

# 面向对象的遥感影像最优分割尺度评价

陈春雷<sup>1,2</sup>, 武刚<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学信息学院, 北京 100083; 2. 浙江省森林资源监测中心, 浙江 杭州 310020)

**摘要:** 遥感影像分割决定了后续分类的精度, 鉴于目前分割技术评价的研究缺乏且局限于主观判断的现状, 以定量方法确定最优分割尺度。利用 Definiens 平台面向对象的分割算法, 将组成对象的像素灰度值的标准差作为衡量对象内同质性的标准, 用与邻域的平均差分的绝对值作为对象间的异质性度量变量, 同时考虑面积权重的影响; 根据上述 3 个评价指标, 在考虑多光谱影像的基础上, 构造了平均分割评价指数; 基于该评价指数, 以优度实验法对 QuickBird 多光谱影像进行了研究, 并确定了不同地物类型的最优分割尺度。最后, 利用平均对象匹配指数对评价结果进行了验证, 并对评价方法的可行性进行了探讨。

**关键词:** 面向对象; 遥感影像; 最优分割尺度; 评价

**中图分类号:** TP 75 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2011)01-0096-07

## 1 引言

图像分割是将图像划分成各具特性的区域并提取感兴趣目标的技术和过程<sup>[1]</sup>。随着空间分辨率的不断提高, 它成了遥感影像分析和计算研究的关键<sup>[2]</sup>。通过分割, 得到影像内所包含的目标对象以及描述对象特征的属性, 从而使得更高层的影像分析与理解成为可能。与传统的基于像素的分类方法相比, 不再仅仅是从光谱空间到分类空间, 而是从对象空间过渡到分类空间, 具有更大的优越性, 也使得基于知识的面向对象的分类成为现实<sup>[3-4]</sup>。

理论上并不存在最优的影像分割方法, 目前虽已提出了上千种算法, 但由于尚没有通用的分割理论, 对分割技术的评价研究仍很缺乏。对图像分割评价的目的是为了更好地指导、改进和提高图像分割算法的性能, 因而对其进行研究有着十分重要的意义<sup>[5-6]</sup>。

遥感影像分割是决定遥感影像分析与计算的关键因素之一, 只有在获得了较好分割结果的基础上, 信息提取与目标识别才能进一步展开, 并获得理想效果。传统的分割主要依靠经验和人的目视判断, 反复实验进行选择, 因而在很大程度上带有主观性。如何客观地对分割进行评价, 获得最优的分割结果,

避免主观因素的影响, 就显得尤为重要。

## 2 研究方法

从定性角度, 对于一个特定的地物类型, 最优分割尺度是分割后的多边形与地物目标大小接近, 与地物目标的边界吻合较好, 既不能太破碎, 也不能过于综合<sup>[4]</sup>。从定量的角度, 最优分割尺度是影像分割的理想目标, 即在某一分割算法中通过变化分割参数得到的分割对象, 能在同一对象内的同质性与不同对象间的异质性之间找到一个最佳的平衡点, 在该分割尺度下得到的对象具有足够高的光谱纯度, 保证同类地物的聚类, 不同对象间的差异则保证了最大可分性。当分割尺度小于最优分割尺度时, 分割的对象往往过小, 造成分割过度; 相反, 如果分割尺度过大, 得到的分割对象往往大于目标, 形成分割不足<sup>[7]</sup>, 如图 1 所示。

### 2.1 面向对象的分割方法

虽然分割的方法很多, 但大多数算法都未能整合光谱信息和空间信息, 且很少用于遥感数字影像分类<sup>[8]</sup>。随着高分辨率遥感影像越来越多的涌现, 大大推动了分割算法的研究。尽管角度不同, 对其分类也不同, 然而常认为可分为基于边界和基于区域技术的方法<sup>[5]</sup>。基于边界的方法, 往往难以形成

图像分割所需要的闭合且连通的边界;基于区域的思路虽然计算开销大、速度慢,但作为常用的一种影像分割方法,具有原理简单、无需预知类别数目、容易扩展到多光谱等优点,显示出其最佳性能,因而得到了广泛的应用。在基于区域合并的方法中,德国 Definiens 公司的 eCognition 平台所提供的多尺度分割技术<sup>[9-10]</sup> (Multiresolution segmentation),充分利用对象特征和类间关系等信息,被认为是世界上首屈一指的面向对象处理软件。Meinel 和 Neubert<sup>[11-12]</sup> 在对 eCognition、ENVI、SPRING、Image Segmentation for Erdas Imagine 等软件比较分析的基础上,得出了 eCognition 具有更佳性能的结论。因此本文采用了 Definiens 公司的 5.0 版软件作为分割软件平台(注:Definiens 公司 4.0 版本的产品名称为 eCognition,而 5.0 版本更名为 Definiens Professional,8.0 版本后重新恢复 eCognition 名称)。

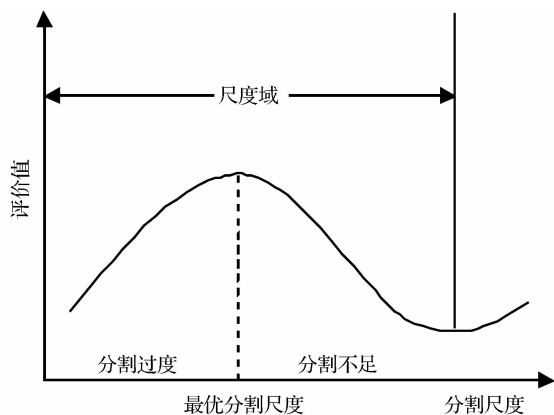


图 1 最优分割尺度示意图

Fig. 1 Schematic diagram of optimal segmentation scale

分割尺度( $f$ )是一个抽象的术语,它决定了分割对象所允许的最大异质程度,由两个参数组成:光谱异质性( $h_{\text{color}}$ )和形状异质性( $h_{\text{shape}}$ )。光谱特征是决定对象的首要条件,形状特征的引入则会提高分割结果的质量。光谱和形状两个因子的权重之和为 1,也就是说增加其中一个因子的权重,必然会降低另外一个指标对分割结果的贡献程度。考虑到光谱在分类中的重要性,本文定义其取值范围为 $[0.6, 0.9]$ ,因此形状权重的范围为 $[0.1, 0.4]$ (详细的说明可参见《eCognition User Guide 4》和《Definiens Professional 5 Reference Book》中相关部分)。

在只考虑光谱异质性的情况下,分割产生的对象往往会造成有分支的或有分形形状的影像对象,将光谱异质性和空间异质性结合起来,分割产生的对象则可达到边界光滑或者形状紧凑的目的,并通

过形状判据来实现。形状判据通过两个景观生态指数—紧凑度( $h_{\text{compact}}$ )和光滑度( $h_{\text{smooth}}$ )来计算:光滑度用来优化分割对象边界的光滑程度,可以抑制边缘的破碎;紧凑度用来优化分割对象的紧凑程度。这两个指标的权重之和也是 1,也就是说一个指标权重的增加,意味着会削弱另外一个指标对分割结果的贡献程度。

通过调整分割阈值( $s$ )的大小,可以直接影响生成分割对象的大小( $f \leq s$ )。 $f$  定义了分割对象合并生长的准则,而  $s$  则是控制分割对象合并生长的停止条件。相应的计算公式如下:

$$f = w_{\text{color}} \cdot h_{\text{color}} + (1 - w_{\text{color}}) \cdot h_{\text{shape}} \quad (1)$$

$$h_{\text{color}} = \sum_c w_c \sigma_c \quad (2)$$

$$h_{\text{shape}} = w_{\text{compact}} \cdot h_{\text{compact}} + (1 - w_{\text{compact}}) \cdot h_{\text{smooth}} \quad (3)$$

$$h_{\text{compact}} = \frac{l}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

$$h_{\text{smooth}} = \frac{l}{b} \quad (5)$$

其中: $w_{\text{color}} \in [0.6, 0.9]$ ,  $w_{\text{compact}} \in [0.0, 1.0]$ ,  $w_{\text{color}}$ 、 $w_{\text{compact}}$ 、 $w_c$  分别表示光谱、紧凑度和波段  $c$  的权重,  $\sigma_c$  表示组成对象的  $c$  波段灰度值的标准差,  $c$  表示波段编号,  $l$  表示对象的周长,  $b$  表示对象的外接矩形边长,  $n$  表示组成对象的像素个数。

根据上述定义,计算对象合并前(Obj1 和 Obj2)与合并后(Merge)的差异,评价每次合并引起的对象异质性的变化,并确定是否需要增长对象或者创建新的对象:

$$h_{\text{color}} = \sum_c w_c (n_{\text{Merge}} \cdot \sigma_c^{\text{Merge}} - (n_{\text{Obj1}} \cdot \sigma_c^{\text{Obj1}} + n_{\text{Obj2}} \cdot \sigma_c^{\text{Obj2}})) \quad (6)$$

$$h_{\text{compact}} = n_{\text{Merge}} \cdot \frac{l_{\text{Merge}}}{\sqrt{n_{\text{Merge}}}} - \left( n_{\text{Obj1}} \cdot \frac{l_{\text{Obj1}}}{\sqrt{n_{\text{Obj1}}}} + n_{\text{Obj2}} \cdot \frac{l_{\text{Obj2}}}{\sqrt{n_{\text{Obj2}}}} \right) \quad (7)$$

$$h_{\text{smooth}} = n_{\text{Merge}} \cdot \frac{l_{\text{Merge}}}{b_{\text{Merge}}} - \left( n_{\text{Obj1}} \cdot \frac{l_{\text{Obj1}}}{b_{\text{Obj1}}} + n_{\text{Obj2}} \cdot \frac{l_{\text{Obj2}}}{b_{\text{Obj2}}} \right) \quad (8)$$

在定义的分割尺度下,通过调整每个波段的权重( $w_c$ )、光谱权重( $w_{\text{color}}$ )、紧凑度权重( $w_{\text{compact}}$ ),从而影响分割的结果。对于多光谱影像,多数情况下,蓝色波段往往受大气影响显著,在波段组合中,432 组合的最佳指数因子(Optimum Index Factor, OIF)最高,为了简化难度,本文在各波段等权重的情况下,仅对 432 波段组合的情况进行分析。

## 2.2 分割评价指标

对于分割结果的评价,主要有 3 种思路<sup>[5]</sup>:① 对分割算法评价的分析法;② 对分割结果进行评价选择最优的优度实验法;③ 与已知参考结果进行比较的差异实验法。相比较而言,虽然方法②需要对所有可能的结果进行穷举选择,但是具有更好的可行性,分割后的结果通过量化评价指标,不仅具有客观性,也与分割算法的内部结构特性无关,有普遍适用性。因此本文采用该思路对分割结果进行评价。

对某一分割尺度下产生的对象,其评价的准则一般为:① 对象内部具有良好的同质性;② 相邻对象之间有明显的对比度;③ 对象面积的大小对评价结果有不同的权重影响。

何敏等<sup>[13]</sup>将组成分割尺度的参数都设置为固定值,用内部标准差反映对象内部的同质性,用空间相关性表示对象之间的异质性,因而构造分割质量函数,并通过插值方法得到最优分割尺度;张俊等<sup>[14]</sup>提出了 RMAS 的计算公式,即用与邻域的平均差分的绝对值同对象标准差的比值作为选择最优分割尺度的指标,这些方法都是对上述准则的有益探讨。

基于上述评价准则,本着评价方法的通用性(评价方法不受分割算法的影响)和客观性(通过量化指标避免人为主观因素的影响)原则,本文对评价指标进行如下定义:

### 2.2.1 同质性

经过分割产生的任意一个对象,将组成对象所有像素的标准差作为衡量对象同质性的标准。基于波段  $L$ ,对象的标准差为:

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_{Li} - \bar{C}_L)^2} \quad (9)$$

其中: $n$  为对象内所有像素的个数, $C_{Li}$  表示像素  $i$  的灰度值, $\bar{C}_L$  表示对象内的灰度均值。

### 2.2.2 异质性

在波段  $L$  上,对于任一分割对象,通过计算与邻域的平均差分的绝对值,反映对象与相邻对象的差异程度,计算公式为:

$$\Delta C_L = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n l_i | \bar{C}_L - \bar{C}_{Li} | \quad (10)$$

其中: $l$  为当前对象的边界长度, $l_i$  表示与第  $i$  相邻对象公共边的长度, $\bar{C}_L$  为当前对象的灰度均值, $\bar{C}_{Li}$  为第  $i$  个相邻对象的灰度均值, $n$  表示与当前对象邻接对象的个数。

### 2.2.3 平均分割评价指数

根据准则 ① 和 ②,对于任何一个分割对象,理

想的结果都该与其标准差成反比,而同与邻域的平均差分的绝对值成正比。基于波段  $L$ ,构造对象的分割评价指数 (Segmentation Evaluation Index, SEI),定义如下:

$$SEI_L = \frac{\Delta C_L}{\sigma_L} \quad (11)$$

上述所有计算公式,都是只针对单波段  $L$  情况,对于多光谱影像(波段数为  $m$ ),由于 Definiens Professional 采用了不同的波段赋予不同权重( $w_L$ )的方法,以突出不同波段对分割结果的影响程度,因此,对于任何一个对象的分割评价指数,在考虑多个波段的情况下,修改为:

$$SEI = \sum_{L=1}^m w_L \cdot SEI_L \quad (12)$$

为了对不同分割尺度下的对象进行比较,可对研究区域内所有对象的 SEI 取平均值。另外,分割的结果总是希望在面积尽可能大的情况下,满足准则 ① 和 ②,对象面积的大小对评价有着不同的贡献,通过面积变量的引入,可以避免小面积对象对评价引起的不稳定性,使得面积大的对象具有更高的影响权重。因此,定义平均分割评价指数 (Average Segmentation Evaluation Index, ASEI) 如下:

$$ASEI = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n A_i \cdot SEI_i \quad (13)$$

其中: $A$  表示整个研究区内所有对象的总面积, $A_i$  表示第  $i$  个对象的面积, $n$  表示对象总数量, $SEI_i$  表示第  $i$  个对象的分割评价指数。

### 2.2.4 最优分割尺度

根据本文所采用的面向对象的分割方法,对于任意一个分割尺度  $f_i$ ,分割产生的对象同时受光谱判据的权重( $w_{\text{color}}$ )、形状判据的紧凑度权重( $w_{\text{compact}}$ )的影响,上述 3 个参数共同决定了分割结果。

定义分割对象的集合为  $F(f_i, w_{\text{color}}, w_{\text{compact}})$ 。根据分割方法的计算公式, $w_{\text{color}} + w_{\text{shape}} = 1, w_{\text{compact}} + w_{\text{smooth}} = 1$ ,所以,已知光谱权重,便可以确定形状的权重,同样,得到了紧凑度的权重,可推算出平滑度的权重(注:本文对于权重的取值,均以 0.1 为变化步长)。

对于某一分割尺度  $f$  下的分割结果集,存在平均分割评价指数的最大值  $ASEI_{\max}(f)$ :

$$ASEI_{\max}(f) = \text{MAX}(ASEI(F(f, w_{\text{color}}, w_{\text{compact}}))) \quad (14)$$

在尺度域内,对于所有的分割尺度  $f_i$ ,可以得到平均分割评价指数的最大值  $ASEI_{\max}$ :

$$ASEI_{\max} = \text{MAX}(ASEI_{\max}(f_i)) \quad (15)$$

当平均分割评价指数达到最大值  $ASEI_{\max}$  时,对应的分割尺度( $f_i$ )为最优分割尺度,所对应的一组参数( $f_i, w_{\text{color}}, w_{\text{compact}}$ )为最优分割尺度参数。

3 实验结果

3.1 研究区概况及数据源

本文所采用的遥感数据源为 2005 年 7 月 16 日获取的 QuickBird 多光谱影像,包含① 蓝(450~520 nm)、② 绿(520~600 nm)、③ 红(630~690 nm)、④ 近红外(760~900 nm)4 个波段。数据处理级别为预备正射标准影像(Ortho ready standard imagery),空间分辨率 2.44 m。影像坐标范围为  $120^{\circ}13'55.26''\sim 120^{\circ}15'50.98''\text{E}$ ,  $30^{\circ}8'10.11''\sim 30^{\circ}10'4.98''\text{N}$ ,总面积  $10\,879\,318\text{ m}^2$ 。所在区域辖属经济发达的浙江省杭州市萧山区,地理位置处在浙东低山丘陵区北部、浙北平原区南部。该区位于北亚热带季风气候区南缘,农业上具有围垦区的典型特征<sup>[15]</sup>,植被类型属浙皖山丘青冈苦槠林栽培植被区,代表性植被为常绿阔叶林,马尾松在区内分布较广。影像中包括了山区、市区和农区 3 个主要的典型区域,对应 3 个不同区域类型,分别选取了  $499\,312\text{ m}^2$ 、 $258\,547\text{ m}^2$ 、 $190\,955\text{ m}^2$  区域进行研究,如图 2 所示。



图 2 实验区 QuickBird 多光谱影像  
Fig. 2 QuickBird multispectral image in experimental area

3.2 分割评价

通过定义分割尺度范围 $[10,100]$ ,并以步长 5 进行变化,对每个分割尺度用不同的参数分割所获得的对象计算其平均分割评价指数,并得到每个分割尺度下的最大值,如图 3 所示(为了便于分析形状

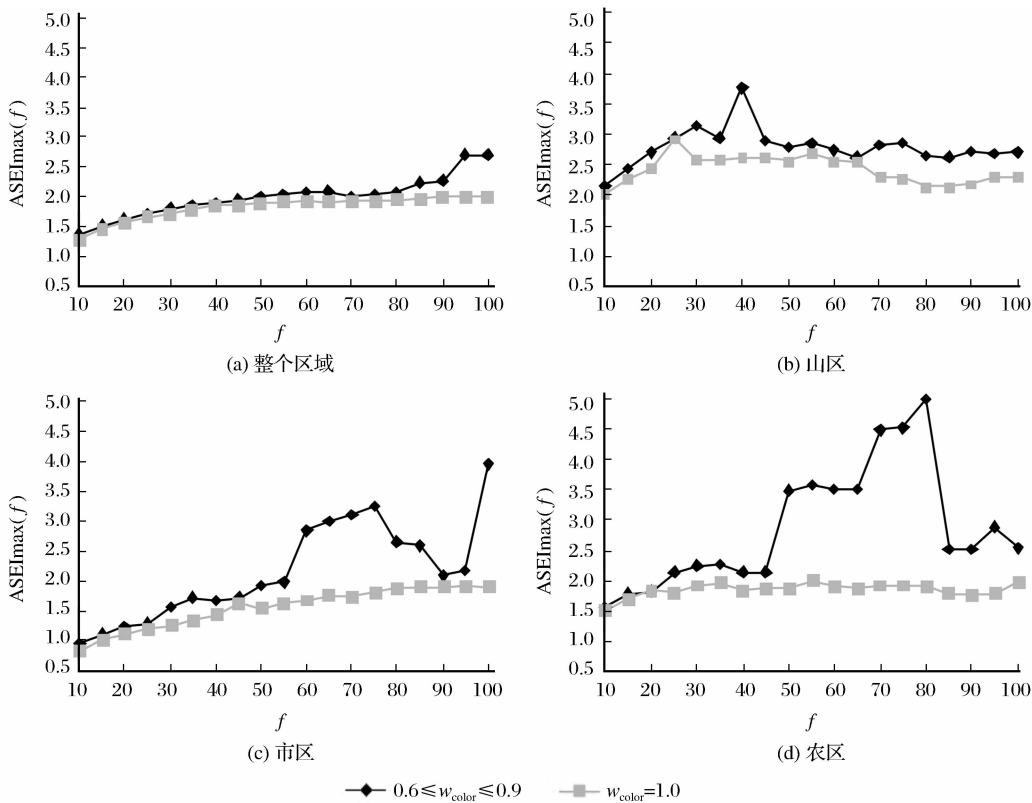


图 3 不同区域类型得到的最优分割尺度  
Fig. 3 The optimal segmentation scale of different regions

因子对分割结果的影响,图中同时包括了  $w_{color} = 1.0$  的评价图形)。整个研究区域、山区、市区和农区得到的最优分割尺度分别为 65、40、75、80。再分别

以上述结果为中心,以  $\pm 5$  作为分割尺度的上下限,以 1 为步长,进一步对分割结果进行分析,得到每个区域的更精确的最优分割尺度参数,见表 1。

表 1 最优分割尺度参数  
Table 1 Parameters of optimal segmentation scale

位置	$f_i$	$w_{color}$	$w_{shape}$	$w_{compact}$	$w_{smooth}$	$ASEI_{max}$
整个区域	64	0.7	0.3	0.4	0.6	2.0809
山区	40	0.9	0.1	0.7	0.3	3.7596
市区	75	0.9	0.1	0.3	0.7	3.2454
农区	80	0.7	0.3	0.1	0.9	5.0028

3.3 结果验证

对于分割结果的满意度,一般采用直接的对象匹配验证和间接的分类精度验证两种方式来评价。

由于遥感数据的每个处理过程都有可能产生不确定性,而且不确定性是不断累加的<sup>[17]</sup>。因此,为了避免误差的传播放大,验证也以基于对象特征匹配的方法为宜。本文在山区、市区、农区分别选择 40 049 m<sup>2</sup>、24 376 m<sup>2</sup>、60 744 m<sup>2</sup> 作为验证区域,对最优分割尺度选择的结果进行评价。

分割结果的好坏,体现在分割结果与目标地物的吻合程度上,因此如何构造分割对象与真实地物之间的匹配度量算法,是对其进行评价的关键因素。于欢等<sup>[16]</sup>提出了矢量距离指数,将分割边线与实际边界的空间关系通过二者的横向距离和纵向距离来表示,同时考虑了边界内和边界外两种情况;Neubert 等<sup>[12]</sup>根据分割对象与地物目标之间的轮廓吻合程度,提出了面积适配指数,即用最大覆盖评价对象的分割对象与评价对象的面积相对误差当作评价的指标。上述方法都属于差异实验方法,也适合于已知部分结果的情况下。

综合上述内容,本研究通过构造平均对象匹配指数(Average Object Fit Index,AOFI)来进行比较分析,如图 4 所示。对于实际地物目标  $R$ (图中圆形

区域部分), $S_i$  为其中一个部分覆盖  $R$  的分割对象(图中左上角矩形区域部分),基于波段  $L$ ,假设  $R$  的灰度均值为  $MR_L$ ,面积为  $A$ ;而分割对象  $S_i$  的灰度均值为  $MS_{Li}$ , $S_i$  与  $R$  对象匹配部分  $RS_i$  的面积为  $AS_i$ 。则对于所有的与  $R$  存在匹配关系的分割对象  $S_i$ ,与  $R$  的对象匹配指数计算公式为:

$$OFI_L = \sum_{i=1}^n |MS_{Li} - MR_L| \cdot \frac{AS_i}{A} \tag{16}$$

考虑所有波段( $m$ )的情况,对任何一个被验证的对象,对象匹配指数修改为:

$$OFI = \sum_{L=1}^m \omega_L \cdot OFI_L \tag{17}$$

对于所有的被评价对象( $j = 1, 2, \dots, k$ ),其总计值在最小的情况下,对应的分割结果与地物目标差异最小,也就是说,对应的分割尺度最优。为了便于不同区域的比较,用总面积来取其平均值,假设  $A_j$  表示第  $j$  个评价对象的面积,则平均对象匹配指数计算公式如下:

$$AOFI = \frac{\sum_{j=1}^k OFI_j}{\sum_{j=1}^k A_j} \tag{18}$$

通过上述计算公式,对每个分割尺度( $f_j$ )下对应的最优分割尺度参数得到的分割结果进行计算,得到相应的平均对象匹配指数,如图 5 所示。该方法同时考虑了对象面积大小和光谱差异两个因子的影响,因而对结果的评价更为严谨。从图上看,在尺度域内,山区、市区和农区在分割尺度 40、75、80 对应的 AOFI 分别为 0.008131、0.060195、0.005649(单位:m<sup>2</sup>),在同系列的数据中,都是最小的,与得到的 3 个区域的最优分割尺度(见表 1)是吻合的,这也验证了最优分割尺度评价方法的可行性。相对于不同的区域,农区的分割结果与实际差异最小,市区次之,而山区相对较大。

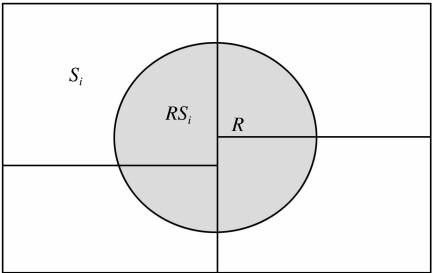


图 4 分割对象与目标地物拓扑关系图  
Fig. 4 Topological relations between segmentation objects and surface features

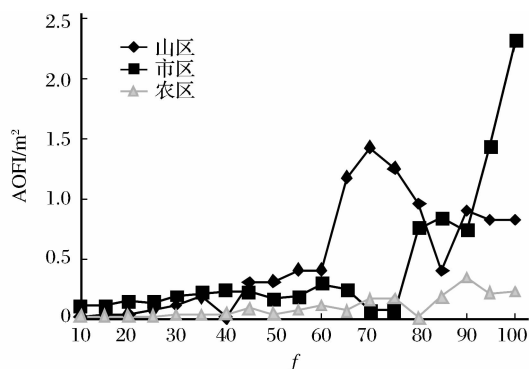


图 5 平均对象匹配指数分析图

Fig. 5 Analysis diagram of average object fit index

## 4 结 语

从图 3 来看,整个研究区域的曲线与每个分区域的结果都有所不同,且难以得到最优分割尺度,对于同一分割尺度,不同区域得到的结果也不同,因此,所研究区域的地物类型是否单一,对最优分割尺度有很大的影响。另外,从图 3 还可以看出,当考虑形状因子的时候,在同一分割尺度下所对应的  $ASEI_{max}$  值都要比仅考虑光谱属性得到的值明显要大,由此可见,形状因子对分割结果有着明显的影响。最后,通过平均对象匹配指数的验证,也说明了最优分割尺度选择方法的可行性。

需要说明的是,本文虽然沿用了分割尺度的传统概念,但是随着分割算法的复杂化,所构成的参数影响着结果的优劣,因此,严格来说,实际的最优分割尺度,应该是一组分割参数。

本研究的思路是基于假设—分割—评价的循环过程,也是一种对最优分割尺度逐渐逼近的过程,分割参数在这个过程中逐步得到近优值,并最终趋向最优结果。由于要对所有可能的分割参数产生的结果进行评价比较,所以,需要采用穷举选择的方法,这将造成评价计算的海量效应,因此,在精度允许的前提下,适当降低尺度变化的步长,是提高研究效率的一个有效途径。

## 参考文献 (References):

[1] Gonzalez R C, Woods R E. Digital Image Processing (Second Edition) [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006: 567-642. [Gonzalez R C, Woods R E 著. 数字图像处理 (第二版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006: 567-642.]

[2] Zhou Chenghu, Luo Jiancheng. Geosciences Computing of High Resolution Remote Sensing Image [M]. Beijing: Science Press, 2009: 95-173. [周成虎, 骆剑承. 高分辨率卫星遥感影

像地学计算 [M]. 北京: 科学出版社, 2009: 95-173.]

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

[4] Huang Huiping. Scale Issues in Object-oriented Image Analysis [D]. Beijing: Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences, 2003: 35-66. [黄惠萍. 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: 35-66.]

[5] Zhang Yujin. Image Engineering (II) Image Analysis (Second Edition) [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 177-203. [章毓晋. 图像工程 (中册) 图像分析 (第 2 版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 177-203.]

[6] Ming Dongping, Luo Jiancheng, Zhou Chenghu, et al. Research on High Resolution Remote Sensing Image Segmentation Methods based on Features and Evaluation of Algorithms [J]. Geo-Information Science, 2006, 8(1): 103-109. [明冬萍, 骆剑承, 周成虎, 等. 高分辨率遥感影像特征分割及算法评价分析 [J]. 地球信息科学, 2006, 8(1): 103-109.]

[7] Guan Yuanxiu, Cheng Xiaoyang. High Resolution Satellite Image Processing Translation Guide [M]. Beijing: Science Press, 2008: 141-221. [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: 141-221.]

[8] Jensen J R, Trans. Chen Xiaoling, Gong Wei, et al. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective (Third Edition) [M]. Beijing: China Machine Press, 2007: 378-390. [Jensen J R 著, 陈晓玲, 龚威, 等译. 遥感数字影像处理导论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 378-390.]

[9] Baatz M, Schape A. Multiresolution Segmentation: An Optimization Approach for High Quality Multi-scale Image Segmentation [C] // Strobl J, Blaschke T, Griesebner G. Angewandte Geographische Information Sverarbeitung XII, Wichmann Verlag, Heidelberg, 2000.

[10] Benz U C, Hofmann P, Willhauck G, 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.

[11] Meinel G, Neubert M. A Comparison of Segmentation Programs for High Resolution Remote Sensing Data [C] // International Society for Photogrammetry and Remote Sensing PS ThS9: Uncertainty, Consistency and Accuracy of Data and Imagery, 2004.

[12] Neubert M, Herold H. Assessment of Remote Sensing Image Segmentation Quality [C] // International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Commission IV, Working Group IV/3, 2008.

[13] He Min, Zhang Wenjun, Wang Weihong. Optimal Segmentation Scale Model based on Object-oriented Analysis Method [J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2009, 29(1): 106-109. [何敏, 张文君, 王卫红. 面向对象的最优分割尺度计算模型 [J]. 大地测量与地球动力学, 2009, 29(1): 106-109.]

[14] Zhang Jun, Wang Yunjia, Li Yan, *et al.* An Object-oriented Optimal Scale Choice Method for High Spatial Resolution Remote Sensing Image[J]. Science & Technology Review, 2009, 21: 91-94. [张俊, 汪云甲, 李妍, 等. 一种面向对象的高分辨率影像最优分割尺度选择算法[J]. 科技导报, 2009, 21: 91-94. ]

[15] Cheng Zheng, Feng Xuezhi, Wang Lei. Landscape Structure Analysis of Xiao'shao Reclaimed Area based on Remote Sensing Image[J]. Remote Sensing Information, 2003, 4: 28-32. [程征, 冯学智, 王雷. 萧绍围垦区遥感影像的景观结构分析[J]. 遥感信息, 2003, 4: 28-32. ]

[16] Yu Huan, Zhang Shuqing, Kong Bo, *et al.* Optimal Segmentation Scale Selection for Object-oriented Remote Sensing Image Classification[J]. Journal of Image and Graphics, 2010, 15 (2): 352-360. [于欢, 张树清, 孔博, 等. 面向对象遥感影像分类的最优分割尺度选择研究[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15 (2): 352-360. ]

[17] Cheng Jicheng, Guo Huadong, Shi Wenzhong. The Study of Uncertainties in Datas of Remote Sensing[M]. Beijing: Science Press, 2004, 5-37. [承继成, 郭华东, 史文中. 遥感数据的不确定性研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004, 5-37. ]

# Evaluation of Optimal Segmentation Scale with Object-oriented Method in Remote Sensing

CHEN Chun-lei<sup>1,2</sup>, WU Gang<sup>1</sup>

(1. School of Information Science & Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;  
2. Zhejiang Forest Resources Monitoring Center, Hangzhou 310020, China)

**Abstract:** Image segmentation determines the accuracy of subsequent classification in remote sensing. In consideration of the research lacking of evaluation about segmentation technology and limitation of the mainly subjective method currently, quantitative method is used to select optimal segmentation scale in this paper. With object-oriented segmentation algorithm of Definiens software, standard deviation of all pixels from an image object is used as the homogeneity measured criteria in object, absolute value of mean difference to neighbors is served as the variable of heterogeneity between objects, weighting coefficient of the object area is also considered. With the three evaluation criteria, thinking of multispectral images, the average segmentation evaluation index is constructed. Based on the evaluation index, with goodness test method, QucikBird multispectral image is used to be researched, and the optimal segmentation scales of different surface features are concluded. At last, the average object fit index is used to verify evaluation results, and the feasibility of the evaluation method is discussed.

**Key words:** Object-oriented; Remote sensing image; Optimal segmentation scale; Evaluation