

# 纹理图象亮度阈值法提取 SAR 图象居民地

朱彩英<sup>1,2)</sup> 蓝朝桢<sup>1)</sup> 靳国旺<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(解放军信息工程大学测绘学院遥感信息工程系, 郑州 450052)

<sup>2)</sup>(中国科学院地理科学与资源研究所, 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

**摘要** 由于微波辐射的复杂特性, 从合成孔径雷达图象上提取类似于居民地复杂结构的目标物的研究仍处于探索中。通过研究居民地对合成孔径雷达(SAR)的微波散射特性, 分析居民地在 SAR 图象上的纹理特征, 综合利用纹理分析、模式识别和颜色空间变换技术, 提出了一种新的提取雷达图象上居民地的方法。该方法在共生矩阵纹理分析的基础上, 选取 3 个合适的特征分量合成彩色纹理特征图象, 再通过 HIS 变换获得亮度分量, 使用亮度阈值分割图象来提取居民地。此方法的特点是, 其受雷达系统影响较小, 适应性较强, 以二值图象的形式记录居民地的提取结果。试验表明, 利用此方法在 SAR 图象上提取居民地具有 70% 以上的正确识别率。

**关键词** 计算机图象处理(520·6040) 共生矩阵 纹理图象 HIS 变换 亮度阈值分割

**中图分类号**: TN957.52 TP75 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2003)06-0616-04

## Habitation Area Extraction by the Method of Intensity Separation from SAR Textured Image

ZHU Cai-ying<sup>1,2)</sup>, LAN Chao-zhen<sup>1)</sup>, JIN Guo-wang<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(Remote Sensing Information Engineering Department, Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University of PLA, Zhengzhou 450052)

<sup>2)</sup>(LREIS, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101)

**Abstract** Because of the complexity of the microwave radiation characteristics, the recognition for objects with comprehensive structure such as habitations from Synthetic Aperture Radar(SAR) image is still in investigation. A new method for extraction of habitation areas from SAR images is presented. In accordance with the mechanism of the microwave dispersion, the texture feature of habitation on SAR image was analyzed. Based on the technology of texture-analysis, pattern recognition and color space transformation, the main steps of the new method to extract the habitation areas from SAR image are: firstly, many texture images are generated by analyzing the Gray Level Co-occurrence Matrix(GLCM); Secondly, 3 suitable texture images, in which the habitation areas contrast to background clearly, are selected from all of the texture images to combine an artificial color texture image; Thirdly the color texture image is transformed into the intensity image by the HIS color space transformation technique; Finally, a threshold was used to decide whether each pixel on the intensity image belongs to habitation or not. Experiments illustrate that this method is adaptable and its right recognition rate is beyond 70 percentages.

**Keywords** Computer image processing, Co-occurrence matrix, Texture image, HIS transformation, Intensity threshold Separation

## 0 引言

随着经济的发展、人口的增长、建设用地的不断增加, 如何及时准确地获取居民地的大小以及位置信息, 对于保护耕地、城市规划、合理利用土地资源

有着重要的现实意义。合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)作为一种主动式的微波遥感器, 它具有的全天候、全天时获取遥感图象的能力, 以及雷达图象所反映的相应目标物的微波散射特性, 是可见光、红外摄影和扫描图象所不具备的, 因而, SAR 图象在遥感领域得到了广泛的应用, 有着

基金项目: 国家自然科学基金(69896250-4); 国家高技术研究发展 863 计划(2001AA132011)

收稿日期: 2002-10-11; 改回日期: 2003-01-28

巨大的社会、经济价值,成为城市监测、洪水检测的首选数据。但是,由于SAR图象辐射特征的复杂性,对类似于居民地复杂结构的SAR影像识别,目前尚属于探索阶段。为了能全天时、全天候地对城市建设和土地利用以及洪涝自然灾害进行动态监测,并且提高监测的自动化程度和准确度,提出了一种在星载和机载SAR图象上提取居民地的提取模型。利用星载的RADARSAT图象数据和我国自行研制的机载SAR图象数据进行试验,结果证明该方法能够达到70%以上的正确识别率,这种识别能力与光学遥感图象的识别能力几乎相同,这对挖掘和提高SAR图象的应用潜力具有重要意义。

## 1 居民地对雷达微波散射机理分析

影响居民地对雷达微波散射的因素主要有<sup>[1]</sup>: 雷达系统的参数、居民地表面的粗糙程度、目标形状,以及复介电常数。由于居民地内部结构较为复杂,居民地对雷达信号的所有回波包括:相对光滑表面的镜面反射、中等粗糙度的漫反射、粗糙面各向同性的散射<sup>[1]</sup>。此外,居民地内部大量硬目标、角反射器和雷达波的谐振效应,使得雷达回波信号非常强,从而居民地在雷达图象上呈现出非常亮的斑,这些亮斑是居民地与其他地物区别的主要特征。

对于像元地面尺寸大的星载SAR图象(如大于 $12.5\text{m} \times 12.5\text{m}$ ),居民地在图象上都是以亮斑的形式出现,而且这些居民地存在于暗色调的背景中。对于像元地面尺寸较小的机载SAR图象,居民地的亮斑内部夹杂着由居民地里水泥地、草地、树木引起的浅灰色、暗灰色的斑块,色调比较复杂。

总之,居民地的雷达影像特征,主要由居民地内的镜面反射、漫反射、各向同性散射,以及其角反射和谐振效应等的强度和空间配置决定<sup>[2]</sup>,不同的SAR图象,特别是SAR图象像元空间分辨率不同,其居民地的影像表征也不完全一样。

## 2 SAR 图象居民地纹理分析

### 2.1 共生矩阵纹理分析技术

通过以上对居民地在SAR图象上的成像分析,可以看出居民地在SAR图象上独特的纹理特征。基于灰度的共生矩阵纹理分析方法,是一种重要的纹理分析方法,它能够综合各种纹理特征,建立适合于

居民地复杂纹理的提取模型。

共生矩阵法是一种基于图象灰度联合概率矩阵的方法。通过计算图象邻近像元灰度级之间的二阶联合条件概率密度 $P(i, j|d, \theta)$ 来表示纹理, $P(i, j|d, \theta)$ 表示在给定的空间距离 $d$ 和方向 $\theta$ 上,以灰度级 $i$ 为起始点,出现灰度级 $j$ 的概率。图象的灰度变化具有一定的规律性,邻近像元灰度出现的联合条件概率,可以度量图象相邻像元的相关特征。灰度共生矩阵可以表示为

$$P(i, j|d, \theta) = \{P_k(i, j|d, \theta)\}_{N \times N} \quad (1)$$

其中, $N$ 表示图象的灰度级数, $k$ 为像元顺序号。

得到图象的共生矩阵后,为了描述纹理的特征,常常使用一些统计参数作为纹理图象的数字特征量。常用的统计参数有:均值(Mean)、方差(Variance)、熵(Entropy)、对比度(Contrast)、相关(Correlation)、非相似性(Dissimilarity)、二阶距(Second Moment),局部平稳(Homogeneity)等<sup>[3]</sup>。其中:

均值

$$MEA = \sum_{i,j} i \times P(i, j|d, \theta) \quad (2)$$

方差

$$VAR = \sum_{i,j} P(i, j|d, \theta) \times (i - MEA)^2 \quad (3)$$

对比度

$$CON = \sum_{i,j} (i - j)^2 P(i, j|d, \theta) \quad (4)$$

非相似性

$$DIS = \sum_{i,j} |i - j| P(i, j|d, \theta) \quad (5)$$

其中, $i, j$ 表示共生矩阵中的行列号。其他纹理特征的数学描述,请参考文献[3]。

### 2.2 纹理特征的选择与纹理窗口大小的确定

对于星载SAR图象,居民地在影像上的表征总体呈现亮色调,其均值较之背景有明显的差别。居民地内部亮度变化较大,虽然居民地的总体均值较其他地物大,但是在高亮度中间却夹杂着一些暗的像元。因此,星载SAR图象纹理特征中的均值、方差、对比度3个特征能够较好地地区分居民地与其他地物。对于星载SAR图象选用此3个特征分量。总体上居民地内部的纹理比较细腻,进行纹理分析的窗口大小不宜取得太大,一般 $7 \times 7$ 左右的窗口就能很好地统计出它的纹理各个特征分量。

对于机载SAR图象,由于其像元分辨率较高,居民地内部的硬化地面、屋顶、绿地、宽阔的街道、池塘等在影像上可以形成一系列的“纯净”像元,并且

由于这些地物的后向散射较低,在影像上呈现暗色调。总体来说,机载 SAR 图象上居民地的灰度均值特征并不明显,但是居民地内部依然存在大量的亮斑。试验表明,纹理特征中的方差、对比度、非相似性 3 个分量能反映居民地的特征,因此,对机载 SAR 图象居民地提取,使用了这 3 个特征分量。

目前机载 SAR 图象的分辨率都优于 5m,有的甚至优于 1m。而且从纹理的粗细程度来看,居民地的规模不同,机载 SAR 图象纹理粗细程度也不同。乡村、集镇居民地相对于城市来说,房屋尺寸较小,纹理比较细腻。通过试验发现,对于乡村、集镇一级的居民地,使用  $11 \times 11$  pixels 大小的窗口;对于城市一级的居民地,房屋尺寸较大,并且城市内部道路、平地较多,通过比较发现,使用  $15 \times 15$  pixels 大小的窗口,能够较好地反映城市居民地的普遍特征,能使居民地与其他地物明显分开,即在纹理图象上居民地呈现出较亮的色调。

### 2.3 纹理图象亮度阈值法原理

将选取的 3 个特征作为彩色图象 R、G、B 3 个分量合成纹理假彩色图象,居民地在这 3 个分量上的色调都较亮,因此,在合成的彩色图象上,居民地的像素能量较大,通过分析合成的纹理彩色图象上的亮度,就可以综合利用选取的 3 个纹理分量,其识别效果要优于单独使用某一个纹理分量的识别效果。本文采用 HIS 变换法提取纹理彩色图象上的亮度分量, HIS 显色模型,使用色调 (Hue)、亮度 (Intensity)、饱和度 (Saturation) 表示颜色。变换方法参见文献[4]。其中,亮度分量能够反映合成前 3 个纹理分量的综合特征。将彩色纹理图象上每一个像素的 R、G、B 值分别变换到 HIS 空间,对于亮度 I 分量,使用阈值进行分割,建立起基于彩色纹理图象亮度阈值的提取模型,模型表示如下

$$\begin{cases} I \geq K & \text{为居民地} \\ I < K & \text{为非居民地} \end{cases}$$

K 为一阈值,它的取值直接影响到最后的提取

表 2 提取精度统计

|           | 采取方法      | 人工判读的总像素数目 | 算法提取出的总像素数目 | 正确数目 (正确率)  | 错分数目 (错分率)  | 漏分数目 (漏分率)  |
|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| RadarSat  | 均值阈值法     | 61 147     | 61 417      | 41 099(67%) | 20 318(33%) | 20 048(33%) |
|           | 纹理图象亮度阈值法 | 61 147     | 61 702      | 47 237(77%) | 14 465(23%) | 13 910(22%) |
| 机载 SAR 图象 | 方差阈值法     | 54 044     | 51 471      | 35 348(69%) | 16 123(31%) | 18 696(36%) |
|           | 纹理图象亮度阈值法 | 54 044     | 44 771      | 32 053(72%) | 12 718(28%) | 21 991(49%) |

注:表中正确率、错分率、漏分率的计算方法为该项数目除以总共提取出的像素数目。其中“正确数目”等于“人工判读”与“算法提取”重叠部分的像素数目;“错分数目”等于“算法提取出的总像素数目”减“正确数目”;“漏分数目”等于“人工判读的总像素数目”减“正确数目”

结果,由于不同的 SAR 图象,其总体影像特征相差很大,所以寻找一个固定的阈值是不合适的。因此本文采用机器学习的方法,即对通过人工判读认为是居民地的一小块具有代表性的区域进行取样,通过分析可以获取这小块区域的纹理图象亮度值,把它作为整个图象的的阈值 K。用这种方法得到的阈值对整个图象进行居民地提取效果好,适应性强。

## 3 试验情况

为验证本文所提出的对 SAR 图象居民地提取方法的实际效果,分别采用星载的 Radarsat 数据和我国自行研制的机载 SAR 图象进行试验。试验数据情况如表 1 所示。其中加拿大红河地区影像(图版 I 图 1,局部)于 1998 年 2 月进行了地理编码;阎良地区影像(图版 I 图 2,局部),没有经过地理编码处理。

表 1 试验数据情况

| SAR 传感器  | 影像获取时间  | 像元分辨率(m)           | 地区    |
|----------|---------|--------------------|-------|
| Radarsat | 1996 06 | $12.5 \times 12.5$ | 加拿大红河 |
| 机载 SAR   | 2001-08 | $1.8 \times 2.1$   | 陕西阎良  |

分别对以上两幅图象进行共生矩阵纹理分析。对图版 I 图 1 的 RadarSat 图象(局部)进行纹理分析,统计窗口大小为  $7 \times 7$  pixels,其均值、方差、对比度的纹理图象如图版 I 图 3 所示。

对图版 I 图 2 的机载 SAR 图象(局部)进行纹理分析,统计窗口大小为  $11 \times 11$  pixels,其方差、对比度、非相似性的纹理图象如图版 I 图 4 所示。

两组纹理图象的合成彩色图象如图版 I 图 5 所示。为验证 HIS 亮度阈值法的优越性,将 HIS 亮度阈值法与单纯使用单个纹理特征阈值提取方法的结果作比较,在都给定最佳阈值的情况下,居民地提取结果如图版 I 图 6 和图版 I 图 7 所示。

将以上两个提取结果与人工直接判读的结果相比较,精度统计结果如表 2 所示。

## 4 结 语

图1为纹理图象 HIS 亮度阈值法提取居民地流程图。由试验结果,可以得出以下结论:

(1)对于以居民地目标为主的复杂目标提取按照图1所示的流程进行,可以获得较好的效果,正确识别率可达70%以上,几乎与光学遥感图象的识别率相同。

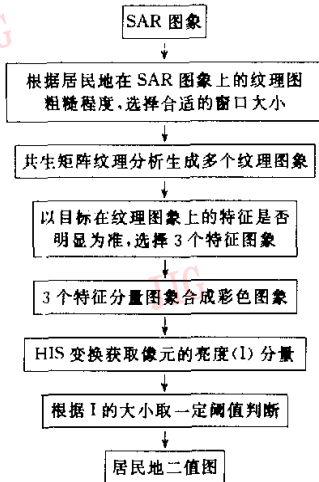


图1

(2)从表2看出,对于较低分辨率的星载 SAR 图象,纹理图象亮度阈值法相对于单个纹理特征阈值提取法有一定的优势,效果比较明显,可以在较大程度上提高提取的正确性,减少错分率和漏分率,对于居民地的边缘也有较好的保持作用。

(3)对于机载的 SAR 图象,由于居民地内部情况复杂,因此使用纹理图象亮度阈值法提取居民地的正确识别率会较高。

此方法对 SAR 遥感图象目标识别提出了新的思路,并作了较为成功的试验。但众所周知,由于 SAR 遥感图象辐射纹理的复杂性,不同 SAR 传感器和成像处理算法获取的图象,其辐射纹理性质有很大的差别,因此,算法的进一步改进和试验是必须的。首先,可以在影像预处理时去掉道路、沟渠等线状亮目标,因为共生矩阵纹理分析会夸大目标的线

状特征,造成居民地的误提取<sup>[5]</sup>;其次,对于山区部分,山坡在 SAR 图象上也反映出和居民地类似的纹理特征,可以进一步使用基于空间关系的知识加以剔除。

**致谢** 闽良地区机载 SAR 图象试验数据由中科院计算机所王贞松研究员所在的科研小组提供,在此表示感谢。

## 参 考 文 献

- 1 Ulaby F T, Moore R K, Fung A K. Microwave remote sensing, Volumes 2[M]. Massachusetts, USA: Addison-Wesley, 1982: 231~239.
- 2 Chris Oliver, Shaun Quegan. Understanding synthetic aperture radar images[M]. Boston Massachusetts, USA: Arrech House, Inc, 1998:157~193.
- 3 周成虎,骆剑承等. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京:科学出版社,2001:82~84.
- 4 朱述龙,张占睦. 遥感图象获取与分析[M]. 北京:科学出版社,2000.
- 5 吴从晖. 机载 SAR 图象的几何纠正和主要地物提取[D]. 郑州:解放军信息工程大学测绘学院,2000.



**朱彩英** 1963年生,解放军信息工程大学测绘学院遥感信息工程系副教授,中科院资源与环境信息系统国家重点实验室博士生,主要研究方向为雷达摄影测量和地理信息系统,发表论文10余篇。



**蓝朝愤** 1979年生,解放军信息工程大学测绘学院遥感信息工程系硕士研究生,主要研究方向为摄影测量与遥感、三维可视化。



**靳国旺** 1977年生,解放军信息工程大学测绘学院遥感信息工程系硕士研究生,主要研究方向为摄影测量与遥感。



图1 RadarSat图象(局部)



图2 机载SAR图象(局部)



(a) 均值

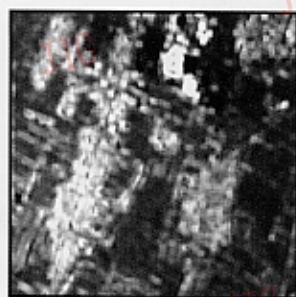


(b) 方差

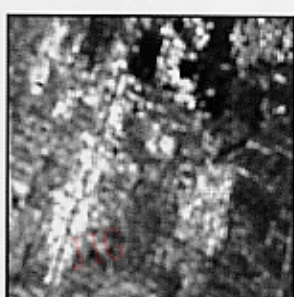


(c) 对比度

图3 RadarSat图象部分纹理分析结果



(a) 均值



(b) 对比度

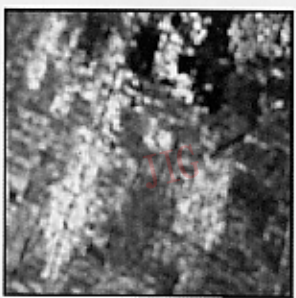


(c) 非相似性

图4 机载SAR图象部分纹理分析结果



(a) RadarSat图象

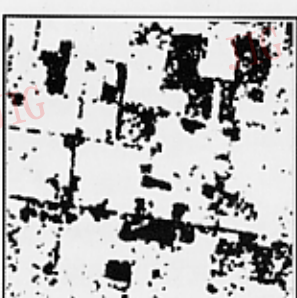


(b) SAR图象

图5 纹理图象合成

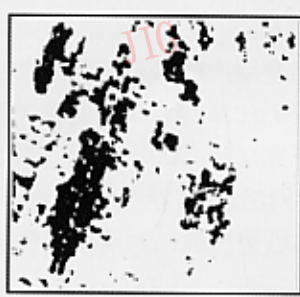


(a) 均值阈值法

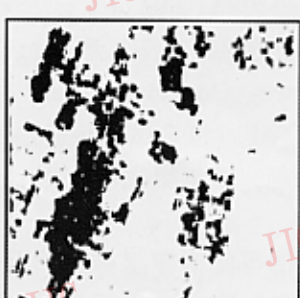


(b) HIS阈值法

图6 RadarSat图象居民地提取结果



(a) 方差阈值法



(b) HIS阈值法

图7 SAR图象居民地提取结果