

# 航空与卫星影像数据多尺度分割对比研究

江 森, 陈秀万, 吴才聪, 张 清, 陶迎春  
(北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

摘要: 本文从遥感影像多尺度分割的角度分析了同一地区的航片与 QuickBird、IKONOS 等卫星数据的分割效果, 讨论了不同地物和不同影像的最佳分割尺度, 以增强对目标物的检测与识别能力, 提高现有航空遥感数据及卫星影像数据应用的精度和效率, 并对最终分类结果进行了比较。结果表明航片、QuickBird、IKONOS 的最佳分割尺度分别为 125、100、75, QuickBird 的分类精度最高, 航片和 IKONOS 的分类精度次之。因此可认为, 航片在实际应用中, 可以代替高分辨率卫星影像。

关键词: 多尺度分割; 高分辨率; 航空影像; 最佳分割尺度

## 1 引言

近年来, 随着对地观测技术取得了前所未有的突破, 越来越多的商业卫星开始为社会各界提供遥感数据, 其中包括各种高分辨率影像数据。与此同时, 由于社会需求的迅猛增长, 航空数字摄影测量也得到了快速发展。目前, 仅国内就已有多家单位开展了航空遥感应用的科研和业务工作。例如, 北京大学、中科院遥感应用研究所与新疆生产建设兵团科技局、新疆通用航空公司等于 2005 年 6 月在新疆石河子市合作开展的“高空超高空对地观测系统”(HEOS) 试验飞行, 成功获取了示范区大面积航空遥感影像数据, 经初步处理、应用表明, 该系统具有很好的应用前景。

## 2 多平台影像数据应用分析

高分辨率影像对于人们关心的房屋、公路、溪流、树丛等尺度的应用, 尤受人们的青睐<sup>[1]</sup>。但其因受价格等因素制约, 难以在有限的经费条件下, 选择使用高分辨率的遥感影像(表 1)。

另外, 各测绘部门长期以来积累了大量不同时期的航空相片或航空遥感正射影像, 这些历史资料对于很多科研项目来说是一种很宝贵的数据资源。

这些影像地面分辨率一般为 1 m 以下, 具有较大的信息负载量。如果能充分利用全色航空遥感影像在地面分辨率方面的优势, 就可望较好地解决很多研究项目或信息化工程项目在影像方面的价格因素和地面分辨率之间的矛盾。

表 1 高分辨率影像购买价格表  
Tab.1 The price of different images

卫 星	波 段	图幅大小 (km <sup>2</sup> )	价格(元, 人民币)
IKONOS	全色波段 (1m)	1	177
	多光谱波段 (4m)	1	177
	全色+多光谱	1	195
		彩色 1	230
QuickBird	捆绑或 4 波段融合	1	170
	全色 (0.61m) 或多光谱 (2.44m) 或 3 波段融合	1	130
	航空遥感 多光谱 0.45m 多光谱 1'm	1	120

本文从影像的多尺度分割的角度出发, 分析讨论了同一地区的航片以及 QuickBird、IKONOS 影像在不同尺度下的分割效果, 讨论了对不同地物和不同影像的最佳分割尺度, 以增强对目标物的检测与识别能力, 提高现有航空数据及卫星影像数据应用的精度和效率, 并对最终分类结果进行了比较。目

前,多尺度分割评价还没有一个统一的标准,因此本文对不同影像分割的对比分析,具有广泛地应用价值。

本文选用 2005 年 6 月 17 日在新疆石河子市区及垦区的航空试验遥感数据,试验飞行平台为 Y-12 飞机,传感器为高分辨率、多光谱数字航空相机系统(4k×4k 相机),相机控制系统为高精度航空

定位定向系统(简称 POS 系统)。  
试飞获取了以下航空影像数据:石河子市区(4km×2km)0.45m 分辨率多光谱航空遥感影像、石总场垦区(10km×20km)1m 分辨率多光谱航空遥感影像等。同时选用卫星遥感数据有:2002 年 3 月 1 号的 IKONOS 多光谱数据,其空间分辨率为 1m;2006 年 6 月 6 号的 QuickBird 多光谱数据,其空间



图 1 原始影像  
Fig.1 Original images

分辨率为 0.6m(图 1)。  
本文选取石河子市区航片 1024×1024 像元的范围作为研究区,研究区内分布有树木、建筑、道路、草地等,土地覆盖类型较全面,能够保证实验的有效性。

### 3 影像多尺度分割数据处理与识别分类

从整体上看,遥感影像信息提取过程包括影像预处理、图像特征分割与提取、特征信息学习与分类等几个部分<sup>[2]</sup>,其流程如图 2 所示。

3.1 数据预处理  
(1) 航空影像的正射校正。由于在摄影瞬间无法保证摄影机的绝对水平,得到的是有一定倾斜角度的影像,影像各部分比例尺不一致。另外,摄影机在成像时是中心投影,地形起伏在像片上会引起投影差。因此,为进行倾斜纠正和投影差的改正,必须对航空影像进行正射校正。本文利用 Erdas Orthobase 模块,采用 POS 系统所获得的飞机姿态与像中心点位置信号对航空影像进行了快速校正。  
(2) 航空影像的几何精纠正。由于要进行多种影像的对比研究,为了确保各影像显示的为同一区域。以 QuickBird 影像作为参考,对航空影像进行了几何精纠正。

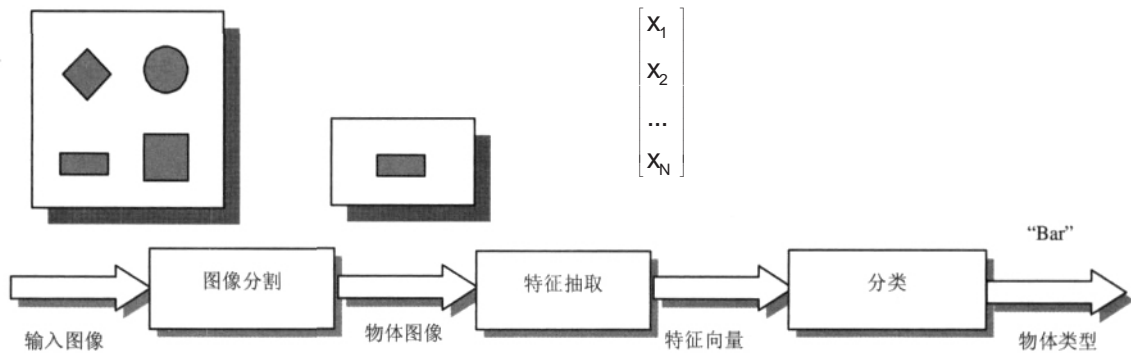


图 2 模式识别的 3 个阶段<sup>[2]</sup>  
Fig.2 The three steps of pattern recognition

3.2 影像的多尺度分割

图像分割是高分辨率遥感图像面向对象进行处理的前提和基础, 图像分割的质量直接影响后续处理的精度<sup>[4]</sup>。

合适的图像分割尺度为合理分类提供了选择的空间。同时图像分割避免了高分辨率遥感影像基于像元分类时可能产生的细小点状的分类结果。不同尺度的分割对分类有不同的影响, 通过分割所产生的影像目标中包含有大量的其他属性可用于分类, 如形状信息、纹理特征信息等, 使得分类结果具有稳健性, 并且通过分割减少了分类所需处理的单元, 加快了分类过程<sup>[5]</sup>。

本试验比较了在采用多尺度多层次分割算法、将有关信息(如纹理信息)加入分割过程等技术支持下的高分辨率遥感图像分割效果, 尝试建立可靠的分割结果评价标准, 为后续的多种高分辨率遥感影像数据融合和分类提供更优的选择。

本文图像分割采用 eCognition 遥感信息提取软件。eCognition 采用决策专家系统支持的模糊分类算法; 提出了面向对象的分类方式; 采用多尺度分割方式, 用来将任何类型的全色或多光谱数据以选定尺度(粗、中、细)分割为均匀影像对象, 形成影像对象层次网络<sup>[6]</sup>。

通过设置不同的 scale 参数, 对相同区域的航片、Quickbird 影像、IKONOS 影像进行不同尺度的图像分割, scale 参数依次取 10, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 分别获得相应的各种尺度的分割图像。分割时权重设置如图 3 所示。表 2 描述了不同分辨率影像在不同分割尺度下分割对象的数目。

表 2 不同分辨率影像在不同分割尺度下的分割对象数  
Tab.2 The number of objects in different resolution images under several segmental scales

不同分辨率 影像数据	航片 (0.45m)	QuickBird (0.6m)	IKONOS (1m)
10	23230	17709	9521
30	4058	2785	1202
50	1765	1108	469
75	871	544	246
100	557	361	143
125	386	270	97
150	293	206	78

(1)同种影像多尺度分割分析

通过比较分割同一影像分割效果图可发现, 在细尺度的分割影像上, 细小的地物甚至同一地物上微小的纹理都可以被分割出来。随着尺度地变大, 微小差别逐渐被忽略, 到粗尺度分割影像上, 相似邻近地物无法分开。以下以航片为例进行讨论。

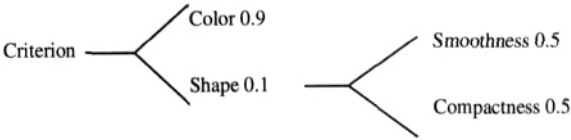


图 3 分割权重的选择  
Fig.3 Weight in segmentation

对较零碎的地物, 如建筑群, 灌木丛等, 见图 4。在 scale=30 时, 植被与建筑均分割过于破碎, 无法区分; scale=100 时, 圆圈所示灌木丛与建筑交界处能很好区分, 建筑分割较好, 但灌木丛仍有些破碎; scale=150 时, 圆圈所示灌木丛与建筑交界处, 建筑与灌木均被分割为较大整体, 两条带灌木被归为一块, 灌木与建筑间的阴影也单独成块, 分割效果较好。而对于方块所示建筑与空地交界的区域, scale=30 时, 分割块较小, 很零碎; scale=100 时, 建筑、空地、阴影均单独成块, 分割效果较好; scale=150 时, 建筑与空地相混淆, 处于同一块, 说明分割尺度偏大。

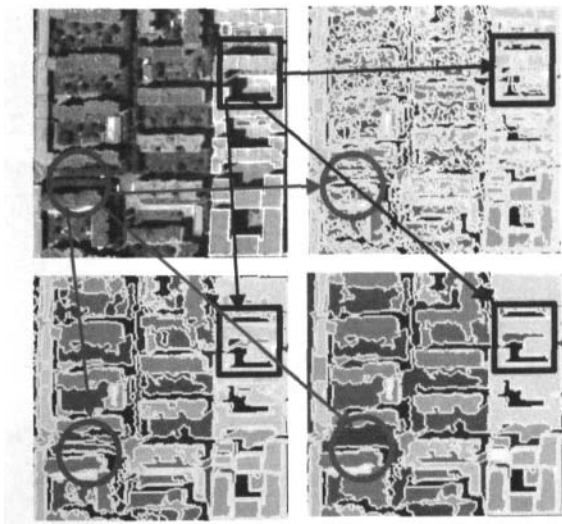


图 4 分割效果局部放大图 (建筑群 scale=30,100,150)  
Fig.4 The zoom in image of buildings in aerial image under several segmental scales



对内部均一的大块地物,如草坪、操场等,在图 5 中航片的分割影像上,当  $scale=30$  时,操场内部较破碎;当  $scale=75$  时,已能清楚地分割成一个独立块;当  $scale>75$  时,对大块草坪的分割基本与  $scale=75$  时相同,说明分割已达到饱和。

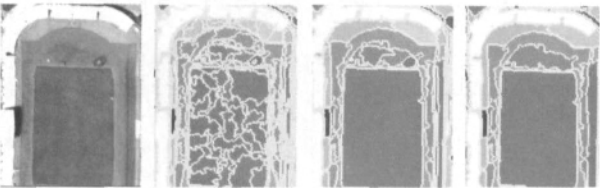


图 5 分割效果局部放大图(操场  $scale=30,75,100$ )

Fig.5 The zoom in image of playground in aerial image under several segmental scales

(2)不同分辨率影像的多尺度分割对比

表 3 描述了在不同分辨率的影像上,采用不同尺度分割时,各个尺度可分辨出的地物类型。通过表 3 我们可发现如下规律,对于同一地物,例如大块草地,在航片中可清楚辨识的分割尺度为 75,在 QuickBird 中能清楚识别的分割尺度为 50,而在 IKONOS 中能清楚分辨出大块草地的分割尺度为 30,对于其他地物,也基本满足这一规律。即对不同分辨率的影像上同一地物类型的分割而言,要达到最小能够分辨的程度,随影像空间分辨率的提高,其分割尺度应加大,基本成阶梯状。这一特性是由影像分割原则决定的,高分辨率的大尺度分割影像对象层中多边形所代表的地面实际面积应与低分

分辨率的小尺度分割影像对象层中的多边形代表的实际面积是近似的<sup>[7]</sup>。因此随着分割尺度的变大,空间分辨率越低的影像,其整体分割结果越早达到最佳。

3.3 影像分割与类型识别和结果分析

对各影像选取最佳整体分割效果的尺度进行影像分割,然后对分割后的影像进行分类,本研究采用最邻近像元监督分类方法进行分类,主要类别有建筑、草地、灌木、水泥空地、道路、建筑阴影。最后得到的分类图(见图版 彩图 6)。

分类后的精度通过计算混淆矩阵得到。由混淆矩阵计算的精度包括:总体精度(overall accuracy)、生产者精度(producer's accuracy)和用户精度(user's accuracy)。总体精度是指各类中被正确分类的像元数目与总像元数目的比值;生产者精度是某一类别中被正确分类的像元数目与地面参考数据中该类数目的比值,反映了已知地面类型被正确分类的概率;用户精度是某一类别中被正确分类的像元数目与被分为该类的所有像元数目的比值,反映了分类图像中的像元代表正确的地表类型的概率。

其中 QuickBird 的分类总体精度最高,达到 89.2%,航片和 IKONOS 的分类精度近似,分别为 86.8%和 85.9%(表 4)。航片为全色影像,色彩信息不丰富,是使得航片分类精度低于 QuickBird 的一个重要原因,而 IKONOS 影像由于阴影太多,影响了分类精度。

表 3 不同分辨率影像在不同分割尺度下可分辨的地物类型

Tab.3 The object type distinguished in different images under several segmental scales

不同分辨率 影像数据	航片 (0.45m)	QuickBird (0.6m)	IKONOS (1m)	
分割 尺 度	10	整体较破碎，可分辨出屋顶上的纹理，不同覆盖率的草地	整体较破碎，基本分辨出房屋阴影	整体较破碎，可分辨出较小的阴影，草地上草量的不同
	30	清楚地分辨房屋阴影、灌木条带	基本分辨单个矩形房屋轮廓	基本能分辨出较复杂的房屋，能清楚地分辨出大块草地，道路，大块阴影
	50	基本能分辨较复杂房屋轮廓（边缘有破碎）	能基本分辨较复杂的房屋（边缘仍有些破碎）；能分辨大块草地，道路	能清楚地分辨复杂形状的房屋，如 L 型、U 型
	75	能分辨道路、大块草地	灌木丛作为单独整体分割	整体分割效果达到最佳
	100	部分区域较破碎，整体分割效果较好	整体分割效果基本达到最佳，某些地物边缘仍有破碎	灌木与阴影相混杂
	125	整体分割效果达到最佳	草地中的道路被忽略	
	150	建筑与空地产生混淆		

表 4 分类精度评估

Tab.4 The accuracy assessment of classification

a. 航片分类精度					
Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producer's Accuracy	User's Accuracy
草地	35	37	30	85.71%	81.08%
道路	64	60	51	79.69%	85.00%
灌木	83	85	75	90.36%	88.24%
建筑	102	100	92	90.20%	92.00%
水泥空地	55	59	53	96.36%	89.83%
阴影	47	45	34	72.34%	75.56%
Total	386	386	335		
Overall Classification Accuracy = 86.79%    Kappa = 0.8379					
b. QuickBird 分类精度					
Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producer's Accuracy	User's Accuracy
草地	30	39	28	93.33%	71.79%
道路	57	55	47	82.46%	85.45%
灌木	73	69	60	82.19%	86.96%
建筑	95	97	89	93.68%	91.75%
水泥空地	51	43	35	68.63%	81.40%
阴影	55	58	53	96.36%	91.38%
Total	361	361	322		
Overall Classification Accuracy = 89.20%    Kappa = 0.8677					
c. IKONOS 分类精度					
Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producer's Accuracy	User's Accuracy
草地	21	20	19	90.48%	95.00%
道路	34	35	29	85.29%	82.86%
灌木	59	62	46	77.97%	74.19%
建筑	48	49	42	87.50%	85.71%
水泥空地	23	18	18	78.26%	100.00%
阴影	64	65	60	93.75%	92.31%
Total	249	249	214		
Overall Classification Accuracy = 85.94 %    Kappa=0.8250					

3 结语

本文从多尺度分割的角度分析了不同分辨率影像,以 6 种不同尺度进行了分割,分析了在每种分割尺度形成的影像中可能提取的地物类型,并对不同分辨率的影像分割进行了比较,最后在分割的基础上分类,比较了分类结果,总结出以下规律:

(1) 对于地物类型较复杂、破碎的区域,随着分割尺度的加大,一些小的地物类型会逐渐被忽略。

而当分割尺度过小时,分割区域又过于破碎,因此应选择适中的分割尺度。

(2) 对于结构简单或质地均一的大块地物,当达到能整体分割出的最小尺度后,加大分割尺度,分割区域基本没有影响,即存在分割饱和尺度。

(3) 对于不同影像,空间分辨率和光谱对分割尺度均有一定影响。主要表现为随着分割尺度的变大,空间分辨率越低的影像,其分割结果越早达到最佳。而多光谱假彩色合成影像分割效果优于同空间分辨率的灰度影像。

(4) 对采用的三种影像: 航片、QuickBird 影像、IKONOS 影像, 航片和 QuickBird 的分割效果接近, 且均优于 IKONOS 影像的分割效果。而在分类精度上 QuickBird 的分类精度最高, 航片和 IKONOS 的分类精度近似。因此可认为, 航片在实际应用中, 可以代替高分辨率卫星影像。

本文中所提到的多尺度分割是指对同一影像采用不同的尺度进行分割, 以得到整体的最佳分割尺度, 从某种意义上讲, 这还只是一种低层次的多尺度分割, 如何在同一影像上同时运用不同的分割尺度进行分割, 使分割尺度根据纹理信息自适应变化, 这才是一个高层次的多尺度分割, 也是我们值得进一步研究的问题。

#### 参考文献

[1] 朱光良. IKONOS 等高分辨率遥感技术的发展与应用分

析. 地球信息科学, 2004, 6(3): 108~110.

- [2] 明冬萍, 骆剑承, 周成虎 等. 高分辨率遥感影像特征分割及算法评价分析. 地球信息科学, 2006, 8(1): 103~109.
- [3] 宫 鹏, 黎 夏, 徐 冰. 高分辨率影像解译理论与应用方法中的一些研究问题. 遥感学报, 2006, 10(1): 1~5.
- [4] Kenneth R. Castleman 著, 朱志刚等译. 数字图像处理. 北京: 电子工业出版社, 2002, 375~376.
- [5] 孙小芳, 卢健, 孙依斌. 城市绿地多尺度分割提取及景观分析. 遥感信息, 2006, (2): 31~34.
- [6] Ziyu Wang, Wenxia Wei, Shuhe Zhao, Xiuwan Chen. Object-oriented classification and application in land use classification using SPOT-5 PAN imagery. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings, 2004, (5): 3158~3160.
- [7] 黄慧萍, 吴炳方. 地物提取的多尺度特征遥感应用分析. 遥感技术与应用, 2003, 18(5): 276~281.

## Study on Multi-scale Segmentation of High Resolution Aerial and Satellite Images

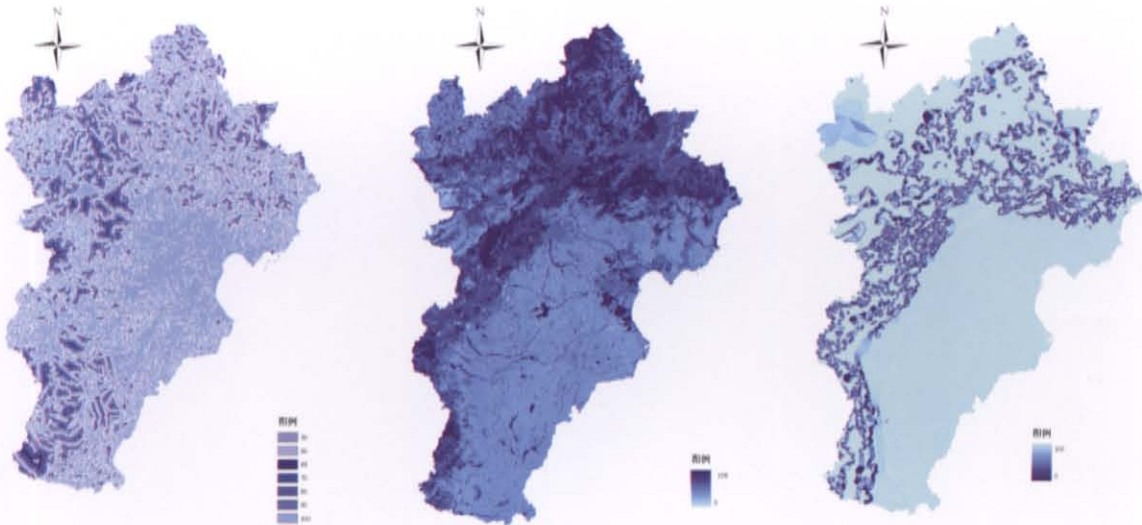
JIANG Miao, CHEN Xiuwan, WU Caicong, ZHANG Qing, TAO Yingchun

(Institute of Remote Sensing & GIS of Peking University, Beijing, 100871, China)

**Abstract:** This article analyses the aerial image, QuickBird and IKONOS images which cover the same area in the view of multi-scale segmentation, then discusses the different segmental effects under different segmental scales in different images. To boost up the recognizing ability, and to advance the precision and efficiency of the applications with aerial image and satellite image data, we discuss the best segmental scale to different objects and different images, and compare the final classification result. The result indicates the best segmental scale for aerial image, QuickBird and IKONOS image is 125, 100 and 75 respectively. The classification precision of QuickBird is the best. Aerial image and IKONOS image's classification precision is approximate. So in the practical application, we can use aerial image to replace high resolution satellite images.

**Key words:** multi-scale segmentation; high resolution; aerial image; best segmental scale

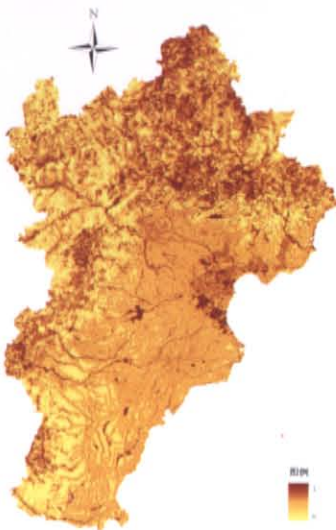




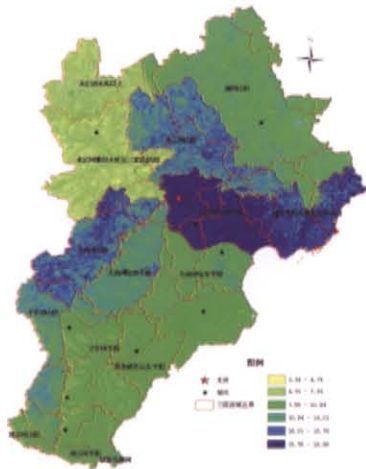
彩图1 水系距离影响权重图  
Fig.1 Weight of distance to river

彩图2 土地利用影响因素图  
Fig.2 Weight of landuse

彩图3 坡度影响因素图  
Fig.3 Weight of slope

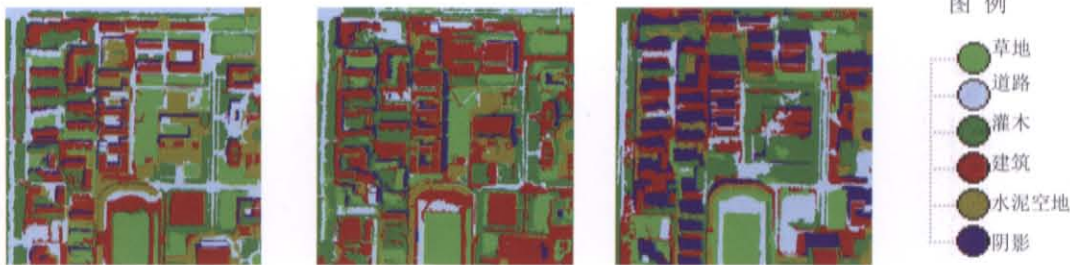


彩图 4 综合影响因素图  
Fig.4 The distribution of compound factors



彩图 5 水资源总量空间分布图  
Fig.5 The distribution of water quantity

江淼 等：航空与卫星影像数据多尺度分割对比研究



a. 航片分类结果      b. QuickBird 分类结果      c. IKONOS 分类结果

彩图 6 航片、QuickBird、IKONOS 影像分类结果图

Fig.6 The classification result of aerial image, QuickBird and IKONOS image