

文章编号: 1007-4619 (2003)02-0131-05

秦淮河丘陵地区土地利用遥感信息提取及制图

王周龙¹, 冯学智¹, 刘晓枚², 都金康¹

(1. 南京大学 城市与资源学系, 南京 210093; 2 中国科学院 南京湖泊与地理研究所, 南京 210008)

摘 要: 着重论述了使用 SPOT 卫星遥感图像提取土地利用专题信息的技术与方法。利用数字地形模型 (DEM) 派生的坡度、坡向等辅助信息, 对遥感影像的光谱特征空间进行扩展, 建立基于知识的统计分析扩展模型, 对不同参数的分类结果进行评价。研究表明, 该方法能有效地提取 SPOT 卫星遥感土地利用专题信息, 特别适合我国南方丘陵地区土地利用遥感信息提取。同时, 通过地物分层分类信息提取方法和遥感影像数据融合技术, 编制了研究区土地利用现状图。

关键词: DEM; 统计分析扩展模型; 数据融合; 专题制图

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

1 研究区概况

江宁位于长江南岸, 南京市东南部。秦淮河流贯全境, 属典型的江南低山丘陵地区。境内有三大地貌单元: 东部低山丘陵, 西部沿江低山丘陵和秦淮河流域, 从自然单元, 特别是水系的完整性, 社会发展对土地利用变化的影响, SILUP 选定江宁境内的秦淮河流域为研究区。该区土地利用类型以灌溉农田、旱地、林业用地及水域为主。地物类型具有明显的空间分布特征。灌溉农田多分布在秦淮河谷; 旱地主要分布在西南部和东北部丘陵; 林业用地较为广泛, 除山地集中分布阔叶林、针叶林及灌丛等外, 水田和道路林网广泛分布于全境。

2 基础资料的采集与处理

2.1 地理信息的采集与处理

地理信息与遥感信息相结合, 有助于遥感信息提取精度的提高, 本研究使用的地理信息包括已有的专题图件和 1:5 万地形图。地理信息包括行政区划图, 等直线图等; 专题图件包括水系, 交通、居民点、森林分布图、土地利用图 (1996 年 TM 影像获得), 土壤图。这些图件经过数字化后, 输入地理信

息系统, 进行投影转换、编辑、修改、属性定义等操作, 形成具有正确拓扑关系的专题图层。

2.2 SPOT 影像的获取与处理

本研究使用合作方德国图加特大学提供的 SPOT2 和 SPOT4 影像资料, 包括 Pan 立体像对, XS (Band1 0.50—0.59 μ m, Band2 0.61—0.68 μ m, Band3 0.78—0.89 μ m), XI (Band1 0.50—0.59 μ m, Band2 0.61—0.68 μ m, Band3 0.78—0.89 μ m, Band 4 1.58—1.75 μ m)。XS 获取时间为 1999 年 2 月 10 日, XI 和 Pan 为 1998 年 8 月 10 日。

影像纠正采用二次多项式纠正法, 通过采集地面控制点 (GCP), 实现影像到矢量图的配准。GCP 从 1:5 万数字化地形图和使用全球定位系统 (GPS) 实际测量获取。在实际 GCP 点的选取过程中, 应重视测点的位置精度, 并且均匀的分布于整个研究区。

由于影像的纠正精度将会影响到多源遥感数据的应用精度, 因此在精确选择 GCP 点的同时, 应根据不同的遥感数据源选择合适的方法进行。纠正结果表明, SPOT 影像的 RMS 误差在 0.5 个像元以下。

3 土地利用信息提取

3.1 土地利用信息的类别划分

类别划分是根据研究区的土地利用现状, 并结

收稿日期: 2001-12-10; 修订日期: 2002-06-18

资助项目: 中德国际合作项目“Sustainable Development by Integrated Land Use Planning” (SILUP) 资助。

作者简介: 王周龙 (1959—), 男, 博士研究生, 1982 年毕业于西安电子科技大学计算机系, 目前主要从事土地利用/土地覆盖变化与可持续发展方面的研究工作。

合 SILUP 项目的研究需要提出的。研究区土地利用现状主要包括林地(针叶林、阔叶林、竹林、茶园)、农田(稻田、旱地)、道路与居民点和水域等类别。稻田主要分布在秦淮河谷地;旱地分布在秦淮河以西及东北部地区的丘陵和岗地;林地主要集中在低山区,稻田与道路林网广泛分布于整个研究区。因此,将土地利用类型划分为旱地、水田、林地、道路与居民点、水域、工矿用地七个大类及相关子类别。

3.2 土地利用类型光谱特征分析

遥感影像分类前,对地物类型光谱特征的分析是必要的,地物类型光谱特征是地物可度量性质的度量值,特征获取是通过地对地物的一些重要特征进

行定量估算,得到一组特征向量,对地物进行定量表达。地物光谱特征的获取采用实际考察与影像判读相结合的方法进行。通过实际考察选择地类样点,利用 GPS 现场定位,然后在影像上进行样点定位和统计参数计算。

经过对研究区不同土地利用类型的样点统计和参数计算后发现,当遥感影像的季相在 8 月份时,东西部低山丘陵区的林地和秦淮河流域区的稻田,其光谱特征较为相似(图 1),同时低山上的水体类别中混有大片的阴影,若使用传统的统计模式识别方法进行土地利用分类,势必造成分类误差的增大。但是,根据这些地类在空间分布的特征不同,如果使用辅助信息如数字高程信息,会有效地将这些地类加以区别。

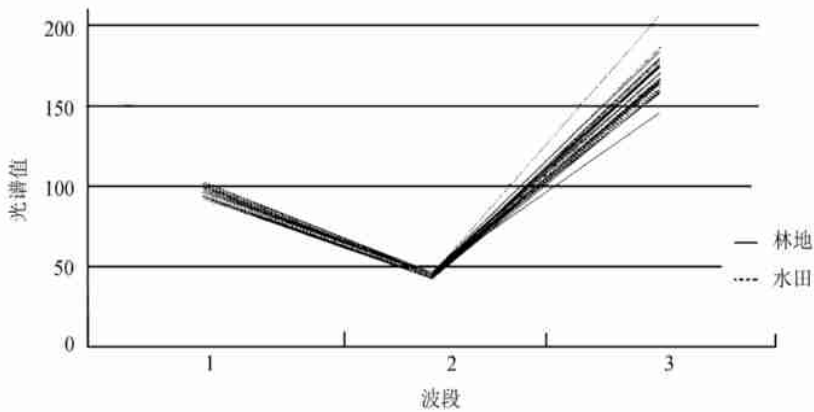


图 1 林地和水稻光谱采样曲线

Fig. 1 The Spectral response curve of typical vegetation classes

3.3 特征空间扩展及类别信息提取

遥感应用较多的是统计模式识别方法,由于这些方法综合应用了每个地物类别在各波段中的均值,方差以及各波段之间的协方差,有较好的统计特性,是一种先进的分类方法。特别是最大似然法(MLC),在实际工作中得到了广泛应用。但监督参数分类方法在实际操作中不少难点,尤其当存在

类别光谱混淆时,其固定形状的决策界面无法获得较高的分类精度。近年来,基于知识的光谱特征遥感信息模型得到了快速发展,该方法是将知识作为分类的辅助信息,参与分类过程计算,可有效的改善和提高分类精度^[1-3]。这里所指的知识范围很广,但归纳起来可分为地学知识和专家知识。

我们将地形参数作为分类的辅助信息,对遥感影像的特征空间参数定义进行扩展,建立遥感影像统计

表 1 江宁地面坡度对土地利用的影响

Table 1 The impact ways on land use by the slope

坡度/(°)	水土侵蚀	农林业	机耕作业	水利
3	3°以下为平地无侵蚀危险			1°-3°排水有轻微涝害(对水田无影响)
6	6°以上可能发生侵蚀危险	农田耕作需注意采取水土保持措施	大型拖拉机在 7°以下操作困难	
15		一般农耕地需小于 15°	中型拖拉机在 15°以下作业	
15-25		以栽培经济林为主	手扶拖拉机在 17°以下作业	
25-35		宜于林业和牧业		
35 以上		林业、牧业均难以利用		

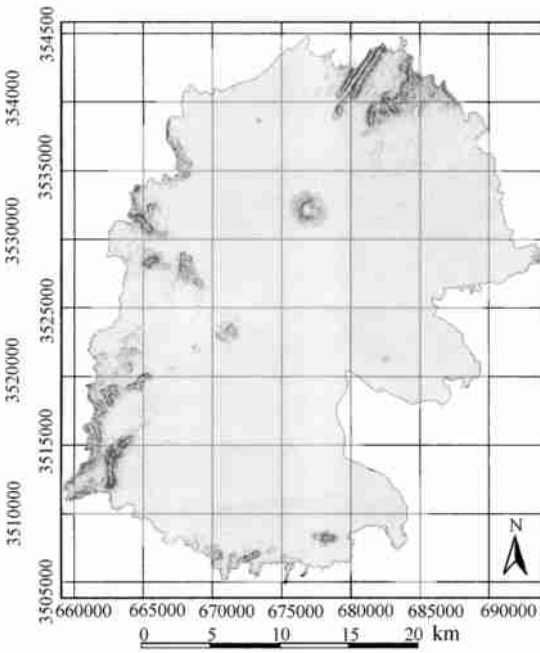


图 2 研究区坡度图

Fig. 2 Slope map of the SILUP study area

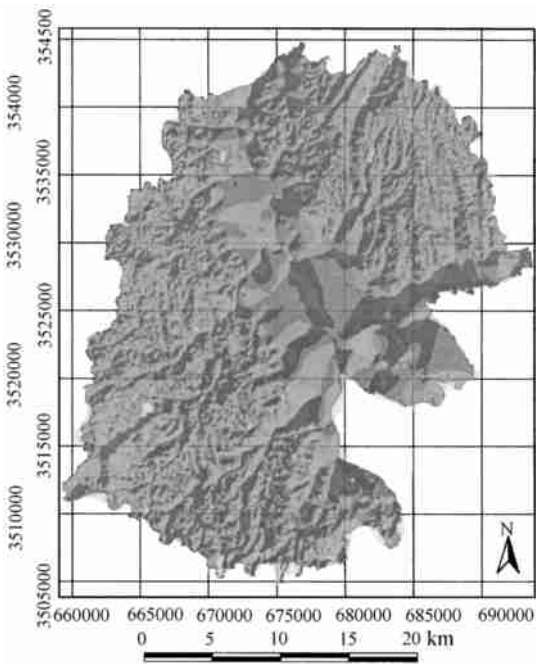


图 3 研究区坡向图

Fig. 3 Aspect map of the SILUP study area

程模型(DEM)^[4, 5], DEM 是利用研究区等值线图经数字化后,再叠加水系信息产生的。然后利用 DEM 数据派生出坡度(图 2)、坡向等数据(图 3),以正规格网 20m×20m 存储,与影像数据格网一致,便于使用。

在利用 DEM 数据参与影像分类之前,我们对研究区地形状况与土地利用现状之间的关系进行了实际考察和分析。在研究区内,地面坡度在 3°以下的地区主要分布在秦淮河的河谷平原,海拔 7—10m,处于历史最高洪水位以下,土地利用类型主要以水田和水产养殖为主;3°—6°的地区主要在缓岗与河谷平原交界处,水田和旱地交错分布,海拔 10—20m;12°以上为岗顶、岗坡,是旱地分布区;大于 15°,一般不适合农耕用地,是栽培经济林和次生天然林分布区。地面坡度的陡或缓直接影响水土流失程度,农业机械化、水利工程和农田基本建设,甚至影响农业结构与作物布局,是土地利用方式的重要因子,适用于研究区各种土地利用的地面坡度临界指标如表 1。地面坡向和高程数据与植被的类型有一定的相关性,特别是那些植被分布具有垂直分带性的地区。尽管研究区属于低山丘陵地区,植被分布主要为针阔叶混交林,类型较为单一,这一相关特征并不明显,但为了评价 DEM 辅助信息对土地利用分类结果的影响,仍将其作为分类指标参与分类。

根据以上分析,将研究区地面坡度进行量化分级,坡度分为 9 级(表 2),坡向分为 8 级(表 3),不同的等级与土地利用类型有一定的相关度,保证了 DEM 参与分类具有明确的实际意义。

分别将以上 DEM 因子作为待分类影像的一个波段加入其中,构成新的待分类影像。在相同条件下,利用最大自然法(MLC)进行分类。分类结果检验是通过抽取不同的分类图斑,与目视解译得到的土地利用图进行比较^[5]。结果表明,坡度因子具有很好的分类结果,可以将稻田和林地、水体和阴影有效地区分开,精度在 86%以上;坡向因子对结果影响不大;而数字高程因子对分类结果的影响则不同,精度变化在 60%—78%之间,原因是高程数据分割的临界值不易确定。

表 2 坡度编码

Table 2 Coding system for the slope map

坡度编码	1	2	3	4	5	6	7	8	9
坡度/(°)	0—3	3—6	6—9	9—12	12—15	15—20	20—25	25—35	> 35

表 3 坡向编码

Table 3 Coding system for the aspect map

坡向编码	1	2	3	4	5	6	7	8
坡向	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE

4 土地利用专题制图

根据项目的需要, 编制 1:5 万研究区土地利用现状图。由于受遥感影像的空间分辨率限制和同谱异类等因素的影响, 通过 SPOT 影像进行全自动分类, 直接获取土地利用专题信息尚有一定的困难, 达不到制图精度的要求。因此, 我们主要采用了地物分层分类和影像融合处理技术, 提取土地利用信息, 编制土地利用专题图, 加快了成图速度。

具体步骤是, 首先利用地物分层分类方法, 提取水体、道路和居民点信息^[9], 具体过程这里不再叙述; 其次利用 *XI* 和 *PAN* 融合数据, 对其它地类进行色调信息的认知与判别, 提取土地利用类型信息; 最后将这些图层在 ARC/INFO 上进行叠加处理, 完成土地利用图的编制。

4.1 影像融合

不同遥感数据进行融合处理, 可以充分利用不同数据源的空间和波谱特性, 是一种非常有效的信息增强方法。由于多波段图像利于判读, 而高分辨率单色图像能有效地突出地物细节, 因此, 利用图像融合方法将高分辨率影像 (*PAN*, $10\text{m} \times 10\text{m}$) 和多光谱低分辨影像 (*XI*, $20\text{m} \times 20\text{m}$) 融合, 形成新的高分辨图像 ($10\text{m} \times 10\text{m}$)。融合影像既最大限度地保留了高分辨率影像的空间特征, 又保留了低分辨率影像的地面光谱特征, 实现多数据源的信息互补。

常用的影像融合方法主要有以像元为基础的加权融合、*IHS* 变换融合法、基于小波理论的特征融合、基于贝叶斯法则的最佳变量替换法以及以局部直方图匹配滤波技术为基础的影像数据融合等^[7,8]。其中, *IHS* 变换融合法, 由于其算法较为简单而得到了广泛应用。该方法是, 首先将多光谱影像 (*XI*, *XS*) 从 *RGB* 系统变至 *IHS* 系统, *I* 表示图像强度, *H* 表示图像的饱和度, *S* 表示图像的色度; 然后去掉 *I*, 用高分辨率影像 (*PAN*) 代替, 与 *H* 和 *S* 一起够成新的影像, 利用反变换变换到 *RGB* 系统。具体过程见图 4。

4.2 专题制图

在融合后的影像上, 叠加自动提取的道路、河

流、居民点等专题层, 利用屏幕跟踪技术, 提取土地利用信息。同时, 为了提高解译精度, 将从地形图得到的地形数据、行政区划数据、地名数据等作为解译参考。

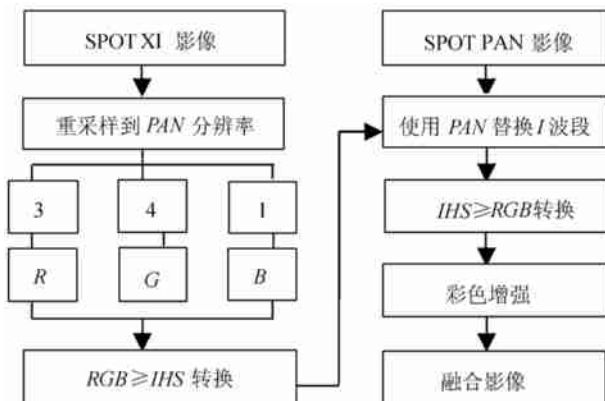


图 4 影像融合过程

Fig. 4 Flow chart of SPOT PAN-SPOT XI data fusion

在影像解译时, 土地利用类型共分为 7 大类以及相关的子类。其中农业用地包括稻田、旱地, 这些要素在图像上大多具有较好的视觉分辨效果, 根据各种用地类型在地形上的空间分布特征, 可以比较准确地获取相关数据。

建成区数据包括城镇用地、农村居民地、开发区用地、独立工业用地及矿山用地等。根据用地规模, 影像的图斑特性和有关行政区划资料, 可以比较准确地区分城镇用地和农村居民地。开发区和新建的大中型工业企业的影像特征也较明显, 原有的工业用地则需参考有关资料 (如 1996 年江宁土地利用图等) 来验证。由于江宁县的小型矿业以采石业为主, 具有明确的地域分布特征和形状特征, 易于识别, 数据获取的准确性较高。这一过程实际是对自动提取的道路和居民点图层的补充、修正和属性定义。

林地数据包括森林及其它经济林, 江宁地区的森林主要分布在丘陵及山地上, 以针叶林为主, 次生阔叶林的分布规模很小, 在现有比例尺度上难以形成图斑, 另有部分区域有较大规模的竹林、茶园分布, 在影像上可明显区别。一般在林地外围, 分布有草灌或次生阔叶幼树。

在影像解译过程中, 对解译图斑的属性进行定义, 待整个研究区影像解译完成后, 进行必要的编辑修改, 加入公用空间数据库, 以便于整个项目使用, 同时也可以成图输出。

5 结 语

(1) 利用辅助信息, 建立基于知识的遥感影像统计分析扩展模型, 可以有效的改善和提高土地利用信息的分类精度。实践表明, 在丘陵地区土地利用信息提取中, 坡度数据是较为理想的辅助信息, 可视研究区的实际情况, 进行必要的等级划分, 直接参与分类。

(2) 遥感信息融合技术, 可以充分利用不同数据源的空间和波谱特性, 是一种非常有效的信息增强方法。使用本文提出的地物分层分类综合信息提取方法, 利用 SPOT 卫星影像融合数据, 完全可以编制 1:5 万土地利用专题图件, 并且可以缩短成图周期。

(3) 研究区土地利用信息的提取, 为该区土地利用的可持续发展提供了科学依据。

参 考 文 献 (References)

- [1] Su Lihong, Huang Yuxia. Integrating Spatial Decision Support Models Based On Knowledge[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2000, 4(2): 151—156. [苏理宏, 黄裕霞. 基于知识的空间决策支持模型集成[J]. 遥感学报, 2000, 4(2): 151—156.]
- [2] Zhu Honglei, Mao Zanyou. Knowledge Based Image Classification Approach Supported by a GIS[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*. 1997, 26(4): 328—336. [朱洪磊, 毛贻猷[J]. GIS 辅助下的基于知识的遥感影像分类方法研究——以土地覆盖/土地利用类型为例. 测绘学报, 1997, 26(4): 328—336.]
- [3] Hutchinson, C. F. Techniques for Combining Landsat and Ancillary Data for Digital Classification Improvement[J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1982, 48(1): 123—130.
- [4] Apisit Elumroh and Ralendra P. Shrestha. Application of DEM Data to Landsat Image Classification; Evaluation in a Tropical Wet-Dry Landscape of Thailand[J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2000, 66(3): 297—304.
- [5] Lai Geying, Yang Xingwei. Analysis of Feasibility of Professional Operating on Estimating Rice Planting Area of Hilly Region in Southern China Using Remote Sensing Techniques[J]. *Remote Sensing Technology and Application*. 1998, 13(3): 1—7. [赖格英, 杨星卫. 南方丘陵地区水稻种植面积遥感信息提取的可行性分析[J]. 遥感技术与应用, 1998, 13(3): 1—7.]
- [6] Du Jinkang, Huang Yongsheng, Feng Xuezhi, Wang Zhoulong. Study on Water Bodies Extraction and Classification from SPOT Image [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2001, 5(3): 214—219. [都金康, 黄永胜, 冯学智, 王周龙. SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究. 遥感学报, 2001, 5(3): 214—219.]
- [7] Sun Jiabing, Liu Jilin, Li Jun. Multi-source Remote Sensing Image Data Fusion[J]. *Journal of Remote Sensing*, 1998, 2(1): 47—50. [孙家柄, 刘继琳, 李军. 多源遥感影像数据融合[J]. 遥感学报, 1998, 2(1): 47—50.]
- [8] Zhang Bingzhi, Zhang Ji-xian, Zhang Li. Comparison of Multi-source Images Fusion in Landuse Dynamic Detection[J]. *Science of Surveying and Mapping*. 2000, 25(3): 46—51. [张炳智, 张继贤, 张丽. 土地利用动态遥感监测中多源遥感影像融合方法比较研究[J]. 测绘科学, 2000, 25(3): 46—51.]
- [9] Dreyer P. Classification of Land Cover Using Optimized Neural Nets on SPOT Data[J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1993, 59(5): 617—621.

The Techniques of Deriving Landuse Information from SPOT Images and Study on Thematic Mapping in the field of Qinhuai River

WANG Zhou-long¹, FENG Xue-zhi¹, LIU Xiao-mei², DU Jin-kang¹

(1 Dept. of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2 Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: As the composition of China-Gemany cooperation project “Land use and Sustainable Development (SILUP)”, Jiangning county of Nanjing, in the South of China, was selected as a test area. The SPOT-2 and SPOT-4 remotely sensed images were used for deriving such thematic information as landuse, water bodies, roads and settlements and their thematic mapping. In this paper, some comprehensive methods and techniques of extracting the information from SPOT data were described, specially a improved method of land use/land cover classification by using SPOT images and ancillary data. In the land use/land cover classification, the feature sets containing the SPOT original band, and a digital elevation model were tested using MLC clustering. Incorporation of slop data generated from DEM was found to be able to improve the classification accuracy of land use. Further land cover discrimination was improved when using fusion images of PAN and XI. The study also put forward techniques of screen display editing to get the thematic maps. Some thematic maps were generated and their accuracy was assessed and discussed. The results showed that much good thematic information can be derived from SPOT images by using the methods and techniques introduced in this paper, and some extracted information can be used for drawing thematic maps in a scale of 1:50000.

Key words: SPOT images; information extraction; thematic mapping