

多角度高光谱 CHRIS/PROBA 数据在 土地覆盖分类中的应用

张西雅¹, 金慧然², 李培军¹

(1. 北京大学地球与空间科学学院遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871;

2. 美国纽约州立大学环境资源科学系, 纽约 12210)

摘要: 分析评价多角度 CHRIS 数据在土地覆盖分类中的性能。分析了不同地物的多角度光谱特征, 运用不同角度的 CHRIS 数据及其组合进行土地覆盖分类。结果表明, 不同地物在不同角度上的光谱特征不同, 不同角度图像的分类精度不同, 而运用多角度 CHRIS 图像可得到比单角度图像更高的分类精度, 但要得到最佳的分类结果, 需要选择合适的多角度图像组合。

关键词: 多角度; 土地覆盖分类; CHRIS/PROBA; 高光谱图像

中图分类号: TP75 文献标识码: A 文章编号: 1672-0504(2010)05-0068-04

紧密型高分辨率成像分光计 (Compact High Resolution Imaging Spectrometer, CHRIS) 是搭载在欧空局 PROBA (The Project for Orbital Board Autonomy) 小卫星上的高空间分辨率高光谱成像传感器, 能够同时获取 5 个不同角度的高光谱数据, 为地表覆盖类型的高精度识别与分类提供新的可能。有研究者对 CHRIS 数据的多角度性能和数据处理进行了深入分析^[1-3], 但运用多角度高光谱图像进行土地覆盖分类的研究并不多^[4]。本研究主要分析和评价运用多角度高光谱 CHRIS 数据进行土地覆盖分类的性能。具体包括: 1) 比较评价不同角度的数据在土地覆盖中的性能; 2) 分析评价运用多角度数据能否有效提高分类精度; 3) 不同角度数据的组合在土地覆盖分类中的性能。

1 研究区域和数据分析

PROBA 是欧空局 (ESA) 于 2001 年 10 月 22 日发射的小卫星, 其上搭载了多个传感器, 包括多角度紧密型高分辨率成像光谱仪 CHRIS, 可提供 5 个角度 (-55° 、 -36° 、 0° 、 36° 、 55°) 的高光谱数据, 光谱范围从可见光到近红外 ($0.41 \sim 1.05 \mu\text{m}$), 最多可获取 62 个波段, 空间分辨率高达 18 m, 每幅图像的有效大小为 370 像素 \times 748 像素。CHRIS 数据共有 5 个成像模式, 模式 3、4、5 主要为陆地成像, 模式 2 为水成像, 模式 1 则包括陆地与水成像。本文采用模式 5 的图像数据 (包含 37 个波段, 空间分辨率 18 m) 进行处理与分析, 选择 2007 年 11 月

2 日的 CHRIS 数据进行研究区土地覆盖分类。由于 55° 两幅图像变形严重, 图像质量差, 与另外 3 个角度的图像难以配准, 本文只利用 0° 、 -36° 、 36° 图像进行处理和分析, 将这 3 个角度的图像精确配准, 最终采用的图像大小为 360 像素 \times 650 像素。图像分类采用的训练样本和检验样本是根据地面的实际调查数据, 分别独立地从图像上选取, 两类样本数如表 1 所示。

表 1 分类所用的训练样本和检验样本
Table 1 The training samples and testing samples for classification

类别	居住地	水体	裸地	果树	棉花	小麦	总计
训练样本数	1 799	903	284	791	1 421	1 161	6 359
检验样本数	3 308	2 361	889	2 698	5 318	4 858	19 432

研究区位于河北省衡水地区, 该区地势平坦, 是典型的农业区, 主要作物为小麦、玉米、棉花等。棉花生长期为 5—11 月, 一年一季; 小麦 (生长期为 10 月至次年 6 月) 和玉米 (生长期 6—10 月) 轮作。研究区其它的土地类型包括水体、居民地、裸地。

2 基于 CHRIS/PROBA 数据的土地覆盖分类

2.1 处理与分析流程

由于 CHRIS 图像往往存在水平与垂直两种条带噪声^[5,6], 首先进行条带去除及相对辐射纠正。为了减少图像配准中重采样对图像质量的影响, 不同角度图像的配准是在图像条带去除和相对辐射纠正后进行的 (图 1)。在上述预处理的基础上, 对主要地物的多角度特征进行分析, 运用不同角度数据及其组合分别进行分类。

收稿日期: 2010-03-10; 修订日期: 2010-05-21

基金项目: 国家 863 计划项目 (2008AA121806)

作者简介: 张西雅 (1987-), 女, 蒙古族, 硕士研究生, 主要从事遥感信息处理和应用研究。E-mail: zhaxiyajia1987@126.com

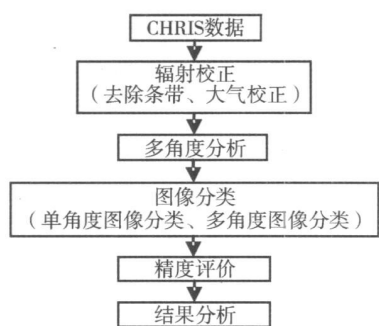
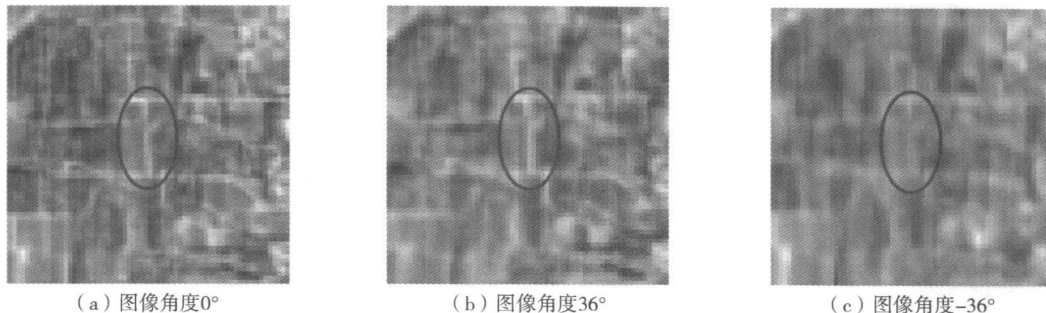


图 1 处理流程
Fig. 1 Processing flow in this paper



注: R: 10 波段, G: 25 波段, B: 4 波段; 椭圆表示不同角度图像中细小的线性特征。

图 2 不同角度的 CHRIS 假彩色合成图中果树的特征

Fig 2 The fruit tree feature in the false color composite image using different angles

为了分析不同类别的不同角度光谱特征, 选取水体、棉花、果树和居民地 4 个类别在不同角度下的光谱曲线(为邻域内的光谱曲线均值)进行对比(图 3)。可以看出, 同一种地物在不同观测角度其反射光谱曲线总体形态基本一致, 但反射率大小不同。从图 3a 可以看出, 棉花在 36° 图像中的反射率较其它两个角度的反射率都高; 而果树的反射率曲线(图 3b)中, 36° 图像反射率最高, 0° 图像反射率最低; 居民地光谱曲线(图 3c)中, 0° 图像反射率最高, 但与 36° 图像反射率接近; 水体 3 个角度的光谱曲线(图 3d)非常接近。总体上, 棉花和果树对角度更敏感。

2.3 土地覆盖分类

分别对 CHRIS 数据的 3 个角度图像进行特征提取, 确定可以代表各自信息量的主成分。经过特征提取及用不同数量的主成分进行分类比较, 发现每个角度的图像的前 3 个主成分(分别占总体信息的 98.97%、98.31% 和 99.31%) 基本可以反映各角度的光谱特征, 因此, 将各个角度图像的前 3 个主成分及其不同组合用于图像分类和比较。

表 2 是单角度图像的分类结果比较。可以看出, 0° 图像的总分类精度和 Kappa 系数比 36° 图像和 -36° 图像高。在 0° 图像的分类结果中, 居民地、小麦和裸地的用户精度和生产者精度比在另两个角度图像的分类结果中高, 这与各个角度图像分类的

2.2 多角度分析

首先比较不同角度的图像。图 2 的 3 幅图像中同一种地物的差别如下: 0° 图像(图 2a)的分辨率最高, 细节最为清晰, 果树的光谱特征变化较大, 而 36° 图像(图 2b)和 -36° 图像(图 2c)分辨率较低, 果树内部相对均匀; 而且果树颜色在不同角度图像中也不相同, 在 -36° 图像中比较模糊, 易与周围的棉花地混淆。同时, 图 2 中椭圆标记处的小路在 0° 图像中很清晰, 但在 36° 和 -36° 图像中则非常模糊。可见, 各角度图像对于不同类别之间的辨别能力不同。

总体精度一致。而 36° 图像和 -36° 图像的分类结果中果树的精度和生产者精度高于 0° 图像的分类结果, -36° 图像分类结果中棉花的用户精度和生产者精度也高于 0° 图像的分类结果; 水体的分类精度在 3 个角度图像中相似, 这与不同类别的多角度光谱特征相一致, 同时也表明, 不同的地物类别在特定角度的图像更有效, 因此, 利用多角度图像可得到比单角度图像更高的分类精度。

表 2 单角度分类结果比较
Table 2 Single angle classification results by SVMs

	0°		36°		-36°	
	PA	UA	PA	UA	PA	UA
小麦	87.34	93.81	72.54	74.93	74.97	75.92
棉花	91.44	92.81	90.22	87.86	95.68	93.78
水体	97.92	98.17	94.24	97.03	94.87	97.07
居民地	95.86	69.83	65.48	51.13	72.93	60.73
果树	66.46	86.91	73.20	93.29	74.49	95.60
裸地	77.84	97.46	57.14	81.67	70.80	87.50
OA	87.87		78.21		83.30	
Kappa	0.8478		0.7256		0.7790	

注: PA: 生产者精度(%); UA: 用户精度(%); OA: 总体精度(%), 下同。

图 4 为 0° 和 36° 图像分类结果的局部, 是果树为主的分类细节图, 可以发现, 0° 图像的分类结果图中细节信息更丰富、更准确, 36° 图像的分类结果图相对平滑, 但局部有误分。在多角度分析中, 也发现 0° 图像的细节更加完整, 这个分类结果也与多角度分析相吻合。

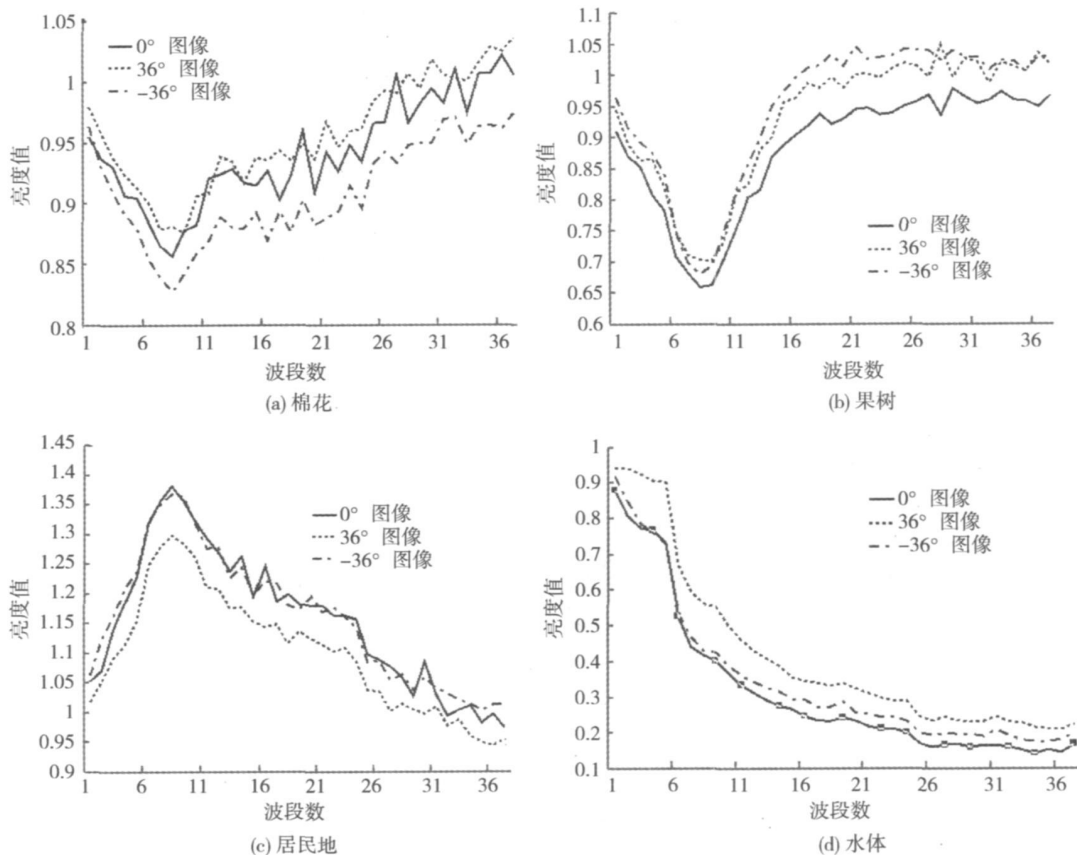


图 3 典型地物在不同角度下的光谱曲线
 Fig. 3 Multi-angle reflectance of typical surface features

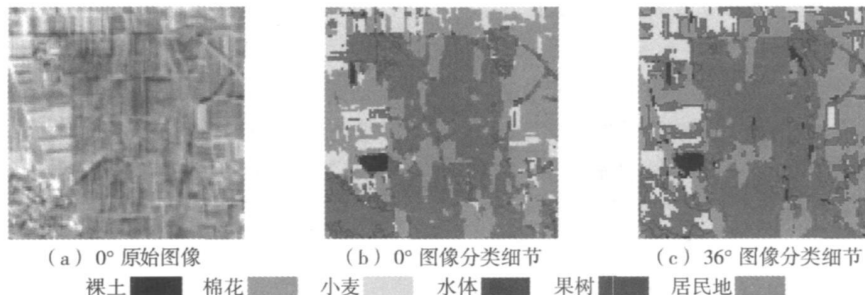


图 4 CHRIS 数据 0° 图像和 36° 图像分类后果树细节对比
 Fig. 4 The details comparison between classified images using single angle(FZA) 0° alone and single angle(FZA) 36°

多角度组合图像的分类结果如表 3 所示,可以看出,其总体分类精度比任一单角度图像的分类精度都高。与单角度 0° 图像的分类结果相比,0° 和 36° 组合图像的分类精度和 Kappa 系数分别提高了 1.03% 和 1.27%; 0° 和 -36° 组合图像的分类精度和 Kappa 系数分别提高了 2.94% 和 3.67%; 36° 和 -36° 组合图像的分类精度和 Kappa 系数分别提高了 1.71% 和 2.13%。3 个角度组合图像的分类精度和 Kappa 系数分别为 90.36% 和 0.8788,比单角度 0° 图像的分类精度和 Kappa 系数分别提高了 2.49% 和 3.1%,与 0° 和 -36° 组合图像的分类精度相近。

多角度组合图像分类结果中,各类地物的生产

者精度和用户精度均有一定的提高。例如,与单角度 0° 图像相比,在多角度组合图像中,果树和棉花的生产者精度和用户精度普遍提高,这与多角度分析相吻合。生产者精度和用户精度的普遍提高表明,在分类过程中,“漏分”和“错分”的像元数减少了,尽管不同类改善的幅度不同,但是运用多角度组合图像进行分类的效果很明显。

对比多角度分类图细节(图 5,见封 3),发现多角度组合图像的分类结果更平滑和均匀;而仅用单角度 0° 图像分类,图像中果园内部有明显的斑点噪声。两个角度(0° 和 -36°)组合图像和 3 个角度(0°、36° 和 -36°)组合图像的分类结果中果园内部更加均一,斑点噪声减少。

表 3 单角度图像、多角度组合图像的分类结果比较
Table 3 Classification results by SVMs

	0°		0° & 36°		0° & -36°		36° & -36°		0° & 36° & -36°	
	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA
小麦	87.34	93.81	87.90	92.81	89.34	93.68	86.83	91.44	88.90	92.88
棉花	91.44	92.81	93.65	93.06	94.34	93.83	93.68	93.30	94.53	93.86
水体	97.92	98.17	98.01	97.80	98.22	98.22	98.22	97.40	98.05	98.09
居民地	95.86	69.83	95.28	71.49	96.49	76.62	95.07	75.33	95.65	75.33
果树	66.46	86.91	69.76	93.54	77.39	94.18	77.80	93.12	75.98	94.73
裸地	77.84	97.46	75.82	97.40	77.39	97.18	72.44	96.26	76.60	97.01
OA	87.87		88.90		90.81		89.58		90.36	
Kappa	0.8478		0.8605		0.8845		0.8691		0.8788	

3 结论

本文运用多角度 CHRIS 数据进行土地覆盖分类, 评价多角度高光谱数据在土地覆盖分类中的性能。综合分析各组 CHRIS 数据的分类结果发现: 不同角度图像的分类结果差别较大, 0° 图像分类结果细节最多, 总体分类精度最高; 其它角度图像分类结果细节少, 总体精度较低, 但某些类分类结果更好; 多角度组合图像分类结果可以综合不同角度图像的特点。运用多角度的 CHRIS 数据分类可获得比单角度数据更高的精度, 但并不意味多角度组合中角度越多越好, 3 个角度组合图像的精度并没有两个角度(0° 和 -36°) 组合图像的精度高, 要得到最好的分类结果, 需要选择合适的多角度数据组合。

本文所用的 CHRIS/ PROBA 数据由欧空局 Cat-1 项目提供, 此致谢忱!

参考文献:

[1] BARNESLEY M J, SETTLE J J, CUTTER M A, et al. The

PROBA / CHRIS mission: A low-cost smallsat for hyperspectral multiangle observations of the Earth surface and atmosphere [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2004, 42(7): 1512- 1520.

[2] 张霞, 张兵, 胡方超, 等. 航天成像光谱仪 CHRIS 辐射与光谱性能评价[J]. 中国科学 E 辑(技术科学), 2006, 36(s1): 85-93.

[3] 盖利亚, 刘正军, 张继贤. CHRIS/ PROBA 高光谱数据的预处理[J]. 测绘工程, 2008, 17(1): 40- 43.

[4] DUCA R, FRATE F D. Hyperspectral and multiangle CHRIS PROBA images for the generation of land cover maps[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2008, 46(10): 2857- 2866.

[5] BARDUCCI A, GUZZI D, MARCOIONNI P, et al. CHRIS PROBA performance evaluation: Signal to noise ratio, instrument efficiency and data quality from acquisitions over San Rossore (Italy) test site [A]. Proc. of 3rd ESA CHRIS/ PROBA Workshop [C]. Italy: ESA/ ESRIN, 2005. 21- 23.

[6] GARCIA J C, MORENO J. Removal of noises in CHRIS/ PROBA images: Application to the SPARC campaign data [A]. Proc. of 2nd CHRIS/ PROBA Workshop [C]. Italy: ESA/ ESRIN, 2004. 28- 30.

Land Cover Classification Using Hyperspectral and Multi-angle CHRIS/ PROBA Images

ZHANG Xi-ya¹, JIN Hui-ran², LI Pei-jun¹

(1. Institute of Remote Sensing and GIS, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Department of Environmental Resources & Forest Engineering, College of Environmental Science and Forestry, State University of New York, Syracuse NY 12210, U. S. A.)

Abstract: The availability of multi-angle CHRIS (Compact High Resolution Imaging Spectrometer) imagery with high spatial resolution provides new opportunities for more accurate land cover classification than ever. In this paper, multi-angle CHRIS data were evaluated in land cover classification, using CHRIS mode 5 images acquired over an agricultural area. The multi-angle spectral features of different land cover types derived from CHRIS images were first analyzed. The land cover classifications were then performed separately using CHRIS images with different imaging angles and their combinations. The results showed that images acquired with different angles achieved different classification accuracies. Moreover, the classification using CHRIS images acquired at different angles combined produced higher overall accuracy, compared to the classification results with single angle images alone.

Key words: multi-angle; land cover classification; CHRIS/ PROBA; hyperspectral image

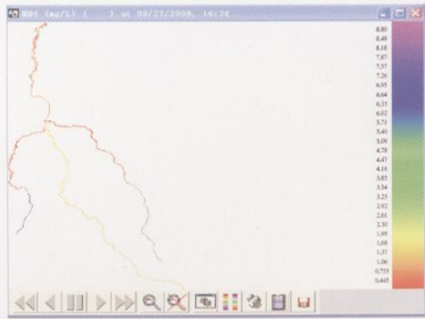


图 3 各河段氨氮(NH₄)浓度随时间变化情况
Fig. 3 Ammonia nitrogen concentration changing with time for each segmentation

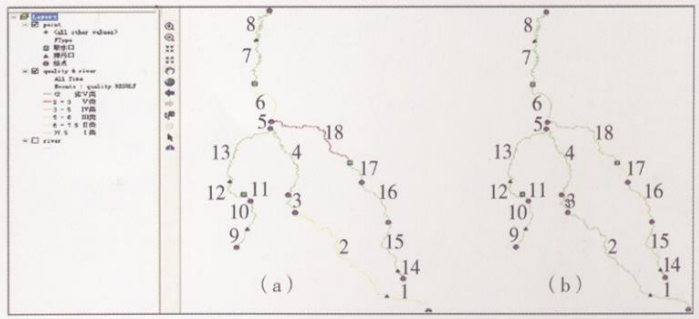


图 4 各河段溶解氧在 2009 年 5 月 13 日(a)、8 月 4 日(b)状况
Fig. 4 Dissolved oxygen concentration of each segmentation on May 13, 2009 and August 4, 2009

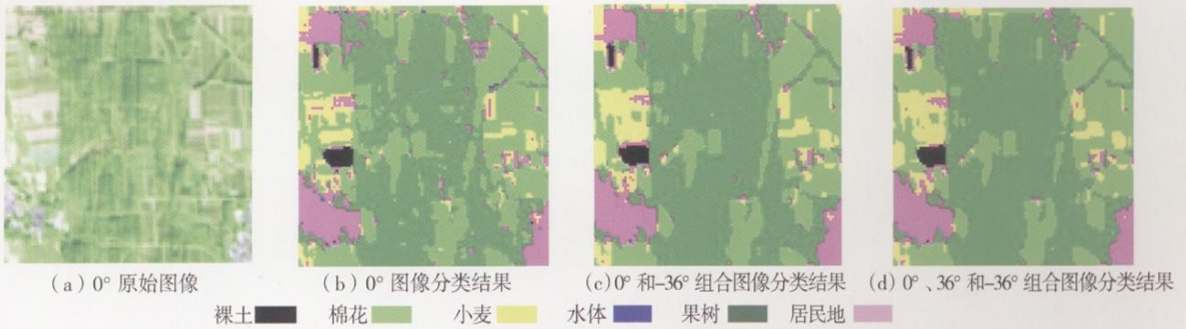


图 5 CHRIS 数据多角度图像分类细节对比
Fig. 5 Comparison between classified images using multi-angle CHRIS images

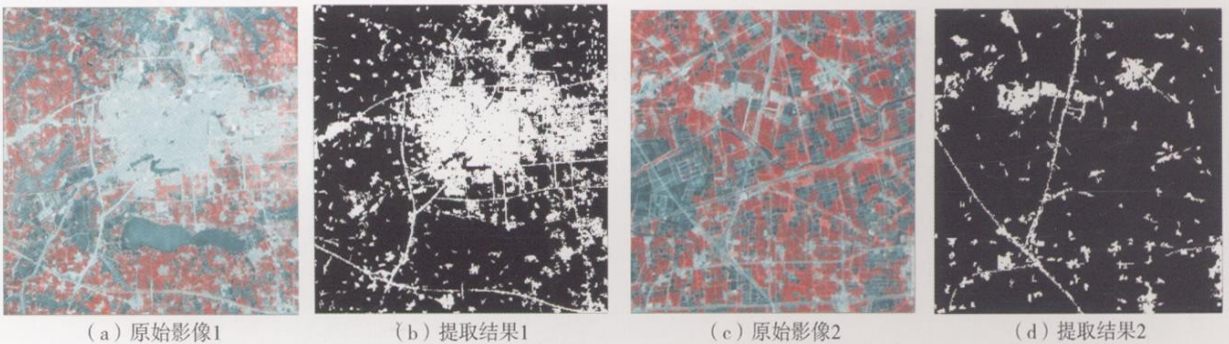


图 4 TM 影像常州市居民地信息提取结果
Fig. 4 The extracted residential areas from TM image in Changzhou City

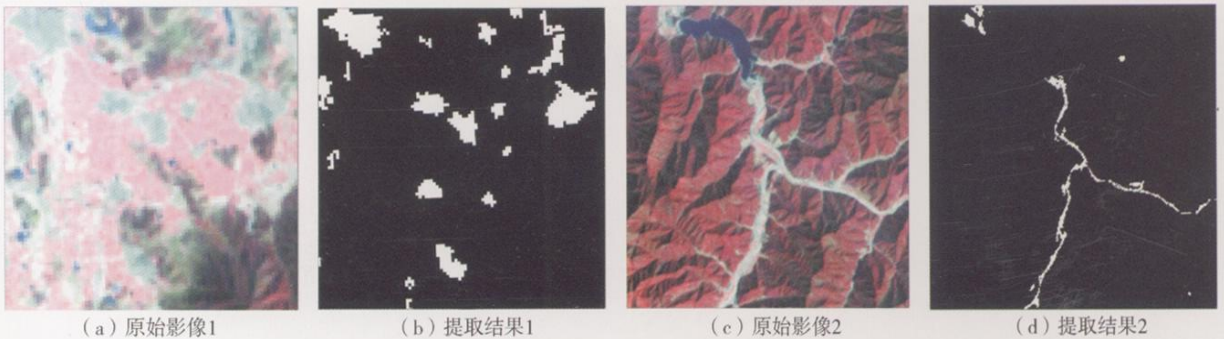


图 6 ETM+ 影像桐庐县居民地信息提取结果
Fig. 6 The extracted residential areas from ETM+ image in Tonglu County