

QuickBird 卫星图像信息识别

林 辉 李际平 莫登奎

(中南林学院资源与环境学院,长沙 410004)

摘 要 信息识别是目前高分辨率遥感应用中的最大障碍。以株洲市 QuickBird 图像为研究对象,将研究区分为道路、水、林地、农用地、裸露地和居民点 6 种地类,分别进行目视判读、计算机监督分类和非监督分类,其精度分别为 98.2%、72.64% 和 60.71%。同时,还对研究区内的 QuickBird、ETM+ 和 TM 图像进行计算机监督和非监督分类对比,结果表明无论是监督分类还是非监督分类,QuickBird 图像的分类精度均低于 ETM+ 和 TM 图像,这说明空间分辨率的提高对传统的计算机分类结果没有改善,传统的基于像元的分类技术在应用于 QuickBird 图像时表现出严重的缺陷。因此,本文回避了像元灰度统计法,采用先将图像分割,将以像元为基础的 QuickBird 图像转化为以对象为基础的图像,这样将研究区共分割出 10 000 多个对象,建立对象的面积、周长、长度、宽度、长/宽、矩形度和圆弧度计算模型;根据研究区各地类特征确定特征因子阈值,模拟目视判读过程,重新对研究区进行分类,结果 6 种地类的综合分类精度达到 91.6%,这说明基于对象的多特征分类对于 QuickBird 图像识别有明显的改善作用。

关键词 高分辨率遥感 QuickBird 图像 分类 形状因子 精度

中图分类号: TP751.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2005)12-1504-07

Information Identification on QuickBird Image

LIN Hui, LI Ji-ping, MO Deng-kui

(The Faculty of Resources and Environment, Central South Forestry University, Changsha 410004)

Abstract The information identification is the most difficult in the application of high-resolution remote sensing images. This paper focused on the method of QuickBird image's information extraction. Six kinds of land cover types: road, water, forest, agriculture, nuke and residence in the study area, Zhuzhou, Hunan, were identified by visual interpretation, supervised classification and non-supervised classification respectively, and the accuracy is 98.2%, 72.64% and 60.71% correspondingly. At the same time, pre-processed images of QuickBird, ETM+ and TM were identified by supervised classification and non-supervised classification respectively and the accuracy of QuickBird image classification is lower than that of ETM+ and TM. This showed that resolution's improvement couldn't raise the accuracy of classification by the method of traditional classification. This paper avoided the traditional classification based on pixel-to-pixel and applied new method of classification based on object's gray character and shape characters. QuickBird image based on pixels was changed into new image based on objects first by segmentation, then models of measuring objects' area, perimeter, length, width, length/width, rectangle and roundness were built. Six kinds of land types were classified again by computer stimulating visual interpretation in the study area, the composite accuracy of classification is up to 91.6%, this showed that the method based on objects is a very effective way to improve the accuracy of classification of QuickBird image.

Keywords high-resolution remote sensing, QuickBird image, classification, shape factors, accuracy

基金项目:国家自然科学基金项目(30471391);湖南省杰出青年基金项目(02JJBY005);湖南省教育厅青年基金项目(04B059)

收稿日期:2004-11-19;改回日期:2005-04-25

第一作者简介:林辉(1965~),女,教授,博士生导师。2004年于中南林学院获森林经理学博士学位。主要从事森林经理学、遥感技术和地理信息系统的教学和科研工作。已发表论文30余篇,出版专著2部。E-mail:linhui88@sina.com

1 引 言

近年来,遥感技术取得了前所未有的突破,高分辨率遥感便是其中最为杰出的代表。1999 年 9 月美国发射了 IKONOS 卫星,将空间分辨率提高到了 1m,在不到 5 年的时间里,先后有多颗高分辨率卫星升空,并且运行良好,如 2001 年发射的 QuickBird 卫星、2002 年发射的 SPOT-5 卫星、2003 年发射的 Orbitview-3 卫星^[1,2],它们构成了高分辨率遥感卫星的主体。特别是 QuickBird 卫星,成功地将图像的空间分辨率提高到了 0.61m,它的出现拓宽了遥感技术的应用领域,提高了遥感技术应用的深度和精度,

是遥感技术从定性到定量、宏观到微观的重要转折点,但是人们在这些高分辨率遥感技术时,也碰到了许多难题,信息识别便是其中之一^[3]。为此,本文探索了高分辨率遥感图像的信息提取方法。

2 QuickBird 图像目视判读

试验区位于湖南省株洲市市内湘江西岸,总面积 160km²,地形平坦,最大高差不超过 50m。

QuickBird 图像分辨率较高,经预处理后先在室内进行目视判读,将研究区分为农用地、水、林地、居民点、道路和裸露地 6 种地类,并对判读结果进行了野外验证^[4-6],结果如表 1 所示。

表 1 6 种地类的目视判读结果

Tab.1 The results of six land types by visual interpretation

地类	农用地	水	林地	居民点	道路	裸露地	判读结果	判对率(%)
农用地	130		1			3	134	97
水		29					29	100
林地			189			1	190	99.5
居民点			1	24		1	26	92.3
道路					15		15	100
裸露地						6	6	100
检查结果	130	29	191	24	15	11	400	98.2

根据表 1 可知,目视判读的综合判对率为 98.2%。

3 QuickBird 图像计算机分类

(1) 监督分类

将研究区的地类分为 6 类,并对 QuickBird 图像进行监督分类。为了便于比较,对研究区内的 ETM+ 和 TM 图像也分别进行了相似的预处理和监督分类^[7-9]。

(2) 非监督分类

考虑到非监督分类的精度相对较低,将研究区内的 QuickBird,ETM+ 和 TM 图像处理后,按 4 种地类进行非监督分类。将以上分类结果综合在一起,分类精度如表 2 所示。

从表 2 可以看出,无论是监督分类还是非监督分类,精度均很低;监督分类精度比非监督分类的精度稍高;QuickBird 图像的分类精度低于 ETM+ 和 TM 图像。

表 2 QuickBird,ETM+ 和 TM 图像计算机监督分类和非监督分类精度比较

Tab.2 The accuracy comparison of supervision and nonsupervision of QuickBird,ETM+ and TM

图像	单位:%	
	监督分类(分 6 类)	非监督分类(分 4 类)
TM 321	84.85	68.72
ETM+ 3218	79.49	79.91
QuickBird	72.64	60.71

4 基于多特征的 QuickBird 图像分类

4.1 目视判读和计算机识别的差别

从目视判读和计算机识别的结果来看,其精度差异较大。比较目视判读和计算机识别的差异可知,目视判读是人眼根据地物的形状、大小、颜色(灰度)、阴影和组合图案等因子综合分析得到的结果,而计算机自动识别只根据地物的颜色(灰度)这

一个因子进行分类,也就是计算机识别时只用到了目视判读 5 个因子中的一个因子,而 QuickBird 图像的光谱分辨率低于 ETM+ 和 TM,这就造成了它的分类精度反而低于 ETM+ 和 TM 图像。

那么,为什么计算机识别时不能像目视判读一样,充分利用这 5 个因子呢?这主要是因为这 5 个

因子中,最容易量化并让计算机接受的只有灰度因子,在分辨率较低的图像上,如 ETM+ 和 TM,其形状、大小、阴影和组合图案等因子是无法或者很难量化的,这正是计算机识别的难点所在。

为了进一步比较目视判读与计算机识别的差异,将研究区目视判读过程编制成检索表,如图 1 所示。

1 线型地物	
2 纹理均匀,颜色为黑色	河流
2 纹理比较均匀,颜色明亮	道路
1 非线型地物	
3 具有比较规则的几何图案	
4 颜色非绿色,形状多呈矩形或圆形	房屋或建造物
4 颜色呈绿或淡绿色,褐色	农用地
3 不具有规则的几何图案	
5 颜色黑或较深,纹理均匀	水池或水塘
5 其他颜色	
6 颜色为黄色,白色	裸露地
6 颜色非黄色	
7 颜色为深绿色,纹理密度不均匀,有明显颗粒感	针叶林地
7 颜色为浅绿色,纹理密度不均匀,有明显颗粒感	阔叶林地

图 1 QuickBird 图像识别检索表

Fig. 1 The check list of QuickBird image identification

从图 1 可以看出,线型感、几何图案和颜色这 3 个因子构成了目视判读的关键因子,就其在分类中的重要性来说,线型感最为重要,定义为一级关键因子,几何图案重要性次之,属二级关键因子,颜色最次,属三级关键因子。计算机识别时用到的只有颜色这个三级关键因子,线型感和几何图案因子均没有涉及到,所以识别精度低。而目视判读除了使用这些关键因子外,判读人员还可以根据经验和相关知识进行判读,因此,判读精度较高。

这说明要提高计算机识别精度,必须增加能让计算机认识的关键因子。

从 QuickBird 图像的空间分辨率可以知道,单个像元的面积是很小的,只有 $0.36m^2$,不能描述其形状、大小和组合图案。但一个地物或地类包含有若干个具有相同特征的像元,或者说是相同像元的集合体,通常定义为对象。对象可以通过一组因子来描述,包括:灰度分布、灰度值域、灰度方差、面积、周长、长度、宽度、对称性、弯曲度、长/宽、矩形度和圆形度等。这说明要将 QuickBird 图像上的关键因子表达出来,并让计算机理解,必须跳出以像元为基础

的分类方法,将以像元为基础的图像转换成以对象为基础的图像,然后分析对象的特征,在此基础上建立分类标准和归类。

为此,首先必须将图像进行分割。

4.2 QuickBird 图像分割

图像分割就是指把图像分成具有一定特征的区域或对象的过程。图像分割是从图像处理到图像分析的关键步骤。

一般待分割的图像可分为灰度图像和纹理图像两大类,相应地有灰度图像分割方法和纹理图像分割方法。对于灰度图像而言,利用图像灰度统计信息阈值化方法,将图像中灰度区域边界处检测出来的算法比较常见^[10,11]。

将经过预处理后的 QuickBird 图像采用灰度阈值分割,结果如图版 I 图 1 所示。

由图版 I 图 1 可以看出,分割后的效果较好。这样将研究区 4×10^8 个像元转换成由 10 000 多个对象组成的图像。

4.3 建模

QuickBird 图像分割后,需建立数学模型并进行

运算。

4.3.1 大小因子模型

(1) 面积

一个对像通常是多边形,其面积可按多边形边界内部和边界上像素点的数目统计得出。通常情况下,多边形边界的像素一半在界内,一半在界外。一般是呈凸形的,环绕多边形边界一周,相当于有一半像素的面积落在界外,通过减去周长的一半来近似地修正这种由像素点计数导出的面积,多边形的面积等于所有像素点减去边界像素点的一半加^[10,12-15],即

$$S = N_a - [(N_b/2) + 1] \quad (1)$$

其中, S 为物体的面积, N_a 为多边形所有像素点, N_b 为边界像素点。

(2) 周长

多边形边界像素链接起来构成周长,实际计算时,可以采用一系列横竖向和对角线方向像元数之和。这个和可以由行程编码抽取多边形时累加或在建立边界链码的过程中累加^[16],则周长为

$$P = N_c + \sqrt{2}N_d \quad (2)$$

其中, P 为物体的周长, N_c 为多边形边界上横向和竖向的像元数, N_d 为多边形边界上对角线方向上的像元数。

(3) 长度和宽度

当一个对像从一幅图像中抽取出来后,根据物体的最大和最小行/列号就很容易计算它在水平和垂直方向的跨度,但这种方法对弯曲度较大的对像误差较大,因此,采用对像的主轴并测量与之有关的长度和宽度更为准确。

4.3.2 形状因子模型

除了测算每个对像的大小外,几何图案是另一个与分类有关的因子,某一类地物总是具有特定的几何图案,几何图案可用矩形度、圆形度、长/宽值等参数表达。

(1) 矩形度

矩形度是反映一个对像(多边形)接近矩形的程度,矩形度 R 可定义为

$$R = S_o/S_{MER} \quad (3)$$

其中, S_o 为物体的面积, S_{MER} 为 MER(最小外接矩形)的面积。

R 反映了物体对 MER 的充满程度。

(2) 长宽比(长/宽)

长宽比也是与形状有关的形状因子,设长为 L ,

宽为 W ,则长宽比 A 为

$$A = L/W \quad (4)$$

这个因子可以把较纤细的物体与方形或圆形物体分开。

(3) 圆形度

圆形度可定义为周长的平方与面积之比,即

$$C = P^2/S \quad (5)$$

对于圆形物体, C 有最小值 4π ,形状越复杂, C 的取值越大,因此, C 的取值反映了对像的边界复杂程度^[17,18]。

4.3.3 形状因子的分布

根据上面的模型进行编程,对研究区内 10 000 多个对像分别计算其面积、周长、长度、宽度、长/宽、矩形度和圆形度等,仍将研究区分为 6 种地类,统计其分布结果,如表 3 所示。

表 3 各地类形状因子的分布范围

Tab.3 The distribution of shape factors of all land types

地类	矩形度(R)	圆形度(C)	长/宽(A)
水	0.447 ~ 0.553	21.3 ~ 184.51	3.15 ~ 31.75
道路	0.426 ~ 0.995	168.36 ~ 2 291	24.27 ~ 294.85
农田	0.179 ~ 0.511	102.09 ~ 7 402.66	2.88 ~ 106.63
林地	0.420 ~ 0.640	30.89 ~ 4 102.20	4.27 ~ 95.43
房屋	0.999 ~ 0.795	25.01 ~ 239.02	0.65 ~ 34.56
裸露地	0.750 ~ 0.840	18.25 ~ 28.30	0.75 ~ 8.06

4.4 基于多特征的 QuickBird 图像分类

对图像进行分割和形状因子计算并不等于分类^[19,20],分类即是将对像上的每个对像附给属性,如研究区分为 6 种地类,则需将每个对像归到 6 种地类中的某一种地类,这个过程是通过给每个类定义相应的特征实现的,使用的特征越多,分类就越准确^[21-24]。本次分类过程中,在采用灰度因子的同时,还使用了形状因子,称为多特征。为此,需将对 QuickBird 图像上各地类的灰度因子分布和形状因子分布综合到一起,如表 4 所示。

再来分析图 1 检索表,一级关键因子“线型感”可以通过长/宽(A)的取值区分,一般具有线型感的地物,其 A 值较大,反之,则较小。根据研究区内所有对像的 A 值分布,发现当阈值取 17 时,线型地类的分类精度为 96.6%,说明 17 作为阈值比较合适。

表 4 各地类的特征因子
Tab. 4 The feature factors of all land types

地类	灰度分布	值域	矩形度(R)	圆形度(C)	长/宽(A)
水	0~20	20	0.447~0.553	21.3~184.51	3.15~31.75
道路	225~250	25	0.426~0.995	168.36~2291.03	24.27~294.85
农田	50~150	100	0.179~0.511	102.09~7402.66	2.88~106.63
房屋	50~225	175	0.999~0.795	25.01~239.02	0.65~34.56
林地	25~150	125	0.420~0.640	30.89~4102.20	4.27~95.43
裸露地	100~175	75	0.301~0.840	18.25~28.30	0.75~8.06

线型地物中包括河流和道路,由于二者的灰度值有明显的差别,通过灰度值可将河流和道路分开。

非线型地物按是否具有几何图案分为两类,具有几何图案的地类最典型的是房屋。房屋的矩形度比较大,根据表 4,当矩形度(R) > 0.80 时,一般为房屋,因此,房屋的矩形度阈值可确定为 0.80。

水、林地、裸露地和农田没有明显的几何图案特征,可通过颜色值区分。其中,林地(包括有植被的

地类)的红色和蓝色亮度值均为 0,裸露地的红色和蓝色亮度值均不为 0;水和农田的蓝色亮度值均为 0,但水的红色亮度值低于农用地,据此可以区分出每种地类。

根据以上分析,可以将图 1 的目视判读检索表转化为计算机识别过程,流程如图 2 所示。

根据图 2 进行计算机分类,仍将研究区分为 6 类,并进行精度检验,结果如表 5 所示。

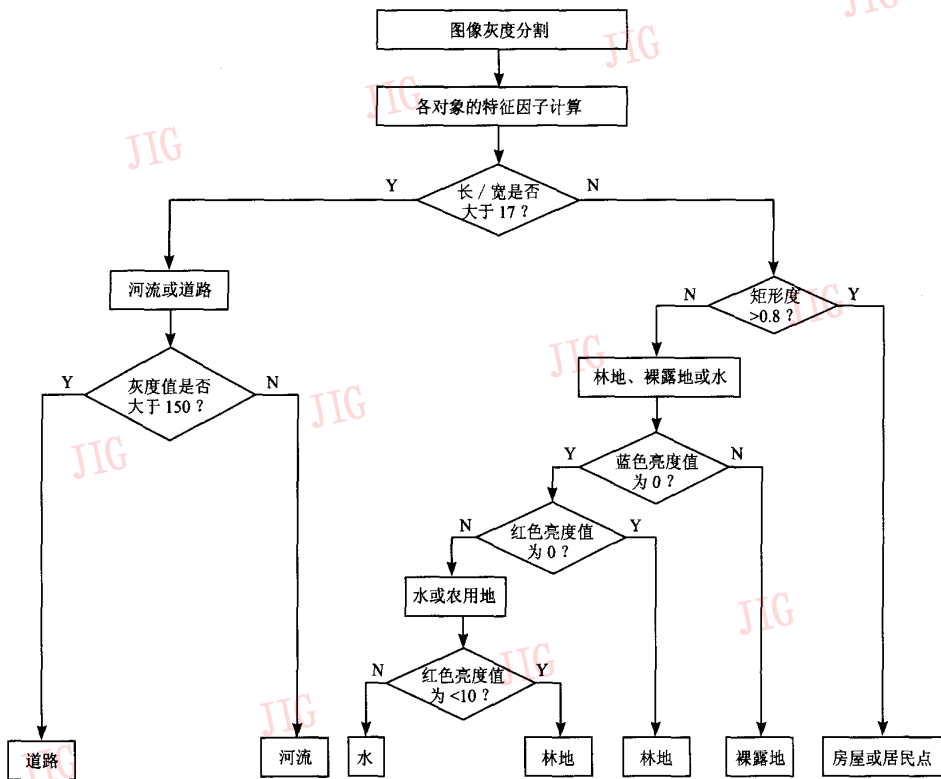


图 2 计算机识别流程图

Fig. 2 The flow chart of identification by computer

表 5 基于多特征的计算机分类精度

Tab.5 The accuracy of auto-classification based on multi-feature

地类	水	农田	林地	裸露地	道路	房屋
水	94.7	5.3		0	0	0
农田	0	92.2	7.8	0	0	0
林地	0	10.8	89.2	0	0	0
裸露地	0	0		100	0	0
道路	0	0	0	0	100	0
房屋	0	0	5.9	5.9	0	88.2

由表 5 可知,QuickBird 图像计算机识别的综合精度为 91.6%。

5 结 论

基于多特征的信息提取是高分辨率遥感图像识别的重要技术途径。传统的基于像素的灰度特征分类方法显然不能完全应用于高分辨率遥感图像,探索有效的分类方法显得尤为重要和迫切。模拟目视判读过程,引入多特征的分类方法对判读结果有明显的改善,这说明该方法对高分辨率遥感图像的信息提取有重要作用。

基于对象的多特征识别还需要进一步完善。虽然多特征的引入对高分辨率遥感图像分类有较好的效果,但在特征选取、计算模型、阈值的确定等方面还应结合不同的研究区、不同的应用目的来确定。

参考文献 (References)

- Lin H, He A G, Li J P. High-resolution Remote Sensing and Application [M]. Changsha: Press of Central South University, 2004:5 ~ 10. [林辉,何安国,李际平. 高分辨率遥感及其应用[M]. 长沙:中南大学出版社,2004:5 ~ 10.]
- Lin H, Liu T L, Li J P. Remote Sensing Text-book[M]. Changsha: Press of Central South University, 2002:65 ~ 90. [林辉,刘泰龙,李际平. 遥感技术基础教程[M]. 长沙:中南大学出版社,2002:65 ~ 90.]
- Lin H, He A G, ZHAO Y P. QuickBird image processing and application[J]. Remote Sensing Information, 2004,18(2):38 ~ 42. [林辉,何安国,赵煜鹏. QuickBird 图像处理及其应用[J]. 遥感信息,2004,18(2):38 ~ 42.]
- Tang G A, Zhang Y S, Liu Y M. Digital Remote Sensing Data Processing[M]. Beijing: Press of Science, 2004: 170 ~ 190. [汤国安,张友顺,刘咏梅编著. 遥感数字图像处理[M]. 北京:科学出版社,2004:170 ~ 190.]
- Zhang X C, Huang Z C, Zhao Z H. Digital Remote Sensing Data Processing [M]. Hangzhou: Press of Zhejiang University, 1997: 87 ~ 107. [章孝灿,黄智才,赵之洪编著. 遥感数字图像处理[M]. 杭州:浙江大学出版社,1997:87 ~ 107.]
- Sun J B, Shu N, Guan Z Q. Remote Sensing Principle, Method and Application [M]. Beijing: Press of Survey and Drawing, 1997: 195 ~ 200. [孙家柄,舒宁,关泽群编著. 遥感原理、方法和应用[M]. 北京:测绘出版社,1997:195 ~ 200.]
- Mei A X, Peng W L, Qing Q M. Remote Sensing Introduction[M]. Beijing: Press of High Education, 2001:109. [梅安新,彭望录,秦其明. 遥感导论[M]. 北京:高等教育出版社,2001:109.]
- Ou Y G. Forest Remote Sensing [M]. Beijing: Press of China Forestry, 1989:114 ~ 132. [欧润贵. 林业遥感[M]. 北京:中国林业出版社,1989:114 ~ 132.]
- Ning X N, Lu S T, Yang X Q. Remote Sensing Image Processing and Application [M]. Beijing: Press of Seismology, 1995:75 ~ 80. [宁小年,吕松棠,杨小勤. 遥感图像处理与应用[M]. 北京:地震出版社,1995:75 ~ 80.]
- Kenneth R Castleman. Digital Image Processing [M]. Translate by Zhu Z Z, Lin X Y, Shi D J, et al, Beijing: Electronic Engineering Press, 2002:375 ~ 410. [Kenneth R Castleman. 数字图像处理[M]. 朱志刚,林学闻,石定机等译. 北京:电子工业出版社,2002:375 ~ 410.]
- Zhang L J. Image Segmentation [M]. Beijing: Press of Science, 2001:2 ~ 12. [章毓晋. 图像分割[M]. 北京:科学出版社,2001:2 ~ 12.]
- Carlotto M J. Spectral shape classification of Landsat thematic mapper Imagery [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1998,64(9):905 ~ 913.
- Dikshit O, Roy D P. Empirical investigation of image resampling effects upon the spectral and textural supervised classification of a high spatial resolution multispectral image [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1996,62(9):1085 ~ 1092.
- Ashton E A, Schaum A. Algorithms for the detection of sub-pixel targets in multispectral imagery [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1998,64(7): 723 ~ 731.
- Badhwar G D. Classification of corn and soybeans using multitemporal thematic mapper data [J]. Remote Sensing of Environment, 1985, 16(3): 175 ~ 181.
- Bruzzone L. Multi-source classification of complex rural areas by statistical and neural-network approaches [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1997,63(5): 523 ~ 533.
- Cortijo F J, N P De La Blanca. Improving classical contextual classifications [J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(8):1591 ~ 1613.
- Crist E P m, Cicone R C. Application of the tasseled cap concept to simulated thematic mapper data [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1984,50(3): 343 ~ 352.
- Huang N, Liu X J, Zhu H M. Study on the classification of remote sensing image [J]. Journal of Measuring and Test of College of Hua Bei Engineering, 2001,13(2):86 ~ 92. [黄宁,刘小军,朱敏慧. 遥

- 感图像分类技术研究[J]. 华北工学院测试技术学报, 2001, 13(2):86~92.]
- 20 Li S, Ding S Y, Shu S M. Comparison of methods of classifying remote sensing image [J]. Journal of Henan University, 2002, 21(2):70~73. [李爽, 丁圣彦, 许叔明. 遥感影像分类方法比较研究[J]. 河南大学学报, 2002, 21(2):70~73.]
- 21 Chen S, Qing Q M. Method of classifying text structure of high-resolution image based on mini-wave[J]. Geography and Geographic Science, 2003, 20(3):6~9. [陈杉, 秦其明. 基于小波变换的高分辨率影像纹理结构分类方法[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 20(3):6~9.]
- 22 Zhen J, Luo J C, Chen Q X. Integration of models and intelligent system of remote sensing image[J]. Earth Information Science, 2003, 17(1):95~101. [郑江, 骆剑承, 陈秋晓. 遥感影像理解智能化系统与模型集成方法[J]. 地球信息科学, 2003, 17(1):95~101.]
- 23 Zhang B G. Artificial nerve network's application in classifying digital remote sensing image[J]. Remote Sensing of Land Resource, 1998, 7(1):21~27. [张宝光. 神经网络在遥感数字图像分类处理中的应用[J]. 国土资源遥感, 1998, 7(1):21~27.]
- 24 Luo J C, Zhou C H, Yang Y. Study on the integration of knowledge and models of ANN in remote sensing image classification [J]. Journal of Remote Sensing, 2001, 5(2):122~129. [骆剑承, 周成虎, 杨艳. 神经网络遥感影像分类模型及其与知识集成方法研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(2):122~129.]

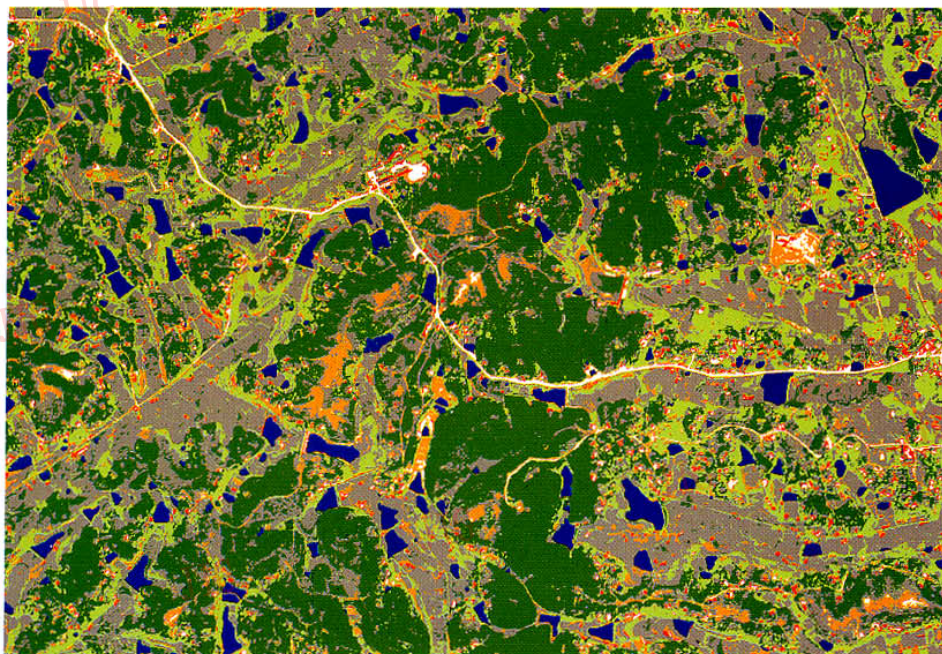


图1 采用灰度阈值分割后的QuickBird图像
Fig.1 The segmented QuickBird image by gray threshold

蒋云良等:CAUPS:基于对象和Agent的机助城市规划系统

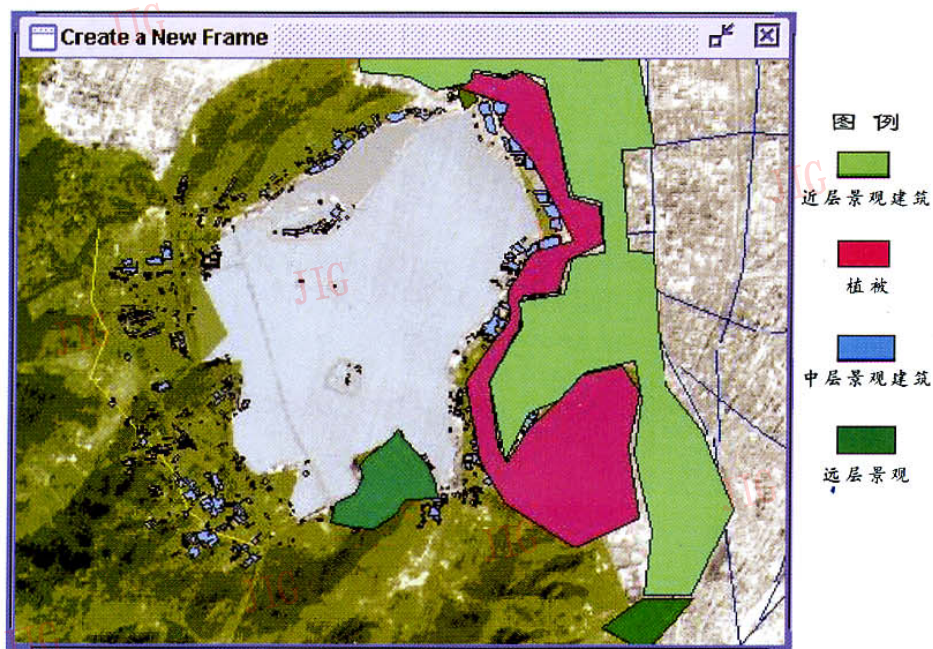


图1 杭州西湖生态区景观数据
Fig.1 Landscape data of zoology area of Westlake of Hangzhou