

# 基于 SPOT 遥感影像的下垫面信息获取研究

安 如<sup>1</sup>,王慧麟<sup>2</sup>,冯学智<sup>2</sup>,王周龙<sup>2</sup>,赵 萍<sup>3</sup>

(1.河海大学水资源环境学院,江苏 南京 210098;2.南京大学城市与资源学系,江苏 南京 210093;  
3.中国科学技术大学地球与空间科学学院,安徽 合肥 230026)

**摘要** 分析了利用 SPOT 卫星影像提取下垫面信息的现状,包括工程实践中通过 SPOT 立体像对恢复 DEM 的方法及其特点以及其他下垫面信息的提取方法及其特点.综述了智能化、高效率获取下垫面信息的研究进展.结果表明,随着科学技术的进步,空间分辨率低、大区域、高质量立体像对获取困难及云层覆盖等 SPOT 影像数据本身存在的缺陷将逐步被克服,但智能化、高效率地进行下垫面信息的提取,将是今后必须努力解决的理论与技术难题.

**关键词** SPOT 遥感影像;下垫面;信息提取

**中图分类号** P338      **文献标识码** A      **文章编号** 1000-1980(2006)01-0037-04

随着航空航天科学技术的发展,多传感器、高光谱、多视角、多时相、高分辨率的卫星影像数据越来越丰富.卫星遥感数据已被广泛应用于环境监测与资源调查等领域.作为一种信息源,遥感技术可以提供土壤、植被、地质、地貌、地形、土地利用和水系水体等许多有关下垫面条件的信息,也可以测定、估算蒸散发、土壤含水量和可能成为降雨的云中水汽含量等.栅格式的遥感数据与分布式流域水文模型的数据具有一致性,给概念理解和使用带来了方便.以遥感技术获取的下垫面及水分参数信息在确定产汇流特性或模型参数时十分有用<sup>[1-4]</sup>.

本文以 SPOT 卫星影像为例,分析了用 SPOT 影像获取下垫面信息的现状,利用卫星立体像对生成 DEM 以及获取其他下垫面信息的技术方法及其特点,并综述了智能化、高效率获取下垫面信息的研究进展和面临的技术难题.

## 1 从 SPOT 遥感影像获取下垫面信息

### 1.1 利用 SPOT 卫星立体像对生成 DEM 及特点分析

SPOT 卫星具有旁向立体成像能力,即卫星可以通过在不同轨道上对同一地区的摄影而产生立体像对.SPOT 卫星立体像对在摄影的时间和空间上都可能存在较大差别,且卫星侧视摄影时,像片扫描方向比例尺与飞行方向比例尺不一致,左右扫描线方向不平行,几何变形方向也不一致,因此,左右影像在质量上存在较大差异,几何变形较明显,这给影像匹配带来很大困难.由于 SPOT 成像是行中心投影,没有严格意义上的核线,因而文献[5]提出了用岭估计法求解外方位元素,用近似核线技术、锚点法等进行影像匹配从而生成 DEM 的设想.

目前,在工程实践中,已可以在数字摄影测量系统上利用 SPOT 立体像对进行 DEM 获取.其流程如图 1 所示<sup>[6]</sup>,具体过程如下:

a. 首先对基本参数(包括测区参数、模型参数、影像参数、相机参数、控制点参数、地面高程模型参数、正射影像参数和等高线参数)进行设置,然后进行定向处理,最后确定核线影像生成范围,按同名核线影像重新排列,以形成按核线

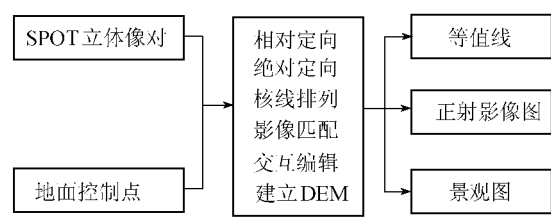


图 1 用 SPOT 立体像对生成 DEM 的流程

Fig.1 Flow chart of DEM generation based on SPOT stereopair

方向排列的核线影像。

b. 影像匹配. 影像匹配就是在影像之间进行同名点的识别,这是计算机视觉及数字摄影测量的核心. 其概念可描述为 在左右像对上分别选取小影像窗口并对其进行特征描述(如遥感影像的灰度矩阵) 利用这一特征并根据某种测度(如相似性测度、相关准则、相关量和相关数据等)来判断和寻找同名地物点.

影像匹配时,采用金字塔影像数据结构,以实现从粗到精的处理过程,加快匹配速度,提高匹配正确率.

c. DEM 的生成. 由像方矩形格网内插物方格网产生 DEM. 通过 DEM 自动绘制等高线,形成立体透视图、景观图和带等高线的正射影像图.

在立体模型下,可显示匹配结果及匹配信息,如等视差曲线和不可靠匹配点等,可在交互方式下用鼠标进行修改.

图 2 是某地区 DEM 生成的结果. 实验区采用的卫星资料为 1999 年 8 月 9 日和 1999 年 8 月 10 日的 SPOT 立体像对.

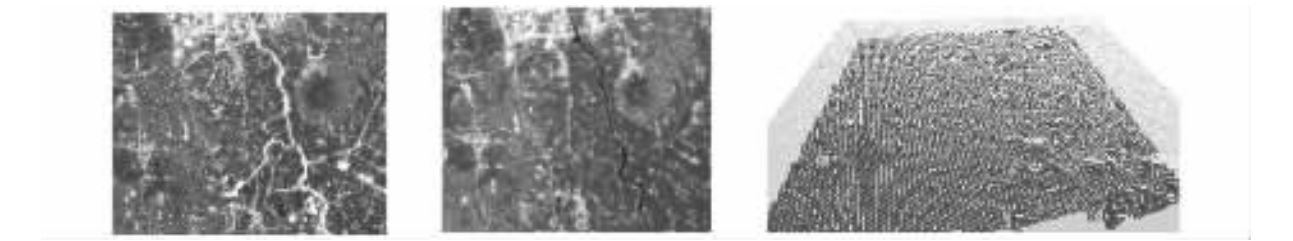


图 2 SPOT 立体像对及生成的格网 DEM

Fig.2 SPOT stereopair and generated grid DEM

研究表明,在对遥感影像进行分析时,如果模型参数选择合适,则高程精度可达到  $10\text{ m}$ <sup>[6-7]</sup>. 但由于目前较难获得大区域、高质量的 SPOT 立体像对,在工程实践中完全用 SPOT 立体像对进行地形更新还没有达到实用化的水平.

### 1.2 从 SPOT 影像获取其他下垫面信息及特点分析

目前,在获取水域、不透水区域及其他土地利用等下垫面信息的工程实践中,所采用的主要技术手段仍为人机交互和目视解译. 例如,1:5 万尺度的下垫面信息的提取可采用以下技术手段:首先利用 SPOT-PAN 数据与 3 个波段的 TM 数据融合,生成目视效果较好的彩色影像;其次,在 GIS 环境下,将彩色影像与已有的 1:5 万地形图进行配准;最后利用多源信息对遥感影像进行人机交互和目视解译<sup>[8]</sup>. 其主要技术流程见图 3.

用上述技术手段进行下垫面信息的提取和更新,工作强度大、效率低且解译精度受解译人员知识背景的影响较大. 为此,一些学者对如何自动提取下垫面信息的问题进行了研究,除提出了已形成商品化软件的基于光谱统计分类的监督与非监督分类方法外,还提出了利用空间、纹理及分形信息进行分类,基于知识进行分类的方法以及人工神经网络分类方法等,并获得了较好的效果<sup>[9-10]</sup>.

## 2 智能化、高效率、高精度获取下垫面信息的主要方法

从 20 世纪 70 年代起,人们就开始利用计算机进行卫星遥感图像的分类研究,但至今未取得实质性进展,绝大多数遥感影像处理的商业软件还主要依赖于早期的基于光谱特征的统计分类方法. 然而,由于地球表面许多地物存在着‘同谱异物,同物异谱’现象,此类分类方法的精度无法达到实际应用的要求. 为提高分类精度,人们又提出了其他的分类方法. 其中,最重要和最具潜力的分类方法有:(a)利用影像空间、纹理及分形信息进行分类的方法;(b)基于知识和证据推理进行分类的方法;(c)人工神经网络分类方法<sup>[11]</sup>.

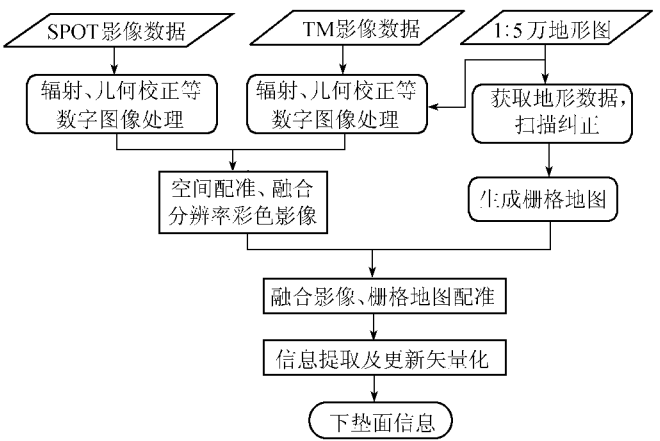


图 3 利用遥感影像进行下垫面信息提取及更新的技术流程

Fig.3 Flow chart of underlying surface information extraction and updating by remote sensing imagery

## 2.1 利用影像的空间、纹理及分形信息进行分类

纹理反映了图像色调变化的空间频率特征,是地物本身结构和相互空间排列关系在影像上的直接体现,因此,影像的纹理特征是遥感影像专题信息提取过程中的一个重要依据.应用实例表明,利用影像纹理特征进行辅助分类可以大大提高影像的分类精度.人们已提出了多种空域和频域的纹理分析方法,其中空域中的分析方法可分为统计法和结构法 2 类.统计法利用像素间的局部相关性来刻画纹理,而结构法则利用纹理基元和合成规则来描述纹理.在遥感图像上,地物目标一般以随机纹理形式出现,因此,有效的描述方法是统计法.目前应用较广的统计方法有灰度共生矩阵法、马尔可夫随机场模型、Gibbs 随机场模型、自回归模型和分形维方法等<sup>[12-13]</sup>.灰度共生矩阵法是一种比较传统的纹理分析方法,它通过影像的灰度共生矩阵推导出的多个度量指标可以从多个侧面描述影像的纹理特征,因此,该法仍具有一定的生命力.

分形方法是基于分形几何的一种分类方法,基于分形的表示在定性上与人类感知的粗糙度或纹理有关,分数维分析能定量洞悉包含在遥感影像中的空间复杂性和信息量<sup>[14]</sup>.基于分形几何的影像纹理分类以影像纹理的分数维作为最基本的分类依据,影像纹理的分数维不同,则纹理类型就不同<sup>[15]</sup>.上述纹理分析方法都是基于单一尺度的.然而,纹理的一个重要特性就是尺度特征,人类视觉系统在进行纹理处理时也是以多尺度方式进行的.因此,一些学者对基于多尺度的纹理分析方法进行了研究,其中基于小波的多尺度分析方法最引人注目<sup>[13]</sup>.基于小波的纹理分析方法,首先利用小波对图像进行多尺度分解,然后在每个尺度上独立地提取特征,进而对其进行组合,形成一个特征向量,最后对影像进行分类.

## 2.2 基于知识和证据推理的分类方法

在遥感图像分类判读过程中,除了会涉及遥感图像本身所反映的地物光谱特征知识外,还会涉及地理知识、空间知识和专家经验等辅助知识.有效地组织和利用这些知识可提高遥感图像分类的正确率.近年来,已有人将专家系统技术引入遥感图像解译.应用结果表明,专家系统技术可以为遥感图像自动解译提供一个良好的综合各种数据的环境,即可提高自动解译的精度和智能化程度.然而,这些技术的实现是十分困难的,特别是有些专家的判读经验是很难用数值的方法或计算机语言表达出来的,大部分专家系统都存在着知识不全面、推理过程简单、控制策略不灵活、常识推理缺乏、时效性和通用性缺乏、不能进行自我学习和更新的弱点<sup>[16]</sup>.因此,这种基于知识的遥感图像解译系统仍处于发展过程中,远未达到实用程度,需要进一步完善.

## 2.3 人工神经网络分类方法

人工神经网络是基于人类神经系统结构和功能进行模拟的一种信息处理技术,20 世纪 80 年代末开始应用于遥感图像分类,现已成为遥感数字图像分类处理的有效手段.应用实例表明,基于人工神经网络模型的遥感影像分类方法在地物分类的总体精度上要优于传统的统计分类方法.

利用人工神经网络进行下垫面信息提取的主要优点是:(a)神经网络具有学习能力,可以取代最大似然法;(b)神经网络无需就概率模型做出假定,具有对多源非同种数据进行综合分类的能力;(c)神经网络可以在特征空间形成高度非线性的决策边界,因而在特征统计数字资料明显偏离假设的高斯统计数字资料的情况下,该法优于参数贝叶斯分类处理方法;(d)神经网络算法适用于空间模式识别各种问题的处理.但是,此类方法在训练的收敛性和收敛速度以及模型结构优化方面还存在着一定的问题,有待进一步研究<sup>[17-18]</sup>.

尽管以上各种影像分类方法还有待完善,但它们为智能化、高效率地获取下垫面信息带来了希望.

# 3 结 语

基于 SPOT 卫星影像提取下垫面信息,所获得的立体像对用于大面积恢复高精度 DEM 还存在一定困难,并且云层覆盖等数据本身也存在一定的缺陷<sup>[19]</sup>.

2002 年发射升空的 SPOT5,影像的空间分辨率有了大幅度提高,能获得 5 m 或 2.5 m 全色和 10 m 多光谱影像.商用小卫星群,已将影像空间分辨率提高到了 1 m 以下.

SPOT5 以轨道上的前后模式实时获取立体像对,几乎能在同一时刻以同一辐射条件获取立体像对,避免了像对间由于获取时间不同而存在的辐射差,大大提高了获取的成功率.获取的像对基线高度比为 0.84,生成的 DEM 高程精度将优于 10 m.另外,激光断面测高技术也可用于高精度快速获取 DEM.

智能化、高效率地进行下垫面信息的提取将是今后很长一段时间内需要努力解决的理论与技术难题.这一难题的解决将会使遥感技术在水文学中得到更好的应用.

## 参考文献:

- [1] 傅国斌,刘昌明.遥感技术在水文学中的应用与研究进展[J].水科学进展,2001,12(4):547-559.
- [2] 李纪人.遥感和地理信息系统在分布式流域水文模型研制中的应用[J].水文,1997(3):8-12.
- [3] 何延波,杨琨.遥感和地理信息系统在水文模型中的应用[J].地质地球化学,1999,21(2):99-103.
- [4] CRAIG M T. Remotely-sensed data as information source for geographical information systems in natural resource management: a review [J]. International Journal of Geographical Information System, 1991, 5(2): 225-239.
- [5] 黄玉琪. SPOT 影像的 DEM 自动生成[J]. 测绘通报, 1998(9): 13-16.
- [6] 王周龙. 基于 3S 技术的江宁土地利用动态变化研究[D]. 南京: 南京大学, 2003.
- [7] THEODOSSIOU E I, DOWMAN I J. Heighting accuracy of SPOT [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1990, 56(12): 1643-1649.
- [8] 安如,王慧麟,冯学智. 江苏省 1:5 万基础地理信息更新集成技术特点探析[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2002, 27(2): 188-193.
- [9] 都金康,黄永胜,冯学智,等. SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(3): 214-219.
- [10] 赵萍,冯学智,林广发. SPOT 卫星影像居民地信息提取的决策树方法研究[J]. 遥感学报, 2003, 7(4): 309-315.
- [11] WILKINSON G G. A review of current issues in the integration of GIS and remote sensing data [J]. International Journal of Geographical Information System, 1996, 10(1): 85-101.
- [12] 黄桂兰,郑肇葆. 航空影像纹理分类方法探讨[J]. 测绘通报, 1997(6): 38-41.
- [13] 黄桂兰,郑肇葆. 分形几何在影像纹理分类中的应用[J]. 测绘学报, 1995, 24(4): 283-291.
- [14] 徐青,谭光国,李翠华,等. 遥感数据的分形测量[J]. 遥感学报, 1998, 2(3): 186-192.
- [15] 吴均,赵忠明. 利用基于小波的尺度共生矩阵进行纹理分析[J]. 遥感学报, 2001, 5(2): 100-103.
- [16] 秦其明. 遥感图像自动解译面临的问题与解决的途径[J]. 测绘科学, 2000, 25(2): 21-25.
- [17] 江东,王建华. 人工神经网络在遥感中的应用与发展[J]. 国土资源遥感, 1999(2): 12-18.
- [18] 张宝光. 人工神经网络在遥感数字图像分类处理中的应用[J]. 国土资源遥感, 1998(1): 21-27.
- [19] FOX D J. Mapping from satellite remote sensing—past, present and future [J]. The Cartographic Journal, 1991, 28(2): 55-58.

## Extraction of underlying surface information from SPOT remote sensing imagery

AN Ru<sup>1</sup>, WANG Hui-lin<sup>2</sup>, FENG Xue-zhi<sup>2</sup>, WANG Zhou-long<sup>2</sup>, ZHAO Ping<sup>3</sup>

(1. College of Water Resources and Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China ;

2. Department of Urban and Resources Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China ;

3. School of Earth & Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

**Abstract** :An analysis was performed of the method and characteristics of SPOT stereopair for DEM generation and some other methods for underlying surface information extraction currently used in engineering. Some advances in research of high-intelligent and efficient methods for underlying surface information extraction were reviewed. The results show that, with the development of science and technology, some defects of SPOT imagery, such as low space resolution, difficulties in obtaining high quality stereopair for large areas, and inability of optical sensors to penetrate cloud layer, will be gradually overcome; nevertheless, the theory and method for intelligent extraction of underlying surface information with high efficiency will be the key points for further research.

**Key words** SPOT remote sensing imagery; underlying surface; information extraction