

文章编号: 1007-4619(2006)01-0001-05

# 高分辨率影像解译理论与应用方法中的一些研究问题

官 鹏<sup>1</sup>, 黎 夏<sup>2</sup>, 徐 冰<sup>3</sup>

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京师范大学 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;  
2. 中山大学 地理科学与规划学院, 广东 广州 510275; 3. 清华大学 环境科学与工程系, 北京 100084)

**摘 要:** 近年来,不断发展的遥感技术使遥感数据呈现出高空间分辨率、高光谱分辨率和高时间采集频率的特点。卫星图像空间分辨率已经提高到 0.6m 级,而航空遥感数字影像分辨率高达 0.1m 以上。光谱分辨率高达 3-4nm。不断发展的高分辨率遥感数据能够提高信息提取和监测精度,并拓展遥感数据的应用范围。目前,国外已经加快对高分辨率图像,特别是高空间分辨率影像,在城市环境、精准农业、交通及道路设施、林业测量、军事目标识别和灾害评估中的应用。但是总的情况是自动化程度不高。介绍高空间分辨率影像信息提取、高光谱和偏振影像信息提取、影像数据融合和高分辨率遥感变化探测等方面迫切需要研究的一些科学问题及其意义。建议建立图像知识库,改善数据共享环境,为有志于从事这方面研究的学者提供参考。

**关键词:** 高分辨率遥感;信息提取;数据融合;变化探测

**中图分类号:** TP79 **文献标识码:** A

## Interpretation Theory and Application Method Development for Information Extraction from High Resolution Remotely Sensed Data

GONG Peng<sup>1</sup>, LIX ia<sup>2</sup>, XU Bing<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Remote Sensing Science Jointly Sponsored by the Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences and Beijing Normal University, Beijing 100101, China;  
2. School of Geography and Planning Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;  
3. Department of Geography, University of Utah, UT 84128, USA and Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Under the constant advancement of remote sensing technology, more and more high spatial and spectral resolution and high time frequency data are becoming available. The spatial resolution of satellite data is approaching 0.6m while for aerial imagery it is better than 0.1m. The spectral resolution of data can be as high as 3-4nm. These developments not only greatly increased our capability and accuracy in information extraction and monitoring but also opened new application opportunities. Existing research activities have focused on how to increase the utilization efficiency of high resolution data, particularly for high spatial resolution data in a wide range of applications such as urban environment, precision agriculture, transportation and road infrastructure, forest inventory, artificial targets recognition and disaster risk assessment. However,

收稿日期: 2005-07-05; 修订日期: 2005-09-01

基金项目: 中国科学院百人计划 (KZCX0504) 项目资助。

作者简介: 官 鹏 (1965- ), 男, 1980-1986 年在南京大学学习, 1990 年获加拿大滑铁卢大学博士。在遥感生态测量学、遥感数据信息提取, 以及城市、林业、生物入侵、环境与健康的遥感应用等领域发表论文 300 余篇 (90 余篇 SCI 论文)。

the overall level of automation is still low. In this paper we introduce some of the bottleneck problems and research questions related to information extraction from high spatial resolution imagery, and high spectral resolution and polar imagery, data fusion, and high spatial resolution image change detection. We suggest that an image base and a corresponding relevant knowledge base be built to improve data sharing and to facilitate investigations in this field.

Key words: high resolution remote sensing; information extraction; data fusion; change detection

## 1 高空间分辨率影像信息提取

高空间分辨率遥感影像主要是指那些地面分辨率高于 5m 的遥感影像。当图像分辨率达到米级时,人们平常视觉所见的多数野外目标物的个体如单株树、汽车、道路和房子等在图像上能够直接可见。如何充分应用高空间分辨率的优越性,提高分类精度与目标提取可靠性具有重要意义。在分类方面,传统的方法主要是依据图像上的多光谱灰度特征<sup>[1]</sup>。过去近 30 年中,除光谱特征外,人们越来越注重图像的空间特征如纹理、形状和地学数据等在信息提取中的作用<sup>[2]</sup>。同时在预处理、后处理方面也开展了许多研究<sup>[3]</sup>。但是,如何将高分辨率遥感分类与计算智能与知识工程的方法如 ANN, GA, DM 等结合以提高解译自动化程度和效率仍然需要继续研究。另一方面,高分辨率影像具有良好的目视效果,但在分类处理后却往往出现错误,建议应用计算机视觉、认知学的相关理论与方法。多源信息融合有助于提高分类精度,但在融合的理论框架、评价准则和新的算法方面还有待深入研究,当前应重点发展特征级与决策级融合算法。典型信息提取涉及图像分割<sup>[4]</sup>、面向目标的分类<sup>[5]</sup>、规则提取与表达<sup>[6]</sup>等问题,都需要继续研究。针对当前遥感影像处理算法发展与比较中存在的问题,建议建立标准(展开)地物影像样本库作为分类、融合与纹理分析等的标准测试数据集,作为相关学术论文与算法测试的基础,使得不同算法具有可比性。

下面就图像分割、图像分类、建筑物和道路提取,提出一些待解决的问题。

图像分割是高分辨率遥感图像面向对象处理的前提和基础,图像分割的质量直接影响后续处理的精度,但针对遥感图像尤其是高分辨率遥感图像的分割方法较少<sup>[7]</sup>。近年来国内外在该方向的工作主要集中于遥感图像分割新方法探索、不确定性分析、基于分割的特征提取及面向对象分类应用等方面。

存在的主要问题包括:对不同尺度、内部变化不同的地物分割精度显著不同;缺乏统一可靠的图像分割精度评价标准。

今后可能的研究问题包括:探索新的多尺度多层次分割算法,将有关信息(如纹理信息)或约束条件加入分割过程中;尝试建立可靠的分割结果评价标准;基于具体应用(特征提取和面向对象分类)、基于地面参考数据的评价方法。

基于分割分类的高分辨率卫星影像建筑物提取,未来若干待解决的问题包括:发展可靠的保持边缘(方向)的平滑和分割算法;多尺度影像分割:从目标尺度空间到语义尺度空间;目标尺度空间中单一目标被分为不同部分(过度分割);同一语义层次下,地物的空间尺度不一致时的分割。如何更准确地检测直线位置;如何更好地拟合比四边形更复杂的建筑物轮廓,需要研究更好的轮廓拟合算法。

道路提取对于 GIS 数据更新、影像匹配、目标检测、数字测图自动化等具有重要意义<sup>[8-9]</sup>。高分辨率卫星遥感影像能提供更多的地面目标和更多的细节特征,为道路提取提供更大的可能性和更高的准确性。道路提取应进一步加强下述几方面的研究:(1)高分辨率影像的道路特征分析和理解;(2)利用高分辨率与其他分辨率、其他光谱影像的融合结果提取道路;(3)利用分类、分割等结果进一步提取道路目标;(4)数学、模式识别等理论及方法的深入应用;(5)提取的道路在 GIS 目标更新、城市道路管理等方面的应用。

围绕提高遥感目标分类的精度,应在传统分类方法的基础上试验近年来发展起来的分类器集成技术<sup>[10]</sup>。今后,一方面应加强多源图像数据的融合技术研究;另一方面应加强分类问题本身的方法研究,特别是分类器集成技术、分类结果的评价等。

## 2 高光谱遥感信息提取

高光谱遥感的优势在于地物目标特性的精细提取和识别上<sup>[11]</sup>;它提供了一种机制,即利用光谱位

置特征而不仅仅是辐射强度特征;从而有了对地物目标真正定性识别的能力,这是一般光学遥感所难于达到的<sup>[12]</sup>。因此,今后的高光谱遥感图像处理和信息提取的方向应该充分利用这一特点。同时,应重视高光谱遥感面向应用,建立针对典型地物的光谱特征、光谱模型与定量反演方法;另一方面应大力提高在缺少先验数据条件下的信息处理方法,即尝试将数据挖掘的思想与方法应用于高光谱遥感信息处理。对于 SVM、BPNN、集成分类器等新的分类方法在高光谱遥感的应用,应对特征维数、样本数量、不确定性、核函数等问题继续开展研究。此外,高光谱遥感信息提取离不开对相关领域的专业背景和对地物目标光谱特性的精细理解(先验知识的重要性);仅仅有数字图像处理的能力是不够的。

赵永超提出任意目标光谱作为其他参考光谱函数的一种新型分析方法,并在此基础上发展出一系列分析算法,特别是用于作物品种识别、水稻品种识别得出显著高于传统分类方法的识别和分类结果<sup>[12]</sup>。这种方法有待进一步验证和普及。

上海交通大学方涛提出的另一个新分析方法是基于遥感光谱吸收、反射及其相互作用,从心理学等研究成果出发,根据地物波谱物理机理,建立了遥感光谱特征对比相似性模型。需要进一步推广应用于遥感光谱匹配等方面<sup>[13]</sup>。

偏振信息是不同于辐射强度的另一种表征事物的信息,人造物体与自然背景对反射辐射的偏振信息的影响是不同的<sup>[14]</sup>。人造目标表面是相对光滑的,反射主要为单次反射,表现出较大的偏振度。对于目标所处的自然背景(如土壤、植物等),它们的表面都是相对粗糙的,反射主要为多次反射,几乎没有线偏振产生,所以表现为较小的偏振度。由于人造物体与自然背景对反射辐射的偏振特性的影响不同,因此经过偏振片后的图像就极大地减小了杂乱背景信号。利用线偏振器件对光电探测仪器所得的信号进行偏振特征提取可以得到目标的偏振图像。

当前,高光谱遥感领域应当重点研究的科学问题包括:地物目标的光谱特性及其在高光谱遥感数据中的表达到底如何(多光谱区域)?如何从高光谱图像中对地物目标本身及其属性进行定性?定量?具体而言:针对特定目标的高光谱信息提取方面的问题有所区别。如在精准农业中如何提取大宗农作物的精确信息?在矿产勘查与地质填图方面,实验室条件下的矿物光谱如何对应自然条件下矿物信息的特征?如何探测并识别小目标?水质水体水

文中哪些因素可被遥感方法有效探测?对水的光谱和表层空间特征需要进一步研究,以免简单把一片水域的统计特性等同于噪音。同质性地物的光谱特征和凸包顶点准确性对于像元分解的影响程度如何?在遥感影像解译中如何充分借助心理学、认知科学、人工智能等多学科研究成果,结合模式识别与像处理开展相关的理论研究?

对于偏振信息成像机理及数据应用,目前面临的问题包括:多源、高维图像的有效实时配准技术;多分辨率分析框架下多源(异类)图像融合方法以及相应的理论基础;基于偏振特征和光谱特征的自动目标检测方法;基于图像融合的目标检测识别性能评价指标。目前需要开展的工作包括:建立地物高分辨成像光谱偏振特性数据库;研究成像光谱偏振机理;研究实时高效的图像综合和目标检测识别技术。

### 3 数据融合

当前遥感数据融合研究,特别是可见光近红外多光谱图像与全色波段图像的融合,已经不局限于视觉效果融合,而是更注重融合图像对光谱信息的保留,以满足更高空间分辨率的分类或定量遥感的需求<sup>[15,16]</sup>。当前的遥感数据融合方法,不论是基于小波变换,或是基于代数方法,都只是对更高空间分辨率多波段光谱值的模拟或估计,而不是得到准确的光谱值<sup>[17]</sup>。要得到准确的融合图像的光谱值,不仅要在数学上证明方法的合理性,还要结合其他的信息,比如使用混合像元分解方法提供的端元(Endmember)的光谱属性和覆盖率信息来对融合图像的光谱值进行准确估计<sup>[18]</sup>。此外,融合方法还必须具备可操作性和较低的计算量要求。遥感数据融合也将面向更为广泛的数据源,尤其需要关注多时相遥感数据与高、中空间分辨率数据的融合。

### 4 变化探测

在高时间获取频率方面,重点在于应用多时相遥感影像进行变化检测与动态分析,变化信息提取是重要问题,在现有方法的基础上,应提高方法的自动化程度,尝试将时态数据挖掘与变化检测结合<sup>[19]</sup>。传统遥感变化探测方法缺陷在高分辨率遥感变化探测中仍然存在<sup>[20,21]</sup>。变化检测向小尺度需求发展时又出现许多新问题。高空间分辨率影像

上视角范围变化大,光照条件复杂造成同一人工地表反射多变,像点位移显著,景物遮挡严重等特点对传统变化检测方法提出严峻挑战<sup>[20, 22]</sup>。

变化检测方法面临的问题包括:对象比较法是分辨率影像变化检测方法的主要特点,但面临对象的自动提取难度大、准确度低;对象如何比较;如何判断对象发生了改变;与对象类型和分割方法有密切的关系,基于轮廓对比和基于区域比较两种变化探测方法各有什么特点。

基于像元比较法是传统变化检测方法的代表,常常应用在大尺度变化检测中,但同样面临诸多问题:(1)阈值如何确定;(2)变化信息破碎的问题如何解决;(3)伪变化像元过多,如何过滤;(4)方法稳健性较差。

在变化检测方法中如何应用知识和经验?在传统的变化检测方法中使用的规则和方法常常应用于整个图像和所有像元,在高空间分辨率影像变化检测中需要分区域来进行,但区域如何划分?

如何识别感兴趣的变化区域和类型?变化检测结果常常有许多不需要的变化类型和信息,如何区分?

高空间分辨率影像变化检测结果应该如何表示?传统方法是二值的结果:“变”与“不变”。但高分辨率影像的变化没有明确的界限,与变化检测需求有关。

围绕上述问题,高分辨率遥感变化检测方法应重点开展的工作包括:研究信息分层在高分辨率影像变化检测中的应用;包括时间尺度、空间尺度和光谱尺度上的分层;面向对象的变化检测是高分辨率影像变化检测方法的主要特点,需要研究对象的提取技术和对象的比较技术;如何应用模糊理论和相似度分析方法来实现变化检测中的对象分割和变化判断成为一种趋势;自动变化检测技术和基于网格的变化检测算法将成为高空间分辨率影像变化检测研究的热点。实时检测需求的增长需要建立影像库和特征信息知识库。

## 5 建议建立典型景物图像库

建立典型地表类型的图像库。针对遥感信息提取方法可比性,普适性,和通用性差的特点,应该按照一定标准建立可以验证各类信息提取算法的图像库、纹理库、相关地表信息和知识数据库。遥感科学国家重点实验室目前已经开始开展这一工作<sup>[23]</sup>。

**致 谢** 感谢潘泉、方涛、朱长青、陈晋、刘臻、李培军、李艳、江万寿、赵永超、杜培军、刘正军、李元祥、项杰、程晓、赵书河、侯彪、王爽等人,参与讨论并提供素材。感谢中国科协学会工作部朱文辉等领导的支持。感谢中国科学院百人计划的资助。

## 参 考 文 献 (References)

- [ 1 ] John R Jensen. Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective[M]. Third Edition. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ. 2005.
- [ 2 ] Gong P, Marceau D, Howarth P J. A Comparison of Spatial Feature Extraction Algorithms for Land-use Mapping with SPOT HRV Data [J]. Remote Sensing of Environment, 1992, 40, 137- 151.
- [ 3 ] Gong P. Information Extraction for Human Settlements [A]. Renz A. Remote Sensing of Human Settlements (edited by M. Ridd) of the Manual of Remote Sensing 3rd Edition [C]. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Bethesda, Maryland. 2005.
- [ 4 ] Li Y, Gong P. Classification and Segmentation of Remote Sensing Images [J]. International Journal of Remote Sensing, in press.
- [ 5 ] Yu Q, Gong P, Clinton N, et al. Object-based Detailed Vegetation Mapping Using High Spatial Resolution Imagery [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, in press.
- [ 6 ] Li X, Yeh A G. Multitemporal SAR Images for Monitoring Cultivation Systems Using Case-based Reasoning [J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 90(4): 524- 534.
- [ 7 ] Li P J, Xiao X B. An Unsupervised Marker Image Generation Method for Watershed Segmentation of Multispectral Imagery [J]. Geosciences Journal, 2004, 8(3): 325- 331.
- [ 8 ] Zhu C Q, Shi W Z, Pesarasi M, et al. The Recognition of Road Network from High-resolution Satellite Remotely Sensed Data Using Image Morphological Characteristics [J]. International Journal of Remote Sensing, In press.
- [ 9 ] Wang J, Treitz P M, Howarth P J. Road Network Detection from SPOT Imagery for Updating Geographical Information Systems in the Rural-Urban Fringe [J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1992, 6(2): 141- 157.
- [ 10 ] Liu Z G, Shi W Z, Li D R, et al. Partially Supervised Classification of Remotely Sensed Imagery Using Support Vector Machines [J]. Journal of Remote Sensing, 2005, 9(4): 363- 373. [刘志刚, 史文中, 李德仁等. 一种基于支持向量机的遥感影像不完全监督分类新方法 [J]. 遥感学报, 2005, 9(4): 363- 373.]
- [ 11 ] Pu R L, Gong P. Hyperspectral Remote Sensing and Its Applications [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000. [浦瑞良, 宫鹏. 高光谱遥感及其应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.]
- [ 12 ] Zhao Y C. Spectral Feature Analysis and Information Extraction Models for Some Typical Terrestrial Objects in Hyperspectral Remote Sensing: A Report for Some Key Questions [D]. Institute

- of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences 2001. [赵永超. 高光谱遥感中典型地物目标的光谱特征分析和信息提取模型——几个关键问题的研究报告 [D]. 中国科学院遥感应用研究所博士后研究报告, 2001. ]
- [13] Tang H, Fang T, Shi P. Spectral Similarity Measure Based on Fuzzy Feature Contrast Model[J]. Optics Communication, 2004, **238**, 123–137.
- [14] Zhao Y Q, Pan Q. Clutter Reduction Based on Polarization Imaging Technology and Image Fusion Theory [ J]. Acta Electronica Sinica, 2005, **33** (3): 433–435. [赵永强, 潘泉. 基于偏振成像技术和图像融合理论杂乱背景压缩 [J]. 电子学报, 2005, **33**(3): 433–435. ]
- [15] Chen Z, Chen J, Shi P, et al. An IHS-based Change Detection Approach for Assessment of Urban Expansion Impact on Arable Land Loss in China[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, **24**(6): 1353–1360.
- [16] Gong P. Integrated Analysis of Spatial Data from Multiple Sources: an Overview[J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 1994, **20**(4): 349–359.
- [17] Gong P. Image Processing for Human Settlements[M]. in the volume of Remote Sensing of Human Settlements ( edited by M. Ridd) of the Manual of Remote Sensing, 3rd Edition. Chief Editor: A. Renz. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, 2005.
- [18] Gong P, Miller J R, Spanner M. Forest Canopy Closure from Classification and Spectral Unmixing: A Multi-sensor Evaluation of Application to an Open Canopy [ J]. IEEE Trans on Geos and Remote Sens, 1994, **32**(5): 1067–1080.
- [19] Gong P, Xu B. Remote Sensing of Forests over Time: Change Types, Methods, and Opportunities[A]. Woukler M, Franklin S E. Remote Sensing of Forest Environments: Concepts and Case Studies[C]. Kluwer Press, Amsterdam, Netherlands, 2003.
- [20] Gong P. Change Detection Using Principal Component Analysis and Fuzzy Set Theory[J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 1993, **19**(1): 22–29.
- [21] Gong P, LeDrew E F, Miller J R. Registration Noise Reduction in Difference Images for Change Detection [ J]. International Journal of Remote Sensing, 1992, **13**(4): 773–779.
- [22] Liu Z, Gong P, Shi P J, et al. Study on Change Detection Automatically Based on Similarity Calibration [ J]. Journal of Remote Sensing, 2005, **9**(5): 537–543. [刘臻, 宫鹏, 史培军等. 基于相似度验证的自动变化探测研究 [J]. 遥感学报, 2005, **9**(5): 537–543. ]
- [23] <http://www.skjss.cn/>