

基于高空间分辨率影像的林业小班遥感区划系统设计与实现

吴春争¹, 冯益明^{2,3}, 舒清态¹, 李增元³, 武红敢³, 车腾腾^{2,3}

(1. 西南林业大学 资源学院, 云南 昆明 650224; 2. 中国林业科学研究院 荒漠化研究所, 北京 100091;
3. 中国林业科学研究院 资源信息研究所, 北京 100091)

摘要: 小班区划是森林资源调查中最主要的任务。为了减少小班区划工作量, 提高工作效率以及保证小班区划的一致性, 从功能需求角度, 设计了一种基于高空间分辨率遥感影像进行林业小班区划的系统, 并对系统各部分功能进行较为详细的设计与说明。开发并实现了遥感数据处理、多尺度分割和面向对象分类等关键技术, 借助该系统, 可以实现基于高空间分辨率遥感影像进行林业小班边界的内业自动生成, 小班区划精度符合林业实际生产需求。目前, 该系统已在重庆和海南等地推广应用。图 8 表 1 参 11

关键词: 森林测计学; 高空间分辨率影像; 林业; 遥感; 小班区划系统

中图分类号: S758 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)01-0040-06

Designing and realizing the forestry sub-compartment remote sensing division system based on high-spatial resolution images

WU Chun-zheng¹, FENG Yi-ming^{2,3}, SHU Qing-tai¹, LI Zeng-yuan³, WU Hong-gan³, CHE Teng-teng^{2,3}

(1. Faculty of Resources, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. Institute of Desertification Studies, The Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3. Research Institute of Forest Resources Information Techniques, The Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Sub-compartment division plays a major role in forest resource survey. In order to reduce the workload of sub-compartment division, enhance working efficiency and ensure the consistency of sub-compartment division, a forestry sub-compartment division system was designed on the basis of high-spatial resolution remote sensing image from the angle of function requirement. Moreover, each function of the system was designed and described in detail in this paper. Some key techniques such as processing of remote sensing images, multi-scale segmentation algorithm and object-oriented classification etc. were also developed. With the help of the system, the work of generating the forestry sub-compartment boundary automatically based on high-spatial resolution remote sensing image could be done in office, and the accuracy of sub-compartment division could meet the practical demand of forestry practice. At present, the system had been applied in Chongqing and Hainan. [Ch, 8 fig. 1 tab. 11 ref]

Key words: forest mensuration; high-spatial resolution image; forestry; remote sensing; sub-compartment division system

传统的森林资源调查小班区划主要是以地形图作为工作手图, 在现地进行对坡勾绘。这种方法存在人为主观性, 不同作业人员对区划标准的掌握存在差异, 所以容易造成小班区划的不一致。并且, 传统的小班区划调查方法工作量大, 效率低。利用高空间分辨率卫星影像进行森林资源调查的方法开始得到了广泛使用^[1-3]。高空间分辨率卫星遥感以一种非常精细的方式观测地面, 所获取的高空间分辨率遥感影

收稿日期: 2010-04-15; 修回日期: 2010-07-04

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2007AA12Z181); 林业公益科研专项(200704019)

作者简介: 吴春争, 从事遥感图像处理、GIS 在林业中应用研究。E-mail: njcz2009@gmail.com。通信作者: 冯益明, 副研究员, 博士, 从事“3S”技术及其在林业中应用研究。E-mail: fengym@caf.ac.cn

像可以更清楚地表达地物目标的空间结构特征与表层纹理信息，可分辨出地物内部更精细的组成，地物边缘信息也更清晰，为林业小班遥感区划提供了新的有效途径。当前，已有许多林业工作者研究了应用遥感技术进行森林资源调查小班区划的技术路线与方法，如针对目前森林资源规划设计调查中小班遥感区划方法存在的问题，提出了连续小班区划方法，并分析了连续小班区划方法的优点及应用前景^[4]。以 Quick Bird 高空间分辨率卫星遥感图像为基础，对以 1 : 10 000 地形图为手图的小班勾绘精度进行检验，此外，还讨论了提高小班勾绘精度的技术方法^[5]。但是，现有研究多是集中在研究以目视解译进行手工勾绘的方式进行林业小班区划，应用遥感影像的计算机自动解译进而提取林业小班边界的系统研究尚少。为了减少小班区划工作量，提高工作效率以及保证小班区划的一致性^[6]，本研究设计了一种基于高空间分辨率遥感影像进行林业小班区划的系统。借助该系统，可以实现基于高空间分辨率遥感影像进行林业小班边界的内业自动生成。

1 林业小班遥感区划系统设计

1.1 总体设计思想

森林资源调查小班区划总是遵循一些大的划分原则，如大的地性线、分类经营区划线、权属边界线、土壤类型区划线等。这些边界也基本是小班的边界。本研究基于这些原则进行系统设计，详细研究实施方案如下：①对影像进行预处理，使它更利于图像分割及信息提取。例如影像正射校正、影像融合、彩色合成及影像镶嵌等。②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、土地利用图等)，作为小班边界划分控制条件。③在小班边界控制条件下，开发影像分割算法对遥感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。④借用多尺度分割结果，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。⑤从识别的类型图中提取有林地、疏林地、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。⑥二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，若对第 2 次小班区划结果不满意，应用小班区划编辑模块功能，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。

1.2 软件总体功能设计

林业小班遥感区划系统应包括几个既相对独立又相互依存的部分，即影像预处理，影像分割，面向对象分类，小班区划编辑等几个大的部分。系统功能及相互关系如图 1 所示。由于影像预处理不是系统

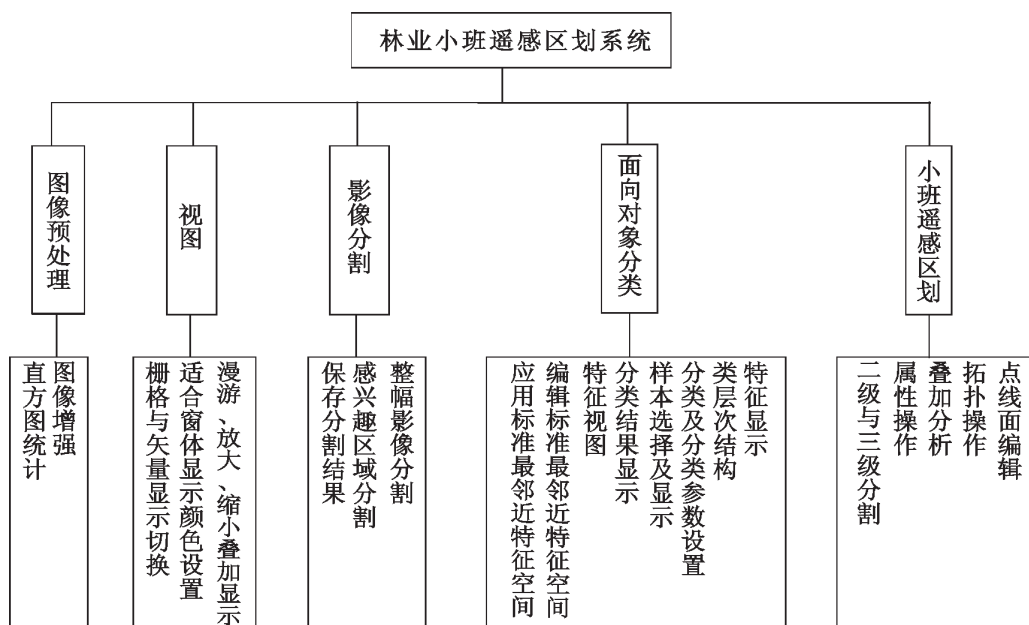


图 1 系统功能结构示意图

Figure 1 Schematic of system function structure

功能设计的重点和主要内容,故在此省略。下面对系统的主要功能做详述。

1.2.1 影像分割 系统采用一种融合遥感影像像元各波段灰度信息与影像纹理信息的图像分割方法^[9],实现了一种基于四分树的区域分开-合并算法。该方法有效地利用了遥感影像像元各波段灰度信息以及影像纹理信息。系统选用基于四分树的区域分开-合并算法,实现对图像的分割。四分树是一种强调包含关系而不是相邻关系的数据结构,它的根对应整幅图像,不同层的节点代表图像中不同大小的区域,父节点所代表的区域为其子节点的4倍。分开-合并方法是利用四分树分割图像的典型方法,它是基于区域的,允许将任意希望的一致性度量引入分割过程,可充分组合利用图像的全局与局部信息,在缺少先验知识的情况下,提供更有效的分割。算法实现流程如图2。

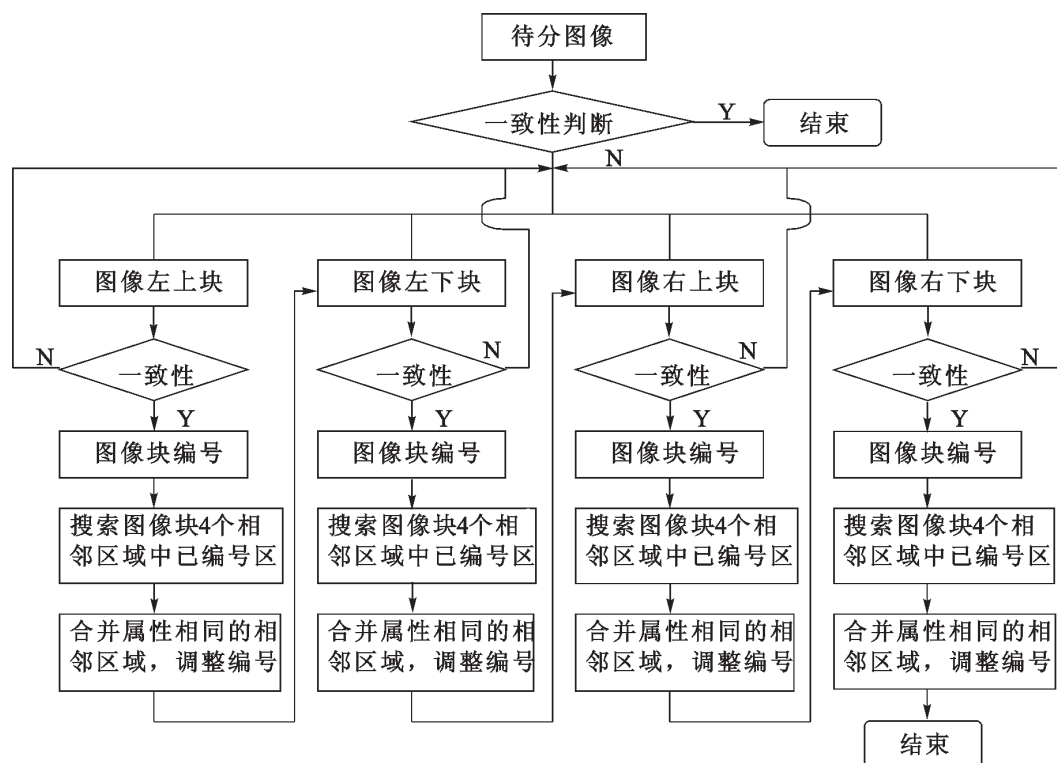


图2 分开-合并实现流程

Figure 2 Separate-merge implementation flowchart

1.2.2 面向对象分类 系统采用面向对象的遥感影像分类方法,实现流程见图3。高空间分辨率影像数据的产生,传统的基于像元的影像分类方法已经不能满足需要^[10-12]。克服基于像元方法局限性的途径就是面向基元的方法。面向对象原理是通过对影像的分割,使同质像元组成大小不同的对象。正是由于对象内部的光谱差异小,所以对任一对象可以忽略其纹理等空间信息,而从光谱和形状两方面刻画。利用对象的空间特征和光谱特征进行分类,有效地克服基于像元层次分类的不足。面向对象分类流程主要分为影像分割、建立对象层次结构、分类规则和信息提取。研究采用专家决策支持的模糊逻辑分类算法,突破传统的单纯基于光谱信息进行影像分类的局限性,综合影像空间和波谱两方面的信息进行信息提取,通过充分利用地物目标的光谱、结构、形状、纹理及上下文语义

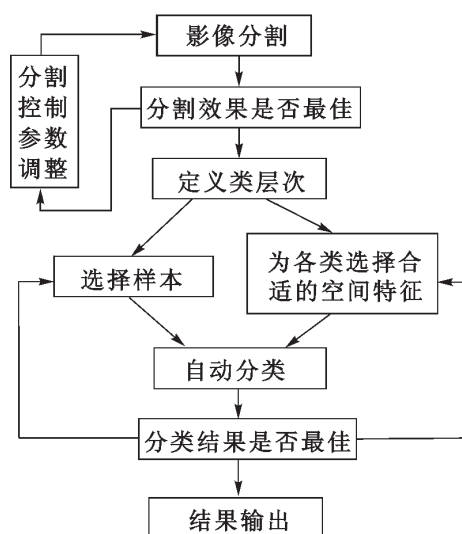


图3 面向对象分类流程图

Figure 3 Technology flowchart of object-oriented classification

等信息，大大提高了对高空间分辨率数据的自动识别精度。依据建立的基于高空间分辨率影像数据的林地分类系统(表 1)，建立影像分类层次结构(图 4)，实现影像的多层次分割分类，图 5 为影像多级分割分类功能菜单图。

表 1 基于 SPOT-5 影像的林地分类系统表

Table 1 Based on SPOT-5 forest classification system

序号	一级	二级	三级
			针叶林
		乔木林	阔叶林
1	有林地		混交林
		红树林	
		竹林	
2	疏林地		
3	灌木林地		
4	苗圃地		
5	其他林地		

说明：未成林造林地、无立木林地和宜林地。

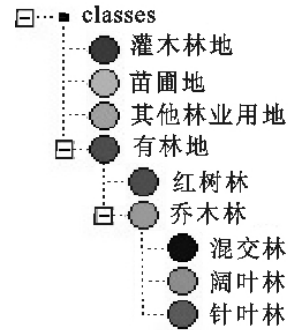


图 4 类层次结构

Figure 4 Class hierarchy

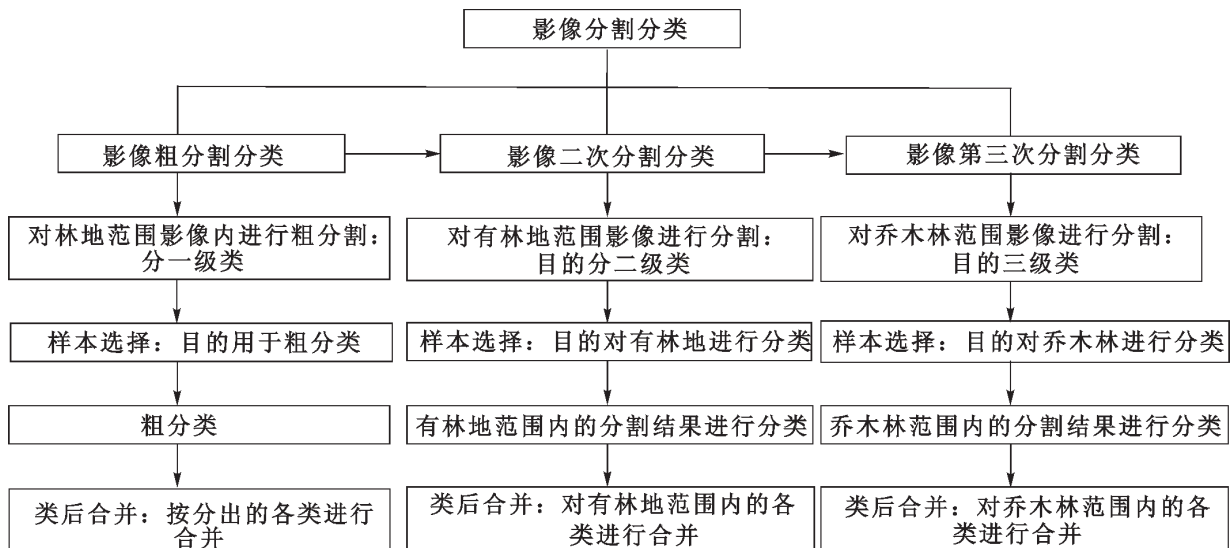


图 5 软件多级分割分类

Figure 5 Software multi-level segmentation classification

1.2.3 小班区划编辑 影像分割、分类结果经过栅格矢量化处理后，系统中小班遥感区划编辑功能模块可以对输出矢量结果不符合规定的部分进行编辑处理，如：①输出的矢量化边界呈锯齿状，不平滑。②有些斑块面积不符合小班面积划分的规定。③有些区划不合理只体现在个别点、线或面上。另外，对于分类完成的小班区划结果，需要用此模块中的拓扑功能进行拓扑操作，检查分类结果的拓扑错误，实现拓扑重建等。小班遥感区划编辑模块功能主要包括图斑的空间求交，合并操作，边界平滑操作，节点、弧段、面、岛多边形的拓朴编辑功能等(图 6)。

2 林业小班遥感区划系统的实现

2.1 开发环境选择

当前，Windows 是优先选择的开发环境，C# 是一种最新的，面向对象的编程语言。C# 语言不但能提高开发人员的生产力，同时还能消除可能造成开发成本增加的程式设计错误，在数据库管理，地理信息系统(GIS)二次开发、运算、通信和多媒体开发方面都具有简单易行、功能强大等优点，所以越来越

受到开发人员的青睐^[13]。为此，作者采用 Visual Studio C# 开发语言，在 Windows 环境下进行软件的设计与开发。

2.2 开发林业小班遥感区划系统的对策

由于目前对林业小班遥感区划系统的研究刚刚起步，因此，实现林业小班遥感区划系统的功能应当逐步实施。在完成总体设计的基础上，首先实现林业小班遥感区划所要求的基本的技术支撑部分：如多尺度分割、面向对象分类、小班遥感区划编辑等；其次实现小班数据的更新功能；然后完成小班区划所需的各类统计表的输出功能；最终逐步完善和实现林业小班遥感区划系统的所有功能。

2.3 系统主体功能介绍

系统首先从底层编写程序源码，实现基于四分树的区域分开-合并算法，解决影像多尺度分割问题。再采用面向对象的影像分类思想，按照建立的影像分类层次，对分割结果进行逐级分类，系统中提供了最邻近分类法和支持向量机分类法。最后借助 MapGIS 二次开发平台，对分割、分类结果进行矢量编辑处理，形成小班区划结果。图 7 是小班区划系统实现的界面展示，图 8 是实现的小班区划结果。

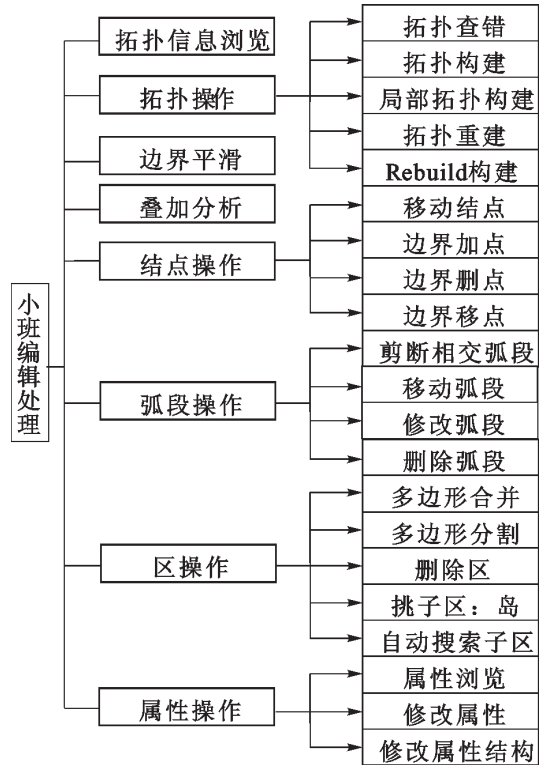


图 6 小班区划编辑功能

Figure 6 Editing function of sub-compartment division

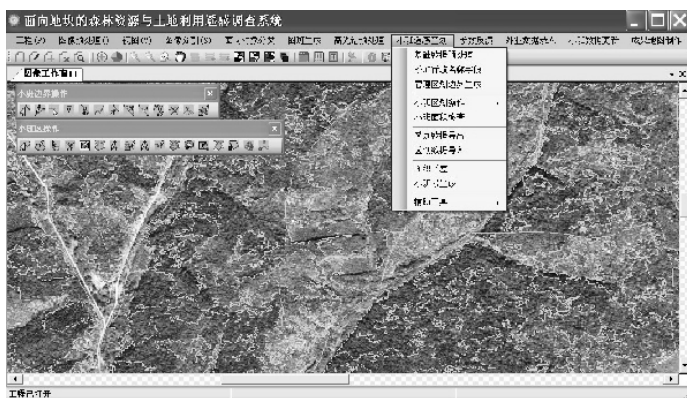


图 7 区划系统界面

Figure 7 Division system interface



图 8 小班区划结果

Figure 8 Result of sub-compartment division

3 讨论

研究中，采取大的地性线与已有林班线为边界控制条件，对影像进行边界控制条件下的多尺度、多层次分割，在此基础上进行小班区划，得到了较好精度。研究中采用的面向对象遥感图像分类方法与传统的监督分类方法相比较，精度有大幅提高，主要在于传统监督分类方法只利用像素的光谱特征进行分类，使得一些光谱相近的地物很难区分。而本研究采用的基于面向对象的分类方法不仅利用对象的光谱特征，更充分利用了对象的空间特征，这使得一些通过光谱特征很难区分或者根本无法区分的地物很容易的被提取出来。此外，研究中采用的面向对象遥感图像分类方法，不仅能够充分利用高分辨率遥感图像丰富的空间信息，并能自动提取现实世界中的地理目标，而且还能输出带有属性表的多边形，可以解决森林资源用图及时更新。虽然目前的软件已采用面向对象及其之间的空间关系(形状、大小和位置等)来判别复杂目标，但对高层次语义知识的利用水平还有待进一步提高，还在相当程度依赖人为性和主观性，设置的样本对象不同，往往导致分类结果有较大差异。基于遥感影像计算机自动解译的小班区划结果与人为的主观区划结果肯定存在一定的差异，但遥感影像计算机自动解译的结果，符合实际生产应

用，我们就认为基本达到要求。可以考虑该系统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，然后逐步扩大推广应用。

参考文献：

- [1] 李晓峰, 张树清, 那晓东, 等. 利用 Contourlet 域纹理特征在高分辨率遥感影像上提取林地边界[J]. 林业科学研究, 2008, **21** (增刊 1): 142 - 145.
LI Xiaofeng, ZHANG Shuqing, NA Xiaodong, *et al.* Extracting the boundary of forests from high-resolution remote sensing imagery using texture feature in contourlet domain [J]. *For Res*, 2008, **21** (supp 1): 142 - 145.
- [2] 刘涛, 谷建才, 陈凤娟. “3S” 技术在森林资源调查中的应用与展望[J]. 中国农学通报, 2008, **24** (11): 156 - 159.
LIU Tao, GU Jiancai, CHEN Fengjuan. Applications and prospects of RS, GIS and GPS technology in forest resources investigation [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2008, **24** (11): 156 - 159.
- [3] 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 Invent Plan*, 2006, **31** (5): 24 - 28.
- [4] 谷万祥, 葛林, 刘思. 森林资源规划设计调查中小班区划方法探讨[J]. 吉林林业科技, 2005, **34** (5): 42 - 44.
GU Wanxiang, GE Lin, LIU Si. Study on sub-compartment division in forest inventory planning and design [J]. *J Jilin For Sci Technol*, 2005, **34** (5): 42 - 44.
- [5] 李春干, 代华兵. 基于高分辨率卫星图像的小班勾绘精度检验[J]. 福建林学院学报, 2006, **26** (2): 127 - 130.
LI Chungan, DAI Huabing. Accuracy inspection of sub-compartment division based on hi-resolution remote sensing imagery [J]. *J Fujian Coll For*, 2006, **26** (2): 127 - 130.
- [6] 张良龙, 冯益明, 贾建华, 等. 基于 SPOT-5 遥感影像的小班区划探讨[J]. 浙江林学院学报, 2010, **27** (2): 299 - 303.
ZHANG Genlong, FENG Yiming, JIA Jianhua, *et al.* Sub-compartment division based on SPOT-5 remote sensing images [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, **27** (2): 299 - 303.
- [7] 冯益明, 李增元, 武红敢. 基于灰度与纹理信息融合的影像分割方法[J]. 遥感技术与应用, 2006, **21** (6): 536 - 540.
FENG Yiming, LI Zengyuan, WU Honggan. Image segmentation method based on the fusion of gray information and texture information [J]. *Remote Sens Technol Appl*, 2006, **21** (6): 536 - 540.
- [8] 乔程, 骆剑承, 吴泉源, 等. 面向对象的高分辨率影像城市建筑物提取[J]. 地理与地理信息科学, 2008, **24** (5): 36 - 39.
QIAO Cheng, LUO Jiancheng, WU Quanyuan, *et al.* Object-oriented method based urban building extraction from high resolution remote sensing image [J]. *Geogr Geo-Inf Sci*, 2008, **24** (5): 36 - 39.
- [9] 苏伟, 李京, 陈云浩, 等. 基于多尺度影像分割的面向对象城市土地覆被分类研究——以马来西亚吉隆坡市中心区为例[J]. 遥感学报, 2007, **11** (4): 521 - 530.
SU Wei, LI Jing, CHEN Yunhao, *et al.* Object-oriented urban land-cover classification of multi-scale image segmentation method: a case study in Kuala Lumpur City Center, Malaysia [J]. *J Remote Sensing*, 2007, **11** (4): 521 - 530.
- [10] 张秀英, 冯学智, 江洪. 面向对象分类的特征空间优化[J]. 遥感学报, 2009, **13** (4): 664 - 669.
ZHANG Xiuying, FENG Xuezhi, JIANG Hong. Feature set optimization in object-oriented methodology [J]. *J Remote Sens*, 2009, **13** (4): 664 - 669.
- [11] 邹建成, 孙国平. 基于 ArcGIS Engine 与 C# 下的城镇地籍管理信息系统的研究与实现[J]. 城市勘测, 2009 (4): 29 - 31.
ZOU Jiancheng, SUN Guoping. Research and realization of town cadastral management information system based on the ArcGIS Engine and C# [J]. *Urban Geotech Investigat & Surv*, 2009 (4): 29 - 31.