

面向对象的山地区域多源遥感影像 分割尺度选择及评价

鲁 恒, 李永树, 唐 敏

(西南交通大学地理信息工程中心, 四川 成都 610031)

摘 要: 随着遥感技术的飞速发展, 通过各种传感器获取的影像种类越来越多。传统的面向像元的影像分析技术已难以适应高分辨率影像, 面向对象的影像分析技术应运而生。面向对象的影像分析技术所面临的首要问题是影像分割, 如何选择合适的影像分割尺度已成为面向对象影像分析技术的关键。为了提高遥感影像分割尺度选择的准确性, 通过对影像分析建立了分割质量函数, 针对不同分辨率的多源遥感影像进行分割实验, 获取了最优分割尺度, 最后提出了一种顾及面积和光谱的分割匹配指数对最优分割尺度进行评价, 并研究了分割尺度与亮度均值标准差、影像空间分辨率之间的对应关系。研究表明, 构建的分割质量函数获取的最优分割尺度避免了人工分割带来的主观性, 建立的同时顾及面积和光谱因子的分割匹配指数验证了最优分割尺度选择的正确性。

关键词: 面向对象; 分割尺度选择; 多源遥感影像; 最优尺度; 评价分析

中图分类号: TP75

文献标识码: A

随着遥感技术的飞速发展, 通过各种传感器获取的影像种类越来越多。传统的面向像元的影像分析技术已难以适应高分辨率影像, 面向对象的影像分析技术应运而生^[1]。面向对象的影像分析技术所面临的首要问题是影像分割, 影像分割质量的好坏直接决定了影像后期处理(影像理解、影像识别、影像分类等)的精度, 因此如何选择合适的影像分割尺度已成为面向对象影像分析技术的关键。

随着高分辨遥感影像的大量涌现, 当前研究中诸多学者提出了影像分割算法, 概括起来, 现有的分割算法可分为基于边界的和基于区块的分割算法。由于目前还未有通用的影像分割理论, 对如何选择、评价分割尺度的相应研究还较匮乏, 因此, 进行最优分割尺度选择及评价研究具有重要意义^[2-3]。理论上并不存在通用的最优分割算法, 对一副影像进行分割时, 当分割尺度较之于分类目标对象过大时, 即会产生欠分割, 较小对象被较大对象“淹没”; 当分

割尺度较之于分类目标对象过小时, 即会产生过分割, 造成分割结果“破碎”, 如图 1 所示。

现行的最优分割尺度选择分为定性判别和定量判别两种^[4]。定性判别通过大量不同分割尺度实验得到多种不同的分割结果, 结合人的经验目视来进行判别, 该方法不需太多理论支持, 实用性强, 因此被广泛应用到实际工作中, 但带有一定的主观性, 很难得到最优分割结果^[4]; 也有部分学者提出了一些定量判别分割尺度优劣的方法, 如: Neubert M^[5]等提出的面积匹配指数(AFI), Segui Prieto M^[6]等通过边界吻合度来判断分割结果的好坏。但这些方法具有较强的理论性和复杂性, 不利于普及和推广。

针对上述问题, 选取了不同传感器、不同分辨率的 ALOS 影像、Quickbird 影像、无人机影像、TM 影像, 研究了其最优分割尺度的确定方法, 建立了分割匹配指数以验证分割结果, 并探讨了最优分割尺度与亮度均值标准差、影像空间分辨率的关系。

收稿日期(Received date): 2000 - 06 - 18; **改回日期**(Accepted): 2011 - 10 - 06。

基金项目(Foundation item): “十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAJ05A13)。[“11th Five - Year Plan” National Science & Technology Support Plan Project(2006BAJ05A13)。]

作者简介(Biography): 鲁恒(1984 -), 男, 四川省眉山人, 博士研究生, 主要从事遥感影像处理、图像理解研究。[Lu Heng(1984 -), male, born in Meishan, Sichuan Province, Ph. D. Candidate, research on remote sensing image processing and image understanding.]

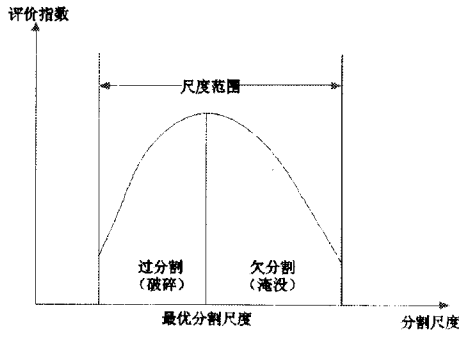


图1 分割尺度与评价指数的关系

Fig.1 Relationship between segmentation scale and evaluation index

1 研究方法

对影像进行分割的关键是鉴别分割得到的对象内部是否具有好的同质性,相邻对象是否具有较好的异质性^[8]。利用对象内部的标准差来表示对象内部的同质性,计算式如式(1)^[9],其中 v_i 代表对象 i 的标准差, a_i 是对象 i 的面积, n 为分割后对象总数。 v 越小,则说明对象内部异质性越小,即对象内部同质性良好

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n a_i v_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (1)$$

异质性考核是综合考虑光谱异质性和形状异质性权重之和,如式(2)^[9]所示,其中 f 表示异质性的程度, w 代表光谱特征所占的权重($0 < w < 1$), h_{color} 和 h_{shape} 是两个对象合并后的光谱异质性和形状异质性

$$f = w \cdot h_{color} + (1 - w) \cdot h_{shape} \quad (2)$$

标准差大小由对象本身大小来衡量权重:

$$h_{color} = \sum_c w_c (n_{merge} \cdot \sigma_c^{merge} - (n_{obj1} \cdot \sigma_c^{obj1} + n_{obj2} \cdot \sigma_c^{obj2})) \quad (3)$$

式中 c 代表影像层数, w_c 影像层所占的权重, n_{merge} 为合并后对象的像元数, σ_c^{merge} 为合并后光谱标准差, n_{obj1} 为合并前对象1的像元数; n_{obj2} 为合并前对象2的像元数, σ_c^{obj1} 和 σ_c^{obj2} 分别代表合并前对象1和对象2的光谱标准差。形状异质性 h_{shape} 是紧凑度 $h_{compact}$ 和平滑度 h_{smooth} 的综合

$$h_{shape} = w_{compact} \cdot h_{compact} + (1 - w_{compact}) \cdot h_{smooth} \quad (4)$$

式中 $w_{compact}$ 是紧凑度权重因子,变化范围为0~1。平滑度和紧凑度的计算见式(5)和(6)

$$h_{smooth} = n_{merge} \cdot \frac{l_{merge}}{b_{merge}} - (n_{obj1} \cdot \frac{l_{obj1}}{b_{obj1}} + n_{obj2} \cdot \frac{l_{obj2}}{b_{obj2}}) \quad (5)$$

$$h_{compact} = n_{merge} \cdot \frac{l_{merge}}{\sqrt{n_{merge}}} - (n_{obj1} \cdot \frac{l_{obj1}}{\sqrt{n_{obj1}}} + n_{obj2} \cdot \frac{l_{obj2}}{\sqrt{n_{obj2}}}) \quad (6)$$

式中 l_{merge} 表示合并后对象边界的周长, n_{merge} 是合并后对象的像元数, b_{merge} 为合并后对象的外接矩形周长。根据上述定义,通过计算对象合并前与合并后之间的差异,评价每次合并引起的对象异质性的变化,并确定是否需要对象继续生长或者需要创建新的对象。

要想得到理想的分割结果就要使对象内部具有较高的同质性,同时对象之间具有较高的异质性。实际上就是 v 和 f 相互调节的过程。因此建立相关的分割质量函数,将其定义为

$$W(v, f) = mW(v) + (1 - m)W(f) \quad (7)$$

$$W(v) = \frac{v_{max} - v}{v_{max} - v_{min}} \quad (8)$$

$$W(f) = \frac{f_{max} - f}{f_{max} - f_{min}} \quad (9)$$

式中 $W(v)$ 代表影像对象内部的同质性, $W(f)$ 代表影像对象之间的异质性。 m 为指数 v 在分割质量函数中所占权重,其取值范围为 $[0, 1]$ 。可根据强调对象内部同质性及对象之间异质性的侧重点不同对 m 的取值范围进行调整。

根据上述函数关系,建立以分割尺度 x 为自变量的分割函数,从而可计算出最优分割尺度。

$$T_n(x) = t_0 + t_1 + t_2 x^2 + \cdots + t_n x^n \quad (10)$$

其中 $T_n(x)$ 为分割尺度 x 的质量函数, $T_n(x_i) = W(v_{x_i}, f_{x_i})$ 。通过对影像进行 $n+1$ 次预分割实验,根据式(1)~(9)计算出 $n+1$ 个 $W(v, f)$ 的值,进而求得系数 t_0, t_1, \cdots, t_n 的值,从而得到以分割尺度 x 为变量的分割质量函数。当 $T_n(x)$ 取得最大值时对应的 x 即为最优分割尺度。

2 实验

2.1 实验区概况及数据源

本文选定的实验区域为四川省彭州市北部某镇。由于彭州市地处成都平原与龙门山过渡地带,因此实验区的地质构造较为复杂,整个地势为西北高东南低。要准确提取土地利用变化信息,应选用中、高分辨率影像。本文选取了由不同传感器获取的中、高分辨实验数据,其中无人机影像为2009-10航拍获得,其分辨率达到0.14 m。由于影像分辨

率高,可以看出影像中的地物类型有耕地、道路、建筑物、林地、裸地等;Quickbird 影像为 2008-06 获取的真彩色影像,其空间分辨率为 0.61 m;ALOS 影像为全色影像,获取于 2008-06,其影像分辨率为 2.5 m;TM 影像获取时间为 2007-09,其空间分辨率为 30 m,为简便,本文只对其 4,3,2 波段合成后影像进行研究。实验的原始影像数据如图 2 所示。

2.2 分割实验

按照 2 节所述原理,定义分割尺度范围为[5, 100],以 5 为步长进行递增,求解每个分割尺度所获得的 $T_n(x)$ 值。当 $T_n(x)$ 值取得最大时所对应的分割尺度即为最优分割尺度。不同分割尺度下计算出的 $T_n(x)$ 值如图 3 所示。

由于分割后影像的质量不仅与分割尺度、波段

权重有关,还与另两个属性有关,即:颜色与形状因子、紧凑度与光滑度因子。表 1 为最优分割尺度下对应的 $T_n(x)$ 值。

通过分割质量函数计算出的最优分割尺度分别为:无人机影像 90、Quickbird 影像 35、ALOS 影像 25、TM 影像 10。多源影像最优分割结果如图 4 所示。

3 分割结果评价与分析

3.1 分割结果评价

为了验证通过分割质量函数计算出的最优分割尺度是否可靠,需要建立一种评价指标来评判分割结果。于欢^[4]等通过计算分割对象边界与实际地物边界横向和纵向矢量距离来评判分割结果的好坏,

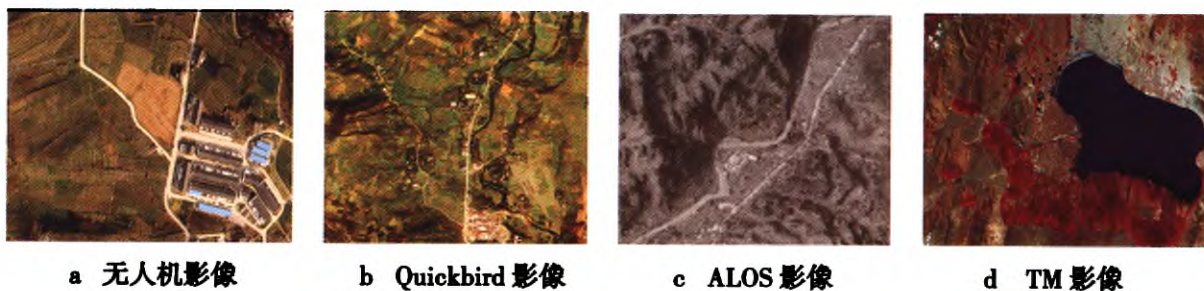


图 2 实验影像

Fig. 2 Experimental images

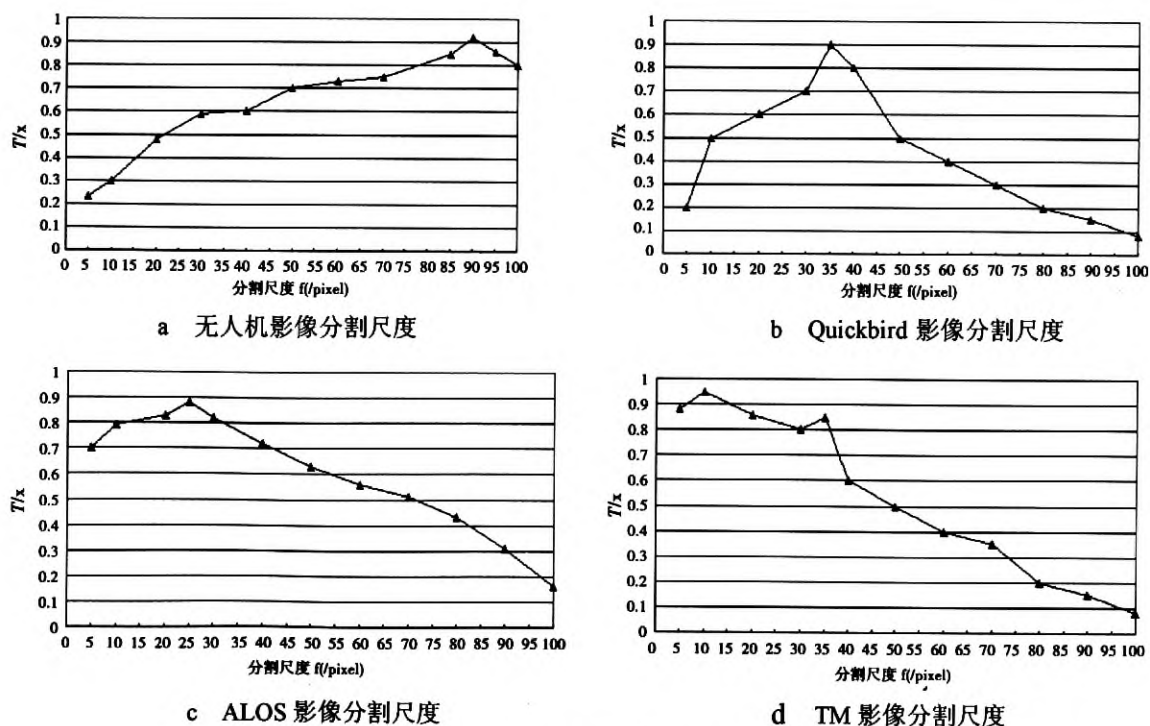


图 3 不同分割尺度下的值

Fig. 3 Values in different segmentation scales

表1 最优分割尺度及对应参数值

Table 1 Optimal segmentation scale and the corresponding parameter values

影像种类	最优分割尺度	光谱因子	紧凑度	$T_n(x)$
无人机影像	90	0.8	0.6	0.91
Quickbird 影像	35	0.8	0.6	0.90
ALOS 影像	25	0.8	0.6	0.88
TM 影像	10	0.8	0.6	0.95

这主要考虑了分割对象与实际地物的形状匹配度。Neubert M^[5]等通过分割对象与实际地物的面积匹配度来判断分割尺度是否合理。上述匹配模型均忽略了分割对象与实际地物间的光谱匹配情况。本文从光谱和面积匹配情况进行综合考虑,建立了一种顾及面积和光谱的分割匹配指数 SFI ,如式(11)所示

$$SFI = \left| \frac{A_{lsi} - A_{roi}}{A_{roi}} \right| \cdot \left| G_{ri} - G_{si} \right| \quad (11)$$

式中 A_{lsi} 代表最大分割对象的面积,如图5所示,对于实际地物 A ,分割对象 A_1 、 A_2 、 A_3 都占有实际地物 A 的部分像元,但 A_1 所切割 A 的面积最大,因此 A_1 为最大分割对象, A_{roi} 表示作为参考的实际地物的面积, G_{si} 为最大分割对象的灰度均值, G_{ri} 为作为参考的实际地物的灰度均值。

对于所有参与评价的对象,取其均方根误差,如式12所示。当分割对象与实际地物差异最小,即 M_{SFI} 取得最小值时,对应的分割尺度最优。不同分割尺度对应的分割匹配指数如图6所示。本文随机选择了60个实际地物数据作为样本参考数据,参考地物主要选择了边界明显的建设用地、耕地、道路。

$$M_{SFI} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (SFI)^2}{n}} \quad (12)$$

由图6可知,无人机影像、Quickbird 影像、ALOS 影像、TM 影像由分割质量函数计算出的最优分割尺度90、35、25、10对应的 M_{SFI} 值分别为2.894 58、3.034 98、3.893 37、4.048 94,在不同尺度下的同系列数据中都是最小的,这与通过分割质量函数计算出的最优尺度吻合,验证了最优分割尺度计算方法的可靠性。

3.2 影响分割结果的因素分析

完成影像分割后探讨影响分割结果的因素也是很有必要的。分割尺度与很多因素有着密切关系,如:影像的分辨率、影像上地物类型的复杂度、相邻地物间相对光谱亮度、纹理结构关系等^[10-11]。

3.2.1 分割尺度与亮度均值标准差关系

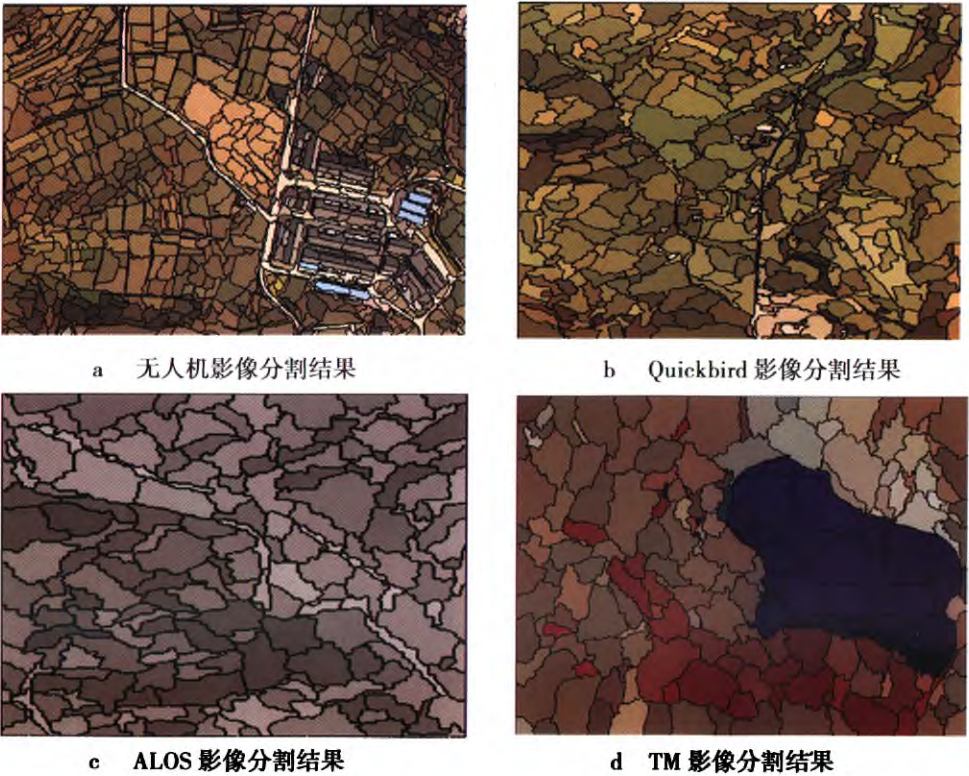


图4 最优分割结果

Fig. 4 Optimal segmentation results

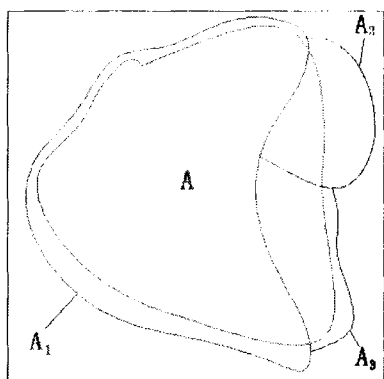


图5 实际地物与分割对象关系

Fig. 5 Relationship between the actual features and segmentation objects

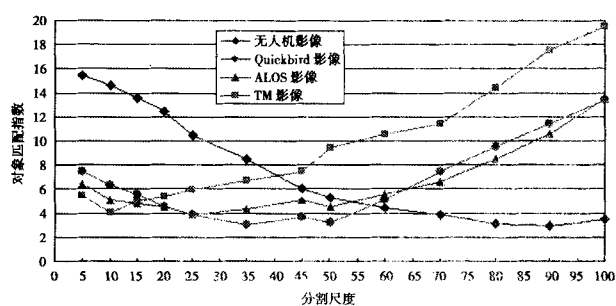
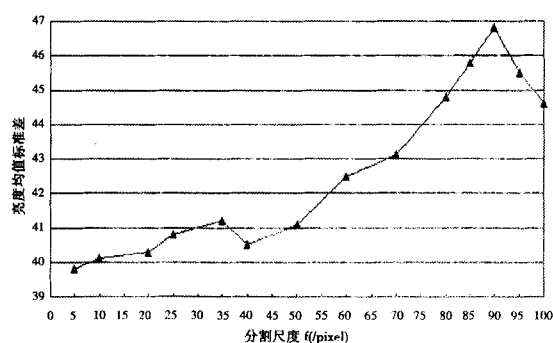
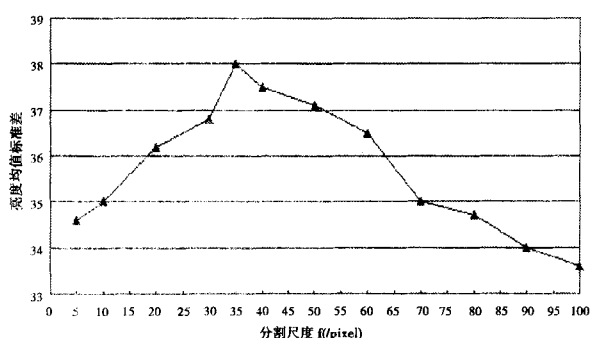


图6 不同尺度对应的分割匹配指数

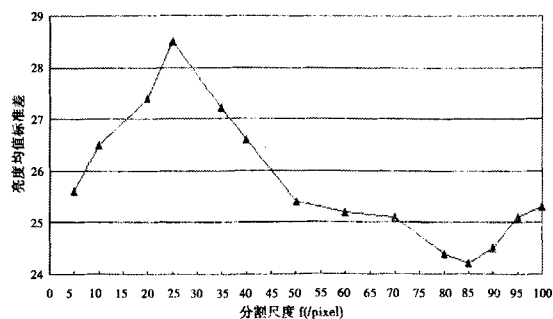
Fig. 6 Different scales corresponding to the segmentation matching index



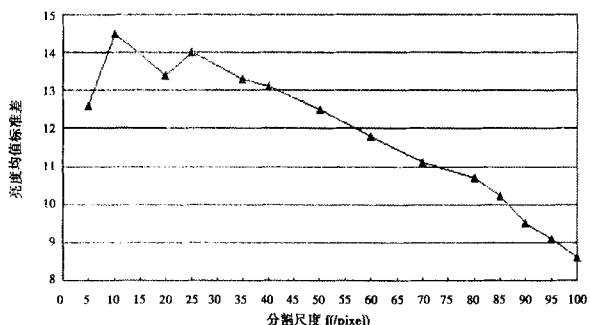
a 无人机影像



b Quickbird 影像



c ALOS 影像



d TM 影像

图7 亮度均值标准差与分割尺度关系

Fig. 7 Relationship between the standard deviation of the mean brightness and segmentation scale

影像对象亮度均值标准差对应着分割对象的分离度,影像对象的亮度均值标准差越大,表明分割对象的分离度越高。不同分割尺度下,影像对象亮度均值标准差与分割尺度的对应关系如表2和图7所示。

表2 影像对象亮度均值标准差与分割尺度

Table 2 The image standard deviation of the mean brightness and segmentation scale

分割尺度	影像对象亮度均值标准差			
	无人机影像	Quickbird 影像	ALOS 影像	TM 影像
10	40.1	36.2	26.5	14.5
20	40.3	36.5	27.4	13.4
25	40.8	36.8	28.5	14.0
35	41.2	38.0	27.2	13.3
45	41.1	37.5	26.6	13.1
50	42.5	37.3	25.4	11.8
60	43.1	37.1	25.2	10.7
70	44.8	36.5	24.4	10.2
80	45.7	35.0	24.2	9.5
90	46.8	34.7	25.1	9.1
100	45.5	34.0	25.3	8.6

由表 2 和图 7 可以得出,无人机影像随着分割尺度的变大,其亮度均值标准差也随之增大,当分割尺度 90 时,亮度均值标准差达到最大值 46.8; Quickbird 影像的亮度均值标准差随着分割尺度的变大逐渐增大,在分割尺度 35 时,达到最大值 38.0,当分割尺度继续增大,这时的亮度均值标准差逐渐减小;ALOS 影像的亮度均值标准差在分割尺度 25 时达到最大值 28.5;TM 影像的最大亮度均值标准差为 14.5,对应的分割尺度为 10。这与通过分割质量函数计算出的最优分割尺度吻合,说明影像对象亮度均值标准差是评价分割尺度的一个有效指标。

3.2.2 分割尺度与空间分辨率关系

通过以上分割实验,容易发现分割尺度与影像的空间分辨率有着密切关系,分割尺度与影像的空间分辨率成正比,即:待分割影像空间分辨率越低,应选择越小的分割尺度;待分割影像空间分辨率越高,应选择越大的分割尺度。这是由于影像的空间分辨率越高,单个像元代表的实际面积就越小,这就需要若干像元来显示某个实际地物,其对应的最优分割尺度也应越大才能获得最好的分割结果;相反,影像的空间分辨率越低,单个像元代表的实际面积就越大,只需影像中少量像元就能表示某个实际地物,其对应的最优分割尺度也应越小才能获取最好的分割结果。影像空间分辨率与最优分割尺度关系如图 8 和表 3 所示。

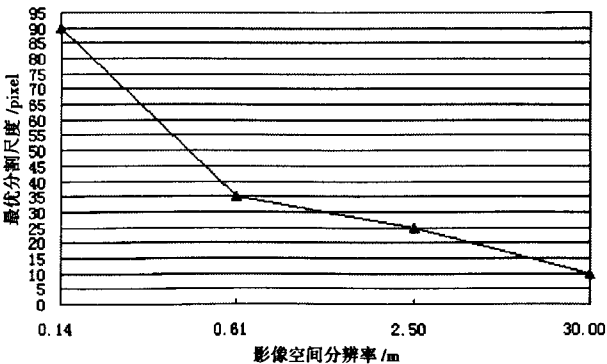


图 8 影像空间分辨率与最优分割尺度

Fig. 8 The image spatial resolution and the optimal segmentation scale

表 3 空间分辨率与最优分割尺度的关系

Table 3 Relationship between the spatial resolution and the optimal segmentation scale

影像类别	无人机影像	Quickbird 影像	ALOS 影像	TM 影像
空间分辨率/m	0.14	0.61	2.5	30
最优分割尺度/pixel	90	35	25	10

4 结束语

通过对影像对象间的异质性和影像对象内部的同质性分析,构建了分割质量函数来获取最优分割尺度,该方法避免了通过人工分割带来的主观性。建立了同时顾及面积和光谱因子的分割匹配指数,验证了最优分割尺度的正确性。下一步需要重点研究的是:1. 在进行分割结果评价时,最大分割对象判断是个繁琐的过程,如何自动判断最大分割对象是需要解决的问题;2. 通过分割质量函数求取最优分割尺度前,需要定义尺度步长进行多次预分割实验,如何提高运算效率也是有必要考虑的。

参考文献 (References)

[1] Uuemaa E, Roosaaere J, Mander U. Scale Dependence of Landscape Metrics and Their Indicatory Value for Nutrient and Organic Matter Losses from Catchments [J]. Ecological Indicators, 2005 (5): 350 - 369

[2] 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]

[3] Guan Yuanxiu, Cheng Xiaoyang. Guide to high-resolution satellite image processing [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]

[4] 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 [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]

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

[6] Segui Prieto M, Allen A. A similarity metric for edge images [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(10): 1265 - 1272

[7] Moller M, Lymburner L, Volk M. The comparison index: A tool for assessing the accuracy of image segmentation [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2007, 9(3): 311 - 321

[8] Zhou Chenghu, Luo Jiancheng. Geological calculation of high resolution satellite remote sensing image [M]. Beijing: Science Press, 2009 [周成虎, 骆剑成. 高分辨率卫星遥感影像地学计算 [M]. 北京: 科学出版社, 2009]

[9] Baatz M, Schape A. Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic networks [C]//Proceedings of the 2nd International

- Symposium on Operationalization of Remote Sensing, Enschede, Netherlands, 1999; 16 - 20
- [10] Huang Huiping. Scale issues in object-oriented image analysis [D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2003 [黄慧萍. 面向对象影像分析中尺度问题研究 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2003]
- [11] Renaud M, Claire F, Jagannath A. Mapping private gardens in urban areas using object-oriented techniques and very high-resolution satellite imagery [J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 81 (3): 179 - 192

Evaluation and Selection of Segmentation Scale with Object-oriented Method in Multiple Source Remote Sensing Image of Mountain Areas

LU Heng, LI Yongshu, TANG Min

(GIS Engineering Center of Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: With the rapid development of remote sensing technology, more and more kinds of images were obtained through all sorts of sensor. Traditional pixel-based image analysis technique has been difficult to adapt to the high resolution images, and the object-oriented image analysis technique came into being. The image segmentation is the top issue of the object-oriented image analysis technique, how to choose the right image segmentation scale has become the key of object-oriented analysis technology. In order to improve the accuracy of remote sensing image segmentation scale, a segmentation quality function was established through analysis of images. Segmentation experiments according to different resolution multi-source remote sensing images, and the optimal segmentation scale was obtained. Finally a segmentation matching index which considering area and spectrum was proposed to evaluate the optimal segmentation scale, and the relationship between segmentation scale and standard deviation of the mean brightness, image spatial resolution were discussed. Experimental results show that the optimal segmentation scale was obtained by this segmentation quality function can avoid the subjectivity brought on manual segmentation. And the proposed segmentation matching index which considering area and spectrum was validated the correctness of the optimal segmentation scale selection.

Key words: object-oriented; selection of segmentation scale; multi-source remote sensing images; optimal scale; analysis and evaluation

面向对象的山地区域多源遥感影像分割尺度选择及评价

作者: 鲁恒, 李永树, 唐敏, LU Heng, LI Yongshu, TANG Min
作者单位: 西南交通大学地理信息工程中心, 四川成都, 610031
刊名: 山地学报 ISTIC PKU
英文刊名: Journal of Mountain Science
年, 卷(期): 2011, 29(6)
被引用次数: 1次

参考文献(11条)

1. Uuemaa E;Roosaare J;Mander U Scale Dependence of Landscape Metrics and Their Indicatory Value for Nutrient and Organic Matter Losses from Catchments 2005(05)
2. 明冬萍;骆剑承;周成虎 高分辨率遥感影像特征分割及算法评价分析[期刊论文]-地球信息科学 2006(01)
3. 关元秀;程晓阳 高分辨率卫星影像处理指南 2008
4. 于欢;张树清;孔博 面向对象遥感影像分类的最优分割尺度选择研究[期刊论文]-中国图象图形学报 2010(02)
5. Neubert M;Herold H Assessment of Remote Sensing Image Segmentation Quality 2008
6. Segui Prieto M;Allen A A similarity metric for edge images 2003(10)
7. Moller M;Lymburner L;Volk M The comparison index:A tool for assessing the accuracy of image segmentation 2007(03)
8. 周成虎;骆剑承 高分辨率卫星遥感影像地学计算 2009
9. Baatz M;Schape A Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic networks 1999
10. 黄慧萍 面向对象影像分析中尺度问题研究 2003
11. Renaud M;Claire F;Jagannath A Mapping private gardens in urban areas using object-oriented techniques and very high-resolution satellite imagery[外文期刊] 2007(03)

引证文献(1条)

1. 罗开盛, 李仁东, 常变蓉, 邱娟, 易凤佳 面向对象的最优分割尺度选择研究进展[期刊论文]-世界科技研究与发展 2013(1)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201106007.aspx