

基于 QuickBird 遥感影像的棚户区提取与制图

刘娟, 郭海林, 施以兵

(江苏省地质测绘院 江苏 南京 210008)

摘要:以 QuickBird 遥感影像为数据源,从纹理信息的角度,利用灰度共生矩阵(GLCM)的方法对南京市下关区的棚户区信息进行了提取。首先,利用所选择的 4 个纹理特征统计量(对比度、能量、同质性和相关性)构建一个特征空间。然后运用非监督分类的方法(ISODATA 算法)将研究区分成确定的类别数目。最后,根据实际情况,利用数学形态法对分类结果进行调整和优化,从而获得研究区域的棚户区信息。研究结果表明,基于纹理特征的灰度共生矩阵方法对于棚户区的提取和制图是有效可行的,同时本文的研究结果可以为南京市棚户区的管理及城市规划提供更为科学的依据。

关键词:棚户区;区域制图;QuickBird 影像;灰度共生矩阵

中图分类号:TP79 文献标识码:B 文章编号:1672-5867(2011)05-0199-04

Extracting and Mapping Informal Settlements from QuickBird Remote Sensing Imagery

LIU Juan, GUO Hai-lin, SHI Yi-bing

(Jiangsu Institute of Surveying and Mapping of Geology, Nanjing 210008, China)

Abstract: This paper used GLCM method that maps informal settlement areas according to their texture information by QuickBird remotely sensed imagery in Xiaguan District, Nanjing, China. First, the selected four texture features (contrast, energy, homogeneity and correlation) were computed within a local neighborhood to construct a feature space. Second, they were then fed to an unsupervised classifier (ISODATA algorithm) with a fixed number of output classes. Third, the morphological operation was performed to divide the joint small areas and adjust fringe region of the informal settlement areas. In experiments for study area, the results demonstrated the effectiveness of the proposed method in extracting and mapping informal settlements. Moreover, the results of this paper could render planning support and monitor informal settlements for local authorities.

Key words: informal settlements; regional mapping; QuickBird imagery; GLCM

0 引言

随着城市化进程的加快,南京正经历着城市不断蔓延和扩张的过程。同时,在这一过程中带来了棚户区这一城市化附属品的出现。这些棚户区的房屋大多具有建筑密度高、房屋尺寸小、形状复杂多样等特征(如图 1 所示),严重阻碍了城市的发展规划。获取不断更新的棚户区的空间位置信息,是合理的城市基础设施规划以及环境和土地资源的可持续发展的基础,因此,近年来针对这一“热点区域”的监测和制图对于城市的规划和管理已经显得尤为重要(Niebergall et al., 2009; Dare and Fraser, 2001; Kuffer, 2003)。

国内外研究表明,对地观测的方法在及时提供更新的地表空间信息方面具有巨大的潜力和经济效益,借



图 1 南京市棚户区状况

Fig. 1 Informal settlements in Nanjing, China

于遥感手段获得精确的棚户区空间信息将可以在一定程度上解决上述问题。众所周知,要想从高分辨率遥感图像中获取复杂的城市地表信息,仅仅利用光谱信息本身是不够的。图像的纹理是确定不同类型的均质区域最重

收稿日期:2010-09-01

作者简介:刘娟(1982-)女,山东济宁人,助理工程师,学士,主要从事测绘生产管理与应用研究工作。

要的视觉特征,因此,这里我们可以通过图像的纹理信息来识别和提取不同建筑密度的房屋类型。在现有研究中,大多是利用灰度共生矩阵(Smits and Annoni,1999)、马尔可夫随机场模型(Chellappa and Chatterjee,1985)、傅立叶功率谱以及 Gabor 滤波器等方法(Newsam and Kamath,2004)进行纹理信息的识别和提取。其中,灰度共生矩阵法可以通过遥感影像像元的空间关系来描述图像的纹理特征,是最为常见和可靠的纹理统计分析方法。而马尔可夫随机场模型尽管可以得到较高的分析精度,但是由于其需要大量的运算过程,因此模型的效率并不高(Stasolla and Gamba,2007)。至于傅立叶功率谱和 Gabor 滤波器,它们是在频域进行的方法,一方面,由于频域中包含了图像空域中的全局信息,另一方面,这两种方法所依据的前提条件是,纹理图像的模式应该尽可能是规则重复的(Newsam and Kamath,2004)。然而,由于棚户区的房屋是利用各种不同材料建造的,房屋与房屋之间非常接近,而且彼此没有规则的方向和重复结构(如图2所示),因而棚户区所表现出来的纹理特征是复杂多样的,这样就使得傅立叶功率谱和 Gabor 滤波器的方法难以适用于棚户区纹理信息的识别和提取。综上所述,本文的主要目的是基于 QuickBird 高分辨率遥感影像,利用灰度共生矩阵的方法来实现棚户区的识别和提取。其研究结果可以为当地政府对城市未来发展的规划和决策提供更为科学的信息和依据。

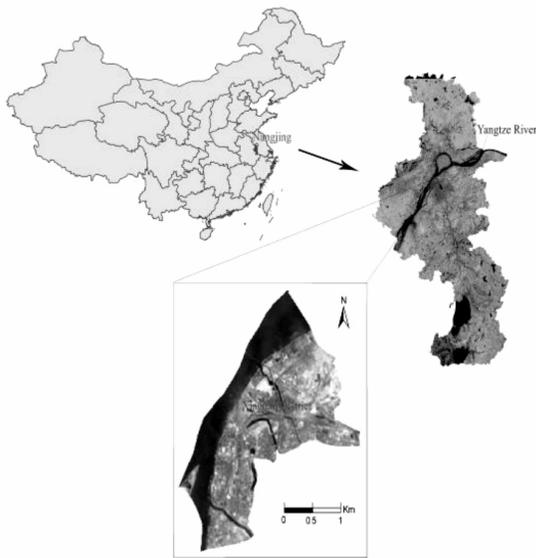


图2 研究区域概况
Fig.2 Location map of the study area (Xiguang District, Nanjing, China)

1 研究区和数据

1.1 研究区

南京(古称“金陵”),地处长江下游平原(纬度:31°14'~32°17'N,经度:118°21'~119°14'E),位于中国江苏省的东南部(如图2所示)。目前,南京正面临着飞快的城市化发展过程(据预测,到2020年南京市的城市人口

口将从2008年的750万增长到1060万)。而在这一过程中,城市人口的增长速度已经大大超过了城市基础设施建设的速度,从而给快速城市化带来了巨大的挑战,最明显的表现就是,在南京涌现出了越来越多的棚户房屋。在本文的研究中,主要将研究区选在南京市的下关区,该区位于南京市的中部靠近长江的南岸(如图3所示)。

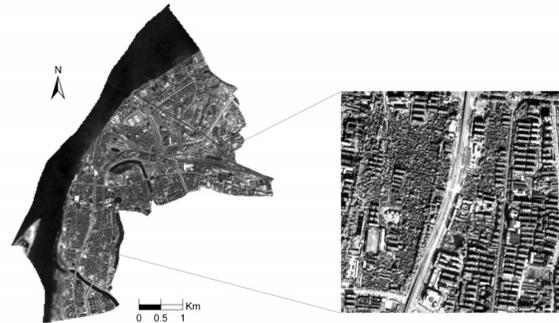


图3 2001年11月21日所获取的南京市下关区 QuickBird 全色影像
Fig.3 Subset of QuickBird panchromatic image of Xiguang District, November 21, 2004

1.2 遥感数据

本文所使用的遥感数据为2004年11月21日所获取的一景 QuickBird 遥感影像(path:127,row:30),包括一个0.61m分辨率的全色波段和4个2.44m分辨率的多光谱波段。如图3所示,本文截取了南京市下关区棚户区所在覆盖范围的1700×1700像素的矩形框(1037m×1037m)。在研究之前,首先利用 ERDAS Image(version 8.6)遥感图像处理软件对选取的遥感图像进行了大气校正和几何校正的预处理。

2 研究方法

本文所使用的方法主要是基于灰度共生矩阵的纹理分析方法以及 ISODATA 算法,具体操作流程如图4所示。



图4 棚户区区域制图操作流程
Fig.4 Procedure flow chart for informal settlement areas mapping in the study area

首先,通过计算4个选定的纹理特征值,构建纹理特征空间。然后,利用非监督分类 ISODATA 算法将纹理特征聚集成为两类,即棚户区纹理作为一类,背景类作为另一

类。第三步,利用数学形态学算法对分类的结果进行边缘调整,从而改善棚户区制图的精度。

2.1 基于 GLCM 的纹理特征

灰度共生矩阵的概念由 Haralick 等(1973)提出,目前已是公认的一种提取纹理特征的非常有效的方法,具有良好的目标分类效果(Baraldi and Parmiggiani,1995; Coburn and Roberts 2004)。它基于图像灰度联合概率矩阵,通过计算图像邻近像素灰度级之间的二阶联合条件概率密度来表示纹理特征,用 $P(i, j | d, \theta)$ 来表示在给定的空间距离 d 和方向 θ 上,相邻的灰度级像素对 (i, j) 出现的概率,这样灰度共生矩阵元值的分布特征就能够反映图像纹理的主要特征。Haralick 和 Shanmugam 曾经提出了 14 种由灰度共生矩阵计算出来的统计量(Haralick et al., 1973),为了从不同方面描述棚户区的纹理信息特征,本文主要选用了对比度、能量、同质性和相关性 4 种描述图像灰度空间变化信息的统计参数来进行棚户区的识别和提取。其中,对比度特征可以理解为图像的清晰度,反映邻近像素的反差,描述图像的清晰度和纹理的强弱,值越大表明纹理效果越明显;能量特征在一定程度上反映了图像灰度分布的一致性程度;同质性特征是图像分布平滑性的测度;而相关性特征这一统计量描述了图像中一定位置关系下检测域的相似程度。这四种特征统计参数是在遥感图像纹理分析中经常使用的,它们的描述公式如下:

$$Contrast = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (i - j)^2 p(i, j) \quad (1)$$

$$Energy = \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} p^2(i, j)} \quad (2)$$

$$Homogeneity = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{1}{1 + (i - j)^2} p(i, j) \quad (3)$$

$$Correlation = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)}{\sigma_i \sigma_j} p(i, j) \quad (4)$$

式中, $p(i, j)$ 表示在取定 θ, d 参数下已归一化的灰度共生矩阵的第 (i, j) 阵元的值; N 表示共生矩阵的维数; $\mu_i = \sum_{j=0}^{N-1} i \cdot p(i, j)$; $\sigma_i = \sqrt{\sum_{j=0}^{N-1} (i - \mu_i)^2 p(i, j)}$ 。

根据上述定义,灰度共生矩阵纹理特征的计算涉及的参数有距离 d , 方向 θ 和纹理窗口尺寸。一般地, d 取值较小,可提供较好的分析结果,本文 d 取值 $1, \theta$ 取 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 等 4 个方向。确定 d 和 θ 后,灰度共生矩阵的窗口大小对提取的特征有着重要的影响,若窗口相对于纹理尺度过小,则在高分辨率遥感图像下可能不足以反映出被计算区域的纹理特征,若窗口选择过大,则增大了计算量。为了选择合适的窗口大小,本文分别利用 5×5 到 11×11 的窗口大小逐一测试,最后发现,当窗口大小为 7×7 时比较适中,既能反映目标的纹理特征,又能保持一定的边缘完整性。因此,本文取窗口尺寸为 7×7 ,同时为了便于提高运算速度,在处理之前将 QuickBird 原始遥感图像从 11-bit 压缩到 8-bit。图 5 描述了研究区原始 QuickBird 全色影像计算所得的 4 种纹理特征。

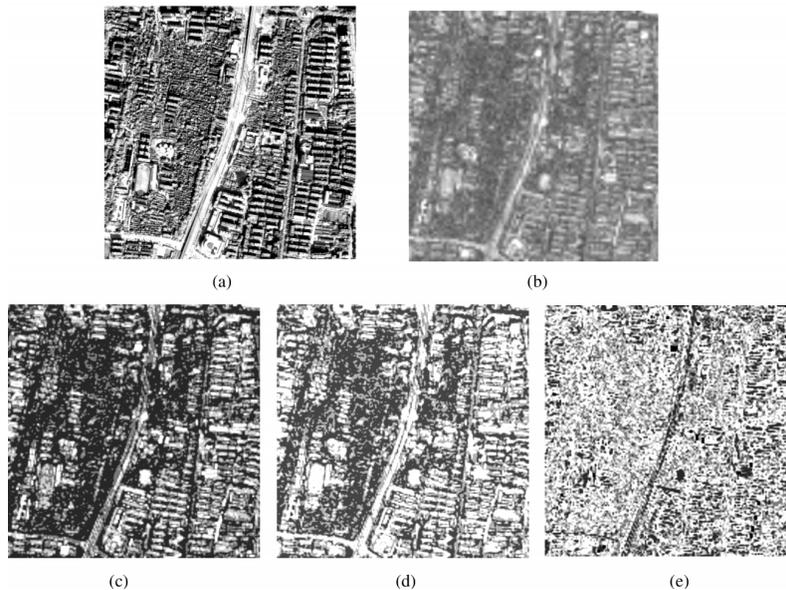


图 5 根据 GLCM 所计算得到的 4 种纹理特征

(a) 原始图像; (b) 对比度; (c) 能量; (d) 同质性; (e) 相关性

Fig. 5 Four texture features computed for image region

(a) Original image; (b) Contrast; (c) Energy; (d) Homogeneity; (e) Correlation

2.2 特征空间分类

与传统的多光谱分类不同,本文利用纹理特征取代光谱特征进行遥感图像的分类,按照上面计算所得的纹

理特征,利用迭代自组织数据分析方法(ISODATA)将原始遥感图像聚类为棚户区类和背景类。这里的 ISODATA 算法是一种基于欧几里德距离测度的,非常经典的非监

督学习动态聚类算法,具有较强的实用性。

2.3 分类后处理

按照上述方法分类所得的棚户区域,由于纹理特征细致差异的影响,有可能使分类后的局部数据出现偏差,反映到分类结果上便会产生孤立点形式的“椒盐噪声”,如可能会将公路的边缘、荒地以及噪声等的归入棚户区域。为此,这里采用了数学形态学运算方法对分类的结果作后处理工作。第一步,需要将分类后的细小部分消除,并运用膨胀和腐蚀操作将细小的空洞填充;第二步,运用开操作和闭操作来平滑分类后的棚户区域边界;第三步,实施区域过滤操作,将分类后的棚户区域面积小于预先设定的阈值的部分剔除。

3 研究结果

3.1 分类结果及精度

至此,通过上述的方法,我们首先获得了如图6所示的分类后的棚户区域。由图6可以看出,得出的研究区初步的分类结果尚可,但是在棚户区域和其同质区域之间的分类结果显示相当混乱,如一些与棚户区域有着类似纹理的树冠被分类归入了棚户区域。为了评估分类结果的精度,本文将人工分类的棚户区域图像作为评估的参考图。通过对比分类结果,整个研究区初步分类结果的总体精度达到了70%(其中Kappa系数为0.65),结果表明本文所使用的方法对于提取研究区域的棚户区域是有效可行的。

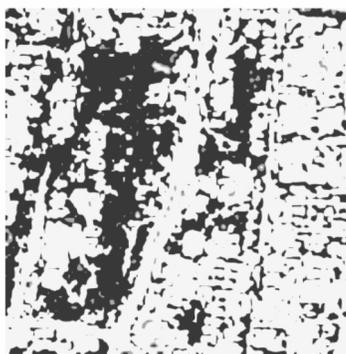


图6 棚户区域分类结果

Fig. 6 Classified informal settlement areas by ISODATA algorithm

3.2 棚户区域制图

图7显示了运用数学形态学算法进行分类后处理提取的研究区的棚户区域结果。为了使分类结果可用于地理信息系统数据库,我们利用ERDAS 8.6软件,将分类后的栅格数据转换成了矢量数据格式。同时,为了便于可视,这里使用了矢量多边形叠置到了相应的分类结果图中。如图7(a)所示,黄色线条显示了提取的研究范围内棚户区域的边界线。图7(b)为最终生成的棚户区域图。

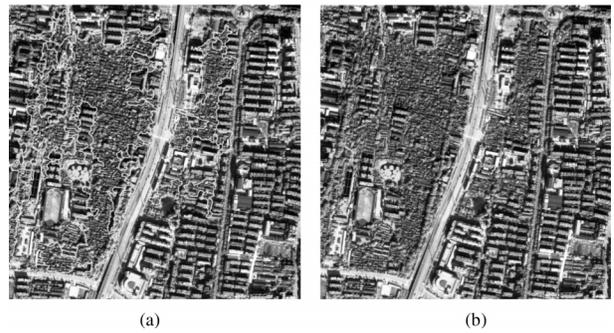


图7 整个研究区域的棚户区域制图结果

(a) 所提取的棚户区域边界(黄色矢量线);
(b) 所提取的棚户区域图斑(红色阴影)

Fig. 7 The final informal settlement areas map generate for whole study area:

(a) Overlay of vector polygons of informal settlement areas extracted with original image;
(b) Mapped informal settlements areas shaded red

4 结束语

为了获取不断更新的棚户区的空间位置信息,合理地解决南京市城市基础设施规划以及环境和土地资源可持续管理方面的问题,本文以QuickBird遥感影像为数据源,从纹理信息的角度,利用灰度共生矩阵(GLCM)的方法对南京市下关区的棚户区域信息进行了提取。研究结果表明,利用灰度共生矩阵的方法对棚户区域信息的提取和制图是有效可行的。

同时,虽然本文的研究方法对于南京市棚户区域信息的提取和制图取得了比较满意的结果,但是更深层次的棚户区域专题图视觉分析显示,棚户区域专题信息的分类和提取误差或错误还是存在的,例如,具有丰富纹理特征的非棚户区域房屋以及一些具有类似纹理特征的树冠都可能被分类归并为棚户区域信息。因此,在以后的研究中,可以考虑加入光谱特征或其他特征信息,以进一步增加分类提取结果的准确性。

参考文献:

- [1] Baraldi A, Parmiggiani F. An investigation of the textural characteristics associated with Gray Level Cooccurrence Matrix statistical parameters[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1995, 33(2): 293-304.
- [2] Chellappa R, Chatterjee S. Classification of textures using Gaussian Markov random fields[J]. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1985, 33(5): 959-963.
- [3] Coburn C A, Roberts A C B. A multiscale texture analysis procedure for improved forest stand classification[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(20): 4 287-4 308.

(下转第205页)

部信息。例如: 指定宗地号, 可以从历史和现状宗地表中查出其父宗地号。如下述的代码

Select* 父宗地 - ID from 现状与历史宗地关系表

Where 子宗地 - ID = 指定宗地 - ID 然后根据查处的父宗地号, 可以查出父宗地的信息, 如下述的代码:

Select* from 历史宗地表 where 宗地 - ID = 父宗地 - ID

依此类推, 可以逐级回溯并查询出有关的资料和信息。

空间数据管理系统是 TCMIS 最主要的部分, 本文是在 C# 的环境下, 基于 ArcGIS 开发组件 ArcGIS Engine, 采用 SQL 数据库存储空间数据, ArcSDE 作为空间数据的访问接口, 对存储在 SQL 数据库中的数据进行访问, 实现了多用户的同时访问更新数据库。

5 实例系统主要功能实现

5.1 宗地的查询

打开界面, 打开编辑功能, 点击属性查询(红色标记), 即会显示这块宗地的详细信息, 如图 4 所示。

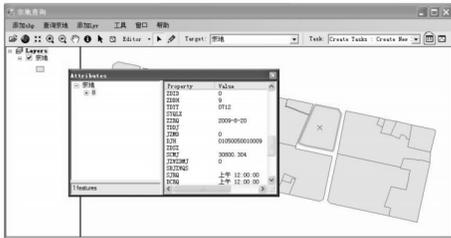


图 4 宗地查询界面

Fig. 4 The interface for parcel query

5.2 宗地的历史回溯

打开界面点击宗地查询按钮, 我们可以看到相应的时间排列(本例为 2000 年至 2010 年间数据), 如图 5 所示。本例为拉动查询按钮到 2008 年即可查到该年的宗地历史信息, 用此功能我们可方便地实现对 2000 年至 2010 年间的各年度的相关信息的查询。

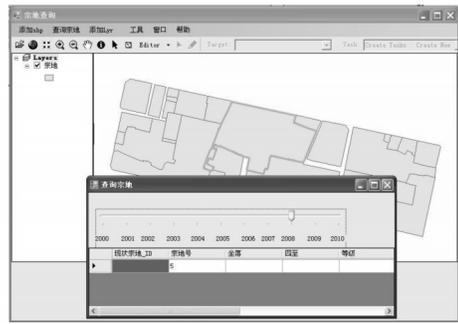


图 5 2008 年宗地

Fig. 5 The parcel in 2008

6 结束语

本文主要介绍了地籍管理的核心——宗地的一些情况, 并对宗地的生命周期和土地证书的生命周期做了简要的介绍, 以及宗地数据库创建的一些内容, 最后基于 ArcGIS 的开发组件 ArcGIS Engine 开发了宗地历史回溯查询系统。建立一个功能完善、运行高效的地籍管理系统是下一步需要研究的工作。

参考文献:

- [1] 罗年学, 潘正风. 动态地籍信息系统中时态地籍数据库的研究[J]. 测绘通报, 2002(2): 45 - 47.
- [2] 张伟. 基于时态 GIS 的地籍管理信息系统研究[D]. 天津: 天津大学硕士论文, 2006.
- [3] 肖寒, 吴侃, 孙群. 基于 GIS 的空间数据和空间数据库浅谈[J]. 江苏地质, 2005, 29(2): 105 - 107.
- [4] 胡鹏, 黄杏元. 华一新. 地理信息系统教程[M]. 北京: 中国大地出版社, 2002.
- [5] 龚健雅. GIS 中面向对象时空数据模型[J]. 武汉测绘科技大学测绘学报, 1997, 26(4): 289 - 298.
- [6] 刘剑锋, 秦奋, 张喜旺. 基于宗地变更的地籍时空数据库研究[J]. 测绘科学, 2006, 31(4): 149 - 151.

[编辑: 宋丽茹]

(上接第 202 页)

- [4] Dare P M, Fraser C S. Mapping informal settlements using high resolution satellite imager[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(8): 1399 - 1401.
- [5] Haralick R M, Shamugam K, Dinstein I. Textural features for image classification[J]. IEEE Transactions on systems, man and cybernetics, 1973, 3(6): 610 - 621.
- [6] Kuffer M. Monitoring the dynamics of informal settlements in Dar Es Salaam by remote sensing: exploring the use of SPOT[M]. ERS and Small Format Aerial Photography, Schrenk M. (Ed.). 2003: 473 - 483.
- [7] Newsam S, Kamath C. Retrieval using texture features in high resolution multi - spectral satellite imagery[M]. SPIE

Defense and Security Symposium, Data Mining and Knowledge Discovery: Theory, Tools and Technology VI, Orlando, Florida, April, 2004: 12 - 16.

- [8] Niebergall S, Loew A, Mauser W, 2009. Integrative assessment of informal settlements using VHR remote sensing data The Delhi case study[M]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Special Issue "Remote sensing of human settlements: status and challenges," Reviewed, in press.

[编辑: 栾丽杰]