

# 基于遥感技术的北京市平原区砂石坑识别探索

唐颖<sup>①</sup>, 贾海峰<sup>①</sup>, 王军<sup>②</sup>, 姜其责<sup>②</sup>

(① 清华大学环境科学与工程系, 环境信息技术应用研究中心, 北京 100084; ② 北京市城市规划设计研究院, 北京 100045)

**摘要:**为满足城市建设对建材的需求,一般会在城市周边开挖砂石,从而遗留了很多砂石坑。遗留下的砂石坑是一种退化的生态系统,也是导致植被丧失、景观破坏并引起沙尘暴的主要原因之一,同时由于对其无序的管理和垃圾、废水的排放,它也成为影响城市环境质量的重要因素之一。由于遗留的砂石坑数量大,分布广,通常需要花费很长的时间和人力进行实际普查,才能掌握其数目、大小和分布。为配合北京市的平原区砂石坑综合整治规划研究,尝试利用 ASTER 遥感数据,识别北京市平原区的砂石坑分布。本研究针对砂石坑这一特定地物信息,采用监督分类的方法对北京市平原区的砂石坑信息进行识别和提取,并采用最大多数聚焦分析对分类图像进行后处理,优化分类结果。通过与前期调查数据的比对,分类的生产者精度和用户精度分别为 85.88% 和 60.33%。随着核实调查的开展,分类精度有望继续提高。通过遥感影像分类所提取的砂石坑信息,对快速了解北京市平原区砂石坑的总体分布情况,从而进一步深入展开砂石坑全面调查研究,并为北京市政府进行砂石坑的生态恢复提供合理、可行的规划方案奠定了基础,具有十分重要的指导意义。

**关键词:**ASTER; 遥感; 砂石坑; 分类; 聚焦分析

**中图分类号:**TP751    **文献标识码:**A    **文章编号:**1000-3177(2008)98-0076-05

## 1 引言

随着社会的发展,由于人类对自然资源的某些不合理开发利用而对自然环境产生负面影响,进而导致许多类型的生态系统的退化。其最明显的标志是生态系统初级和次级生产力降低、生物多样性减少或丧失、土壤养分维持能力和物质循环效率下降、原有的生态系统结构和功能出现严重退化等,使人 类陷于自身导演的生态困境中。由于城市发展建设需要,进行挖砂开采后遗留下来的砂石坑便是一种典型的严重退化的生态系统。退化裸露的砂质土壤,被破坏的植被群落,丧失的生态,杂乱无序的景观,都严重影响了人类生存的环境质量,妨碍了“社会—经济—环境”复合生态系统的健康运行。因而,准确掌握砂石坑退化、受损害的生态系统现状,对于因地制宜采取合适的手段和方法恢复、重建可持续的生态环境,有着十分重要的意义。

遥感技术近年来广泛应用于资源环境的调查和监测,运用遥感图像的光谱特征对地物现状进行识别是一种十分普遍和有效的方法。国内外学者也在

森林、湿地、城镇、农田、矿区等诸多领域开展了大量研究<sup>[1~6]</sup>,但对于大面积区域内砂石坑信息的识别和提取的应用研究还比较少见。本文以北京市平原区为例,以 ASTER 遥感图像为数据源,对砂石坑地物特征的识别、分类提取以及分类图像后处理进行了研究。

## 2 研究区概况与原始数据

北京市平原区位于燕山南麓,为山前冲积平原,是华北平原的一部分,多为沙质土壤,面积约为 6380km<sup>2</sup>,占北京地区总面积的 38%。目前在北京市平原区有很多砂石坑,多为地方政府或企业开挖砂石后的遗留产物,其深度约 4m~30m,面积大小不等。目前这些砂石坑基本上处于无序管理的状态,裸露的砂土、私排的污水、无序回填的垃圾,造成了扬尘、臭气、水源污染、生境丧失、景观破坏等诸多生态、环境问题,严重妨碍了北京城市的可持续发展,与首都蓬勃发展的面貌极不相称。因而对这些砂石坑进行全面系统的调查研究,在此基础上尽快恢复砂石坑受损的生态系统的结构和功能成为目前

收稿日期:2007-10-30    修订日期:2007-12-28

基金项目:北京市规划委员会项目(2007)0494 资助。

作者简介:唐颖(1984~),女,清华大学硕士生。

通讯作者:E-mail:jhf@tsinghua.edu.cn

迫切需要解决的任务。由于砂石坑的数目多、分布广,要对其进行全面的网格式的普查要耗费大量的人力、物力和时间,而进行典型区域调查又可能遗漏某些重要的砂石坑,因此有必要尝试利用遥感技术辅助进行在大范围内快速识别、定位砂石坑这一特定的地物信息。

本研究所用的遥感数据是一景 2004 年 8 月 31 日成像的 ASTER 卫星数据。ASTER 是搭载在美国于 1999 年 12 月发射的 Terra 极轨道环境遥感卫星上的多光谱传感器,具有可见光和近红外(VNIR)、短波红外(SWIR)和热红外(TIR)三个子系统,共 14 个光谱波段,扫描带宽度为 60km。空间分辨率较高是 ASTER 数据的一大特点,其可见光和近红外波段的空间分辨率可达 15m,高于常用的 Landsat TM 数据。

本研究采用 ASTER 可见光和近红外、短波红外的 9 个波段的数据,影像分辨率为  $15m \times 15m$ ,影像范围包括北京市平原区的昌平、海淀、朝阳、东城、西城、宣武、崇文、丰台、石景山等 9 个区以及部分山区。研究采用 ERDAS IMAGINE8.6 遥感图像处理软件,借助 ASTER 数据自带的参考信息对原始图像进行了辐射校正和系统的几何校正。根据研究目的,选择 ASTER 数据的 3、4、1 波段组合合成影像,以更好地突出砂石坑裸露土地的地貌特征,合成影像如图 1 所示。

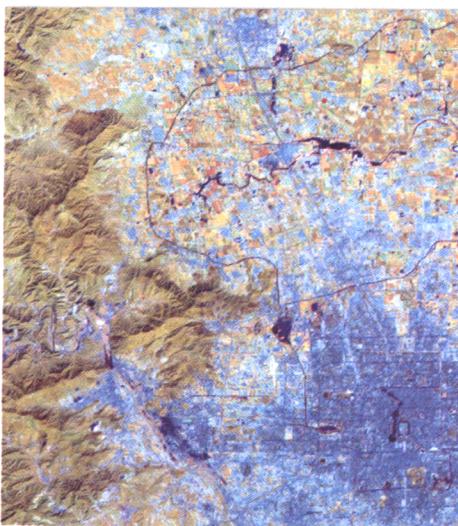


图 1 研究区 ASTER3、4、1 波段合成影像

结合影像信息和相关资料,可知由城市建设挖砂遗留的砂石坑散布于北京市冲积扇平原区各处,

相对集中于除中心城区(东城区、西城区、宣武区、崇文区)之外的各区县的城建区附近以及古河道内、干涸河床等区域。

### 3 研究方法及步骤

遥感图像分类是常用的分离表征地物信息的手段,它通过对遥感图像中各类地物的光谱信息和空间信息特征的分析、选择、归纳,并用一定的手段将特征空间划分为互不重叠的子空间,然后将图像中的各个像元划归到各个子空间去,从而实现分类<sup>[6]</sup>。与传统的全面分类不同,本研究旨在提取砂石坑这一特定的地物信息,目标明确,针对性强,因而在分类操作上也与传统的方法有所不同。

#### 3.1 分类模板的建立

由于具有明确的提取目标以及一定的先验知识,本研究选择采用监督分类的方法。训练区样本主要借助目视判读的方法进行选择。由于采用的遥感图像是 8 月份影像,正是草、木生长茂盛、植被覆盖率高的时期,而开采遗留下的砂石坑由于土质较差,坡度较陡,加上长期受到无序垃圾堆填和污染,导致生态系统严重退化,植被也大都丧失殆尽,因此除了少数砂石坑有少量植被覆盖之外,基本以裸土、荒地的形式存在。在 ASTER341 彩色合成的遥感影像上,这些地块呈现为白色、浅蓝绿色或两者交杂的不规则形状斑块。

通过对图像的初步观察和分类试验发现,部分植被覆盖较少的地块,如未种植的农田等,其光谱特征在一定程度上与裸露的砂石坑相似,会对砂石坑的分类提取造成干扰,故需对此类地块也进行训练区样本的选择,以消除分类的干扰。从图像特征上,这些植被较少的地块与砂石坑的区别如表 1 所示。

根据表 1 所列的各项图像特征,可以较方便的从遥感影像上分辨出砂石坑与植被覆盖较少的地块(图 2)。

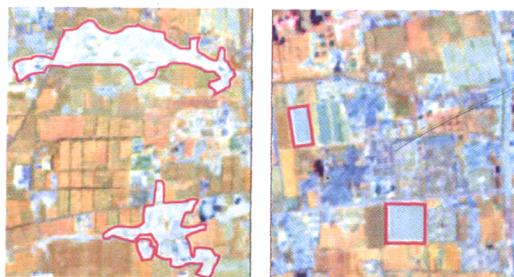


图 2 砂石坑与少植被地块遥感影像(框内)

表 1 少植被覆盖地块与砂石坑图像特征比较

类型	颜色	形态	结构	相关分布
砂石坑等裸土	白色、浅蓝绿色	形状不规则	纹理结构粗糙	散布于冲积扇、古河道及其周边地区
裸露农田等植被覆盖较少地块	浅蓝绿色、蓝绿色、浅绿色	形状规则、块状分布	纹理结构均匀、边缘清晰	多与农田、林地、绿地等相间分布

根据影像特征,分别选取砂石坑和少植被覆盖地块的训练样本30余处,建立分类模板。

### 3.2 监督分类

建立分类模板后,用可能性矩阵(Contingency Matrix)对模板进行精度评价,模板精度达到99%以上。以此模板,采用最大似然法对原始遥感影像进行监督分类。事实上,分类只划分了“砂石坑”和“少植被地块”这两大类,其余地物均归入了“未分类”这一类别。

为了更好地单独提取砂石坑的信息,呈现砂石坑的分布情况,修改分类后的图像属性,使“未分类”和“少植被地块”像元均以黑色显示,而“砂石坑”像元以白色显示,见图3。

### 3.3 分类图像后处理

从图3来看,执行监督分类后得到的影像中,部分区域分布有散落的细小白斑点,而部分区域的白色斑块破碎化程度较高,这是由于实际地物以及砂石坑本身地貌特征的不连续性所造成的。为了消除不必要的破碎小斑块,提高已有斑块的完整性,改善分类图像砂石坑信息的可识别性,选择采用聚焦分析对分类图像进行后处理。

聚焦分析(Focal Analysis)是图像空间增强的方式之一,它使用类似卷积滤波的方法对图像进行

多种分析。其基本算法是在所选择的窗口范围内,根据所定义的函数,应用窗口范围内的像元数值计算窗口中心像元的值,从而达到图像增强的目的<sup>[7]</sup>。聚焦分析有多种函数算法,包括总和、平均值、中数、最大值、最小值、最大多数、标准差等。根据本研究图像后处理的目的,选择最大多数聚焦函数(Focal Majority)进行分析处理,即以整个窗口大多数像元的值代替窗口中心像元值。具体的聚焦分析模型由输入文件、中间文件、输出文件、邻域规则以及聚焦函数几个部分构成,其基本处理流程如图4所示。

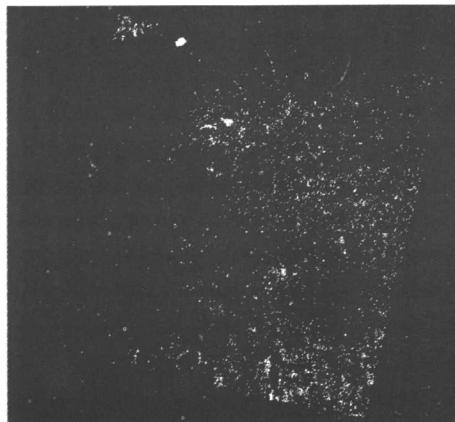


图3 砂石坑分类后影像

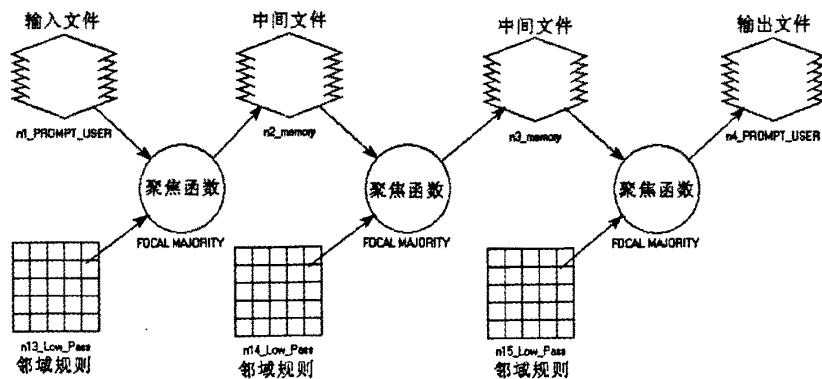


图4 最大多数聚焦分析模型

其中,邻域规则,即计算时的聚焦窗口大小,可根据需要自行调整,本研究所采用的是3×3的聚焦

窗口。输入及最终输出的栅格图像文件在使用模型时由用户自行指定。根据本模型的设定,每运行一

次便对输入图像反复进行 3 次最大多数聚焦运算, 得到输出图像。这样既能够在每次运行时达到一定的空间增强效果, 又具有一定的可调节性, 可根据处理结果灵活调整运行模型的次数, 以达到最理想的处理效果。

#### 4 结果与讨论

运用聚焦分析模型对之前得到的分类影像(图 3)进行后处理, 重复运行 2 次, 即进行 6 次最大多数聚焦运算, 得到处理后的最终分类图像(图 5)。

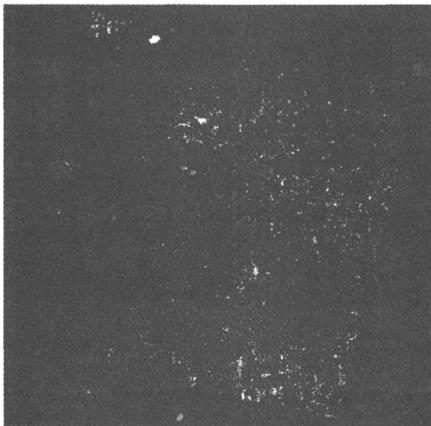
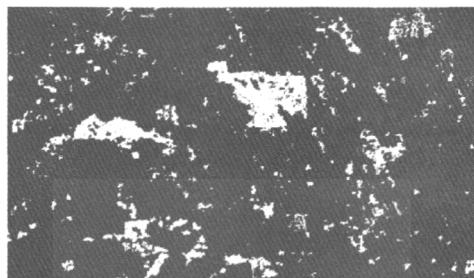


图 5 砂石坑分类最终影像

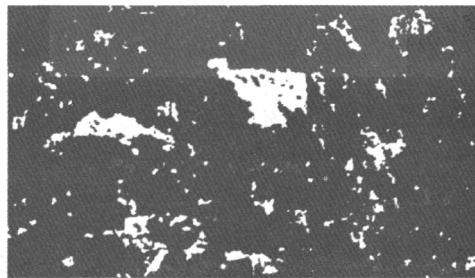
为了更好地检验运用聚焦分析进行分类图像后处理的效果, 选择分类图像中的一小部分区域进行聚焦分析前后的效果对比, 见图 6。

通过比较可以看到, 经过第一轮聚焦处理后, 许多细碎的斑点被滤去, 主要斑块的完整性和边缘的清晰度都有了明显的改善; 第二轮聚焦处理又在第一轮的处理图像上有了进一步的完善, 已能够达到提取主要砂石坑分布信息的目标要求。

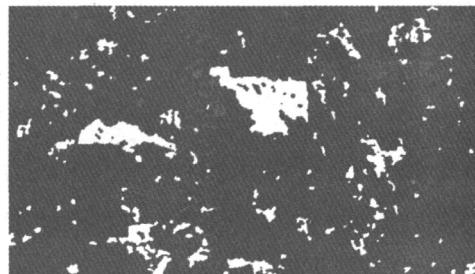
以本研究前期在北京市昌平、海淀、丰台、石景



原分类图像



第一轮聚焦处理  
(3 次最大多数聚焦运算后)



第二轮聚焦处理  
(6 次最大多数聚焦运算后)

图 6 聚焦分析处理前后效果比较  
山等区的实地初步调查所得到的砂石坑分布数据, 对砂石坑分类的最终影像进行精度评价, 结果见表 2。

表 2 砂石坑分类精度评价

参考砂石坑(个)	被分类砂石坑(个)	正确分类砂石坑(个)	生产者精度(%)	用户精度(%)
85	121	73	85.88%	60.33%

从精度评价结果来看, 85 个参考砂石坑中有 73 个被正确地从遥感影像中识别、提取出来。没有被识别出的 12 个砂石坑中, 有 10 个坑由于坑内积存雨水或被私排污水而在影像上表现为水面; 另 2 个砂石坑底部均有种植成片的林木, 在影像上表现为林地, 故而没有被成功识别。

通过分类从遥感影像上提取出共 121 个砂石坑, 其中 73 个与参考砂石坑相符。在余下的 48 个砂石坑类地物中, 通过目视判读和先验知识可以识别出 2 处为飞机场, 8 处为干涸的河床, 11 处为仓储用地、建设工地、荒地等裸土, 因其同样为基本无植被覆盖的裸露土地而被提取出来。还有 27 处则有

待进一步调查以确认是否为砂石坑。事实上,这也是本研究的主要目的,即借助遥感影像获得有关砂石坑分布的位置信息,从而指导我们更方便的开展调查。相信随着调查的继续进行,确认正确分类的砂石坑会有所增加,生产者精度和用户精度也会相应提高。此外,如果能够获得地物的高程信息(如 DEM 图)作为分类提取的辅助,将能更有效地将向下凹陷的砂石坑与地面上一般的裸露土地区分开来,从而进一步提高分类的精度。

## 5 结束语

不同于传统的“全面出击”的分类模式,本研究针对砂石坑这一特定的地物信息,以监督分类的方式提取北京市平原区 ASTER 遥感影像中砂石坑等

裸土地物的信息,并采用最大多数聚焦分析对分类影像进行后处理,进一步突出显示分类提取的砂石坑的位置分布,起到了显著的效果。

通过与初步实地考察的砂石坑分布情况的比较,分类的生产者精度和用户精度分别为 85.88% 和 60.33%。其中,通过分类所识别出的 121 个砂石坑中,有 27 个还有待进一步调查确认,为继续全面进行砂石坑的调查指明了方向,也为提高分类精度提供了上升空间。通过此次对 ASTER 遥感影像分类提取砂石坑信息的研究,为进一步深入开展北京市平原区砂石坑的全面调查,进而为北京市政府进行砂石坑这一典型的退化生态系统的生态恢复和景观建设提供支持,同时也可作为其他类似、相关研究的参考。

## 参考文献

- 1 韩涛.用 TM 资料对祁连山部分地区进行针叶林、灌木林分类研究[J].遥感技术与应用,2002,17(6):317~321.
- 2 Houhoulis P F, Michener W K. Detecting wetland change: A rule based approach using NWI and SPOT-XS data [J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2000, 66(2): 205~211.
- 3 查勇,倪绍祥,杨山.一种利用 TM 图像自动提取城镇用地信息的有效方法[J].遥感学报,2003,7(1):37~40.
- 4 李静,赵庚星,李涛,等. TM 影像中大棚菜地信息提取技术研究[J].水土保持学报,2004,18(1):126~129.
- 5 毕如田,白中科.基于遥感影像的露天煤矿区土地特征信息及分类研究[J].农业工程学报,2007,23(2):77~81.
- 6 周兴东,于胜文,王志勇,等.徐州市遥感图像土地利用分类方法研究[J].水土保持研究,2007(4):57~58.
- 7 党安荣,王晓栋,陈晓峰,等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法[M].北京:清华大学出版社,2003.

# The Identification of Deserted Pits in Plain Area of Beijing Based on Remote Sensing Image

TANG Ying<sup>①</sup>, JIA Hai-feng<sup>①</sup>, WANG Jun<sup>②</sup>, JIANG Qi-gui<sup>②</sup>

(① Research Center for Environmental Information Techniques, Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084; ② Beijing Municipal Urban Planning Institute, Beijing 100045)

**Abstract:** The pits left from the urban development and construction are degraded ecosystems which will cause a loss of vegetation, landscape destruction and sandstorm, and thus have a harmful influence on the urban environmental quality. Based on remotely sensed data ASTER, using supervised classification method and focal majority analysis, the information of pit's location in the plain area of Beijing is recognized, extracted and the results are optimized. The produce accuracy and user accuracy of the classification is 85.88% and 60.33% respectively according to the data from a previous research. The classification accuracy has the potential to rise after the verification works. By classification, the information extracted from remotely sensed image will help us in knowing quickly the general distribution of the pits, and on the basis of this it will be possible to support the study on ecosystem restoration of the pits.

**Key words:** ASTER; remote sensing; pit; classification; focal analysis