

# 基于 Skewness 纹理的北京城市化区域提取

李 熙<sup>1</sup>, 关泽群<sup>1</sup>, 沈体雁<sup>2</sup> (1. 武汉大学遥感信息工程学院, 湖北武汉 430079; 2. 北京大学政府管理学院, 北京 100871)

**摘要** 北京地区部分农作物和城市化区域的光谱属性接近, 仅仅利用光谱信息无法有效地提取北京的城市化区域。提出了利用 Skewness 纹理区分农作物和城市化区域, 结合光谱和高程信息可以有效提取城市化区域。经过大量的样本检验表明, 引入 Skewness 特征能够大幅度提高分类精度。

**关键词** ETM+; 遥感; 纹理; 建成区; Skewness

**中图分类号** S127 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)17-07407-03

Extraction of Urbanized Area in Beijing Based on Skewness Texture

LI Xi et al (School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan, Hubei 430079)

**Abstract** In Beijing, spectrum of some cropland is very similar to that of urbanized area, so it is hard to extract the urbanized area only by spectrum. Skewness texture was proposed to separate cropland from urbanized area. Assisted by spectrum and elevation data, the urbanized area was extracted efficiently. Accuracy assessment based on many samples showed that Skewness could improve the classification accuracy significantly.

**Key words** ETM+; Remote sensing; Texture; Urbanized area; Skewness

改革开放以来,我国进入了前所未有的城市化快速发展阶段,准确提取城市化区域对于研究城市演化的时空模式具有重要的意义。利用遥感技术提取城市化区域能够快速、准确、廉价的监测我国城市的发展现状,并为预测未来我国城市增长趋势和制定城市规划方案提供科学依据<sup>[1-2]</sup>。城市内建设用地分布较广,光谱特征比较明显,因此多光谱、中低分辨率的遥感影像是进行城市化研究的主要影像源。牟凤云<sup>[3]</sup>利用 TM、MSS 和“北京一号”小卫星对 1973~2005 年北京市建成区的扩展过程、面积变化和土地利用影响进行了监测分析。陈晋<sup>[4]</sup>借助 DMSP/OLS 夜间灯光遥感数据,快速提取了我国大陆城镇用地空间信息。

## 1 试验区概况及数据

北京市地处华北平原的北部,北面和西面分布着太行山脉和燕山山脉。自改革开放以来,作为我国的政治经济中心,由于人口、经济快速增长,大型基础设施的不断建设以及 2008 年奥运会的拉动,北京正在进行快速的城市化建设。笔者利用从美国马里兰大学网站下载的北京地区的 ETM+ 遥感影像(轨道号 124/033,日期 2000 年 5 月 7 日)和北京市 DEM 数据进行建成区提取,并通过北京行政区划矢量图裁减出北京行政区划内的遥感影像。

## 2 基于 Skewness 纹理的建成区提取

### 2.1 纹理分类法在 TM 和 ETM+ 影像中的应用

TM/ETM+ 遥感影像幅宽大并且价格低,适合进行大范围的资源调查,但是由于波段数目有限,容易出现严重的同谱异物现象,导致大量的错分。因此,利用空间领域特征辅助光谱特征进行 TM/ETM+ 影像分类可以增加地物特征,从而减少同谱异物现象。姜青香<sup>[5]</sup>利用角二阶距、对比度和熵对北京丰台区进行较高精度的分类; Armenakis<sup>[6]</sup>利用熵、方差等方法提取了 ETM+ 影像中的湖; Christine<sup>[7]</sup>利用边缘密度(Edge Density)作为特征结合形态学运算提取了 TM 遥感影像中的城市化区域。

### 2.2 Skewness 的定义及其一般应用

偏斜度(Skewness)描

述的是一组数据分布倾斜的程度, Skewness=0 表示该组数据属于对称分布, Skewness<0 表示该组数据向左倾斜, Skewness>0 表示该组数据向右倾斜。对于数字图象来说,一个图象窗口的 Skewness 定义如下:

$$\text{Skewness} = \frac{|\sum (x_{ij} - M)^3|}{(n-1)(V)^{3/2}}; M = \bar{x}, V = \frac{\sum (x_{ij} - \bar{x})^2}{n-1}$$

式中,  $x_{ij}$  表示坐标为(i,j)的像素的灰度值, n 表示窗口内像素的总数, M 表示窗口内像素灰度的平均值, V 表示该窗口内所有像素灰度的方差。James<sup>[8]</sup>首次提出 Skewness、Kurtosis 等统计量可以用于构造遥感影像纹理特征,从而达到边缘探测和影像增强的作用,但 James 特别指出,他并没有发现 Skewness 等纹理特征可以用于土地覆盖分类的研究。Chiang<sup>[9]</sup>利用 Skewness、Kurtosis 统计量自动识别遥感影像中的小目标。

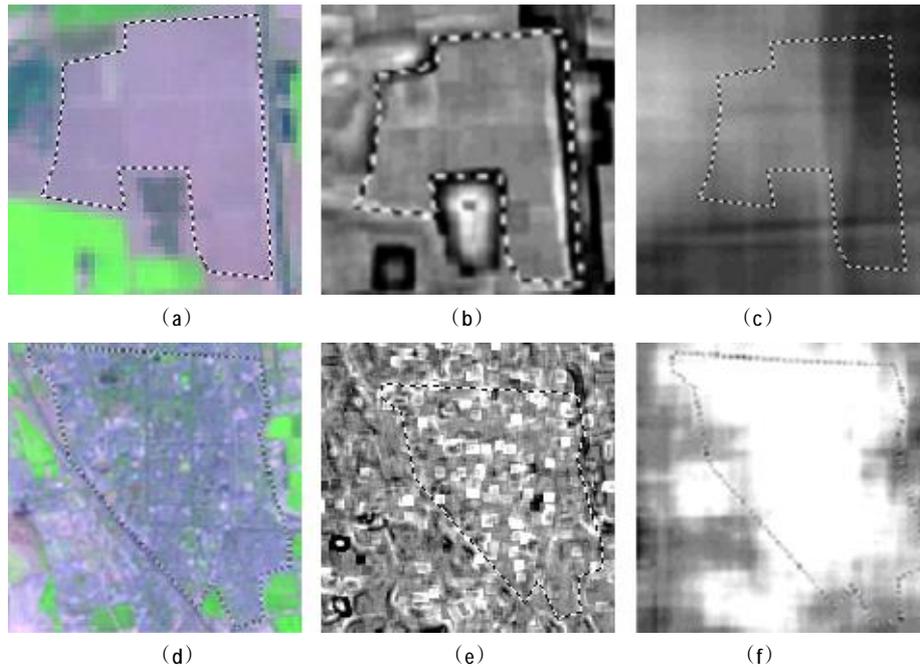
### 2.3 Skewness 纹理提取建成区的可行性

Skewness 纹理能够反映地物光谱的对称性,对于建成区来说,由于长期频繁的人为改造,以及建筑、植被、道路、水体等各种地物的混合,使得建成区的纹理对称性远远低于质地均一的农用地,因此 Skewness 纹理可以作为区分建成区和农用地的一个重要特征。北京地区农田作物种类繁多,其中部分农田极易在光谱上和建成区混淆,例如图 1(a)所示的农田 A 和图 1(d)所示的城区 B 的波谱反射率极为接近(图 2),因此直接采用光谱分类则会导致大范围的错分。

对图 1(a)、(d)的全色波段进行 Skewness 纹理计算得到图 1(b)、(e),可以发现,在视觉上对称性强的农田 A 的影像经过 Skewness 计算后,均值接近于 0,而对称性弱的城区 B 的影像经过 Skewness 计算后均值大约为 3(图 3),这也证明了 Skewness 纹理能够很好的反映地物的对称性。因此 Skewness 纹理可在一定程度上区分农田和城区,而经过低通滤波后的 2 类地物的 Skewness 影像(图 1(c)、(f))具有更好的区分度(图 4),因为低通滤波可以减少块状地物的类内差别,降低了不同地物间 Skewness 混淆的可能性。因此可以得到如下结论:由于建成区和农田一般情况下是成一定规模的块状分布的,因此对遥感图象的 Skewness 纹理进行合适的低通滤波,可以显著性区分建成区和农田。

**作者简介** 李熙(1982-),男,湖北武汉人,博士研究生,研究方向:遥感影像解译。

**收稿日期** 2008-04-07



注:(a),农田 A 的 TM 影像;(b),农田 A 的 Skewness 纹理图(纹理窗口大小为 9×9);(c),农田 A 的 Skewness 纹理图的低滤波图;(d),城区 B 的 TM 影像;(e),城区 B 的 Skewness 纹理图(纹理窗口大小为 9×9);(f),城区 B 的 Skewness 纹理图的低滤波图。  
 Note: (a). TM image of cropland A; (b). Skewness map of cropland A (9×9 Windows size); (c). Skewness map of cropland A based on low pass filter; (d). TM image of urban area B; (e). Skewness map of urban area B (9×9 Windows size); (f). Skewness map of urban area B based on low pass filter.

图 1 北京地区部分农田 Skewness 纹理图与城区 TM 影像的对比情况  
 Fig. 1 Comparison of Skewness map and urban TM image of some cropland in Beijing Area

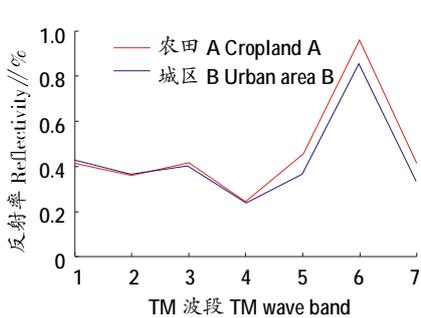


图 2 农田 A 和城区 B 在 ETM+多光谱波段的平均反射率  
 Fig. 2 Average reflectivity of cropland A and urban area B in multi-spectral bands of ETM+

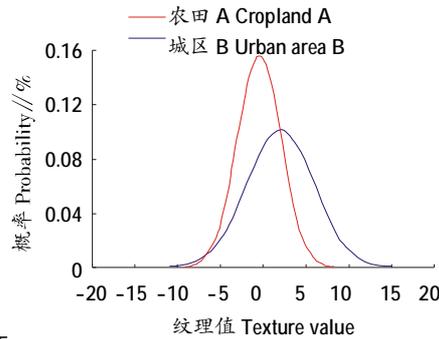


图 3 图 1(b)(e)的灰度分布曲线  
 Fig. 3 Grayscale distribution curve of Fig. 1 (b)(e)

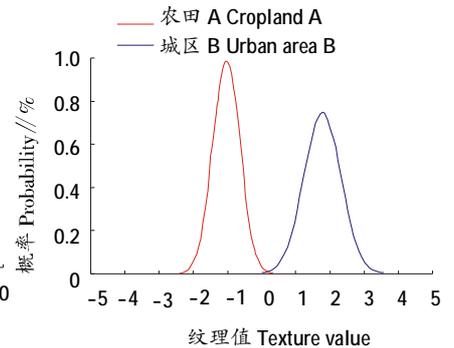


图 4 图 1(c)(f)的灰度分布曲线  
 Fig. 4 Grayscale distribution curve of Fig. 1 (c)(f)

### 3 算法和试验过程

3.1 算法原理和流程 尽管 Skewness 算子能够有效地提取城市化区域,但错分现象仍然在部分地区明显存在,而分类过程中利用光谱特征和 DEM 数据可获得准确的分类结果。该试验算法的流程如图 5 所示,具体步骤如下。

(1)选择合适的窗口计算 ETM+第 8 波段的 Skewness 纹理值。ETM+第 8 波段(全色波段)拥有较高的空间分辨率(15 m),所以用它提取 Skewness 纹理信息。Skewness 纹理计算中唯一可控参数是纹理窗口的大小,过小的窗口不能充分提取影像的空间信息,而过大的窗口则混淆了各地物斑块并加大计算量,因此需要进行试验来确定纹理窗口的大小。

(2)选择合适的低通滤波算子对第 1 步得到的纹理图进行低通滤波。由于建成区一般呈一定规模的斑块分布,故低通滤波算子可以起到减小类内距的作用,但同时低通滤波算子也会减小相邻的异类地物的类间距,因此需要选择合适低通滤波算子来减少误分。

(3)选择合适的阈值来对第 2 步得到的低通滤波影像

进行二值化,高于阈值的影像部分属于建成区的备选范围。

(4)结合第 3 步得到的建成区备选范围和 ETM+多光谱影像的分类结果,得到建成区范围。旧城区一般存在较好的绿化覆盖,因此纹理特征不太稳定,但是光谱特征较为稳定;而新城区的光谱特征容易和附近的农田发生混淆,且纹理特征突出。故依靠单纯的多光谱数据可以较好的提取旧城区范围,而新城区范围的提取必须依赖多光谱信息和纹理信息。

(5)通过 DEM 去除掉第 4 步中得到的建成区范围中不适合建造房屋的区域。山体上裸露的岩石在光谱和纹理上都非常接近新建成区,此时需要借助 DEM 数据生成坡度图来去掉这些岩石,因为较陡的地形上一般是不适合建造房屋的。

(6)通过数学形态学对第 5 步得到的建成区范围进行操作,得到合理的建成区范围。通过上述步骤得到的建成区分布图中有大量的零星散点,这些散点是代表零星的房屋,也可能是与建设用地纹理相似的地物。按照城市规划学理

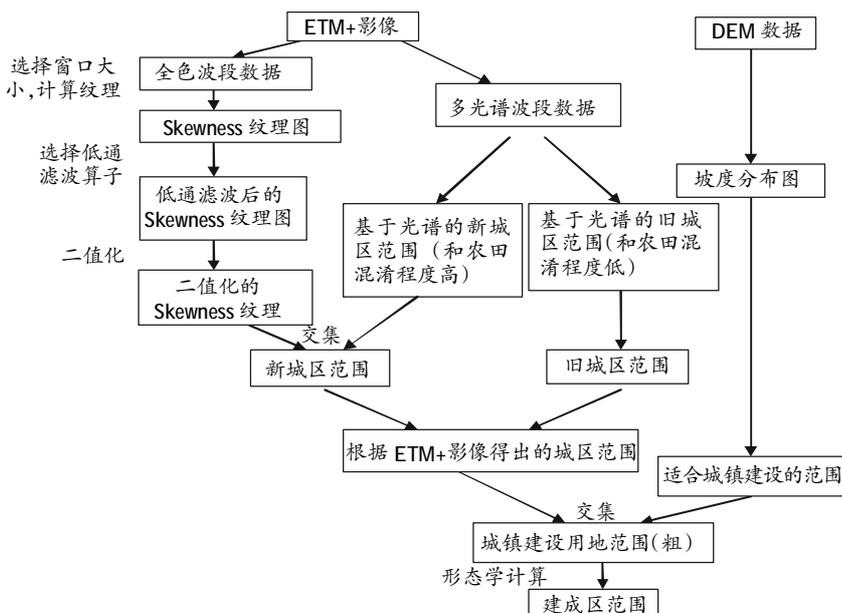


图 5 通过纹理、光谱和 DEM 获得建成区范围的流程

Fig. 5 Flow of urbanized area construction based on texture, spectrum and DEM

论,达到一定规模的建筑用地才可以称为建成区,因此可以通过形态学中的腐蚀-膨胀算法消除这些散点。同时,建成区中必然存在植被和水体,如果这些地物的斑块不大并被建成区包围,那么这些地块也属于建成区的范围,故可通过形态学中的膨胀-腐蚀算法来消除这些地物,获得完整的建成区范围。

3.2 分类结果和精度检验 按照上述算法步骤,根据北京市 2000 年 5 月 7 日的 ETM+遥感数据(大兴区和门头沟区的部分区域不在该遥感影像内)和北京市 DEM 数据,对北京地区进行建成区提取如图 6~9。

为了比较各分类方法的分类精度,通过目视解译并对照北京市地图,选取 40 个建成区斑块(22 572 个像素)和 40 个非建成区斑块(35 011 个像素)进行精度检验,结果见表 1。



图 6 北京地区的 Skewness 纹理  
Fig. 6 Skewness map of Beijing area



图 7 根据纹理、光谱和 DEM 提取的北京建成区  
Fig. 7 Extracted urban area based on texture, spectrum and DEM



图 8 基于光谱的非监督分类和 DEM 提取的北京建成区  
Fig. 8 Extracted urban area based on unsupervised classification and DEM



图 9 基于光谱的监督分类和 DEM 提取的北京建成区  
Fig. 9 Extracted urban area based on supervised classification and DEM

表 1 各分类方法的精度比较(混淆矩阵)

Table 1 Accuracy comparison of different classification methods

项目 Item	Skewness 纹理法(纹理+多光谱+DEM) Skewness map (texture+ multi-spectrum+ DEM)		监督分类法(多光谱+DEM) Supervised classification method (multi-spectrum+ DEM)		非监督分类法(多光谱+DEM) Unsupervised classification method (multi-spectrum+ DEM)	
	建成区 Built up area	非建成区 Non-built up area	建成区 Built up area	非建成区 Non-built up area	建成区 Built up area	非建成区 Non-built up area
建成区 Built up area	73.7	26.3	63.5	36.5	66.3	33.7
非建成区 Non-built up area	1.9	98.1	1.8	98.2	9.7	90.3

由表 1 可见,引入 Skewness 纹理的分类方法的精度大大高于仅采用多光谱波段的分类方法的精度,说明 Skewness 纹理能有效地改善因为同谱异物产生的建成区和非建成区严重混淆的状况,为快速准确的进行城市建成区范围提取提供了有效的途径。

4 结论

随着我国城市的快速发展,建立大范围的城市遥感监测体系迫在眉睫,1999~2004 年的 ETM+遥感影像为建立该监测体系提供了丰富和廉价的数据源。笔者提出的 Skewness 纹理分类法有效的利用了 ETM+第 8 波段的空间信息,为充分利用 ETM+遥感影像用于城市监测提供了一条新途径。今后的研究工作应集中在 2 个方面:一是研究不同分辨率的遥感影像的 Skewness 纹理特征;二是根据城乡实体划

分的需要,进一步利用数学形态学来修正该研究的纹理分类结果。

5 参考文献

- [1] 沈体雁.CGE 与 GIS 集成的中国城市增长情景模拟框架研究[J].地球科学进展,2006,21(11):1153-1163.
- [2] 张显峰,崔伟宏.集成 GIS 和细胞自动机模型进行地理时空过程模拟与预测的新方法[J].测绘学报,2001,30(2):148-155.
- [3] 牟凤云.基于多源遥感数据的北京市 1973—2005 年间城市建成区的动态监测与驱动力分析[J].遥感学报,2007,11(2):257-268.
- [4] 陈晋.基于 DMSP/OLS 数据的中国大陆城市化过程研究-反映区域城市化水平的灯光指数的构建[J].遥感学报,2003,7(3):168-175.
- [5] 姜青香.利用纹理分析方法提取 TM 图像信息[J].遥感学报,2004,8(5):458-464.
- [6] ARMENAKIS C. A comparative analysis of scanned maps and imagery for mapping applications [J].ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,2003,57(5/6):304-314.

(下转第 7412 页)

(上接第 7409 页)

- [7] CHRISTINE A H.Land -use mapping using edge density texture measure on Thematic Mapper Simulator data [J].IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing,1987(1):104-108.
- [8] JAMES R.Texture transforms of remote sensing data [J].Remote

Sensing of Environment,1981(11):359-370.

- [9] CHIANG S. Unsupervised target detection in hyperspectral images using projection pursuit [J].IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,2001,39(7):1380-1391.