

## 基于 SPOT-5 遥感影像的小班区划探讨

张良龙<sup>1</sup>, 冯益明<sup>2</sup>, 贾建华<sup>1</sup>, 武红敢<sup>2</sup>, 李增元<sup>2</sup>

(1. 西安科技大学 测绘科学与技术学院, 陕西 西安 710054; 2. 中国林业科学研究院 资源信息研究所, 北京 100091)

**摘要:** 森林资源调查小班区划主要是在现地进行对坡勾绘, 这种方法存在人为主观性, 不够科学客观等问题, 因此, 常产生误判。而地球遥感卫星 SPOT-5 遥感数据具有高空间分辨率和多光谱分辨率, 可提供丰富、可靠、高精度的基础数据, 且能节约成本, 提高效率。提出了适用于森林资源区划的 SPOT-5 遥感数据处理和目视解译方法, 即建立 SPOT-5 影像解译标识、野外核实与补测等。最后对计算机自动解译 SPOT-5 影像进行森林区划进行了讨论, 研究可为森林区划提供指导与借鉴。图 3 参 16

**关键词:** 森林经理学; SPOT-5 遥感数据; 森林资源调查; 小班区划

中图分类号: S771.8 文章标志码: A 文章编号: 1000-5692(2010)02-0299-05

### Sub-compartment division based on SPOT-5 remote sensing images

ZHANG Gen-long<sup>1</sup>, FENG Yi-ming<sup>2</sup>, JIA Jian-hua<sup>1</sup>, WU Hong-gan<sup>2</sup>, LI Zeng-yuan<sup>2</sup>

(1. College of Geomatics, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Research Institute of Forest Resources Information Techniques, The Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** The main method of current forest resources sub-compartment division is adopted to draw division boundary according to the condition of opposite hillside in the field, which is subjective and lacks of scientific objectivity. In this paper, firstly, we analyzed the characteristics of SPOT-5 remote sensing data and the shortcomings of the sub-compartment division arising from small field of vision due to miscalculation in current forest. Secondly, we put forward the method of data processing and screen visual interpretation, such as establishing identity of SPOT-5 image interpretation, field verification and additional measurement which were suitable for the SPOT-5 remote sensing data when it was used in the division of forest resources survey. Finally, the advantages and feasibility of computer automatic interpretations of the SPOT-5 image were discussed when it was used in the sub-compartment division. This study will provide guidance and reference for forest division. [Ch, 3 fig. 16 ref.]

**Key words:** forest management; SPOT-5 remote sensing image; survey on forest resource; sub-compartment division

卫星遥感影像具有空间宏观性、视角广、多分辨率(光谱和空间)、多时相、周期性和信息量丰富等特点, 所以卫星遥感影像既可以提供森林资源的宏观空间分布信息, 又能提供局部的详细信息以及随时间、空间变化的信息等<sup>[1-4]</sup>。与传统的森林资源调查相比, 地球遥感卫星 SPOT-5 高分辨率卫星影像进行森林资源二类调查, 地形地貌直观, 现状地物明显, 地类界线清晰, 能够极大地提高地类调

---

收稿日期: 2009-03-17; 修回日期: 2009-05-11

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2007AA12Z181); 国家林业局林业公益科研专项(200704019); “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD23B01)

作者简介: 张良龙, 从事遥感图像处理、GIS 应用与开发研究。E-mail: zyl8447@caf.ac.cn。通信作者: 冯益明, 副研究员, 博士, 从事遥感、全球定位系统和地理信息系统技术及其在林业中应用研究。E-mail: fengym@caf.ac.cn

查精度，因此，它在森林资源调查中更是得到林业工作者的青睐。

## 1 在森林资源调查中选用 SPOT-5 的背景

SPOT-5 遥感数据的高空间分辨率和多光谱分辨率为森林资源调查提供了丰富的、可靠的、高精度的基础数据源。从性价比来说，SPOT-5 相对于其他高分辨率卫星如 IKONOS 和 QuickBird 在性价比上有较明显优势。目前，当其他高分辨率遥感数据比较昂贵的状况下，SPOT-5 遥感数据比较适宜应用于大面积的森林资源调查。此外，利用 SPOT-5 高空间分辨率卫星影像进行森林资源二类调查可以大大降低外业调查工作量和劳动强度，降低调查成本，提高工作效率<sup>[5]</sup>。

## 2 现行小班区划的缺点

当前，森林区划主要是以地形图为工作手图在现地进行对坡勾绘，这种方法存在人为主观性，而且因视野小而产生误判，导致区划结果与实际不符。主要表现在几个方面：①在小比例尺的地形图中，较小的山沟、不明显的山脊和鞍部无法表示出来，因此，使对坡勾绘产生一些偏差；②进行对坡勾绘时，要清楚对面山坡是否为倾斜面，而地形图上是用二维平面来表示，容易出现勾绘面积扩大的情况；③对坡勾绘时，在图上找出的已知点越多，勾绘越准确，根据已知点相互关系位置，可以分析判断待定点的方位，再用目估、步量的方法确定出距离，即可在图上落实待定位点的位置，所以，必须多实践勤练习，积累经验，才能胜任勾绘填图工作。图 1 为人工对坡勾绘小班区划结果与 SPOT-5 影像叠加效果图

图，可以明显看出，人工对坡勾绘有些区划不够精确，从影像目视解译来看，图 1 中椭圆形内的小班区划线没有按应该划开的边界进行划分。

## 3 基于 SPOT-5 遥感影像进行小班区划的关键技术

### 3.1 影像处理

3.1.1 影像正射校正 在实际工作中，常采用几何模型配合常规控制点法进行几何纠正。由 1 : 1 万地形图构造不规则三角网(TIN)，内插得到格网数字高程模型(DEM)数据，并转换到 GRID 格式，得到正射校正用的 DEM 数据。对 SPOT-5 全色波段数据，在遥感图像处理系统 ERDAS 中将星站差分全球定位系统(GPS)采集的地面控制点和从 1 : 1 万地形图上直接读取的控制点以及 1 : 1 万 DEM 数据输入到 SPOT-5 几何校正物理模型中，采用双线性内插法进行图像重采样，进行正射校正<sup>[6]</sup>。其中校正控制点残差，平地和丘陵地不超过 1 个像素，山地不超过 2 个像素；全色数字正射影像相对于地形图的允许点位中误差为，平地和丘陵地不超过 2.5 m，山地不超过 5.0 m。先进行全色波段的正射纠正，然后以多光谱影像与全色波段影像进行影像对影像的配准纠正。

3.1.2 影像融合的方法与彩色合成 为了最大限度地从 SPOT-5 遥感数据中提取森林植被信息，应将 2.5 m 的全色波段和 10 m 多光谱数据在 ERDAS 中进行像元级的数据融合，使得融合后的影像兼具高分辨率空间信息和多光谱信息。具体方法是，在第 1 步的基础上进行数据融合，即从几何纠正后的卫星遥感影像(包括全色波段和多光谱影像)中，选取多光谱波段 412 数据与全色(PAN)波段，应用主成分融合算法进行数据融合，融合结果以波段 412 组合进行真/伪彩色显示，最大限度地凸显森林植被信息，以利于目视解译<sup>[7]</sup>。

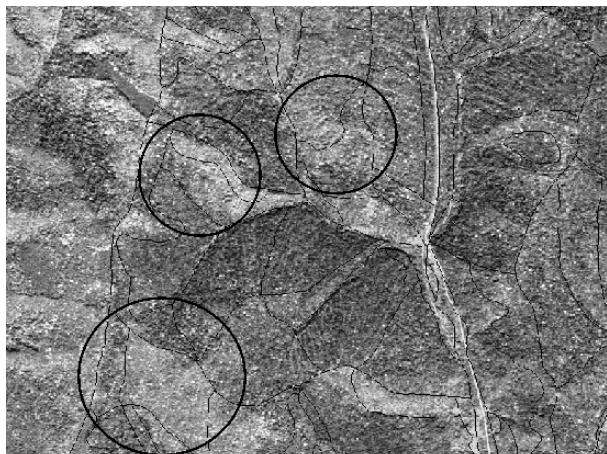


图 1 小班区划结果与 SPOT-5 影像叠加效果图

Figure 1 Effect of sub-compartment division's results overlay with SPOT-5 image

**3.1.3 图像光谱增强** 图像光谱增强是基于多波段数据对像元的灰度值进行变换, 以达到图像增强, 进而提高影像的可视性和可判读性的目的。在 ERDAS 中采用线性拉伸或非线性拉伸对遥感图像数据进行以森林植被为主体的增强处理, 以达到对比度增强, 边缘锐化的效果, 使处理后的遥感图像清楚、纹理清晰、层次丰富、细部特征清晰, 可判读性好<sup>[8-9]</sup>。

**3.1.4 影像镶嵌** 由于所研究的地区常常需要几幅卫星影像才能完全覆盖, 因此为了使用方便, 通常要将几幅卫星影像镶嵌成为一整幅。此外, 为了减少数据的处理量, 在拼接前, 应根据项目区的范围对多余的影像进行裁切, 只保留工作区部分。另外, 由于每幅卫星影像的扫描时间是不同的, 因而受太阳高度角和大气辐射量等因素不一致的影响, 造成各幅影像所合成假彩色的色彩差别很大。因此, 镶嵌前先对影像在 ERDAS 中做直方图匹配, 使一幅影像各个波段的灰度值与另一幅影像的对应波段灰度值匹配。镶嵌后的图像通常在重叠区有明显的接边, 因此还必须对镶嵌后的图像进行去接边<sup>[10]</sup>。在影像重叠部分绘制一条弯曲的接图线, 并将这部分影像作羽化处理, 使影像相接部分平滑过渡。

### 3.2 SPOT-5 影像目视解译

**3.2.1 室内初步解译** 在解译前, 首先应了解影像的一些辅助信息, 即熟悉成像日期、季节、地区范围、影像的比例尺、空间分辨率、彩色合成方案等等<sup>[11]</sup>。其中成像日期和季节尤为重要, 能使我们对地面植被作出正确判断。熟悉调查区地貌和植被情况, 建立区内主要地类的室内初步解译标志, 编制初步解译草图, 为下一步工作提供必要的资料。

**3.2.2 建立 SPOT-5 影像解译标识** 建立解译标识, 应以 SPOT-5 影像数据景幅的物候期为基础, 每景选择 3~5 条线路进行实地勘察。所选勘察地段必须包括地域内所有地类和树种(组)、色调齐全并具有代表性。将卫星影像特征与实地情况相对照, 获得各地类以及其在影像图上影像的特征, 将各地类与森林类型的影像色调、光泽、质感、几何形状、地形地貌及地名等因素记载下来, 借助有关辅助信息(林相图、森林分布图等), 建立目视判读与实地的相关联系, 并拍摄地面实况照片, 建立遥感影像图的判读样片<sup>[12]</sup>。通过野外勘察和室内分析, 把判读类型与现地实况形成对应关系, 并进行归纳、整理、建立目视解译判读标志, 作为判读的依据。

**3.2.3 室内小班区划以及属性信息的填写** 凭借在室内建立的 SPOT-5 解译标识和对当地情况的了解程度, 以及解译标志中所确定的解译种类, 利用地理信息系统(GIS)软件, 在 SPOT-5 影像上进行目视解译, 对暂时无法确定的未知类型进行标记, 在样区调查时作为重点调查对象。在影像解译的基础上形成小班区划, 对 GIS 中的小班, 一一对应输入小班各项因子, 形成小班因子表。小班因子表中包括可判读的、通过资料及访谈可得到的和可用数字高程模型提取的因子, 如地类(纯林、混交林、竹林、灌木林和无林地等)及地形地势(海拔、坡向、坡位和坡度等)等因子<sup>[13]</sup>。

**3.2.4 野外核实与补测** 由于建立解译标志和室内判读区划, 只能解决一些特征明显的地类, 如针叶林、农田等, 而对于未成林地、宜林地和疏林地等在影像上特征并不突出, 难以准确判读。因此, 在区划完毕后应到野外进行核对, 从而补充和完善解译标志, 以及对部分难以解译的地域进行补充调查<sup>[14]</sup>。在进行样区调查时, 应采用手持式 GPS 仪定位, 同时在 1:5 万地形图上标绘出调绘地点的位置, 样区内的各种主要植被的实际颜色、形态等用数码相机进行记录, 采集一些样区内主要植物样本, 并对样区内主要植被在影像上的颜色表现进行记录。根据野外实地调查结果, 确定未知类型<sup>[15-16]</sup>, 对 SPOT-5 影像进行进一步解译。通过这些步骤, 将图 1 中小班区划权属不够精确的地方进行了更正(图 2)。

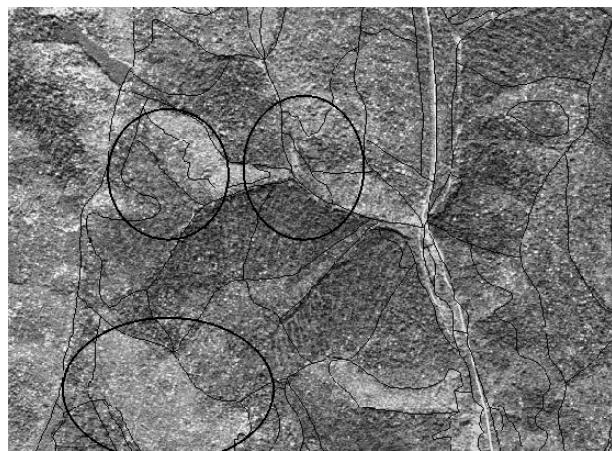


图 2 将图 1 小班区划错误改正后的结果

Figure 2 Result of correcting the sub-compartment division's error of Figure 1

### 3.3 基于影像自动解译的小班区划途径

自从高空间分辨率影像出现后，随着计算机软件技术的不断发展，先后提出了很多针对高空间分辨率影像自动解译的方法，如人工神经网络、小波分析、分形技术和模糊分类方法等。这些方法使得小班区划进行影像自动解译成为可能。此外，由于森林资源调查小班区划总是遵从一些大的划分原则，如大的地性线、分类经营区划线、权属边界线和土壤类型区划线等，这些边界基本是小班的边界，因此，森林资源调查小班区划如果在这些基本原则的控制下，再采用相应的计算机影像识别技术，无疑会大大提高基于影像自动解译的小班区划精度。

#### 基于 SPOT-5 影像自动解译的小班区划

步骤如下：①综合小班区划原则，采集相应数据(主要包括大的地性线、分类经营区划图、权属分布信息、土壤类型和土地利用图等)，作为小班边界划分控制条件。②在小班边界控制条件下，开发影像分割算法对 SPOT-5 数据进行专题数据图层(大的地形线以及林班边界)约束下的分割，并输出矢量化结果，形成小班区划初步结果。针对 SPOT-5 遥感图像大数据量以及图像信息丰富的特点，分割算法着重采用分水岭分割的方法和区域生长的图像分割方法。这 2 种分割方法都具有全局分割、边界闭合、实现效率高、准确率高的优点，并且在算法的稳定性以及适用性上都具有优势。多尺度分割流程如图 3 所示。③借用多尺度分割结果(分割尺度分别为 90, 70 和 40，形成 3 层影像对象层次网络；颜色权重为 0.9，形状权重为 0.1，其中光滑度权重为 0.5，紧质度权重为 0.5)，综合考虑影像分割的上下文关系，结合影像特征标识，对影像分割结果进行类型识别。将基于 SPOT-5 影像的土地类型分为林地和非林地两大类，其中林地划分为 5 个地类：有林地、疏林地、灌木林地、苗圃地和其他林地。有林地又分为乔木林、红树林和竹林，乔木林又分为针叶林、阔叶林和混交林。其他林地包括：未成林造林地、无立木林地和宜林地。对土地类型识别可采用监督分类，或者利用对象信息(色调、形状、纹理和层次)和类间信息(与邻近对象、子对象和父对象的相关特征)进行分类。④从识别的类型图中提取有林地、疏林地和灌木林地等信息(小班区划仅在这些类型中进行)，以这些类型为边界控制条件，再次运行分割算法，并输出矢量化结果。⑤对 2 次分割的矢量化结果进行叠加分析，形成小班区划第 2 次结果，如果对第 2 次小班区划结果不满意，应用 GIS 软件提供的编辑功能，对小班区划结果进行手工交互修改，形成最终小班区划结果。

## 4 讨论

利用 SPOT-5 影像进行森林区划，作为一种新兴的调查方法，具有很强的优越性，同时也存在很多问题有待解决，如卫星图片的波段组合如何更好地满足调查的需要，调查中的难判地类和容易混淆的地类如何更好地解决等，还需不断总结，不断积累经验来进一步完善。

对 SPOT-5 影像进行计算机自动解译是未来发展的一种趋势。当前林业生产中，小班区划存在人为主观性，而且因视野小而产生误判，导致区划结果与实际不符。基于 SPOT-5 影像计算机自动解译的小班区划结果更贴近实际。建议先在中国森林类型较为简单的林区，如东北林区进行示范研究，然

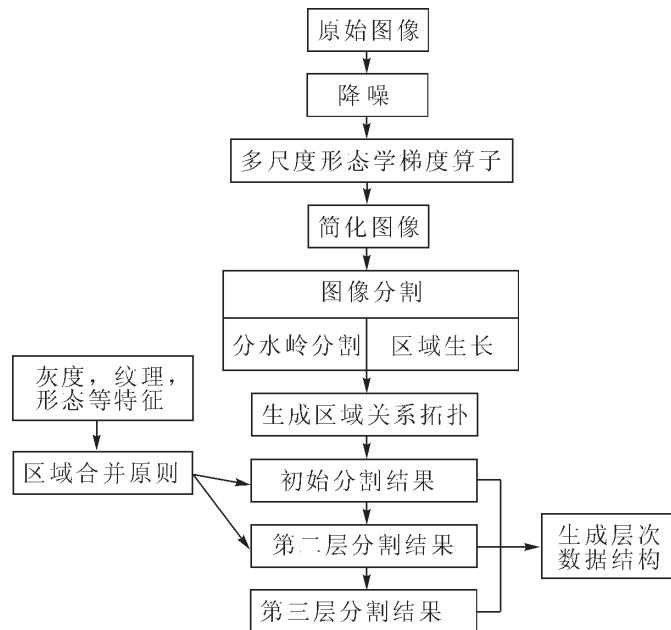


图 3 多尺度分割流程图

Figure 3 Flow chart of multi-scale segmentation

后逐步扩大推广应用。

### 参考文献：

- [1] 周成虎, 杨晓梅, 骆剑承, 等. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 3 – 4.
- [2] 郑天水. SPOT-5 卫星遥感信息在森林资源调查中的应用现状与解决思路[J]. 林业调查规划, 2006, **31** (5): 24 – 28.  
ZHENG Tianshui. Application of SPOT-5 Satellite Remote Sensing Information to forest resources inventory and ideas on solution to the problems [J]. *For Inventory Plann*, 2006, **31** (5): 24 – 28.
- [3] 同利会, 周忠发, 张勇荣. SPOT-5 遥感数据在县域土地利用现状调查中的应用探讨——以贵州省铜仁市为例[J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2007, **25** (4): 25 – 28.  
YAN Lihui, ZHOU Zhongfa, ZHANG Yongrong. Discussion on application of land use investigation at county level based on the SPOT-5 image —— a case study in Tongren of Guizhou [J]. *J Guizhou Nor Univ Nat Sci*, 2007, **25** (4): 25 – 28.
- [4] 丁丽霞, 王祖良, 周国模, 等. 天目山国家级自然保护区毛竹林扩张遥感检测[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23** (3): 297 – 300.  
DING Lixia, WANG Zuliang, ZHOU Guomo, et al. Monitoring *Phyllostachys pubescens* stands expansion in National Nature Reserve of Mount Tianmu [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23** (3): 297 – 300.
- [5] POHL C. *Geometric Aspects of Multi-sensor Image Fusion for Topographic Map Updating in The Humid Tropics* [M]. Enschede: ITC Publication, 1996: 51 – 52.
- [6] 张娅香, 李秉柏, 何静. 基于 SPOT-5 的县级土地利用现状调查技术研究[J]. 广东农业科学, 2007, **28** (11): 47 – 51.  
ZHANG Yaxiang, LI Bingbai, HE Jing. Method for investigation of county-level land use information based on SPOT-5 image [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2007, **28** (11): 47 – 51.
- [7] CHEN Jianyuh, MAO Zhihua, ZHANG Huaguo. Analysis on coral reefs mapping using SPOT-5 data at the Dongsha Atoll [J]. *Acta Oceanal Sin*, 2007, **26** (2): 26 – 35.
- [8] 鲍文东, 邱桂华, 陈旭. 基于 SPOT-5 高分辨率卫星影像的土地利用更新调查方法研究[J]. 山东农业大学学报, 2007, **38** (2): 311 – 316.  
BAO Wendong, QI Guihua, CHEN Xu. The method and study of land use investigation updating based on SPOT-5 high-resolution satellite image [J]. *J Shandong Agric Univ*, 2007, **38** (2): 311 – 316.
- [9] 葛静茹, 秦安臣, 赵雄伟, 等. 叠加分类及其在冀太行山区土地利用类型遥感解译中的应用[J]. 浙江林学院学报, 2007, **24** (6): 681 – 685.  
GE Jingru, QIN Anchen, ZHAO Xiongwei, et al. Overlay classification and its application in the remote sensing interpretation of land-use in Taihang Area, Herbei [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2007, **24** (6): 681 – 685.
- [10] BAATZ M, SCHAPE A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation[M]//STROBL J, BLASCHKE T. *Angewandte G: Information Sverarbeitung XII*. Heidelberg: Wichmann, 2000: 12 – 23.
- [11] 游先祥. 遥感原理及在资源环境中的应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [12] 黄荣. SPOT-5 卫星影像在菱角乡森林资源二类调查中的应用[J]. 林业调查规划, 2004, **29** (增刊): 145 – 147.  
HUANG Rong. The SPOT-5 satellite images in the 2nd forestry resource survey of Linjiao Village [J]. *For Inventory Plann*, 2004, **29** (supp): 145 – 147.
- [13] 杨晓松. 基于 SPOT-5 遥感影像的样地判读[J]. 林业调查规划, 2005, **30** (2): 6 – 10.  
YANG Xiaosong. Sample plots Interpretation in the view of SPOT-5 remote sensing images [J]. *For Inventory Plann*, 2005, **30** (2): 6 – 10.
- [14] SCARTH P, PHINN S. Determining forest structural attributes using an inverted Geometric Optical Model in mixed eucalypt forests [J]. *Remote Sens Environ*, 2000, **71**: 141 – 157.
- [15] 胡增林. SPOT-5 遥感影像照片在森林资源二类调查上的应用[J]. 环境科学与管理, 2008, **33** (2): 42 – 43.  
HU Zenglin. The use of SPOT-5 forest sensing picture in the 2nd forest resource survey [J]. *Environ Sci Manage*, 2008, **33** (2): 42 – 43.
- [16] 刘克, 赵文吉, 胡德勇. 基于 SPOT-5 和北京一号小卫星数据的北京北部山区土壤侵蚀变化研究 [J]. 国土资源遥感, 2008 (3): 78 – 83.  
LIU Ke, ZHAO Wenji, HU Deyong. An analysis of soil erosion change in the northern mountainous area of Beijing band on SPOT-5 and Beijing-1 satellite [J]. *Remote Sens Land Resour*, 2008 (3): 78 – 83.