

面向对象的森林植被图像识别分类方法

郭亚鸽¹, 于信芳², 江 东², 王世宽², 姜小三^{1*}

(1. 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 森林植被信息提取是遥感影像分类中的难点, 仅利用光谱信息难以提取森林植被的类型, 本文以门头沟区森林植被占主要土地覆被类型为研究对象, 选择 HJ-1 影像面向对象提取不同地物信息。由于研究区地形复杂, 采用多尺度分割方法, 对不同地物设置不同分割参数, 实现不同地物分层提取。根据光谱、纹理及几何等特征选择合适的特征参数, 构建隶属度函数, 逐级提取研究区的土地覆被类型, 并与传统的最大似然法进行对比。结果表明: 面向对象的分类方法在门头沟区森林植被二级信息提取的精度为 83%, 与传统方法相比有了较大的提高。

关键词: eCognition; 面向对象分类; 多尺度分割; 最大似然法

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2012.00514

1 引言

森林资源对经济、社会 and 环境的可持续性发展具有不可替代的作用, 遥感影像分类是森林资源调查和监测的重要手段。森林植被分类是遥感应应用研究的一个难题, 其分类精度一直是个难以解决的问题。国内外学者对此进行了大量研究: 如刘旭升^[1]等使用 Landsat 7 ETM+ 遥感数据, 利用 BP 神经网络法对森林植被进行分类, 与最大似然法相比, 在灌草、灌阔、草灌混分现象大幅度减少, 但针阔混分现象无明显改善。袁金国^[2]采用植被指数进行森林植被遥感分类研究, 结果表明, 最易区分阔叶林和针叶林的是垂直植被指数 PVI, 不同针叶树种间采用 RVI 来区分。竞霞^[3]等以密云山区为例, 利用多时相遥感数据 Landsat TM 进行山区森林植被分类, 取得了较好的分类效果。Brian D. Wardlow^[4]等利用 MODIS-NDVI 时间序列数据, 采用分层分类方法对美国中部农作物进行分类, 并取得了较高的精度。Sulong^[5]等在 GIS 支持下利用航空照片和 TM 图像, 将马来西亚的红树林划分为 14 个类型, 精度分别为 91.2% 和 87.8%。

面向对象分类方法可以充分利用像元的空间、纹理、上下文等特征信息^[6], 是近几年为充分挖掘高分辨率影像信息而发展起来的遥感图像分类技

术^[7-8]。上世纪末, Baatz 等人提出了面向对象的分类方法^[9], 它突破了传统影像分析方法以单个像元为处理单元的局限性而成为遥感技术的研究热点, 其本质是分类的最小单元为对象而不是像元, 使分类精度更高^[10]。试验证明在中分辨率遥感影像分类中具有较大优势。如韩闪闪^[11]等采用传统的最大似然法、面向对象对 TM、ETM 数据进行分类, 结果表明, 面向对象方法比传统方法在精度上有了明显提高。何宇华^[12]等运用 CBERS-02 数据进行土地调查研究中, 运用 2 种方法进行分类, 其中, 面向对象方法的精度更高。此外, 利用面向对象进行土地利用分类时, 大多研究只针对简单的土地利用类型。如孙晓霞等^[13]利用 IKONOS 影像提取河流和道路信息, 通过面向对象法, 进行初次分类和引入子目标形状特征的二次分类, 来提高精度; 曹凯等^[14]用 SPOT5 影像, 对南京市部分主城区的水体信息进行逐级分层分类提取, 结果面向对象方法的分类精度更高。然而, 面向对象分类方法在中分辨率遥感影像分类方面的研究则鲜有报道, 特别是针对森林植被二级分类方法的研究鲜有发表。

本文综合多时相、多源数据, 以 HJ-1CCD 影像辅以 Landsat TM、地形信息 (DEM) 及坡度数据等, 采用以知识规则定义分类的隶属度函数法, 对北京门头沟地区的植被信息进行二级分类, 并用野外采

收稿日期: 2012-04-13; **修回日期:** 2012-06-25.

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项 (XDA05050102); 全国生态环境 10 年 (2000-2010 年) 变化遥感调查与评估专题 (STSN-01-01)。

作者简介: 郭亚鸽 (1984-), 女, 硕士研究生, 研究方向为资源环境信息系统。E-mail: 2009103051@njau.edu.cn

*** 通讯作者:** 姜小三 (1967-), 博士, 副教授, 研究方向为资源环境信息系统。E-mail: gis@njau.edu.cn

样数据作精度验证,结果表明该方法提高了信息提取的精度。

2 研究区背景与数据预处理

2.1 研究区地理背景

北京市门头沟区地处北京西部山区,属于太行山余脉,范围在 115°25′~116°10′E 与 39°48′~40°10′N 之间,总面积 1455km²,其中,山区面积占 98.5%。境内有北京市的最高峰东灵山,海拔 2303m,东、南与石景山区、丰台区、房山区接壤,西、北与河北省涞水县、涿鹿县、怀来县和北京市昌平区、海淀区为邻,属中纬度大陆性季风气候,降水量年际变化较大,自东向西逐渐减少,年降水量 600mm 左右。研究区植物种类丰富,垂直水平地带性分布相对比较明显,森林植被以桦树林、杂木林以及散生侧柏和人工营造的油松林、落叶松等为主,主要分布在海拔 1000m 以上的中山区^[15]。

2.2 土地覆被分类系统

根据面向估算中国碳收支项目特别制定的中国土地覆被分类系统,一级分类系统分为林地、草地、湿地、耕地、工矿、居民用地和其他(裸土)6 种土地覆被类型。本文研究重点是森林植被的二级分类,根据研究区影像特点,将林地细分为落叶阔叶林、落叶阔叶灌木林、常绿针叶林、落叶针叶林和乔木园地,非植被类型只分到一级类不进行细分,具体分类系统见表 1,其中,“其他”类在门头沟区只有裸土,称为其他(裸土)。

表 1 面向碳收支的土地覆被 I、II 级分类系统(门头沟区)
Tab. 1 Land use/land cover classification system of carbon budget-Mentougou District

序号	I 级分类	代码	II 级分类
1	林地	102	落叶阔叶林
		103	常绿针叶林
		104	落叶针叶林
		107	落叶阔叶灌木林
		109	乔木园地
2	草地		
3	湿地		
4	耕地		
5	工矿、居民用地		
6	其他(裸土)		

2.3 数据选取与处理

分类系统一、二级土地覆被类型,适合用多尺度遥感方法监测。本次二级分类的土地覆被类型,用单一时相数据划分所有类型难度较大,多时相数据往往比高空间分辨率具有更强的土地覆被判别能力。环境小卫星(HJ-1A/1B)相比 TM、CEBERS 数据有明显的多期数据采集能力,为土地覆盖分类提供了更多时相数据选择空间。

本研究选用 3 景 HJ 数据(获取时间分别为 2010 年 5 月 20 日、7 月 20 日和 12 月 20 日,轨道号分别是 457-68、4-68、4-64,空间分辨率为 30m,数据来源于中国资源卫星应用中心)和 1 景 Landsat5 TM 数据(获取时间为 2009 年 8 月 12 日,轨道号是 124/32,空间分辨率为 30m,数据来源于 <http://glovis.usgs.gov>,该数据因其光谱信息丰富,是本研究的主要辅助数据)。此外辅以 Aster 30m 的 DEM(源自 <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem-wist.asp>)与 DEM 经空间分析后生成的坡度数据。

本研究区采用的投影坐标系为 Krasovsky_1940_Albers,地理坐标系为 GCS_Krasovsky_1940,分别对研究区数据进行投影变换、正射校正、波段合成等处理,将所有数据都转换到统一的坐标系中。由于门头沟区多山,地形对影像的干扰比较大,因此对 HJ-1CCD 数据进行了正射校正,结合 DEM 数据,通过均匀选取多个控制点对其进行校正,使误差控制在 1.5 个像元之内。本文选择经预处理后的 HJ-1CCD 部分影像(图 1)进行分类对比分析。



图 1 研究区部分假彩色合成影像(HJ-1CCD)
Fig. 1 False color composite image of the study area (part)

3 面向对象的森林植被图像识别分类

近年来,国内外学者以中、高分辨率遥感影像为数据源,应用面向对象的分类方法进行了地物信息的提取研究,并将其与传统的以像元的方法进行了对比,证明了面向对象分类方法的优越性^[16-18]。它主要包括影像分割和分类。

3.1 面向对象分类的特征选取

本研究根据分类规则建立的需要,选取主要植被类型的地物进行 DN 值采样^[19],统计其最大、最小值和均值(表 2),得到主要地物类型的光谱响应曲线,如图 2 所示。

表 2 不同地物类型在遥感影像上的 DN 值统计表
Tab. 2 Statistics of the DN value of different object types in the remote sensing image

植被类别		落叶阔叶 灌木林	落叶 阔叶林	针叶林	乔木 园地	草地
Band 1	最大值	55	62	52	67	71
	最小值	47	54	43	53	61
	平均值	51.65	58.42	47.18	58.14	65.44
Band 2	最大值	30	26	29	16	36
	最小值	25	22	23	9	28
	平均值	28.14	24.66	25.66	11.11	32.18
Band 3	最大值	25	20	15	29	38。
	最小值	19	15	11	18	25
	平均值	21.71	17.64	13.45	20.59	31.24
Band 4	最大值	116	117	52	96	92
	最小值	91	87	14	66	66
	平均值	102.56	102.35	34.63	79.17	81.69
Band 5	最大值	107	88	49	78	110
	最小值	78	62	11	54	81
	平均值	91.15	78.32	31.83	65.38	99.09
Band 6	最大值	161	149	142	155	169
	最小值	149	132	130	147	153
	平均值	154.91	144.08	136.51	151.20	160.35
Band 7	最大值	36	28	17	31	53
	最小值	24	19	5	18	36
	平均值	30.54	23.33	11.64	22.68	45.67

3.2 森林植被二级分类方法

(1) 缨帽变换 (Tasseled Cap Transformation,

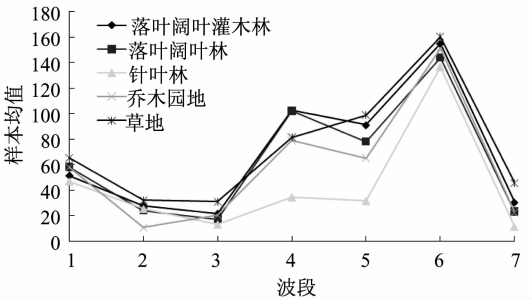


图 2 不同地物类型的样本光谱响应曲线
Fig. 2 The sample spectral response curve of different object types

又叫 K-T 变换)。其对原始数据进行正交变换,去除原始影像各波段间的冗余信息,变换后的结果具有重要的物理意义。对于 Landsat5 TM 数据,其结果有 3 个因子组成:亮度、绿度与第三分量,第三分量表征地物的水分含量,与湿度有关。所以,将其变换后的结果与原影像波段合成,应用到分类中,可以将湿地与陆地区分开。

(2) 多尺度分割。影像分割是面向对象分类的基础,通过图像分割^[20-21]可以得到同质像元组成的多边形对象。分割尺度的选择直接影响分类的精度。由于不同地物的光谱、形状等特征不同,对其进行提取所需要的分割尺度也不同^[22],影像分割的异质性指标由对象的颜色、形状、光滑度和紧凑度来衡量^[23]。

研究区地形复杂,图斑大小不一,比较破碎,采用单一尺度分割不能满足精度要求,所以,利用多尺度分割技术生成大、中、小尺度的分割对象,在较大尺度下分割出父对象,而在较小尺度下分割出子对象,然后按照分类规则进行不同地物信息分层提取^[24]。本研究根据分类目的,经过反复改变参数进行多次试验,最终确定 20、10、5 的分割尺度。湿地光谱很均一,可以在 Level 1 层上的分割尺度上分类;植被(草地、灌木和阔叶林)的面积相对比较大,可以在 Level 2 层上提取;工矿、居民用地和耕地(本研究区内指旱地)图斑小而破碎,选择较大尺度容易生成混合对象,因此,采用较小的尺度进行分类。不同尺度的分割效果如图 3 所示。

3.3 面向对象的森林植被二级分类

多尺度分割后需要选择合适的分类器对影像进行分类。图像处理平台,采用德国 eCognition 软

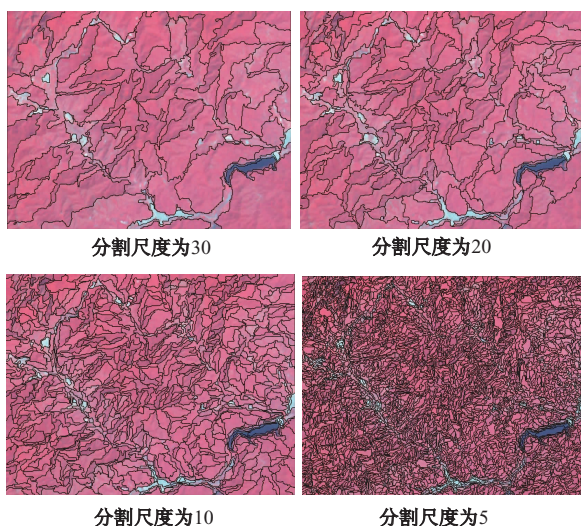


图3 不同尺度分割效果对比图

Fig. 3 Comparison of the segmentation results with different scales

件,主要有最邻近距离法和隶属度函数法 2 种分类方法。当地物特征不明显或者用一两个特征无法区分,需要更多的规则来区分时,适合用最邻近距离法;如果用一个或者少数几个特征可以区分的地物,则可用隶属度函数法^[18]。隶属度函数法用 0 到 1 的范围来表达任意特征范围,利用模糊数学方法构造隶属函数,赋以函数值来确定对象归属类^[25-26]。它利用对象的特征信息构建规则集,并对规则阈值进行判定来提取不同的分类对象^[27]。

本研究根据上述不同地物的光谱曲线及空间特征,在综合分析影像信息和地物类型基础上,利用隶属度函数构建规则集,实现各种地物的逐级分类。首先,进行粗分类,提取植被、水体等信息;然后,进一步逐级细化,提取其他地物。

Level 1 层中提取湿地和其他(裸土)。HJ-1CCD 影像 4、3、2 假彩色合成影像中,其他(裸土)类为亮白色,根据亮度值很容易将其提取出来。湿地可以根据与水分相关的一些信息进行提取,多次试验表明,根据缨帽变换第三分量 K-T3^[28],可以将湿地与一些工业用地、针叶林很好地区分开,提取精度较高。

本次的林地分类在 Level 2 中主要提取一部分植被的二级分类。利用归一化植被指数 NDVI ($NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$),可以将植被与非植被很好地区分开^[29]。仔细分析图 2 的光谱特征,并经过多次试验,发现红光波段 Band 3 与蓝光波段

Band 1 的比值可以较好地将落叶阔叶林与落叶阔叶灌木林区分开;中红外波段 Band 5 与近红外波段 Band 4 的差值,可提取出大部分草地。由于该区山形挺拔高峻,一些山顶存在繁茂的高山草甸,另外草甸多生长在低温、中度湿润条件下,所以,根据 DEM 和与湿度相关的指数 NDII ($NDII = (Band4 - Band5) / (Band4 + Band5)$),可将这部分草甸提取归于草地中。

Level 3 中主要提取剩余的细小地物。耕地与林地在地物光谱上比较接近,不易区分,但耕地在收割后或者刚播种时与林地的光谱区别较大,所以,通过辅助数据:5 月份刚播种时期的影像数据,可很好地将耕地提取出来。由于本次研究采用 5 月底的遥感影像,此时一部分作物已经长势较好,所以,根据刚播种时期影像的 NDVI,只能提取出一部分耕地。另外,耕地的坡度一般不会大于 45°,故加入辅助数据坡度图,提取剩余耕地,经过第二次分类,最终将耕地从植被中准确地提取出来。另外,工矿、

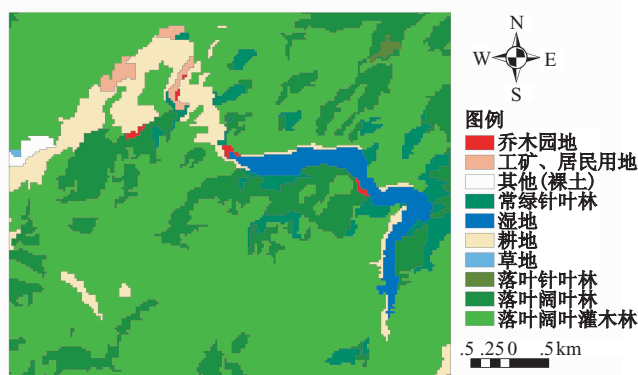


图4 Level 3 层第一次提取的乔木园地

Fig. 4 First extraction of the arbor garden at Level 3

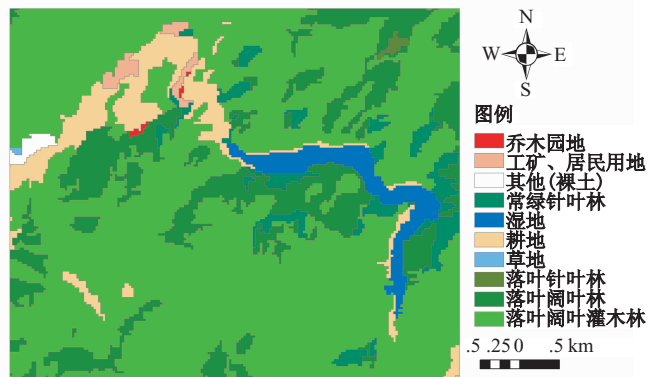


图5 Level 3 层经修改后提取的乔木园地

Fig. 5 The arbor garden after modification at Level 3

居民用地根据归一化建筑指数 $NDBI = (Band5 - Band4) / (Band5 + Band4)$ 基本上可以提取出来^[30], 其中一部分其他(裸土)亮度较低, 也被提取为工矿、居民用地; 针对该研究区, 被误提为工矿、居民用地的其他(裸土), 均分布在坡度比较大的山上, 所以, 借助辅助数据坡度图, 可以将这部分工矿、居民用地归到其他(裸土)中。由图 2 可知: 根据绿光波段 Band 2 可以将乔木园地提取出来, 由于季节或者降雨原因, 一部分干旱季水体光谱跟乔木园地比较相似, 因此, 第一次提取后会有一部分湿地(统称水体)被误分为乔木园地(图 4), 选择乔木园地类中与湿地类距离为 0 的对象, 分类到湿地类中, 见图 5。由于针叶林在 HJ-1CCD 影像上光谱与阔叶林, 不易提取, 而在 Landsat TM 影像上针叶林的光谱值较低, 在影像上显示为深红色, 阔叶林的颜色则较

浅, 因而根据 Landsat TM 的近红外波段可以将其区分开。常绿针叶林与落叶针叶林在冬季差别比较大, 根据冬季影像的 NDVI 值可以将其区分开。本研究借助辅助数据 12 月份 HJ-1CCD 影像, 将落叶针叶林与常绿针叶林很好地区分开。具体的分类流程如图 6 所示。

4 森林植被分类结果与分析

4.1 分类结果

根据地物的亮度、纹理、颜色等特征参数, 运用面向对象的分类方法, 先进行多尺度分割, 并结合上述专家知识规则, 综合利用光谱、形状、纹理等特征, 对分割后的影像进行逐层提取, 得到研究区分类结果(见图 7)。

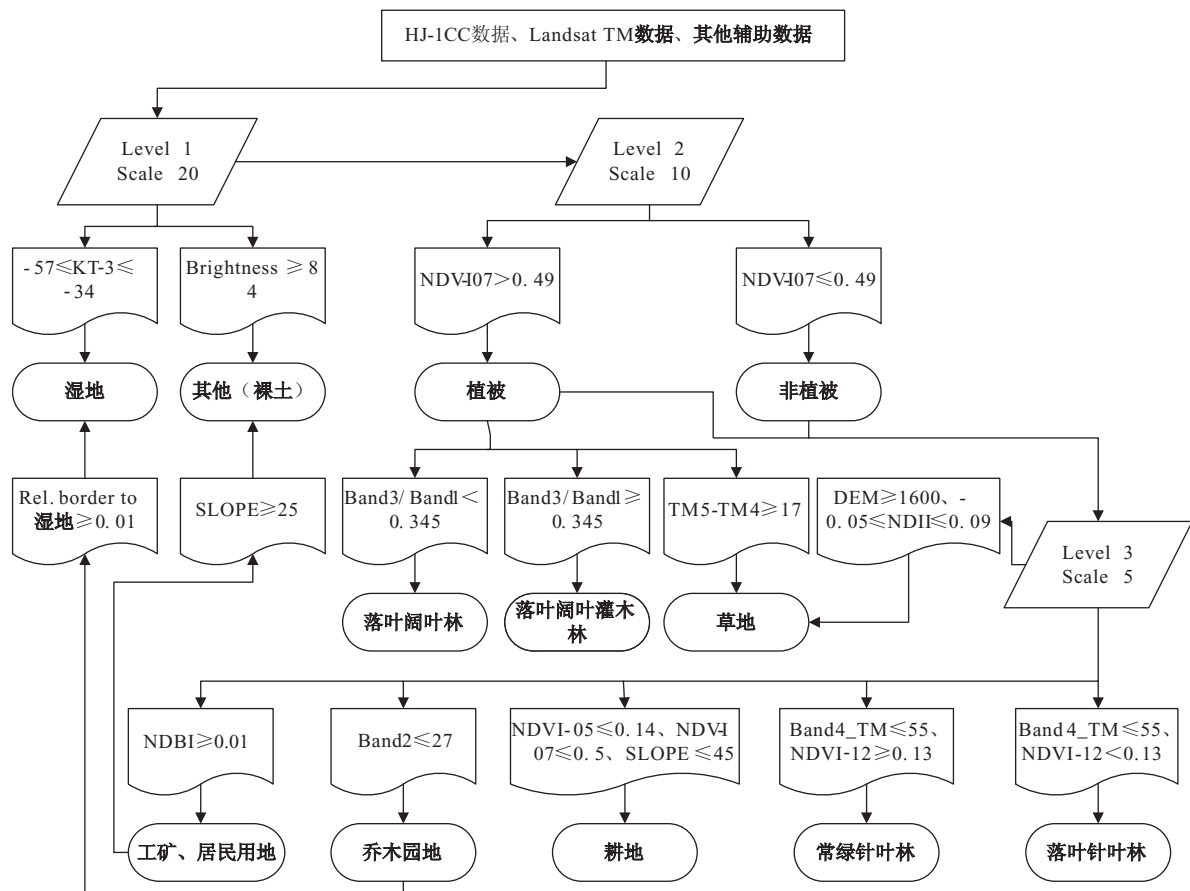


图 6 实验区土地利用识别分类流程图

Fig. 6 Workflow of land use recognition and classification in the study area

注: NDVI-05 为 5 月份 HJ-1 影像, NDVI-07 为 7 月份 HJ-1 影像, NDVI-12 为 12 月份 HJ-1 影像; KT-3 为 TM 影像缨帽变换的第三分量, Band-4 为 TM 影像第四波段, 其余波段为 TM 影像的对应波段。

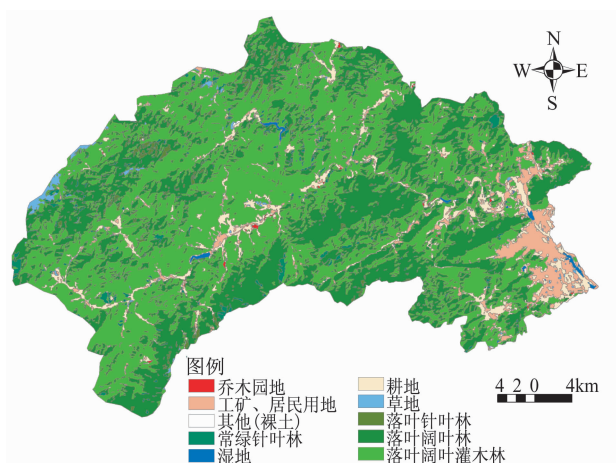


图7 门头沟区面向对象方法分类结果

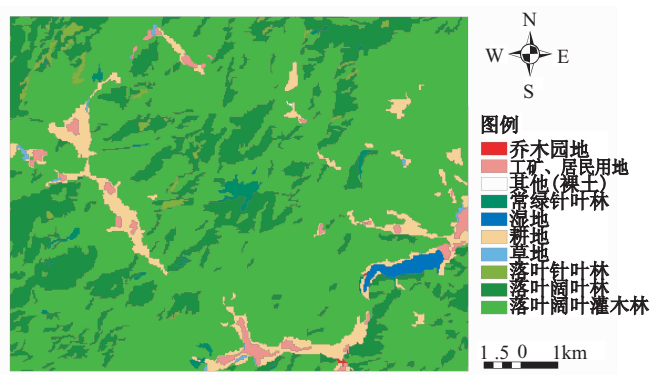
Fig. 7 Classification results with the object-oriented method in Mentougou District

研究表明,门头沟区以落叶阔叶灌木林为主,面积约占 51.43%;落叶阔叶林次之,约占35.29%;其他类型面积总和约占 13.28%。灌木林和落叶阔叶林主要分布在山区,覆盖大部分区域;人工表面和耕地大部分分布在东南部,山间平地也分布有一小部分,这与门头沟区以山区为主,地势西北高、东南低,东南部为门头沟区市区,以平原为主的实际地形特点相符合。本研究采用的分类规则集及阈值具有区域适用性,是针对门头沟区影像及地物特征所指定的,应用于其他区域的影像分类时,需根据实际情况作适当调整。

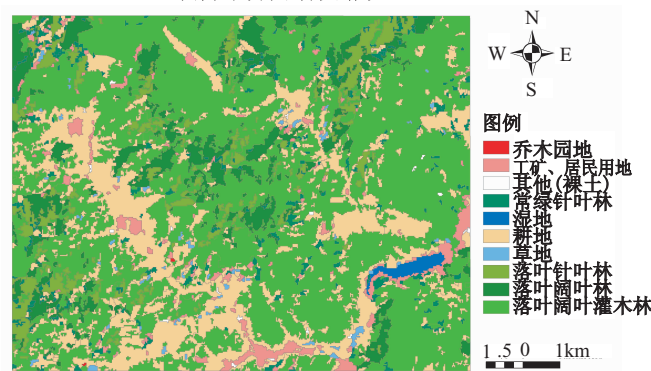
4.2 面向对象与传统监督分类方法的对比分析

将两者的分类结果进行对比:利用 ENVI 4.8 软件,执行传统的基于像元的最大似然监督分类,其分类结果如图 8 所示(部分截图)。

由图 8(a)与图 8(b)的对比可以看出,最大似然法分类结果中提取的地物比较破碎,特别是耕地、工矿、居民用地和针叶林,这主要是由于研究区地形地貌比较复杂,光谱信息相差不大,地物区分比较困难;耕地和工矿、居民用地在山地中分布比较破碎,利用传统方法就会出现较大误差;而常绿针叶与落叶针叶林光谱基本类似,传统方法也很难将其区分开。传统方法单纯依靠像元的光谱特征,忽略空间、纹理、形状等信息,使得光谱特征相似的地物难以区分;而面向对象分类方法充分利用光谱、纹理及空间等各种信息,弥补了传统分类方法的不足,取得了较好的分类效果,避免了椒盐现象的产生。



(a) 面向对象方法分类结果



(b) 最大似然法分类结果

图8 不同分类方法所得分类结果的比较

Fig. 8 Comparison of classification results with different classification methods

4.3 精度评价

本文在 2011 年 8 月底对研究区进行了野外采样,时间和 Landsat TM 数据基本相同,路线基本遍布整个研究区。为了更好地评价分类精度,选取 264 个外业采样点以及 502 个目测随机采样点,参考东灵山林相图进行精度验证,采样点与遥感影像叠加图如图 9 所示。

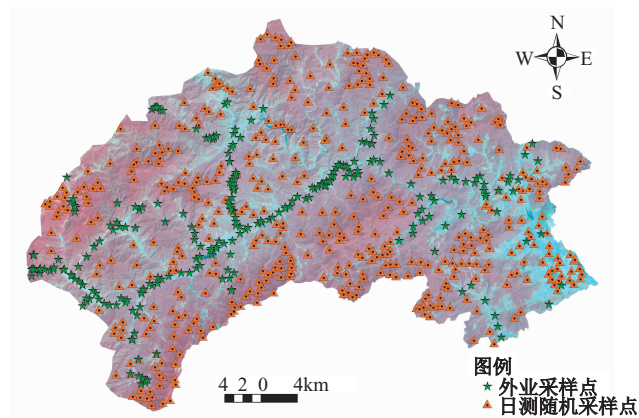


图9 采样点与影像叠加图

Fig. 9 Image overlaying with sampling points

利用验证数据,分别对面向对象和最大似然法的分类结果进行精度评价,结果如表 3、4 所示。

从表 3、4 可以看出,面向对象分类方法的分类总精度为 83.29%,Kappa 系数为 0.81,而最大似然法的分类精度为 66.71%,Kappa 系数为 0.62。

表 3 面向对象分类方法的误差矩阵

Tab. 3 Error matrix of classification with the object-oriented method

	其他(裸土)	工矿、居民用地	乔木园地	草地	常绿针叶林	落叶针叶林	落叶阔叶林	落叶阔叶灌木林	湿地	耕地
其他(裸土)	23	3	1	0	2	0	1	1	1	6
工矿、居民用地	2	40	0	2	0	0	1	0	0	2
乔木园地	0	0	71	1	0	2	5	1	1	1
草地	0	0	1	60	2	0	2	0	0	3
常绿针叶林	1	2	2	1	86	3	0	3	2	0
落叶针叶林	0	0	1	0	3	92	2	2	0	2
落叶阔叶林	0	1	3	1	2	2	99	5	0	0
落叶阔叶灌木林	1	3	3	0	1	0	6	112	0	2
湿地	0	0	2	1	5	1	0	1	16	0
耕地	1	3	5	1	1	0	9	2	1	39
总体精度:83.29%					Kappa 系数:0.81					

表 4 最大似然法的误差矩阵

Tab. 4 Error matrix of classification with the maximum likelihood method

	其他(裸土)	工矿、居民用地	乔木园地	草地	常绿针叶林	落叶针叶林	落叶阔叶林	落叶阔叶灌木林	湿地	耕地
其他(裸土)	21	10	0	1	0	0	2	1	0	9
工矿、居民用地	6	39	0	2	0	0	3	2	0	3
乔木园地	0	0	62	2	0	0	2	3	1	3
草地	0	0	1	56	0	0	2	3	0	2
常绿针叶林	1	0	16	1	61	35	0	2	7	0
落叶针叶林	0	0	0	0	37	63	2	3	0	0
落叶阔叶林	0	0	2	2	1	1	76	29	0	0
落叶阔叶灌木林	0	0	0	0	2	0	21	83	0	0
湿地	0	0	2	0	0	0	0	0	12	0
耕地	0	3	6	3	1	1	17	1	1	38
总体精度:66.71%					Kappa 系数:0.62					

5 结论与讨论

(1)与传统的像元最大似然法相比,面向对象的分类方法具有更高的分类精度,本研究的总体精度达到了 83.29%,kappa 系数为 0.81,比传统 66.71%的分类精度有了较大的提高。

(2)植被二级分类比较困难,用单一时相数据划分所有类型难度较大,在多尺度分割的基础上,结合多时相、多源遥感数据及 DEM 等辅助数据,较好地解决了森林植被的二级分类问题。研究加入

可以明显地看出面向对象方法具有更高的分类精度。同时表明面向对象分类法不仅适用于高分辨率遥感影像,同样也适用于地物类型复杂地区的中分辨率遥感影像。

耕地刚播种时期和冬季影像,减少了耕地和常绿针叶林与其类似地物的混淆现象,提高了分类精度。

综上所述,面向对象分类方法不仅利用了地物的光谱信息,而且充分考虑了几何、纹理、上下文关系等信息,与传统基于像元的分类方法相比,精度有了较大提高。森林植被二级分类困难,在门头沟区地物类型复杂的影像分类中,运用面向对象方法,采用多尺度分割,利用 HJ-1CCD 数据的多时相特点,借助 DEM、坡度等辅助信息进行森林植被二级信息提取,有效弥补传统方法的不足,使分类结

果更加精确。本研究以 HJ-1CCD 数据为主要数据源,运用面向对象方法进行森林植被二级分类,为中尺度分辨率遥感分类提供了可供参考的方法。由于遥感影像空间分辨率等因素的限制,本研究方法对乔木园地、交通用地和工业用地等地物类型的分类精度不高,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘旭升,张晓丽. 基于 BP 神经网络的森林植被遥感分类研究[J]. 林业资源管理,2005,2(1):51-54.
- [2] 袁金国. 森林植被遥感分类研究[J]. 河北师范大学学报(自然科学版),1999,23(2):274-277.
- [3] 竞霞,王锦地,王纪华,等. 基于分区和多时相遥感数据的山区植被分类研究[J]. 遥感技术与应用,2008,23(4):394-398.
- [4] Wardlow B D, Egbert S L. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250m NDVI data: An assessment for the U. S. Central Great Plains[J]. Remote Sensing of Environment,2008 (112):1096-1116.
- [5] Sulong I, Mohd-Lokman H, Mohd-Tannizi K, *et al.* Mangrove mapping using Landsat imagery and aerial photographs; Kemaman district, Terengganu, Malaysia [J]. Environment Development and Sustainability, 2002(4): 135-152.
- [6] 陈旭,徐佐荣,余世孝. 基于对象的 QuickBird 遥感图像多层次森林分类[J]. 遥感技术与应用,2009,24(1):22-27.
- [7] 邓媛媛,巫兆聪,易俐娜,等. 面向对象的高分辨率影像农用地分类[J]. 国土资源遥感,2010,4(87):117-121.
- [8] 乔程,骆剑承,吴泉源,等. 面向对象的高分辨率影像城市建筑物提取[J]. 地理与地理信息科学,2008,24(5):36-39.
- [9] Baatz M, Schape A. Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic networks[C]. In: Proc of the 2nd International Symposium on Operationalization of Remote Sensing, 1999,16-20.
- [10] 林川,宫兆宁,赵文吉. 基于中分辨率 TM 数据的湿地水生植被提取[J]. 生态学报,2010,30(23):6460-6469.
- [11] 韩闪闪,李海涛,顾海燕. 面向对象的土地利用变化检测方法研究[J]. 遥感应用,2009(3):23-29.
- [12] 何宇华,史良树,张荣慧,等. 中巴资源卫星数据(CBERS-02)在土地调查中的应用[J]. 中国土地科学,2007,21(2):51-57.
- [13] 孙晓霞,张继贤,刘正军. 利用面向对象的分类方法从 IKONOS 全色影像中提取河流和道路[J]. 测绘科学,2006,31(1):62-64.
- [14] 曹凯,江南,吕恒,等. 面向对象的 SPOT5 影像城区水体信息提取研究[J]. 国土资源遥感,2007,2(72):27-30.
- [15] 李晓琴,孙丹峰,张凤荣. 北京山区植被覆盖率遥感制图与景观格局分析——以门头沟区为例[J]. 国土资源遥感,2003(1):23-28.
- [16] Gao Y, Mas J F. A comparison of the performance of pixel-based and object-based classification over image with various spatial resolutions[J]. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, 2008,2(1):27-35.
- [17] Yu Q, Gong P, Clinton N, Biging G, Kelly M, Schirokauer D. Object-based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution remote sensing imagery[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2006,72(7):799-811.
- [18] 张峰,吴炳方,黄慧萍,等. 泰国水稻种植区耕地信息提取研究[J]. 自然资源学报,2003(6):766-772.
- [19] 钱巧静,谢瑞,张磊,等. 面向对象的土地覆盖信息提取方法研究[J]. 遥感技术与应用,2005,20(3):338-342.
- [20] Franklin S E, Wilson B A. Spatial and spectral classification for remote-sensing imagery[J]. Computers and Geosciences, 1991(17): 1151-1172.
- [21] Haralick R M, Shapiro L G. Image segmentation techniques[J]. Computer, Vision, Graphics and Image Processing, 1985(29):100-132.
- [22] 苏簪铀,邱炳文,陈崇成. 基于面向对象分类技术的景观信息提取研究[J]. 遥感应用,2009(2):42-46.
- [23] Benz U C, Peter H, Gregor W, *et al.* Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2004 (58):239-258.
- [24] 龚剑明,杨晓梅,张涛,等. 基于遥感多特征组合的冰川及其相关地表类型信息提取[J]. 地球信息科学学报,2009,11(6):765-771.
- [25] 林先成,李永树. 面向对象的成都平原高分辨率遥感影像分类研究[J]. 西南交通大学学报,2010,45(3):366-372.
- [26] 尹作霞,杜培军,陈云浩,等. 面向对象的高光谱影像目标识别方法[J]. 测绘科学,2009,34(2):130-132.
- [27] 郭琳,裴志远,吴全,等. 面向对象的土地利用-植被遥感分类方法与流程应用[J]. 农业工程学报,2010,26(7):194-198.
- [28] 李芳芳,贾永红. 一种基于 TM 影像的湿地信息提取方法及其变化监测[J]. 测绘科学,2008,33(2):147-149.

- [29] 严恩萍,林辉,莫登奎,等. 基于 ALOS 数据的遥感植被分类研究[J]. 中南林业科技大学学报,2010,30(11):37-42.
- [30] 陈志强,陈健飞. 基于 NDBI 指数法的城镇用地影像识别分析与制图[J]. 地球信息科学,2006,8(2):137-140.

Study on Forest Classification Based on Object Oriented Techniques

GUO Yage¹, YU Xinfang², JIANG Dong², WANG Shikuan² and JIANG Xiaosan¹

(1. *The College of Resources and Environment Science, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, China;*

2. *Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China*)

Abstract: Since vegetation is an important indicator of global climate change, then the way to extract vegetation changing data should be put as the top priority. Especially, the extraction of sub-category information of forest vegetation has always been a difficult point in remote sensing image classification. And it is more difficult to extract sub-category information of the forest vegetation type only by taking advantage of the spectral information. As a widely-used method, object-oriented classification has been rapidly developed from the beginning of this century. Object-oriented classification method is mainly used in high-resolution remote sensing images, and it is applicable to medium resolution remote sensing images. This paper took Mentougou District, Beijing, which is mainly covered with forest vegetation, as the object of this research, and took HJ-1 image as the main data source then different buildings can be extracted by using the object-oriented classification method. By the reason of complicated terrain in this district, a hierarchical segmentation method was proposed in this research. Then different segmentation parameters could be set according to different buildings. Based on the spectral characteristic of the vegetation, appropriate characteristic parameters could be chosen and subordination function is constructed. After then, land cover types in this district could be extracted step by step and at the same time could be compared with those by the traditional maximum likelihood method. The result indicates that extraction accuracy of the forest vegetation sub-category data in this Mentougou District is 83% by using the object-oriented classification method. Compared with the traditional method, the extraction accuracy has been boosted a lot.

Key words: eCognition; object-oriented classification; multi-scale segmentation; maximum likelihood