中进行分析。由于各种条件的限制,要获得同一地区不同尺度的所有数据是有难度的。多尺度分割技术提供的多尺度影像数据层则为同一研究区域中多种地物类别提供多种尺度的影像数据成为可能,这样,不同类别的信息提取可以在相应尺度的影像对象层中进行。多尺度分割的突出贡献是同一空间分辨率的遥感影像信息不再只由一种尺度表示,而是将原始影像信息扩展到不同尺度上,实现影像信息的多尺度描述<sup>[8]</sup>。如图 1 所示。

### 2 面向对象的与邻域绝对均值差分方差比方法

在多尺度影像分割中,尺度不同,生成的影像对象多边形的大小和数量也不同。一般而言,分割尺度值越大,所生成的对象层内多边形面积就越大且数目越小,反之亦然。如果尺度选得不合适,则难以取得理想的结果。因此,影像分割尺度的选择是非常重要的,它直接决定影像对象的大小、感兴趣地理信息所处的尺度层次以及信息提取的精度。面向对象的最优尺度包含双重含义<sup>[8]</sup>:一是面积最小类别识别的最大

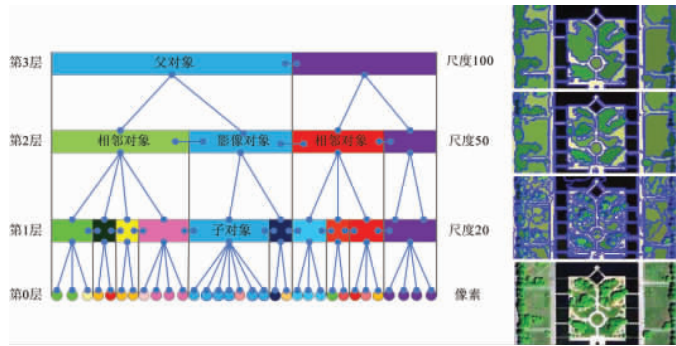


图 1 影像对象网络层次结构示意图

Fig. 1 Network frame of multi-scale image objects

影像空间分辨率;二是不同地物类别的影像分割最优尺度。

目前面向对象的最优尺度选择方法,一般有平均局部方差法和最大面积法,不过均有一定的局限性。平均局部方差<sup>[9]</sup>是基于像素,且计算窗口固定的。只有当计算窗口与影像中的地物目标尺寸接近时,平均局部方差才能达到最大,所以要想使局部方差达到最大,需要选择不同尺寸的计算窗口,进而导致一次只能选择一种地物的最优尺度,而地物的实际存在大小不同,故应用该方法确定不同地物的最优尺度是耗时耗力不现实的。并且当地物类别在影像中所占面积比较接近时,用此方法计算出来的局部方差都能达到最大,无法确定不同地物类别的最优尺度。对最大面积法<sup>[8]</sup>而言,如果所选择的实验样区内有比较均匀的地物类别,尤其是大面积同类地物,在大多数的分割层次中,最大面积可能表现为这种地物对象的面积,这样就需要观察哪种地物类别的最优尺度对

应于这个最大面积。由于人观察能力的限制及地类结构的复杂性,一定程度上影响最大面积法的效果。相关研究证明<sup>[10]</sup>,单独使用最大面积法来选择最优尺度,对一些区域或区域中的某些地物类别效果并不好,尤其是对包含大面积地物类别的研究区域。

理想的影像分割结果是<sup>[8]</sup>:① 分割得到的对象内部具有良好的同质性,保证分割后得到的影像对象尽量是纯净对象,不是混合对象;② 分割得到的对象应该与邻接对象具有良好的异质性,保证影像对象之间的高可分性。本文中,利用对象内部的标准差来表示对象内部的同质性,用对象与邻域均值差分绝对值来表示对象之间的异质性,提出用与邻域绝对均值差分方差比 (Ratio of Mean Difference to Neighbors (ABS) to Standard Deviation, RMAS) 作为选择影像最优尺度的一个指标。

通过反复试验,确定影像对象的 RMAS 是选择影像最优尺度的一个较好的指示器。当分割尺度小于类别目标时,对象内含有相同的地物类别,对象标准差小,相邻对象之间属于同一个类别而具有空间依赖,对象与邻域均值差分绝对值及 RMAS 均较小;当分割尺度大小等于类别目标时,对象内含有相同的地物类别,对象标准差小,相邻对象属于不同的类别目标而使空间依赖程度最弱,对象与邻域均值差分绝对值及 RMAS 均最大;当分割尺度进一步增大时,对象内都会含有不同的地物类别,对象标准差增大,与相邻对象之间的空间依赖程度同时也开始增大,对象与邻域均值差分绝对值及 RMAS 均开始减小。因此不同地物类别信息提取的最优尺度可以通过影像对象的 RMAS 的折线图选择。

RMAS 是指对象与邻域均值差分绝对值与对象标准差之间的比值,计算公式为

$$RMAS = \frac{\Delta C_L}{S_L}$$

$$\Delta C_L = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij} |\bar{C}_L - C_{Li}| \quad (1)$$

$$S_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_{Li} - \bar{C}_L)^2}$$

其中,  $L$  为影像对象波段层数,  $\Delta C_L$  为  $L$  波段层单个尺度分割对象的与邻域均值差分绝对值,  $S_L$  为  $L$  波段层单个尺度分割对象的标准差,  $C_{Li}$  为  $L$  波段层  $i$  像素点灰度值,  $\bar{C}_L$  为单个尺度分割层上的波段均值,  $n$  为影像对象内的像素个数,  $m$  为与目标对象直接相邻的对象个数,  $l$  为目标对象的边界长度,  $l_{ij}$  为目标对象和第  $j$  个直接相邻对象的公共边界长度。

### 3 最优尺度选择实验

以中国矿业大学文昌校区教学区 2005 年 QuickBird 数据为实验对象,首先利用多尺度影像分割技术生成的不同尺度影像对象(本文采用影像分割算法为基于异质性最小原则的区域合并算法),然后每类地物选取 10 个样本,统计各类地物对象的标准差和与邻域均值差分绝对值,计算不同尺度影像层对象的 RMAS,以对象的 RMAS 为  $y$  轴,影像分割尺度为  $x$  轴,绘制了不同对象的 RMAS 随分割尺度变化的折线,如图 2 所示。从折线分布形态中可以判定特定地物类别的最优分割尺度,水体、阴影、林地、草地、道路、建筑物和裸地对应的最优尺度分别为 20、20、40、40、60、60 和 100。

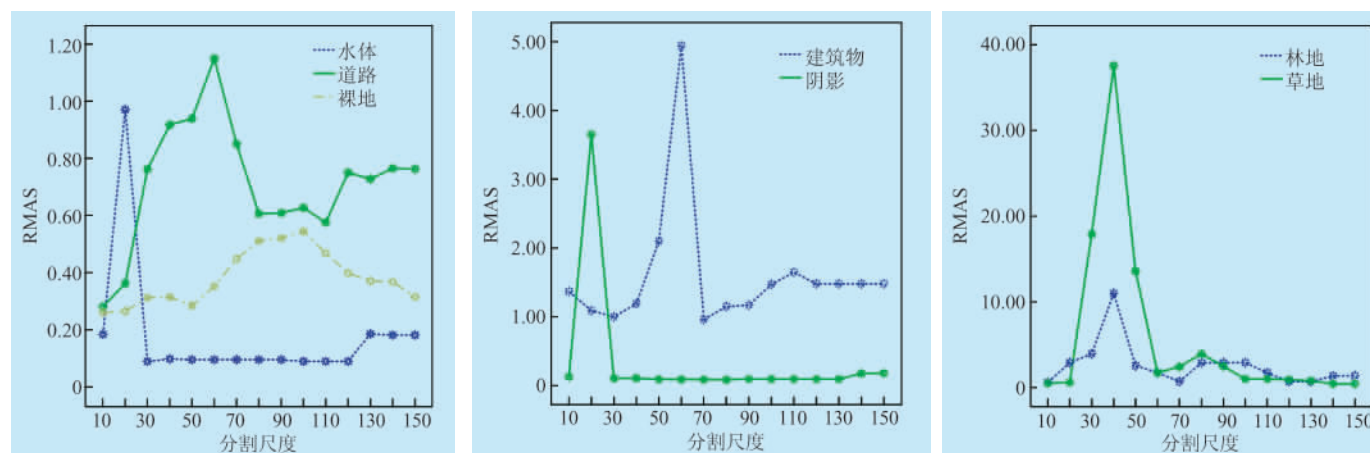


图 2 RMAS 法最优尺度的选择  
Fig. 2 Optimal scaling choice using RMAS

### 4 最优尺度评价

在遥感信息分类提取过程中,地物最优尺度的选择会直接影响信息提取的精度,尺度选择越合适,影像分割效果越好,该类地物提取精度也就越高。为了证明评价利用面向对象的 RMAS 方法选择的最优尺度是有效的,本文采用遥感信

息提取的最大分类精度作为评价该类地物最优尺度选择的指标。这里选择的精度指标是生产者精度。

由于该影像覆盖范围曾为笔者学习校区,对该校区非常熟悉,先通过人工解译的方法对影像进行分类,然后采用面向对象的多特征模糊分类器对多尺度分割影像进行分类,最



后以解译图为底图,对各尺度下影像分类结果图中各地物类别进行分类精度分析,得到不同尺度上地物的提取精度,见表2。从表2中可以看出,不同尺度的类别提取精度有很大差异,水体、阴影、林地、草地、道路、建筑物和裸地7类最高提取

精度分别为98.65%、81.51%、87.85%、82.36%、84.44%、81.43%和95.19%,对应的尺度分别为20、20、40、40、70、70和100,这与面向对象的RMAS方法分析的地物提取最佳尺度结果吻合,说明RMAS方法有效可行。

表2 不同分割尺度下的生产者精度评价结果(单位:%)  
Table 2 Accuracy assessment of different segmentation scales (unit: %)

| 尺度  | 建筑物   | 道路    | 水体    | 树木    | 草地    | 裸地    | 阴影    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10  | 71.44 | 61.61 | 68.27 | 71.53 | 51.54 | 46.81 | 72.38 |
| 20  | 72.43 | 60.68 | 98.65 | 74.62 | 59.20 | 42.61 | 81.51 |
| 30  | 74.74 | 72.58 | 77.27 | 77.93 | 59.51 | 46.83 | 63.66 |
| 40  | 72.48 | 74.13 | 78.11 | 78.87 | 64.82 | 72.79 | 51.17 |
| 50  | 81.43 | 84.44 | 73.10 | 81.01 | 67.17 | 41.51 | 58.62 |
| 60  | 73.00 | 64.31 | 85.04 | 82.68 | 66.05 | 73.45 | 53.10 |
| 70  | 70.68 | 73.55 | 51.77 | 87.85 | 82.36 | 76.92 | 54.05 |
| 80  | 57.69 | 80.34 | 86.51 | 55.37 | 73.18 | 93.04 | 47.37 |
| 90  | 68.64 | 69.93 | 86.95 | 71.62 | 66.77 | 69.27 | 50.00 |
| 100 | 70.04 | 73.25 | 86.95 | 72.84 | 69.36 | 95.13 | 51.76 |
| 110 | 71.13 | 69.11 | 86.95 | 72.66 | 69.78 | 95.19 | 47.30 |
| 120 | 72.36 | 66.76 | 80.35 | 74.64 | 65.47 | 95.13 | 31.99 |
| 130 | 69.57 | 52.12 | 79.92 | 71.95 | 68.16 | 56.75 | 30.33 |
| 140 | 60.80 | 51.95 | 76.68 | 71.55 | 65.98 | 57.19 | 32.41 |
| 150 | 61.53 | 53.25 | 76.68 | 69.53 | 65.17 | 57.19 | 29.21 |

## 5 结论

本文在分析两种最优尺度选择方法局限性的基础上,根据“类内同质性大,类间异质性大”的最佳分类原则,提出面向对象的RMAS方法,该方法的特点有:①RMAS是基于相应的影像对象层进行的;②RMAS的计算不受计算窗口的限制,可以计算任意尺度分割对象的RMAS;③RMAS不仅考虑了对象的内部异质性,同时也考虑的对象的外部异质性,是综合考虑两种因素的指标,体现了面向对象技术的优点。另外从RMAS折线图中还可以看出:一方面,因某些地物类别面积较大而导致内部的形状、纹理和光谱信息差异较大时,容易得到比较破碎的影像对象,其RMAS折线中有的会出现多个局部峰值的情况,不利于这种地物类别的提取;另一方面,最优尺度是相对的,某一类别的最优尺度对于另一个类别可能不是最优的。最后需要指出是,最优尺度通常是一个数值范围,只有当影像数据满足一种特定的应用目标时才存在最优尺度,离开具体目标的应用,就不存在最优尺度。

## 参考文献 (References)

[1] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.  
Zhao Yingshi. Remote sensing analysis principles and methods [M]. Beijing: Science Press, 2003.

[2] 孙家柄. 遥感原理与应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.  
Sun Jiabing. Principles and applications of remote sensing [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2003.

[3] Jensen J R. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective[M]. 3rd ed. London: Prentice Hall, 2004.

[4] 杜培军, 陈云浩, 王行风, 等. 遥感科学与进展 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2007.  
Du Peijun, Chen Yunhao, Wang Xingfeng, et al. Remote sensing science technology and progress [M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2007.

[5] 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.  
Guan Yuanxiu, Cheng Xiaoyang. High spatial resolution remote sensing image processing guidelines[M]. Beijing: Science Press, 2008.

[6] 张永生, 巩丹超. 高分辨率遥感卫星应用——成像模型、处理算法及应用技术[M]. 北京: 科学出版社, 2004.  
Zhang Yongsheng, Gong Danchao. High spatial resolution remote sensing image: Model, algorithm and application [M]. Beijing: Science Press, 2004.

[7] 傅伯杰, 陈利顶. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.  
Fu Bojie, Chen Liding. Landscape ecological principles and applications [M]. Beijing: Science Press, 2001.

[8] 黄慧苹. 面向对象影像分析中的尺度问题研究 [D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2003.  
Huang HuiPing. Scale issues in object-oriented image analysis [D]. Beijing: Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, 2003.

[9] Wondcok C E, Strahler A H. The factor of scale in remote sensing[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1987, 21(3): 311-332.

[10] 汪秋来. 面向对象遥感影像分类方法及其应用研究——以深圳市福田区植被提取为例[D]. 南京: 南京林业大学森林资源与环境学院, 2008.  
Wang Qiulai. Study on object-oriented remote sensing image classification and its application-taking urban vegetation extraction in Futian, Shenzhen city for example [D]. Nanjing: College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, 2008.

(责任编辑 代丽)