

文章编号:1007-4619(2004)01-0068-07

高分辨率影像城市绿地快速提取技术与应用

黄慧萍^{1,2}, 吴炳方¹, 李苗苗¹, 周为峰¹, 王忠武¹

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101 2. 华南师范大学 地理系, 广东 广州 510031)

摘 要: 高分辨率遥感影像是城市绿地信息快速提取的主要数据源,文中以多尺度影像分割与面向对象影像分析方法为主要技术,利用样本多边形对象的成员函数建立训练区,自动提取大庆市城市绿地覆盖信息,达到清查城市绿地的目的。该方法信息获取周期短、精度高、成本低,实现了城市绿地信息精确获取与快速更新。

关键词: 遥感;多尺度分割;面向对象;城市绿地

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

1 引 言

城市信息的获取一直是制约城市发展的瓶颈,2001年在广州召开“中国国际数字城市建设技术研讨会”、“21世纪数字城市论坛”,内容大部分集中在城市信息网络建设、城市三维再现、数字社区和数字化办公等方面,很少涉及城市信息的获取与服务,尤其缺乏对管理决策密切相关的空间信息的获取与快速提取。城市绿地信息是城市规划与管理的基础信息,快速提取绿地信息迫切需要大比例尺的高分辨率影像数据,长期以来用遥感技术提取城市专题信息方法有二种:面向像元技术和目视解译技术。

面向像元技术以像元为基本单元进行信息提取,即参与信息提取的因子是像元的光谱信息。由于遥感影像中的地物类别特性不仅仅表现在单纯的色彩上,还表现在形状、纹理等特征上。纹理反映的是像元灰度的空间变化特征,是分布在整个影像中某一区域内具有规律性排列的图形,当目标的光谱特征比较接近的时候,纹理特征对于区分目标可能会起到积极的作用^[1]。因此波谱信息类似而形状、纹理信息不同的地类如:房顶和道路路面、受污染的水体和绿色植物、农作物和林地等很难采用面向像元技术进行区分,错分的现象十分严重。目视解译

方法是目前最常用的高分辨率遥感影像信息提取技术方法,要求有丰富的专业经验和充足的野外实地调查资料,但目视解译的过程非常繁琐与漫长。这种采用人工作业屏幕数字化的方法,效率低,受主观因素干扰大,质量难以保证,成本也相应地上升。鉴于以上两种方法的不足之处,本文采用基于多尺度分割的面向对象的信息提取方法实现大庆市城市绿地信息的快速提取,该技术使得遥感影像解译从传统的手工作业中解脱出来,实现自动的信息获取过程,质量高、可靠性好。

图像分割技术在生物、医学领域的应用远远多于遥感信息领域,当前国内在遥感影像分割的应用多集中于中低分辨率的影像,如陆关祥等在复杂结构构造区遥感图像的地质信息提取方法,采用小波变换的多层次TM图像分割;徐青山等在遥感模糊图像分割与像元分析,采用的TM影像多光谱模糊分割算法。而在高分辨率影像分析中采用多尺度分割进行城市用地类型的提取基本上还没有看到。国外尤其是欧洲国家在高分辨率卫星影像中应用尺度分割用于信息提取的相对较多,如:利用IKONOS数据农田识别地块中作物与道路建筑物等,但分割技术的应用重点依然在于TM,SPOT,SAR等影像的分析中。本次研究采用多尺度分割的技术,侧重于影像的高分辨率与城市中的重要景观绿地,类似的应

收稿日期:2002-10-30;修订日期:2002-12-04

基金项目:中国科学院重大项目(KZCX3-SW-334)

作者简介:黄慧萍(1973—),女,助教,1994年毕业于武汉测绘科技大学地图制图专业,1997年在中山大学获遥感信息分析方向的硕士学位,现为中国科学院遥感应用研究所读博士生,从事生态环境遥感研究,发表相关论文5篇。

用在国内外并不多见,为遥感技术解决城市用地信息的获取提供一条新的思路。

2 高分辨率遥感数据的信息快速提取技术

高分辨率影像的信息提取仅凭目视解译就能达到非常好的效果,但是效率低,边界容易错位,地物定位精度低,多尺度分割技术与面向对象的影像分析技术解决了从高分辨率遥感影像数据中快速提取信息的难题。该技术采用一种新颖独特的影像多尺度分割的法则,以任意尺度生成属性信息类似的影像多边形对象^[2],运用模糊逻辑方法获得每个影像对象的属性信息,并以影像对象为信息提取的基本单元,实现类别信息自动提取的目的,技术流程分 3 步(图 1)。

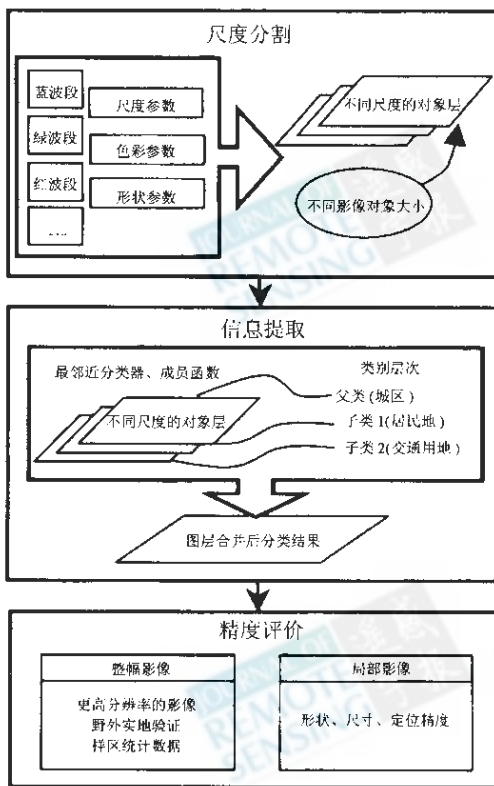


图 1 信息提取技术流程图

Fig.1 Flowchart of information extraction

2.1 影像的多尺度分割

设置合适的尺度参数、色彩参数与形状参数对多波段遥感数据进行分割,生成不同尺度的对象层,形成对象层次网络体系。多尺度分割后影像的基本单元已不是单个像元,而是由同质像元组成的多边

形对象^[3],每一多边形对象不仅包含像元固有的光谱信息,还有多边形的形状信息、纹理信息与邻域信息,对于光谱信息类似的不同地类而言,通过多边形对象其他属性信息的差异就可以轻松地提取出来。

2.2 信息提取

根据分类系统中地物类别属性,利用成员函数建立训练区,选择分类器在对应的对象层中提取信息。影像分割可得出样本对某类的从属程度,因此分割后对象更真实地表示地面类别并使更多的属性信息用于后续分析^[4]。样本的隶属度是通过成员函数获得的,成员函数把任意特征值范围转换为统一的范围 $[0 \dots 1]$ ^[5],描述了一个类型的隶属度。面向对象技术允许随时对训练区样本的函数曲线进行调整,这样将保证不同区域内分类精度的统一。

2.3 精度评价

在航空遥感影像上通过目视方法分别选取一定数量的样本,并比较分类结果图上相应的类别,得出分类精度^[6]。精度评价采用的参考数据有更高分辨率的遥感影像、野外实地验证数据与样区统计数据,对局部地区感兴趣的类进行抽样评价,评价内容有类别、形状与面积。

3 大庆市城市绿地信息快速获取实例

大庆市城市绿地调查的范围为大庆市主城区,面积为 53403 公顷,随着经济的发展和社会的进步,大庆市的城市化进程也越来越快,为了进一步做好大庆市绿化工作,充分发挥高新技术在绿地调查和动态监测工作中的作用,大庆市开展了城市绿地遥感调查工程。

3.1 绿地调查作业流程

遥感绿地调查工作十分复杂,包括影像数据准备、信息提取、数据统计分析、数据库建设以及全流程的质量管理等各个方面。根据现势性要求,调查主要采用 2000-09-19 拍摄的 1:20000 真彩色航空影像数据,制成 1:5000 数字正射影像图共 143 幅,分辨率为 50cm,绿地信息的提取结果为矢量多边形图斑,可直接在 ArcInfo 软件中进行数据处理,城区七大类园林绿地分类工作在 ArcInfo, Arcview 软件环境下完成,统一地理坐标与投影后的绿地覆盖与城市园林绿地两套矢量数据在 ArcInfo 环境下作叠加分

析,得出各类绿地面积与比例以及绿地总面积、绿化覆盖总面积、绿地率与绿地覆盖率。

3.2 绿地调查分类系统

本分类系统的制定是基于绿地调查的要求制定的,大庆市城市绿地信息提取分两步进行:一是绿地覆盖信息的提取,二是城市园林绿地信息提取。城市绿地覆盖信息分为五类:乔木、灌木、人工草地、疏林地、其他绿地。城市园林绿地分成 7 大类(公共绿地、居住绿地、单位绿地、生产绿地、防护绿地、道路绿地、其他绿地),共 27 小类。下面对 3 种主要绿地覆盖类型进行描述。

• 乔木

高度在 2m 以上的乔木林地,包括天然林和人工林,大庆市以人工林为主,如用材林、经济林、防护林等成片林地和带状林地。提取乔木绿地信息是分 3 种情况:(a)树冠连片,郁闭度为 100%,勾绘多边形的面积为绿地面积即绿化覆盖面积;(b)乔木分布比较松散,郁闭度小于 100%,树冠间隔大于一个树冠的距离,多边形需要赋予郁闭度百分比,绿化覆盖面积等于多边形面积(绿地面积)乘郁闭度;(c)树木比较分散,树冠间距较大,用单个圆圈分别表示每个树冠的覆盖面积,即绿化覆盖面积为圆圈的面积(绿地面积)。

• 灌木

灌木为高度在 2m 以下的矮林地和灌丛林地,分两种情况:(a)郁闭度为 100%,勾绘多边形的面积为绿化覆盖面积也是绿地面积;(b)分布松散,郁闭度小于 100%,多边形需要赋予百分比,绿化覆盖面积等于多边形面积(绿地面积)乘郁闭度。

• 草地

草地以生长草本植物为主,覆盖度在 30% 以上的各类草地,包括以牧为主的灌丛草地和郁闭度在 10% 以下的疏林草地,有天然草地和人工草坪。天然草地主要分布于油区,人工草坪主要分布于城区内。绿地面积与绿化覆盖面积之间只有植被郁闭度的差异,没有树冠投影到地面的阴影面积差值,信息提取是只需要对每个多边形赋予其郁闭度就可以。草地的绿化覆盖面积等于多边形的面积(绿地面积)乘郁闭度。

3.3 绿地覆盖信息提取技术应用

3.3.1 参数选择的依据和经验

尺度的选择 在城市绿地信息提取过程中,城

区和油田区的影像分割尺度应该不同,城区可用较小的尺度如 25—100,而油区则用较大的尺度如 200—1000。此外不同绿地类型的分割尺度也有差异,在城区分割尺度为 25 时,道路两边的行道树成单独的多边形,而尺度为 30 时,行道树则容易被并入其它的多边形。通过尺度取 25 或 30,就可以将细节信息提取出来,如院落中的单棵乔木和灌丛、小房子甚至路上跑的车辆。这类小地物如果在大的尺度下,很容易混入其他类型中。也可以利用小尺度对一些大尺度下错分的边界进行调整。虽然这一尺度下不容易有类型的混合,但此尺度下的对象太破碎,不利于大地物的提取。

图层权重的选择 在本项目中采用的是真彩色的正射影像图,3 个图层(红、绿、蓝)对绿地覆盖信息提取中的贡献程度相似,因此影像 3 个图层的权重值均为 1。

分割因子的选择 信息提取过程中尺度分割的选择是很重要。本次绿地分割信息的提取中设色彩因子的权重值为 0.8,形状因子的权重值为 0.2,其中光滑度为 0.7,紧密度为 0.3。

对象层的选择 影像分割时采用不同的尺度,则生成的对象层所包含的多边形对象含义就不同,用于提取性质迥异的绿地类别。如层 1 的尺度 = 1000,提取大范围的退化草地;层 2 的尺度 = 500,排除非绿地;层 3 的尺度 = 100,提取城区人工草地、疏林地与成片乔灌;层 4 的尺度 = 25,提取零星分布的乔灌(图 2)。

3.3.2 自动分类过程

分割生成多个影像对象层用于提取不同性质的绿地,因此样本训练与分类工作都是在相应的对象层中进行。

在分类前先对于每种绿地类型进行样本多边形的训练工作,根据样区绿地类型特征与属性进行相关性分析,确定参与训练的成员函数主要由 6 个对象属性组成:绿波段平均值、标准差、绿度比率、紧凑度、形状因子、对称度。在训练中舍弃属性值分散的样本,选择属性值在函数曲线上集中的多边形为样本库成员,每种绿地类型有一个样本函数库,样本数目有多有少,乔木多边形对象在影像上显示的属性信息与其他类型比较要收敛得多,因此样本数少一些,一个标准幅影像为 20 个左右,而相对属性值较分散的草地则有 50 多个样本多边形。

确定样本库后就可以在不同的对象层提取对应的绿地类别,每一个多边形的 6 个属性值与所有绿

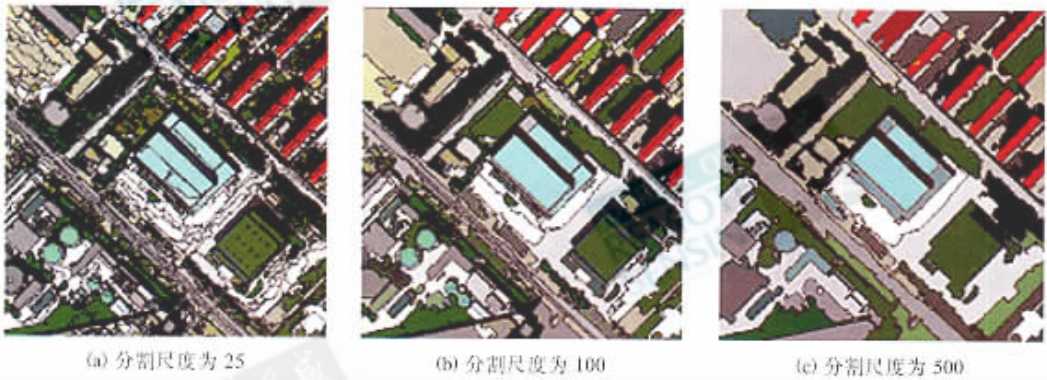


图 2 影像分割结果

Fig.2 The result of image segmentation

地的样本函数曲线比较,若该属性值位于曲线范围之内,则获得一个隶属度,6个隶属度加权和大于其中一种绿地的预设值,则该多边形确定为该类绿地。

初次分类后,难免有错分与漏分的现象,分类精度的关键在于选择样本多边形是否具有很强的代表性。根据实现情况采取两种措施:一为改变样本成员函数的曲线,重新分类,直到分类达到一定的精度;二为人工参与,将漏分的多边形手动归为某种绿地类型,错分的多边形进行类型的修改。

3.3.3 绿地类别信息提取技巧

• 有明显区域差异的类型

若有明显的区域差异,可先在大尺度下划分出两种区域,然后在小尺度下分别分类。例如:草地与耕地的波谱信息相近,但一般来说城区内为草地,城区外为耕地。因此,先在大尺度下分为“城区”、“非城区”两类,然后在小尺度下分出草地与耕地的混合类型,先命名为“草地”。在分类体系中的结构里,将“草地”与“非城区”归为一个结构组,然后进行叠加。此时城内区域被叠加上草地。再在小尺度下以相同的方法重新分出草地与耕地的混合类型,命名为“耕地”。在分类体系中的结构里,将“耕地”、“草地”与“城区”归为一个结构组,然后进行叠加,此时非城区被叠加上耕地。

• 同一类别的多个影像对象融合

在信息提取过程中同一类别的地物经常由多个邻近影像对象组成,代表的是一种地类而不只是一部分,需要将它们合并成一个有意义的影像对象,如

图 3 中草地被分为多个多边形对象,蓝色边界的多边形目标影像对象代表着一些密度不同的草地,因为所有不同密度的草地都属于草地,因此确定为一种类型。要正确的合并属于同一类别中的邻近影像对象,就要定义一个新的结构组织,其中包括所有代表草地的类型。基于分类的融合后,无论对象以前是什么色彩,这些类型的相邻对象都会被合并,如图 4。

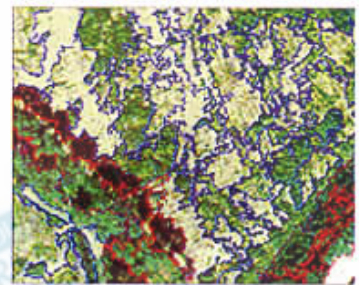


图 3 由多个对象组成的草地

Fig.3 Grassland with many objects

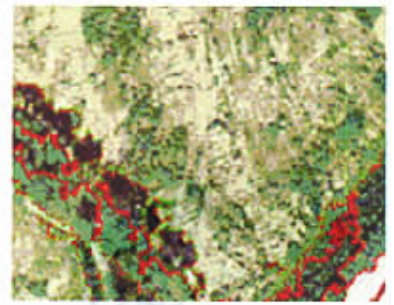


图 4 多个对象融合后的草地

Fig.4 Grassland after fusing objects

3.4 信息提取成果

绿地面积为 5684hm², 绿地率为 10.64%, 绿化覆盖面积为 5451hm², 绿化覆盖率为 10.21%; 其中乔木为 2464.408hm², 占 43.35%, 灌木为 100.378hm², 占 1.77%, 人工草地为 2720.102hm², 占 47.85%, 疏林地为 74.117hm², 占 1.30%, 其他绿地为 325.301hm², 占 5.72%。园林绿地调查结果见图 5, 各类园林绿地面积以及乔灌草比例见表 1。

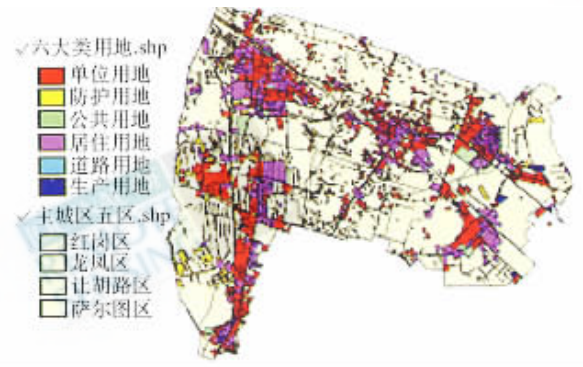


图 5 大庆市城市园林绿地调查成果图

Fig.5 Investigation result of Daqing

3.5 精度检验

调查结果采用两种精度检验方法 野外实地调查

表 1 主城区绿地统计表

Table 1 Statistical result of main urban vegetation

项目 类别	绿地面积		绿地率 /%	绿化覆盖面积		绿化 覆盖率 /%	人均绿地面积 (m ² /人)	乔木/hm ²	灌木/hm ²	人工草地/hm ²
	/hm ²	/%		/hm ²	/%					
公共绿地	563.420	9.91		563.420	10.34		7.779	92.719	1.656	137.535
居住绿地	1239.795	21.81	24.92	1219.161	22.37	24.50		313.676	48.055	878.005
单位绿地	2248.903	39.56	30.48	2197.203	40.31	29.77		658.519	46.306	1539.074
道路绿地	213.072	3.75		206.995	3.80			116.120	2.229	93.686
防护绿地	1372.534	24.15		1221.897	22.42			1249.586	2.132	59.579
生产绿地	46.582	0.82		42.460	0.78			33.788	0.000	12.223
总计	5684.307	100.00		5451.136	100.00			2464.408	100.378	2720.102

验证与 1:2000 真彩色数字正射影像数据检验(建城区部分),从野外实地考察的样点标志库抽取 625 个样点,绿地类型以实地考察为准,面积与形状以 1:2000 真彩色数字正射影像目视解译结果为准。

3.5.1 类别一致性检验

在测区内水平与垂直方向均匀各布设 25 条样线,样线交叉处共有 625 个点,作为绿地类别精度检验的样点,抽样评价结果见表 2。检验结果表明绿地信息遥感调查的类别一致性精度较高,为 92% 左

右。其中乔木为 94.81%,人工草地的精度达 98.08%,疏林地的精度为 88.89%;对于灌木来说,由于部分生长于乔木之下以及测区植被资料有限,影响对遥感影像的垂直结构分析,因此灌木类别精度相对低,为 86.67% 左右。

3.5.2 面积、形状一致性检验

在符合类别一致性的前提下,乔木与人工草地各抽样 50 个样点多边形,灌木与疏林地各抽样 20 个样点多边形,以更高分辨率影像目视解译成果为

表 2 乔木、灌木、人工草地、疏林地类别精度评价表

Table 2 Sample precision for class of arbor shrub grassland

内容	类别	乔木(270 个样点)		灌木(15 个样点)		人工草地(313 个样点)		疏林地(27 个样点)	
		合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格
类别数		256	14	13	2	307	6	24	3
精度/%		94.81		86.67		98.08		88.89	
总精度/%		92.11							

参考 检验多边形面积、形状的一致性。样点多边形面积为 S_1 、对应的参考多边形面积为 S_2 ,两者平均面积为 $S = (S_1 + S_2) / 2$ 。

面积一致性 $D_1 = |S_1 - S_2| / S$,如 $D_1 < 5\%$,则该样点多边形的面积一致性合格 ,否则不合格 ,抽

样评价结果见表 3。抽样结果表明面积一致性的总体精度为 91.25% ,与类别一致性相似 ,乔木与人工草地的面积一致性精度较高 ,为 95% 左右 ;灌木的面积一致性精度较低 ,为 85%。

表 3 类别多边形面积精度评价表

Table 3 Sample precision for area for class polygon

内容 \ 类别	乔木(50个样点)		灌木(20个样点)		人工草地(50个样点)		疏林地(20个样点)	
	合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格
面积	48	2	17	3	47	3	18	2
精度/%	96.00		85.00		94.00		90.00	
总精度/%	91.25							

形状一致性 将样点多边形与对应的参考多边形叠加 ,两者不一致的面积为 S_3 , $D_2 = S_3 / S$,如 $D_2 < 5\%$,则该样点多边形的形状一致性合格 ,否则不合格 ,抽样评价结果见表 4。抽样结果表明形状一致性的总体精度为 90% ,乔木与人工草地的形状一致性精度较高 ,为 95% 左右 ;灌木的形状一致性精度较低 ,为 85%。

4 技术应用特点

与传统方法相比 ,以多尺度分割技术为基础的影像信息提取确实先进了很多 ,分割后能获得具有纹理结构信息的具有足够几何精度的同质影像对象 ,实现以影像对象为基础的分类自动提取。

表 4 类别多边形形状精度评价表

Table 4 Sample precision of shape

内容 \ 类别	乔木(50个样点)		灌木(20个样点)		人工草地(50个样点)		疏林地(20个样点)	
	合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格
形状	47	3	17	3	48	2	17	3
精度/%	94.00		85.00		96.00		85.00	
总精度/%	90.00							

4.1 速度快

影像分割与信息提取是两个严格分开的步骤 ,自动的影像分割是信息提取的前提基础 ,由计算机完成 ,技术人员只需根据不同的应用任务设置分割参数 ,面向对象的信息提取过程中的成员函数编辑技术需要人的知识参与 ,相对比较费时。但与目视解译相比节省了大量的时间 ,而且很明显减少了人为参与的时间 ,测区绿地调查任务可在较短时间内完成。

4.2 精度高

与基于像元的分类技术相比 ,分类技术成果精度要高得多 ,因为信息提取的基本单元为有意义的影像对象 ,参与分类的有对象空间信息与邻域信息。

在样本数足够的情况下 ,结合技术人员的测区实地经验 ,充分训练样本多边形对象的成员函数 ,要达到高精度的信息提取成果是完全有可能的。

5 结 论

本文所采用的高分辨率影像多尺度分割技术与面向对象的绿地信息提取 ,与基于像元的分类技术相比最大的特点是 :分类的基本单元不再是单个像元 ,而是根据同质性原则合并而成的多边形影像对象。该方法在利用光谱信息的同时 ,不仅考虑了影像对象的空间信息 ,而且在信息提取中融入了对象的纹理特征与邻域信息 ,使信息结果有了明显改进。文中以大庆市城市绿地遥感调查为例 ,采用多尺度分割与面向对象技术成功提取乔木、灌木、人工草地

与疏林地等绿地覆盖信息,实现了绿地信息定性和定量的精确描述,类别精度高达 92% 左右,在 95% 的可靠性程度的前提下,面积一致性精度达 91.25%,形状一致性精度达为 90%。本次绿地调查工作充分体现了精度高、速度快的优点,展示了多尺度分割与面向对象技术应用于高分辨率遥感影像信息提取的广阔前景,为高端专题信息的快速提取提供了新的思路。

参 考 文 献 (References)

[1] Song S Y , Shan X J . Preliminary Application of High-resolution Satellite Image in City Building Classification [J] *Remote Sensing Information* , 2002 , 1 : 26—30. [宋晓宇 , 单新建 . 高分辨率卫星影像在城市建筑物识别中的初步应用 [J] . 遥感信息 , 2002 , 1 : 26—30.]

- [2] Faber A , FÖRSTNER W . Scale Characteristics of Local Autocovariances for Texture Segmentation [J] . *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* , 1999 , 32 (7—4—3) .
- [3] Definiens Image GmbH . eCognition User Guide [R] . 1999 , Germany . 11—17 .
- [4] Xu Q S , Zhao F S , Wei H L , et al . Fuzzy Unsupervised Segmentation and Pixel Analysis of Remote Sensing Images [J] *Photoelectron Technology and Information* , 1998 , 11 (5) : 21—18. [徐青山 , 赵凤生 , 魏合理等 . 遥感模糊图像分割与像元分析 [J] . 光电子技术与信息 . 1998 , 11 (5) : 21—18.]
- [5] Haralick R , Shapiro . Image Segmentation Techniques [J] . *Computer Vision , Graphics and Image Processing* . 1985 , 12 : 100—132 .
- [6] Gao F Q , Wu J P , Sun J Z . Greenland Information Extraction and Mapping System Based on the Aerial Remote Sensing Data [J] . *Remote Sensing for Land & Resources* , 2001 , 2 : 57—61. [高芳琴 , 吴健平 , 孙建中 . 基于航空遥感数据的绿地信息提取与制图系统 [J] . 国土资源遥感 , 2001 , 2 : 57—61.]

Detecting Urban Vegetation Efficiently with High Resolution Remote Sensing Data

HUANG Hui-ping , WU Bing-fang , LI Miao-miao , ZHOU Wei-feng , WANG Zhong-wu

(Institute of Remote Sensing Applications , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100101 , China)

Abstract : Monitoring urban vegetation is one of the major environmental applications in remote sensing today. As the main data sources for urban vegetation high-resolution imagery provides a good basis for recognizing and monitoring small-scale structure changes. Going far beyond the methodical limits of pixel-based and manual interpretation approaches multi-resolution image segmentation and object-oriented image analysis approaches are used for extracting information from airborne remote sensing data. This paper presents a snapshot of work to detect vegetation information in Daqing city using this new patented technique. It allows the segmentation of an image into highly homogeneous image objects in any chosen resolution and the generation of a network of image objects. The process does not classify single pixel but rather image object. Not only spectral information but also spatial , physical and contextual characteristics of image objects are used for classification. Classification is conducted by fuzzy logic , and image objects are evaluated using membership function classifiers. Membership functions are used to produce class description , which consists of a set of fuzzy expressions from appropriate sample objects. The result of vegetation information extraction is promising and the precision of classification is higher than other conventional processes. It is obvious that this new image analysis approach offers a satisfying solution to extract information quickly and efficiently.

Key words : remote sensing ; multi-resolution segmentation ; object-oriented ; urban vegetation