

融合区域分割和边缘信息的居民地提取方法

潘 励¹ 张志华² 张剑清¹

(1 武汉大学遥感信息工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

(2 青岛市勘察测绘研究院, 青岛市人民路 2 号, 266033)

摘要: 提出了一种集成边缘和区域分割信息的目标识别方法, 其目的是在中小比例尺的航空影像中提取集团式居民地。在实际的航空影像上的实验表明, 融合区域分割和边缘信息能够提高居民地提取的准确率。

关键词: 边缘提取; 区域分割; 居民地; 融合

中图法分类号: P237.3

居民地是重要的地形要素之一, 它的提取在城市变化检测和地理信息系统等领域中起着举足轻重的作用。现有的研究方法大致可分为需要样本学习的监督分类方法^[1]和根据对象呈现出的纹理、几何、光谱特征, 采用非监督分类提取目标的方法^[2-4]。前一类方法具有识别率较高的优点, 但是, 其结果与学习样本的数量、分布、类型有着密切的关系, 需要较为详细的分类背景知识; 后一类方法智能化程度较高, 在算法设计合理有效的情况下, 也能够获得比较理想的结果。本文提出一种非监督的识别方法, 它综合利用了集团式居民地在中小航空影像上呈现出的纹理和边缘特征, 算法流程如图 1 所示。

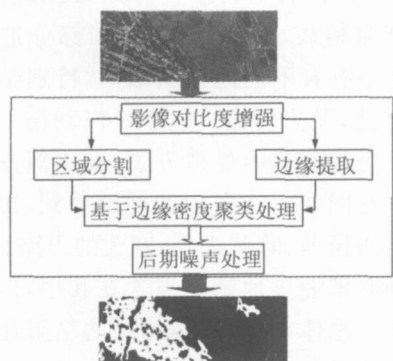


图 1 边缘与区域分割结果集成算法流程图

Fig. 1 Algorithm Procedure Fusing Region Data and Edge Features

1 基于 Law 能量模板的区域分割算法

本算法输入经过增强的原始航空影像, 输出区域分割结果(二值图像)。其步骤如下。

1) 利用微窗口对原始图像进行卷积运算, 获得卷积图像, 即

$$F(i, j) = A(i, j) \times I(i, j) = \sum_{s=0}^{N-1} \sum_{p=0}^{N-1} A(k, l) I(k+i, l+j) \quad (1)$$

其中, $A(i, j)$ 代表能量模板 ($N=5$); $I(i, j)$ 代表原始图像。Law 的 3 个性能最强的纹理能量模板为:

$$\begin{pmatrix} -1 & -4 & -6 & -4 & -1 \\ -2 & -8 & -12 & -8 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 8 & 12 & 8 & 2 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \\ -2 & 0 & 4 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & -4 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & -2 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \\ -4 & 0 & 8 & 0 & -4 \\ -6 & 0 & 12 & 0 & -6 \\ -4 & 0 & 8 & 0 & -4 \\ -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

2) 对于所得卷积图像, 求出各像点在以其为中心的宏窗口中的均值, 并将所求得的均值作为

该点的能量特征:

$$TE(i, j) = \frac{i}{(2n+1)^2} \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} F(k, l) \quad (2)$$

其中, TE(*i, j*) 是能量值; *n* = 15; 其他符号意义同式(1)。

3) 采用上述 3 个模板分别计算每个像素的能量值, 人工给定阈值把影像分割成居民地与非居民地的二值图像。因而, 针对一个像点, 它就有 3 个能量值, 形成一个三维空间。如果像点灰度相同(都是 255 或者 0 值), 则保留此点; 否则, 把它作为背景点处理:

$$D(i, j) = \bigcap \{L_k, (i, j)\} \quad (3)$$

其中, *D*(*i, j*) 表示最后的影像; *L_k* 分别代表利用 3 个 Law 的能量模板分割的二值图像。

2 区域分割和边缘结果的融合算法

集团式居民地在中小比例尺的航空影像上, 其边缘分布较为密集、杂乱, 而道路、田地的边缘线的线性特征较为明显。利用这一特点, 可对区域分割图像中的目标像素(灰度值为 255)进一步分析。首先, 把区域分割与相应的边缘提取图重叠在一起, 如果目标像素在边缘提取图中的一定范围(21 × 21)内, 边缘点呈线性分布, 并且点的密度小于给定的阈值, 表明是非居民地点, 把它变成背景点(灰度为 0); 反之, 保留此点。上述处理过程可以认为是区域分割与边缘提取图的融合结果。本算法输入经过增强的原始航空影像、区域分割结果, 输出最后的分割结果(二值图像)。具体算法如下。

- 1) 对影像进行对比度增强, 其目的是改善影像的质量, 尽可能多地提取目标的边缘。
- 2) 利用 Sobel 算子对原始影像进行边缘提取, 形成边缘二值图像。
- 3) 利用线性回归方法对某个区域内的边缘点的分布进行分析。

在边缘图像上选取 2*N* × 2*N* 区域, 计算区域内边缘点的相关系数:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

其中, ρ 为线性回归系数, |ρ| ≤ 1; (*x_i*, *y_i*) 是所提取的边缘点的像素坐标, 当 ρ 的值接近于 1 时, 表明所计算的边缘点的排列呈线状。因此, 可以利用 ρ 分析区域中边缘点的线性分布情况。

统计区域(2*N* × 2*N*) 中的边缘点的分布密度, 对每个边缘点计算区域密度 *D*:

$$D = \frac{n_p}{n_s} \quad (5)$$

式中, *n_s* 和 *n_p* 分别表示区域内总像素和边缘点的数量。

道路、田地和水域等目标的边缘呈线性变化趋势, 相对应的线性回归系数值较大, 接近于 1, 并且区域内的边缘点密度不大; 居民地、树林等具有粗纹理的地物, 其边缘线分布呈聚类状, 相关系数较小, 点分布密度较大。按照上述分析, 设定合适的阈值, 就可以把居民地从田地、道路和水域等地物中区分出来。

4) 由于居民地有一定的范围, 利用区域大小约束, 清除图像中的小区域噪声。

3 实验结果与分析

为了验证本文算法的有效性, 选择了湖北省、四川省和陕西省部分地区的多幅影像进行实验, 其中影像摄影比例尺为 1: 2.5 万, 影像的扫描分辨率是 254 dpi。图 3(a) 是一幅原始的航空影像, 其大小为 1 031 × 971 像素, 图中包含集团式居民地、道路、田地、水域和树林等地物。图 3(b) ~ 图 3(d) 是分别利用 Law 的 3 个能量模板进行分割的结果, 图 3(e) 是图 3(b) ~ 图 3(d) 的三幅图像相加的结果。从图 3(b) ~ 图 3(d) 可见, Law 的 3 种分割结果中, 都不同程度地包含有居民地、部分树林、道路和田地及田埂, 而水体、部分灰度变化不大的田块和灰度较暗的树林都被分离出来, 这是因为它们是属于具有细致纹理的目标, Law 的能量值较小。由于田埂和部分道路在不同的影像中有着不同的分割结果, 特别是图中箭头所指之处, 尤为明显。这样可以利用 3 幅结果图像取其公共部分的处理方式, 剔除部分非居民地目标。在图 3(e) 中可以清楚地看到, 提取的主体目标是居民地, 除此之外, 宽大的道路、变化较大的田地和田埂等地物也包含在其中, 但是数量有所减少。总体来讲, 图像相加的结果比单独分割结果都要准确。

图 3(f) 是采用 Sobel 算子对航空影像进行边缘提取的结果。从图中可以看到, 居民地和树林等呈现粗纹理的目标的边缘点分布较为密集和杂乱, 而道路、田块等地物的边缘有一定的线性特征。在图 3(e) 所示的区域分割结果的基础上, 利用边缘密度滤波算子, 对图像中的目标像素进行

分析,如果线性回归系数大于给定的阈值,同时密度值小于给定的阈值,把此目标点变成背景点,结果如图 3(g) 所示。图 3(g) 中,一些呈线性分布的目标被清除,但是有些灰度过暗、分布零散、面积较小的居民地也被遗漏掉了。图 3(h) 是原始航空影像与分割结果的叠合图像,可以统计出居民地识别率达到 90%。

本文还将实验结果与文献[3]的方法进行了

比较。图 3(i) 是利用文献[3]的方法进行分割的结果,除了图中方框所示之处,其结果与 Law 的第 3 个能量模板接近,分割结果中混有道路、田块、田埂等非居民地目标。由此可见,仅利用能量模板进行分割,其分割能力是有限的,必须引入更多的信息。本文总共对 20 幅不同比例尺影像(1:2.5 万~1:3 千)、不同大小的航空影像进行了实验,平均识别率达 88%。

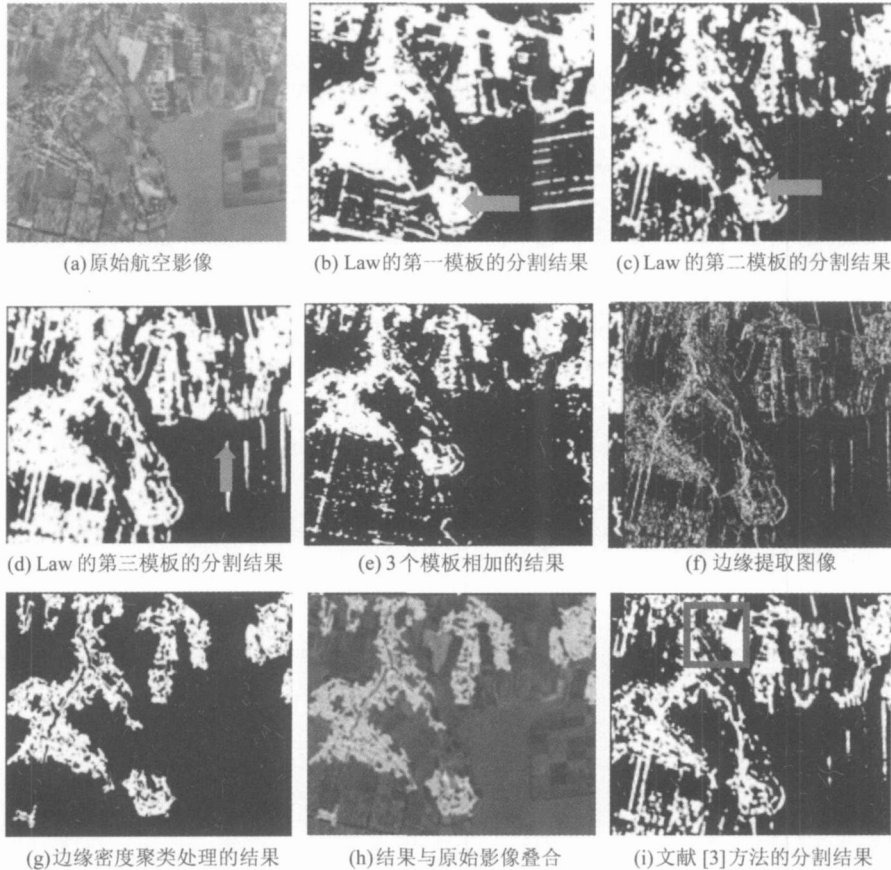


图 2 实验结果

Fig.2 Experiment Results

4 结 论

在分析了居民地在中小航空影像上的纹理和边缘特征的基础上,本文提出了一种集成区域分割和边缘信息提取目标的算法,它属于一种非监督识别方法。实验证明,这种方法能够有效地提取集团式居民地。由于实际情况中问题的复杂性和多样性,算法的识别率也会受到影响。为此,进一步的工作是利用贝叶斯网络把学习和分类有机地结合起来^[5],将上述的算法结果作为贝叶斯网络,提供初步的训练样本,然后基于贝叶斯网络进一步分类,以提高算法的智能性和正确性。

参 考 文 献

- [1] Zheng Hong, Zhang Jing Xin, Nahavandi S. Learning Detect to Texture Objects by Artificial Immune Approaches[J]. Future Generation Computer System, 2004(20):1 197-1 208
- [2] Moigne J N, Tilton J C. Refining Image Segmentation by Integration of Edge and Region Data[J]. IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing, 1995, 33(3): 605-615
- [3] Palme P L, Petrou M. Locating Boundaries of Textured Regions[J]. IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing, 1997, 35(5): 1 367-1 371
- [4] Pavlidis T, Liow Y T. Integrating Region Growing

and Edge Detection[J]. IEEE Trans Pattern Analysis Machine Intellig, 1990(12): 225-233

- [5] Huang Y, Luck K C, Zhang Zhihua. Texture Classification by Multi-model Feature Integration Using Bayesian Networks [J]. Pattern Recognition Letters, 2003(24): 393-401

第一作者简介: 潘励, 副教授, 博士, 研究方向为影像解译和智能算法。

E-mail: panli@whu.edu.cn

Residential Areas Recognition by Fusing Region Data and Edge Features

PAN Li¹ ZHANG Zhihua² ZHANG Jianqing¹

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Qingdao Geotechnical Investigation and Surveying Research Institute, 2 Renmin Road, Qingdao 266033, China)

Abstract: A method for residential areas extraction based on region data and edge images is proposed. The region-based segmentation always provides the closed contour regions and makes use of relatively large neighborhoods for decision making. To obtain the correct segmentation results of residential areas, the algorithm based on the densities and linear distributions of edge point sets is proposed. The experimental results on real aerial images shows that the proposed method fusing region and edge data can improve the accuracy of extraction for residential areas.

Key words: residential areas; region-based segmentation; edge features; fusion

About the first author: PAN Li, associate professor, Ph. D. Her major researches include image interpretation and intelligent method.
E-mail: panli@whu.edu.cn

(上接第 662 页)

and Non-tree by three levels. From five different aspects, these four image decomposition methods' results are analyzed and compared.

Key words: image retrieval; remote sensing image; image decomposition

About the first author: LI Deren, professor, Ph. D supervisor, academican of the Chinese Academy of Sciences, academican of the Chinese Academy of Engineering, member of the Euro-Asia International Academy of Sciences. He is concentrated on the research and education in spatial information science and technology represented by remote sensing(RS), global positioning system(GPS) and geographic information system(GIS).

E-mail: dli@wtusm.edu.cn