

doi:10.3799/dqkx.2010.050

一种改进的高分辨率遥感影像分割方法

高伟^{1,2}, 刘修国^{1,2}, 彭攀^{1,2}, 陈启浩^{1,2}

1. 中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074

2. 地理信息系统软件及其应用教育部工程中心, 湖北武汉 430074

摘要: 分形网络演化算法是面向对象的遥感影像分类中比较成熟的一种构建对象的算法,但在分割效率上有待进一步提高,而四叉树分割是一种高效的图像分割方法。提出了一种基于四叉树预分割的分形网络演化构建对象的方法。实验证明,该方法基本不影响影像分割的效果,而且提高了形成初始对象的效率,较大程度上提高了整体的分割效率。

关键词: 影像分割;分形网络演化;高空间分辨率;四叉树;地理信息系统。

中图分类号: TP311

文章编号: 1000-2383(2010)03-0421-05

收稿日期: 2010-01-15

An Improved Method of High-Resolution Remote Sense Image Segmentation

GAO Wei^{1,2}, LIU Xiu-guo^{1,2}, PENG Pan^{1,2}, CHEN Qi-hao^{1,2}

1. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Engineering Research Center for GIS Software and Applications, Ministry of Education, Wuhan 430074, China

Abstract: Fractal net evolution approach (FNEA) is a relatively mature one among the object-oriented image segmentation algorithms, but its efficiency is to be improved. Quad-Tree segmentation is a kind of effective image segmentation method. In this paper, an improved object oriented multi-scale image segmentation method based on the quad-tree pre-segmentation and FNEA is introduced. The experiment shows that the effect of its segmentation result is almost the same as that of traditional FNEA method. Moreover, It saves time.

Key words: image segmentation; fractal net evolution approach; high-resolution remote sense; quad-tree; geographic information system (GIS).

0 引言

近年来,以 IKONOS 和 Quick-Bird 为代表的高空间分辨率遥感影像得到广泛应用(高伟,2006)。高分辨率遥感影像具有丰富的空间信息,地物几何结构和纹理信息,便于认识地物目标的属性特征,如地物的图层值、形状、纹理、层次和专题属性,有助于提高地物定位和判读精度,使得在较小的空间尺度上观察地表细节变化,进行大比例尺遥感制图,以及监测人为活动对环境的影响成为可能。为土地利用、城市规划、环境监测等民用方面提供了更便利、更详细的数据源。高分辨率影像的广泛应用迫切要求人们对高分辨率遥感信息提取进行研究,以满足高分辨

率影像信息不断增长的应用和研究需要(Chen *et al.*, 2009)。

面向对象的高分辨率遥感影像的分类方法不仅利用地物的光谱信息,而且更多地利用几何信息和结构信息,可以结合其他空间知识和上下文信息来进行更为深入的分类,使得对高分辨率影像的分类更为合理和有效,这成为高分辨率影像信息提取的重要方法之一(Blaschke and Hay, 2001; 陆关祥等, 2002)。在面向对象高分辨率影像的信息提取中,对遥感图像进行分割,形成具有一定特征相似性的影像区域,是实现从影像上进行地物目标计算机自动提取的第一步。

目前分形网络演化算法(Baatz and Schape,

2000)是一种比较成熟稳定的影像分割方法,在一些商业软件中得到了广泛应用,如德国的专业信息提取软件 eCognition 等。但是运用分形网络演化算法对大数据量的影像进行分割时,形成初始对象的速度比较慢,影响了整体的分割效率。本文提出运用四叉树预分割的方法改进分形网络演化分割方法。

1 分形网络演化分割方法

分形网络演化方法(fractal net evolution approach, FNEA)是一种面向对象的遥感图像分割方法,它依据相应的算法针对原始影像的像元级层面上的图像分割,形成初始分割层,然后基于对象层的分割逐层形成最终的分割结果(Blaschke and Hay, 2001)。

FNEA 技术的关键在两个影像对象间异质度的定义和描述。对于给定的特征空间,当两个影像对象在该特征空间内相距较近时,被认为是相似的或同质的。对于一个 d 维的特征空间,设两相邻对象的特征值分别为 f_{1d} 和 f_{2d} ,则异质度可以定义为(Blaschke and Hay,2001):

$$h = \sqrt{\sum_d (f_{1d} - f_{2d})^2} \quad (1)$$

影像对象的光谱均值、纹理特征、光谱差异特征以及形状特征都可以作为特征空间的一维。通过公式(2)对每一维特征求标准差来进一步标准化特征空间距离,其中对象特征的标准差为 σ_{fd} (Blaschke and Hay,2001):

$$h = \sqrt{\sum_d \left(\frac{f_{1d} - f_{2d}}{\sigma_{fd}}\right)^2} \quad (2)$$

分形网络演化算法是基于像素从下向上的区域增长分割算法。遵循异质性最小的原则,把光谱信息

相似的邻近像元合并为一个同质的影像对象,分割后属于同一对象的所有像元都赋予同一含义。影像分割过程中对影像对象的空间特征、光谱特征和形状特征同时进行操作,因此生成的影像对象不仅包括了光谱同质性,而且包括了空间特征与形状特征的同质性。

分形网络演化的分割示意如图 1 所示(陈启浩, 2007),此处只描述前两次,后面依此类推。

第 1 次分割是在影像上进行;从第 2 次以后的分割,直接对影像对象进行处理。每次进行分割时,就是搜寻邻域像元,遵循异质性最小的原则,把光谱信息相似的邻近像元合并为一个同质的影像对象。

传统的分形网络演化算法中的第 1 步是以原始影像像元为对象,当原始影像的行列值较大时,相应的原始影像像元的个数也就比较多,搜寻四邻域的次数就加大了很多,而且每次判断合并的标准中都要考虑到形状特征,导致相关的计算量也增大了。因此该阶段的分割效率相对来说就比较低。

2 基于四叉树预分割的 FNEA 分割方法

由于传统的基于分形网络演化算法的分割方法在形成初始对象的效率上相对较低,一个改进的思路就是代之以高效的分割算法来构建初始对象(Hu *et al.*, 2005)。

四叉树分割法因其具有分块灵活、压缩比高、算法简单等优点而成为目前最流行、最实用的分割方法之一(宋宇彬等,2004)。当超过预定阈值时,将原始图像等分为 4 个子块,分别对应于四叉树树根的 4 个子节点(莫登奎和林辉,2005)。依次考虑 4 个子

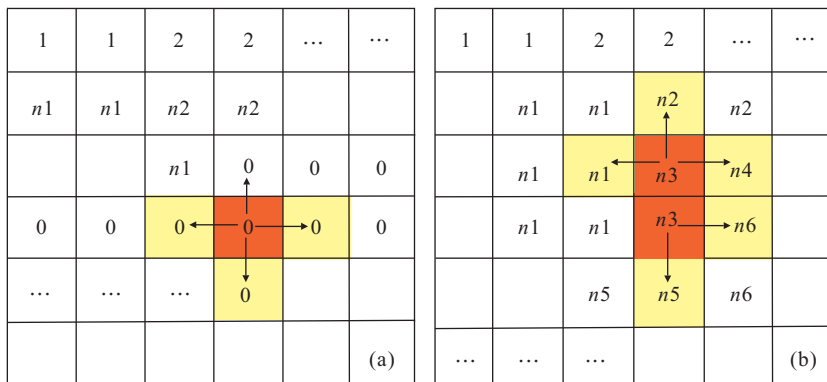


图 1 第 1 次分割(a)和第 2 次分割(b)示意

Fig. 1 The result of the first segmentation (a) and the second segmentation (b)

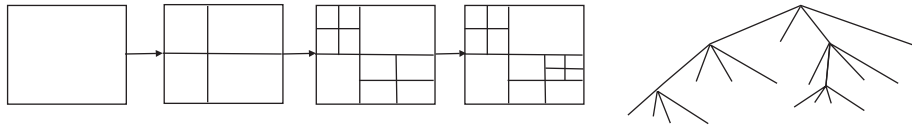


图 2 四叉树分割过程示意

Fig. 2 Sketch of the quad-tree segmentation process

块中的每一块,当匹配误差超过预定阈值时,这个阈值可称为剪枝判同的判决标准,可以是灰度相似性,也可以是目标均方差或其他可表示目标特征的有效信息,再将此块等分成 4 个子块,该过程也称之为剪枝。重复这一过程直至图像中的任意一块都能找到合适的匹配块为止。图 2 表示一个四叉树的分割过程(任秀芳等,2007)。它使图像中平坦的部分以较大的图像块进行压缩,以提高压缩比;而图像中变化复杂的部分以较小的图像块进行压缩从而保证较高的解码图像质量(宋宇彬等,2004)。

四叉树的每一次剪枝是直接等分为 4 块,不用考虑对象的形状特征,而且剪枝的判决条件也很简单,一般只需考虑像元的灰度值相似性,计算量相对较小。因此基于四叉树的分割效率很高(Chen *et al.*, 2006)。而且经过四叉树的预分割,形成的初始对象基元、形状特征基本一致,这为后续 FNEA 的再分割提供了极大的有利运算因子,因为在 FNEA 中一个很重要的对象合并依据条件就是关于对象形状特征的相似性。

基于上述原因,可以将四叉树分割应用于影像的预分割以替代传统的分形网络演化算法预分割。

大体流程如下:首先采用四叉树的分割方法形成影像的初始对象,然后在此初始对象上运用基于分形网络演化算法的方法进行再分割,最后得到分割结果影像。传统的与改进的分割处理方法的流程对比如图 3 所示(Peng *et al.*, 2009)。

3 实验与分析

基于改进后的分割方法,运用 MapGIS 遥感影像处理平台,本文选取试验区进行分割实验。实验所采用的数据是江西省某地区的一幅 3 波段的 SPOT5 影像数据,空间分辨率为 2.5 m,数据类型为 8 位无符号整型。该地区属低山丘陵地带,主要覆盖地物包括大片的林地、水体、农田、庄稼地、道路、沙滩裸地以及零星的居民地。为了实验的需要,从全景影像中裁取了 1024×1024 分辨率大小的数据进行分割实验(图 4)。

相应的实验数据分析具体见表 1。从表 1 中可以看出,利用四叉树预分割方法,进行 FNEA 的多尺度分割,对于同一幅影像,分割的时间相比传统的 FNEA 分割方法,效率提高了将近一倍。而且只要参数选择合适,在分割精度上也基本上和原来的差不多。以道路和绿地为例:如图 4 所示,狭长的道路和大片的林地这些比较明显的地物特征,在用改进的方法进行分割后,基本上都提取出来了,而且像绿地的特征提取的整体效果还更好些。

实验证明,利用四叉树预分割基本上可以达到和传统的 FNEA 多尺度分割所达到的要求,而且效率上提高了很多,但是四叉树阈值的选取不宜过大,否则整体分割效果就会比较差(图 4d)。因此要选择合适的四叉树阈值,这样分割效果才会比较好。

四叉树预分割因提高形成初始对象的效率,而且形成的初始对象形状特征明显,对于后续 FNEA 再分割的效率提高有很大帮助。

通过实验,笔者认为:改进后的分割方法应用于高分辨率遥感影像具有良好的分割效果,而且与传统的 FNEA 分割方法相比提高了效率,在选取合适

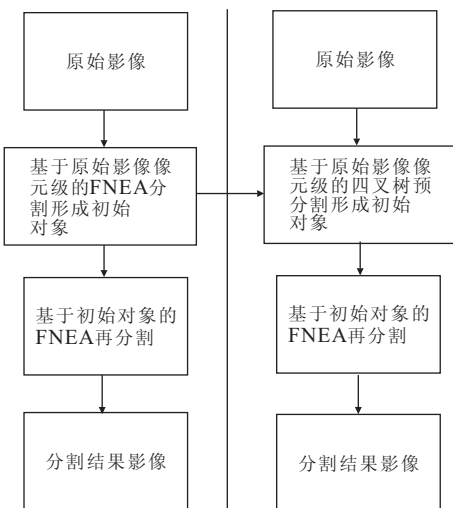


图 3 传统的分形网络与改进后的处理流程对比

Fig. 3 Compare between traditional and the improved segmentation process

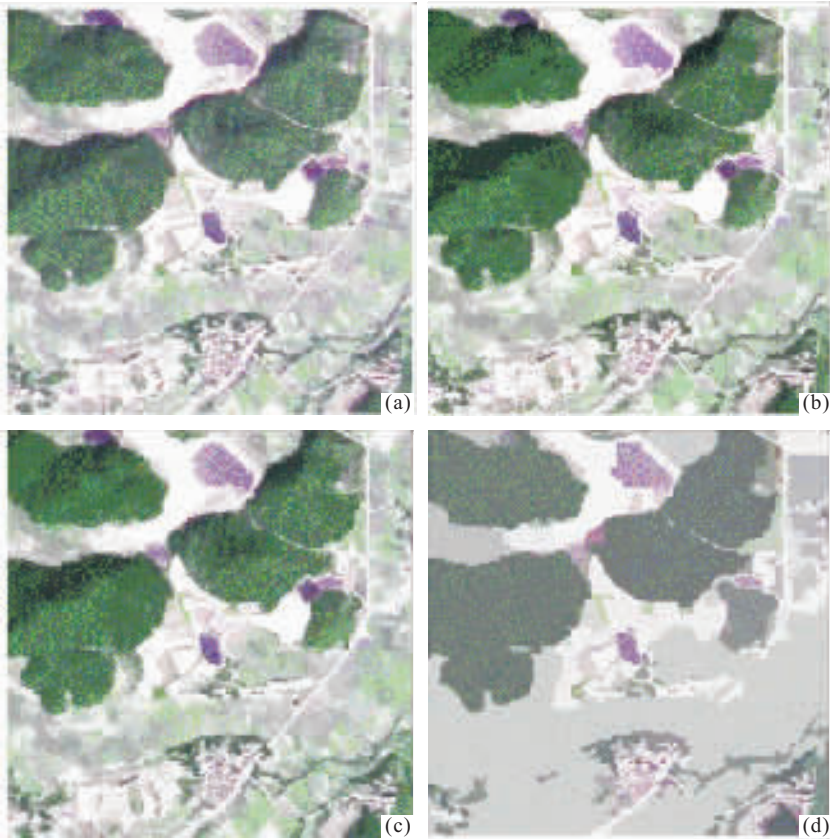


图 4 原始影像(a)、传统的 FNEA 分割结果(b)、四叉树阈值 45 尺度 50 形状参数 0.2(c)和四叉树阈值 60 尺度 50 形状参数 0.2(d)

Fig. 4 Original image (a) and the traditional segmentation results based on FNEA (b) and the result based on quad-tree (threshold: 45) (c) and the result based on quad-tree (threshold:60) (d)

表 1 实验分析

Table 1 Experience analysis

分割方法	时间(s)	参数
传统的 FNEA 分割方法	18.49	尺度参数:50,形状参数:0.2
基于四叉树预分割的 FNEA 分割方法	10.17	四叉树阈值:45
		尺度参数:50,形状参数:0.2
	8.95	四叉树阈值:60
		尺度参数:50,形状参数:0.2

的参数情况下,效率将近提高了一倍.但通过试验也可以看出,当四叉树分割阈值偏大时,会影响分割的效果.因此,建议根据应用的需要来设定四叉树阈值的大小.

4 结论

分形网络演化算法(FNEA)是一种传统的经典的面向对象的分割算法,它的分割精度较高.提出的基于四叉树预分割的分形网络演化算法在借鉴经典

分割算法的基础上进行了改进,提高了构建初始对象的分割效率,也形成了更易于后续 FNEA 再分割的初始对象,从而提高了整体的分割效率,而且分割精度也基本满足后续的分类需求.

另外,关于四叉树预分割中的剪枝判决条件的评判标准的选择以及四叉树阈值、尺度参数、形状参数等几个参数之间的内在联系及对整体的分割效率和精度的影响还需进一步深入探究和实践.

References

- Baatz, M., Schape, A., 2000. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multiscale image segmentation. In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G., eds., *Angewandte geographische informationsverarbeitung XIII*. Wichmann-Verlag, Heidelberg, 12 – 23.
- Blaschke, T., Hay, G. J., 2001. Object-oriented image analysis and scale-space: theory and methods for modeling and evaluating multi-scale landscape structure. *Internat-*

- tional Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 34: 22—29.
- Chen, Q. H., 2007. Research and realization of multi-sources remote sensing data on object oriented (Dissertation). China University of Geosciences, Wuhan (in Chinese).
- Chen, Q. H., Liu, X. G., Gao, W., et al., 2009. A fast and efficient high spatial resolution multi-scale image segmentation strategy. The 2nd International Conference on Earth Observation for Global Changes, Chengdu.
- Chen, Z., Zhao, Z., Gong, P., et al., 2006. A new process for the segmentation of high resolution remote sensing imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(22): 4991—5001. doi:10.1080/01431160600658131
- Gao, W., 2006. Image fusion based on trous wavelet transform. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31 (Suppl.): 132—135 (in Chinese with English abstract).
- Hu, X. Y., Tao, C. V., Prenzel, B., 2005. Automatic segmentation of high-resolution satellite imagery by integrating texture, intensity and color features. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 71(12): 1399—1406.
- Lu, G. X., Zhou, D. W., Wang, J. L., et al., 2002. Geological information extracting from remote sensing image in complex area; based on wavelet analysis for automatic image segmentation. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(1): 50—54 (in Chinese with English abstract).
- Mo, D. K., Lin, H., 2005. A robust approach toward high resolution remote sensing image segmentation. In: China Society of Image and Graphics, ed., The 12th national conference on image and graphics (NCIG2005), Beijing, 244—249 (in Chinese).
- Peng, P., Liu, X. G., Gao, W., et al., 2009. An improved strategy for object-oriented multi-scale remote sensing image segmentation, ICISE2009, Nanjing. doi:10.1109/ICISE.2009.280
- Ren, X. F., Ji, G. R., Ji, G. Y., 2007. Improved fractal image coding approach based on quadtree partition. *Control & Automation*, 23(10—3): 291—293 (in Chinese with English abstract).
- Song, Y. B., Zhang, B. Q., Hao, Y. P., 2004. Quad-tree-basing structure image segment technology. *Ordnance Industry Automation*, 23(6): 63—64, 69 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈启浩, 2007. 面向对象的多源遥感数据分类技术研究与实践(硕士学位论文), 武汉: 中国地质大学.
- 高伟, 2006. IKONOS 影像融合技术及其在土地监测中的应用. *地球科学——中国地质大学学报*, 31(增刊): 132—135.
- 陆关祥, 周鼎武, 王居里, 等, 2002. 复杂结构构造区遥感图像的地质信息提取方法——基于小波变换的多层次图像分割. *地球科学——中国地质大学学报*, 27(1): 50—54.
- 莫登奎, 林辉, 2005. 一种稳健的高分辨率遥感影像分割方法. 见: 中国国家图形学会编. 第十二届全国图象图形学学术会议. 北京, 244—249.
- 任秀芳, 姬光荣, 姬光玉, 2007. 基于四叉树分割的分形图像编码改进方法. *微计算机信息*, 23(10—3): 291—293.
- 宋宇彬, 张秉权, 郝永平, 2004. 基于四叉树的图像分割技术. *兵工自动化*, 23(6): 63—64, 69.