

中分辨率遥感图像土地利用 与覆被分类的方法及精度评价

肖鹏峰¹, 刘顺喜², 冯学智¹, 赵书河¹, 赵萍¹

(1. 南京大学城市与资源学系, 南京 210093; 2. 中国土地勘测规划院, 北京 100029)

摘要: 利用 TM、SPOT 及 CBERS-1 等中分辨率卫星图像, 对土地覆被的专家系统分类方法、居民地的决策树提取方法以及水体的迭代混合提取方法进行了试验, 其总体精度达到 87.89%, 与常用的监督分类方法相比精度可提高 7.86%。专家系统分类的结果叠合居民地、水体等易于混分专题信息, 可以形成精度较高的土地利用与覆被分类结果。

关键词: 中分辨率遥感图像; 土地利用与覆被; 专家系统; 决策树; 迭代混合分析

中图分类号: TP 751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2004)04-0041-05

0 引言

利用遥感图像获取土地利用与覆被信息是当前进行土地利用/土地覆被变化(LUCC)研究的主要手段^[1~3]。对遥感图像类型的选择, 需要结合研究的目的、意义以及区域的大小进行^[4]。TM、SPOT 和 CBERS-1 等中分辨率卫星图像在空间分辨率、时相、经济等方面比较符合 LUCC 研究的要求。

遥感图像的土地覆被自动分类和专题信息提取一直是遥感应用研究的方向之一。Marc Simard 等用决策树和多尺度纹理方法进行了分类试验^[5], 杨存建等讨论了基于知识的遥感图像分类方法^[6], 孙家柄等研究采用多源遥感图像融合技术提高分类精度^[7]。此外, 神经网络、小波变换、元胞自动机、支持向量机等分类方法以及面向对象的分类方法等都开始应用到遥感影像分类当中。本文用专家系统分类的方法, 结合居民地、水体等易于混分的专题信息提取方法, 以期提高土地利用与覆被分类的精度。

1 研究区概况

试验区位于我国东部的江南低山丘陵地区, 包括绍兴、江宁和南京 3 个试验区。

(1) 绍兴试验区。位于浙江省杭州湾南岸, 介于

29°15' ~ 30°11' N 和 119°53' ~ 121°15' E 之间。境内南高北低, 地形比较复杂, 包含了平原、沟谷盆地及丘陵山地 3 种地貌类型。在平原和沟谷地区, 主要作物为水稻, 部分沟谷盆地为茶园。丘陵山地地势相对较高, 主要是混交天然林和竹林, 缓坡上一般为茶园, 适合进行土地覆盖分类的试验。

(2) 江宁试验区。位于江苏省西南部, 距南京市 7 km, 介于 31°30' ~ 32°00' N 与 118°30' ~ 119°05' E 之间。土地利用类型以灌溉水田、旱地、林地及水域为主, 居民地类型主要是城镇和乡村, 适合进行居民地信息提取试验。

(3) 南京试验区。位于江苏西南部, 长江下游南岸, 介于 31°38' ~ 32°13' N 和 118°31' ~ 119°04' E 之间。年均降水量 1 012 mm, 雨日 119 d。秦淮河流贯全境, 低丘湖泊、水库、塘坝及平原的鱼塘分布广泛, 适合进行水体信息提取试验。

2 分类方法与试验

基于距离计量和贝叶斯准则的非监督与监督分类技术仅考虑了图像像元亮度值之间的相似性, 不涉及地物的形状和纹理特征; 而专题信息提取则可以充分利用不同地物的形状和纹理信息, 最大限度地提取 1 级、2 级甚至 3 级的土地覆被分类要素, 但每次提取的只能是单一分类要素, 专题信息间缺乏

必要的综合性。因此,把土地覆被分类的结果和专题信息提取的结果进行叠合,经过综合取舍,可以得到满足实际应用需要的土地利用与覆被分类结果。

2.1 土地覆被的专家系统分类技术

近年来,以专家知识和经验为基础的光谱信息和其它辅助信息综合的图像解译技术得到了广泛的研究,认为利用其它辅助信息的光谱特征综合分类可以得到更高的分类精度,是遥感信息提取的发展趋势之所在^[8]。已有学者把专家系统技术引入图像自动解译,研究表明,专家系统技术可以为图像自动解译提供一个良好的综合各种数据的环境,是提高遥感图像自动解译精度的有效途径之一。本次分类试验对绍兴试验区 1997 年 5 月 4 日 300 像元 × 300 像元的 TM 图像及地物分布特点进行了分析,在此基础上建立了绍兴地区土地利用与覆被分类的专家系统分类规则,对试验区进行了分类^[9]。

首先,根据 TM7 TM4 TM3 合成图像目视解译并结合绍兴地区的土地利用与覆被情况,将本试验区土地利用与覆被类型初步分为 6 类:水体、水田、园地、林地、裸地和居民地;根据 TM 合成图像对试验区内典型地物类型进行采样,对各样本按最小值、最大值、平均值和方差加以统计(图 1)。

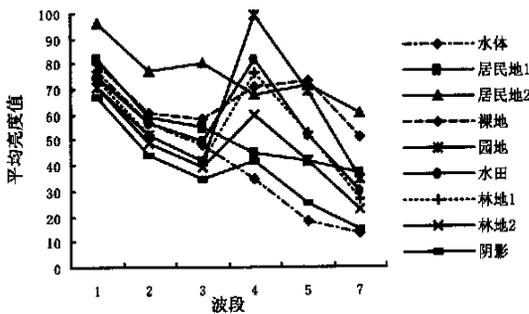


图 1 绍兴试验区 TM 图像典型地物光谱响应曲线

由于植被强烈反射近红外辐射,因此在 TM4 波段上具有较高的亮度值,且不同的植被类型在 TM4 波段上的亮度值具有较大的差异;而在 TM3 波段上,由于其强吸收特性而具有较低的亮度值。因此,进一步计算了归一化植被指数: $NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$ (拉伸到 0 ~ 255)。与此类似,由于水体对近红外波段的强烈吸收,在 TM5 波段上具有低亮度值;而对绿光波段有较高反射,在 TM2 波段上具有高亮度值。所以,为了增强这种差异,对水体差值指数 $WI = TM2 - TM5$ (拉伸到 0 ~ 255) 进行了统计。

经过反复试验建立如下专家分类规则(其中地

貌类型的自动识别通过构建 DEM 来实现):

- 水体: $WI > 195$ and $TM7 < 30$ and $NDVI < 100$;
- 居民地: $NDVI < 140$ and $TM7 > 30$ and $WI > 136$ and $TM3 > 66$;
- 裸地: $NDVI < 140$ and $WI < 136$ and $TM3 < 66$;
- 园地: $NDVI < 210$ and $WI < 132$;
- 水田: $140 < NDVI < 210$ and $TM2 > 54$ and $TM3 > 45$ and (地貌类型 = 沟谷盆地 or 地貌类型 = 平原);
- 林地: $(140 < NDVI < 210$ and $TM2 > 54$ and $TM3 > 45$ and 地貌类型 = 丘陵山地) or $(NDVI > 100$ and $TM7 < 30)$ 。

根据这些规则完成最终的自动分类。结果表明,基于规则的专家系统分类方法优于传统的监督分类方法(插页彩片 13)。

2.2 居民地信息提取的决策树方法

居民地信息的提取是遥感专题信息提取的难点之一。这是因为居民地是由建筑物、道路、绿地及空地等多种地物类型相互延续、相互交错而构成的复杂混合体。而建筑物的材料、结构和形式的不同,也导致了居民地在遥感图像上的类间差异。

以江宁为研究区域,针对城市边缘区居民地的影像特征,对 SPOT 卫星图像上居民地及其背景地物的光谱特征和形状特征进行了分析,提出了基于亮度特征和形状指数的 SPOT 图像居民地信息自动提取的决策树模型,并取得了较好的应用效果。

所使用的图像资料为 1999 年 1 月 21 日的 SPOT - 4(XI),为了便于目视判读,在对原始图像进行几何纠正和辐射校正等预处理后,选取 SWIR、B3、B1 三个波段进行假彩色合成,在该合成图像上,居民地表现为紫灰色调。

首先,分析典型地物的波谱响应关系,发现居民地、旱地、道路和阴影的光谱响应曲线走势大体相似,均有 $SWIR > B3$ 且 $B2 > B3$ 的特点;水田和林地具有 $B3 > B2$ 且 $B3 > SWIR$ 的特点。而分析典型地物间的亮度值关系,则发现;在 B1、B2 波段上,居民地可以与林地、阴影分开;在 B3 波段上,居民地可以与水体、阴影分开;在 SWIR 波段上,居民地可以与水体、旱地和阴影分开。

根据上述分析,提出利用决策树方法进行居民地信息提取的基本思路(图 2)。

该方法不仅不需要依赖任何先验的统计假设条件,而且可以方便地利用亮度值以外的其它知识。其步骤为:

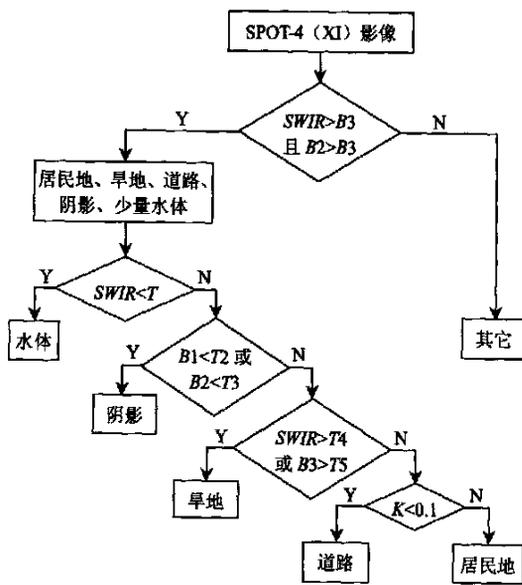


图 2 居民地信息提取的决策树方法流程

(1) 根据 $SWIR > B3$ 且 $B2 > B3$ 提取居民地、旱地、道路和阴影,并将提取结果与原始图像进行叠加,发现林地和水田几乎排除,但混有少量的水体。

(2) 对混入的少量水体进行采样,发现它们主要是一些亮度值较低的水体。水体在 SWIR 波段与其它地物相比亮度值明显较低,因此可以设定阈值 $T1$ 加以去除。根据样本统计,阈值范围 $T1$ 在 55 ~ 65 左右,经过反复尝试最终确定以 $SWIR < 60$ 去除混入的水体,同时由于阴影在 SWIR 波段上光谱值与水体相似而有一部分被除去。

(3) 居民地与阴影在 $B1$ 和 $B2$ 波段上亮度值差异较大,可以通过设定阈值 $T2$ 、 $T3$ 分开。观察影像 $B1$ 和 $B2$ 波段的直方图,发现分别在 96 和 84 附近有谷值。同时根据样本统计,居民地在 $B1$ 、 $B2$ 波段上亮度值范围分别为 103 ~ 115 和 96 ~ 112; 而阴影分别为 73 ~ 92 和 58 ~ 77。因此估计 $T2$ 在 95 ~ 100 左右, $T3$ 在 80 ~ 95 左右,经过反复尝试确定以 $B1 < 100$ 或 $B2 < 85$ 去除仍存在的阴影。

(4) 旱地在 SWIR 和 $B3$ 波段上亮度值要比居民地大得多,因此可以设定阈值 $T4$ 、 $T5$ 去除。根据采样统计,在这 2 个波段上旱地亮度值范围分别为 140 ~ 192 和 87 ~ 130; 居民地分别为 81 ~ 126 和 69 ~ 94,同时结合其均值情况初步确定 $T4$ 和 $T5$ 分别为 125 ~ 140 左右、90 ~ 100 左右,反复尝试后确定以 $SWIR > 130$ 或 $B3 > 90$ 去除旱地。

(5) 将上述影像格式的结果进行综合处理后转换为矢量层,然后根据形状指数公式 $K = \sqrt{A}/p$ 计算各图斑的形状指数,再根据 $K < 0.1$ 去除道路。

将利用上述方法提取的结果与原始图像进行叠加,检验提取效果,认为该方法的总体提取效果较为令人满意,特别是对于面积在 10 000 m^2 以上的居民地(插页影片 14)。

2.3 水体信息迭代混合分析提取技术

由于大多数地形阴影与深水水体的光谱特征相混淆,因此,对于山区来说,水体信息提取的难点在于山体阴影的去除。

本试验利用 CBERS - 1 卫星 CCD2、3、4 波段南京幅 1999 年 12 月 10 日的数据,经去除条带及几何精纠正后,选取 1 262 像元 \times 1 295 像元的子区作为试验数据。首先对不同地物影像进行采样分析,并根据采样数据作光谱响应曲线图(图 3)。

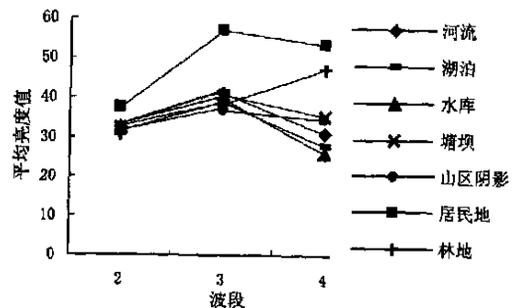


图 3 南京试验区 CBERS - 1 影像典型地物光谱响应曲线

从图中可看出,其它地物如林地、居民地等在 4 波段的光谱值均比水体高,因此 4 波段是 CBERS - 1 卫星 CCD 数据提取水体的最佳波段。但从图中也可以看出,水体(特别是深水水体)和山区阴影在 4 波段混淆在一起,无法分开。常用的分离方法有单波段阈值法、谱间关系法、比值法等。鉴于 CBERS - 1 数据灰度值分布在一个较窄的范围,加之水体与山区阴影基本上分布在 27 ~ 45 之间,经过试验分析,利用上述方法难以达到满意的效果。通过分析不同水体在不同波段的光谱响应特征及山区阴影对水体提取的影响,运用迭代混合分析方法^[11]进行了提取试验。

迭代混合分析方法是对由阈值法得到的数据进行水体与山区阴影的迭代分离,分离的基本原则是根据试验区采样点数据,经过多次反复试验由粗略分离到逐步细化。主要提取步骤为:

(1) 通过 4 波段把水体和其它地物分开,得到水体(含山区阴影);

(2) 使用单波段阈值法或其它常用的分离方法,分离水体与山区阴影,得到含有山区阴影的水体和含有水体的山区阴影 2 部分数据;

(3)对 2 部分数据分别进行典型采样点光谱分析和水体与山区阴影的分离,得到山区阴影部分和水体部分,并分别进行合并,即实现第 1 次分离合并;

(4)再次进行采样和分离,并分别进行合并,即实现第 2 次分离合并;再进行分离合并,直到对得到的水体数据满意为止。

该方法对于灰度值较低的 CBERS - 1 数据的水体提取,效果较好,从图 4(右)可以看出,山区阴影已从水体中剔除出来。

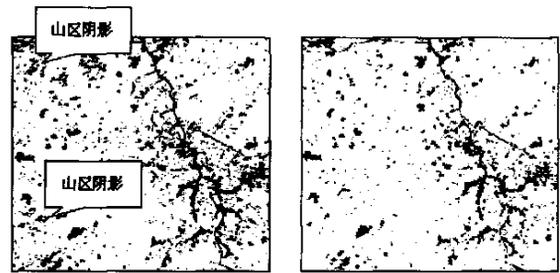


图 4 南京试验区水体提取结果比较
(左: 水体(含山区阴影)提取结果; 右: 水体提取结果)

3 精度评价

为了评价分类试验的精度,随机选取了 256 个样本,建立混淆矩阵,计算其生产者精度、用户精度以及 Kappa 系数,并将其与常规的监督分类提取精度进行比较(表 1)。结果表明,与传统的监督分类

方法相比,基于规则的专家系统分类方法的总体分类精度提高了 7.86%,Kappa 系数提高了 0.033;基于决策树的居民地信息提取方法的生产者精度提高了 23.38%,用户精度提高了 12.27%,Kappa 系数提高了 0.135;基于迭代混合分析技术的水体信息提取,可以很好地去掉山体阴影。

表 1 分类试验的精度评价

	土地覆被分类		居民地信息提取		水体信息提取	
	监督分类	专家系统分类	监督分类	决策树方法	单波段阈值法	迭代混合分析法
生产者精度/ %			52.00	75.38		
用户精度/ %			72.73	85.00		
总体精度/ %	80.03	87.89			较低	较高
Kappa 系数	0.763	0.796	0.677	0.812		

4 结论

通过对 TM、SPOT 和 CBERS - 1 等中分辨率卫星遥感图像的土地利用与覆被分类和专题信息提取试验,得出如下结论:

(1)基于规则的专家系统分类技术能有效地进行土地利用与覆被分类,与监督分类相比较,其精度有较大提高。专家知识库中知识规则的正确性与完整性直接影响着分类的精度。但知识库的内容因研究区域的不同而有很大差异,移植能力较差。

(2)决策树方法可用来准确地提取居民地信息,将其与易于混淆的旱地、道路和阴影区分开来,条件是需要反复尝试确定几个最佳的阈值。

(3)迭代混合分析方法提取水体的效果较好,特别是可以有效地去除水体中的山区阴影。

参考文献

[1] 王宏志,朱俊林.我国利用遥感数据提取土地利用现状信息的技术进展[J].国土资源遥感,2000,(3):1-6.
[2] 陈百明,刘新卫,杨红.LUCC 研究的最新进展评述[J].地理科

学进展,2003,22(1):22-29.
[3] 刘纪远.国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究[J].遥感学报,1997,1(3):225-230.
[4] 甘甫平,王润生,王永江,等.基于遥感技术的土地利用与土地覆盖的分类方法[J].国土资源遥感,1999,(4):40-45.
[5] Marc Simard,et al..The use of decision tree and multiscale texture for classification of JERS - 1 SAR data over tropical forest [J]. IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing,2000,38(5):2310-2321.
[6] 杨存建,周成虎.基于知识的遥感图像分类方法的探讨[J].地理学与国土研究,2001,17(1):72-77.
[7] 孙家桢,刘继琳,李军.多源遥感影像融合[J].遥感学报,1998,2(1):47-50.
[8] Lawrence Rick L,Wright A. Rule - based Classification System Using Classification and Regression Tree (CART) Analysis[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,2001,67(10):1137-1142.
[9] 赵萍,冯学智,王雷,等.江南丘陵地区土地利用/覆被分类[J].南京大学学报(自然科学),2003,39(3):404-410.
[10] 杨存建,周成虎.TM 影像的居民地信息提取方法研究[J].遥感学报,2000,4(2):146-150.
[11] 赵书河,冯学智,都金康.中巴资源一号卫星水体信息提取方法研究[J].南京大学学报(自然科学),2003,39(1):106-112.
[12] 赵书河,冯学智,赵锐.中巴资源一号卫星南京幅数据质量与几何纠正评价[J].遥感技术与应用,2000,15(3):170-174.

[13] 谢文君,倪绍祥. 从 TM 图像提取地表水体方法的比较研究[A].
中国地理学会编. 地理学的理论与实践 - 纪念中国地理学会

成立九十周年学术会议文集[C]. 北京:科学出版社. 2001. 78
- 84.

METHODS AND ACCURACY ASSESSMENT FOR LAND USE AND COVER CLASSIFICATION BASED ON MEDIUM RESOLUTION REMOTELY SENSED DATA

XIAO Peng - feng¹, LIU Shun - xi², FENG Xue - zhi¹, ZHAO Shu - he¹, ZHAO Ping¹

(1. Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Land Surveying and Planning Institute of China, Beijing 100029, China)

Abstract : New methods have been proposed in this paper to improve the classification accuracy in addition to unsupervised and supervised classification procedures. In land cover classification, only the comparability of pixels is considered, while the figure and texture characteristics are not involved. In contrast, thematic information extraction can make good use of these characteristics and extract classification features more precisely. The authors therefore integrated the land cover classification with the thematic information extraction to improve the classification accuracy. During the study, three methods were selected, namely the expert system classification method for land cover, the decision tree extraction method for residential area and the iterative mixed analytical method for water extraction. These methods were tested in Shaoxing, Jiangning and Nanjing areas respectively. The gross classification accuracy of these new methods is 87.89%, which is about 7.86% higher than the common supervised classification method. Especially in fragmented plots as well as low mountain and hilly areas south of the Yangtze River, the problem of objects classification confusion has been solved effectively.

Key words : Medium resolution remotely sensed data; Land use and cover; Expert system; Decision tree; Iterative mixed analysis

第一作者简介: 肖鹏峰(1979 -),男,南京大学城市与资源学系博士研究生,主要研究方向为资源环境遥感。

(责任编辑: 肖继春)

(上接第 35 页)

RESEARCHES ON THE KNOWLEDGE MINING OF RIVER NETWORK STRUCTURES BASED ON SPOT - 5 IMAGE

GAO Long - hua^{1,2}, ZHANG Xing - nan¹

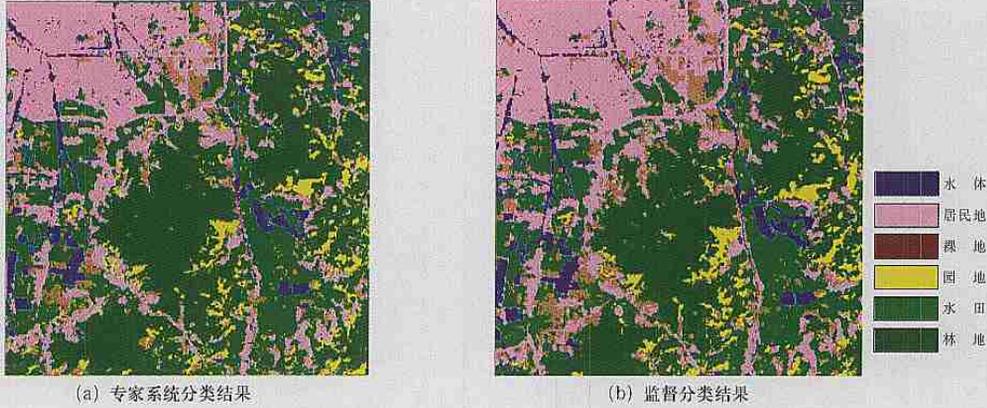
(1. College of Water Resources and Environmental Engineering, Nanjing 210098, China; 2. Engineering College of Xuzhou Normal University, Xuzhou 221011, China)

Abstract : This paper has designed a structural type identification method of the Suzhou river network picked up from the SPOT - 5 image. According to the overall structural features of the Suzhou river network, some typical discrimination factors are selected, and then discrimination is made by using one or several discrimination factors. On the basis of the statistical features, it can be divided into some possible classifications and, by using other factors, differentiation can be further carried out in the resulting classification. Therefore, with the dichotomy, the types of river network can be classified. This method proves to be very effective in the structural type identification of the Suzhou river network and can attain the aim of differentiating structures of river networks.

Key words : SPOT - 5 image; River network; Knowledge mine; Discrimination factor

第一作者简介: 高龙华(1975 -),讲师,现为河海大学水资源环境学院博士研究生,主要研究方向为遥感与地理信息系统。

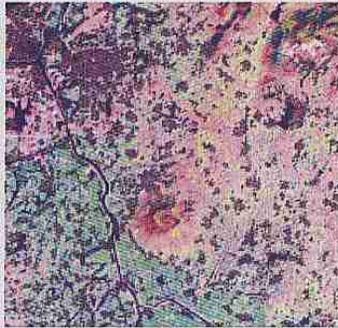
(责任编辑: 肖继春)



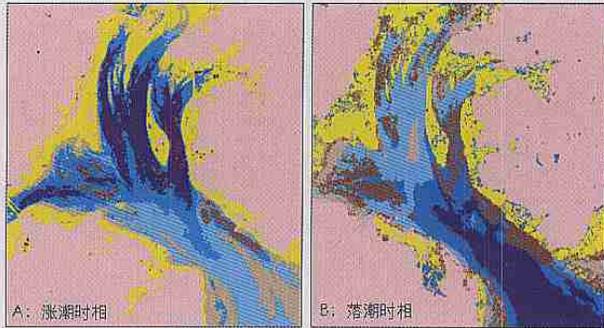
(a) 专家系统分类结果

(b) 监督分类结果

彩片13 绍兴实验区TM影像土地覆被分类结果

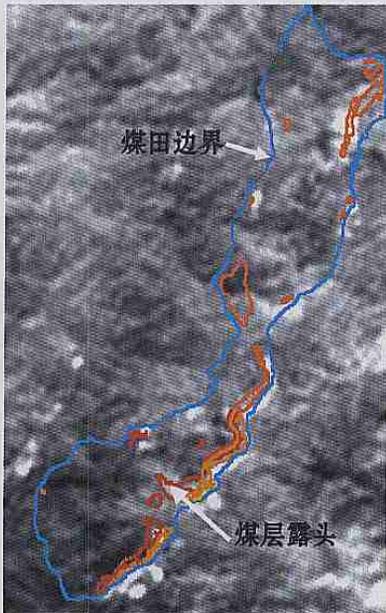


彩片14 江宁试验区居民地提取结果与原始影像叠加



图例: 高浑浊带 中浑浊带 滩涂 陆地
低浑浊带 清水带 漂浮物

彩片15 同安湾悬沙梯度遥感译解结果图



彩片16 TM6波段图像与煤层分布综合图



彩片17 岷山构造带DEM效果图



彩片18 老熊沟断裂DEM解译图

(彩片15 见林桂兰,等一文; 彩片16 见张建民,等一文; 彩片17、18 见张会平,等一文)