

文章编号:1674-2869(2019)05-0482-07

基于ZY-3影像的土地利用信息提取方法

秦朝,周鹏*,隗剑秋,韩瑞,王申林

武汉工程大学土木工程与建筑学院,湖北 武汉 430074

摘要:本研究构建适于ZY-3卫星影像的土地利用信息提取技术——面向对象的SVM分类方法。首先进行ZY-3高分影像分割,将具有同质性信息的象元合并成图像对象,然后提取对象的光谱、纹理及空间属性信息,以这些多元信息作为输入,基于支持向量机进行分类器训练和土地利用分类。通过与其他方法的对比,发现此方法的总体分类精度和Kappa系数高于其他方法。此方法利用不同维度信息,克服了传统逐象元分类方法对空间信息利用不足的缺点,更全面地反映不同地物之间的异质性。本研究有助于提升中国高分影像的利用效率,并为土地利用现状调查提供技术支持。

关键词:ZY-3卫星;高分分辨率遥感影像;空间属性;SVM;土地利用

中图分类号:TP75 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2019.05.014

Extraction Method for Land Use Information Based on ZY-3 Image

QIN Zhao, ZHOU Peng, YU Jianqiu, HAN Rui, WANG Shenlin*

School of civil engineering and architecture, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

Abstract: This study proposes an object-oriented Support Vector Machine (SVM) classification method for land use extraction towards the high-resolution ZY-3 satellite imagery. Firstly, image segmentation is performed, and homogeneous pixels are merged as image objects, then the spectral information, texture information, and spatial property information of the object are extracted, and all the multi-dimension information are used together for SVM classifier training and finally are used for land use information extraction. Comparing with other methods, we find that the overall classification accuracy and Kappa coefficient of this method are higher than those of other methods. By adopting the object-oriented classification and use of multi-dimension information, our method reflects the characteristics of ground objects more comprehensively. In conclusion, this study could improve the utilization of China's high-resolution satellite imageries and provide technical support for the status survey of land use.

Keywords: ZY-3 satellite; high resolution remote sensing image; spatial properties; SVM; land use

随着国产遥感卫星领域的不断进步,基于国产卫星遥感数据的研究已成为热点。中国高分辨率卫星遥感数据的应用,已经成为我国地表覆盖信息提取的主要数据源^[1-3]。在信息提取方面,相对于中低分辨率遥感影像,高分辨率遥感影像的特点非常突出,其分类精度高、信息丰富等优势十分

明显^[4-5]。传统的基于像素的分类技术和适用于国外遥感卫星的高分影像分类技术^[6-8],已经无法满足国产高分辨率遥感影像分类处理的需求,因此,探索适于国产高分辨率遥感影像的信息提取技术尤为重要。

面向对象的分类方法的提出,给高分影像的

收稿日期:2019-05-17

基金项目:湖北省社科基金一般项目(后期资助项目2018193);武汉工程大学人文社科基金(05520280)

作者简介:秦朝,硕士研究生。E-mail:1597724340@qq.com

*通讯作者:周鹏,博士,讲师。E-mail:Zhouwuhu1987@163.com

引文格式:秦朝,周鹏,隗剑秋,等. 基于ZY-3影像的土地利用信息提取方法[J]. 武汉工程大学学报,2019,41(5): 482-488.

信息提取提供了新的方向^[9]。基于对象的空间特征和光谱特征分割影像,合并不同大小和形状的斑块对象来进行地表信息提取,以此克服基于像素单元的信息分类方法的不足。图像分割是面向对象分类技术的基础,不同的分割算法和分割尺度对信息提取的精度有着显著的影响。数学形态学梯度分割和灰度图像层次分割的比较,更多的被应用于多光谱影像的分割;图分割算法、分水岭分割算法、边缘检测分割算法在高分影像分类应用中不断对比与创新^[10-13]。

基于面向对象方法的土地利用分类精度,还取决于光谱信息、空间分析和纹理信息的提取与应用^[14]。黄慧萍利用光谱信息和色彩对比完成城市绿地的快速提取^[15-17]。江东利用光谱信息和形状信息进行人类活动信息的多尺度提取。归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)和形状指数广泛应用与道路提取和建筑物提取^[18]。陈文倩利用光谱特征和纹理特征的信息提取和筛选进行支持向量机(support vector machine, SVM)分类,实现艾比湖湿地保护区的土地利用精确分类^[19]。

本文是基于面向对象信息提取技术来构建适于国产遥感卫星的土地利用分类方法。利用canny边缘检测分割影像和Full Lambda-Schedule算法合并邻近小斑块,提取斑块对象的光谱信息、波段信息、纹理信息和空间信息,运用SVM算法进行训练和分类,完成土地利用类型的划分。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区

采用的数据包含国产资源三号卫星ZY-3 高空分辨率遥感影像和土地利用数据。其中ZY-3 遥感数据为2018年获取的2.1 m 全色影像和5.8 m 多光谱影像。资源三号卫星影像将会为中国国土资源、农业、林业等领域提供服务,进一步填补立体测图的空白。土地利用数据为2018土地利用更新数据,研究区中的土地利用类型丰富,包括耕地、原地、林地、水域、交通设施用地和城乡建设用地。在对比不同卫星遥感数据在面向对象方法的土地利用信息提取技术下的分类精度时,选取的是ZY-3、SPOT(SPOT-6)和ALOS(ALOS-2)卫星的遥感数据。SPOT 遥感数据为2018年获取的1.5 m 全色影像和6 m 多光谱影像。ALOS 遥感数据为2018年获取的2.5 m 全色影像和10 m 多光谱影像。图1(a)为不同信息提取技术比较的ZY-3 遥

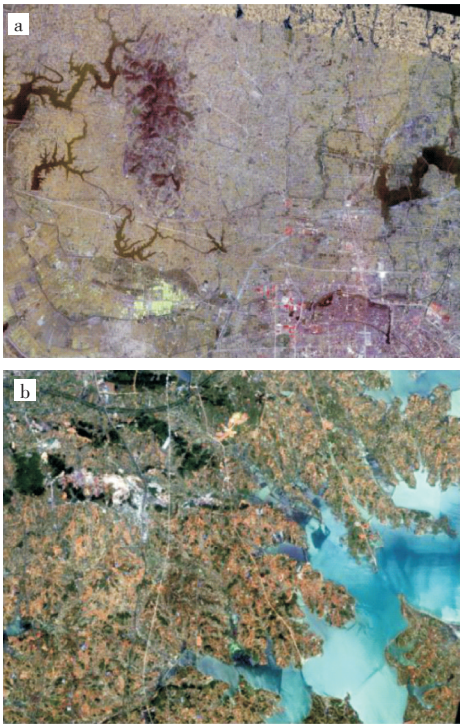


图1 ZY-3 影像:(a)岳山村区域,(b)建设村区域
Fig. 1 ZY-3 images :(a) YueshanVillage area, (b) construction village area

感影像数据源,图1(b)为针对不同卫星数据源的精度比较的研究区的ZY-3 遥感影像数据源。

1.2 研究方法

1.2.1 影像分割合并 影像分割合并是根据属性或者边界将遥感影像上提取同质的斑块或对象,是面向对象分类的前期准备工作。采用基于边缘检测的分割算法,通过canny算子尽可能地进行边缘定位,提取图像中的不同对象的边缘,标识的边缘要与图像中的实际边缘尽可能地接近,从而完成影像分割。进行影像分割时,边缘检测的尺度选择会尽量较小,这是为了尽量提取更多的信息和对象,但是分割过于破碎容易导致信息提取时噪声过大,因此,影像分割后的小斑块合并是非常有必要的。利用Full Lambda-Schedule算法进行优化,该方法在结合光谱和空间信息的基础上迭代合并邻近的小斑块,从而提取同质对象。

1.2.2 基于多属性信息的面向对象土地利用分类 选取了很多属性信息,包括Band波段属性、Spectral光谱属性、Texture纹理属性、Spatial空间属性。

Spectral 光谱属性信息和 Band 波段信息也是不同地类之间的主要区分依据,是土地利用分类常用的属性信息。水体对蓝绿光波段的吸收度非常小,对其他波段的吸收程度非常显著,尤其是中红外和近红外波段。相反,植被对蓝光波段的吸收程度很强,对近红外波段的反射程度极高。因

此水域、城乡建设用地、草地和耕地之间的光谱信息有明显的区分度。NDVI是归一化植被覆盖度指数,衡量的是土地利用上的植被的覆盖程度。NDVI可以将有植被的地类和无植被的地类直接区分开,例如将耕地、林地与道路、城乡建设用地直接区分开。同时,NDVI还可以指出土地表面植被的覆盖程度高低,例如林地和耕地的植被覆盖程度较高而草地植被覆盖度相对较低。

Texture 纹理属性。计算纹理特征有许多指数,选取 4 个纹理指数进行统计分析:平均灰度值范围、平均灰度值、变化值和信息熵。纹理特征属性是反映其遥感影像中的纹理复杂程度的指标。平均灰度值范围表达纹理特征的极值特征。平均值、变化值则是评估影像中的分类对象灰度值的平均程度和变化程度,进一步反映图像中不同对象斑块的整体纹理特征和局部纹理特征。纹理信息熵可以度量图像中所有的信息量的大小;如果

图像的纹理非常复杂,而且纹理破碎程度高,其信息熵值较大,反之则小。

Spatial 空间属性。空间属性包括面积、周长、形状、紧密度等方面的空间信息。面积和周长指数可以明显评估斑块对象的大小。紧密性、形状指数则是对对象的形状表达,可评估多边形对象近似圆形、矩形、正方形的程度。土地斑块形状可以为土地利用分类提供重要信息,受到人类活动干扰的土地利用斑块的形状要比自然斑块的形状更加规则。耕地的形状更趋向于正方形、矩形,而非圆形。道路和河流的形状多是带状,耕地、园地和城乡建设用地则更多的是块状地物,斑块的长和宽的区分度有显著差异;这些带状、块状的土地利用类型的形状指数、长宽比、主方向、矩形形状指数的差异非常明显。因此,空间属性中所涉及的面

积、周长、形状等指数,能够为土地利用类型划分提供丰富的空间信息,如表 1 所示。

表 1 对象属性信息说明
Tab. 1 Attribute information of objects

特征信息分类	属性信息	属性说明
波段信息 band	NDVI	红色和近红外波段比值,计算的是 NDVI
	Chue	色调,值域范围 0~360 bit,如 0 bit 红色,120 bit 是绿色,240 bit 是蓝色
	Ssat	饱和度,值域范围 0~1.0
	Sint	亮度,值域范围 0~1.0
光谱属性 Spectra	MINband	波段 x 的最小灰度值
	MAXband	波段 x 的最大灰度值
	AVGband	波段 x 的平均灰度值
	STDband	波段 x 的标准差
纹理属 Texture	Trange	纹理属性的平均灰度值范围
	Tmean	纹理属性的平均灰度值
	Tchange	纹理属性的平均灰度变化值
	Tentropy	纹理属性的平均灰度信息熵
空间属性 Spatial	Sarea	多边形的面积,单位为 m^2
	Slength	多边形外边框周长,包括洞的边框周长,单位为 m
	Scompact	紧密性,描述多边形紧密性的度量。
	Sconvexity	凸出的状态,没有洞的凸多边形的值为 1,其余的为小于 1
	Ssolidity	坚固性,多边形面积与周围凸出多边形面积比。
	Selongation	延伸性,最大直径与最小直径的比值,正方形的值为 1,矩形的值大于 1
	Srect_fit	矩形形状的度量,矩形的值为 1,非矩形的值小于 1
	Smdirection	主方向,长轴(最大直径)与 X 轴之间的夹角。范围是 0~180°,90°为南/北方向,0°和 180°为东/西方向
	SmoranI	局部空间自相关 moranI
	SgetisG	局部空间自相关 getisG

运用SVM算法进行面向对象分类,主要是依据ENVI4.8软件中的面向对象空间特征提取模块(feature extraction,FX)工具进行高分辨率遥感影像分类,影像分割后在监督训练界面选择SVM算法,选取核函数为径向基核函数(radial basis function,RBF)。根据毛学刚、秦进春、慎利等研究发现^[1-3],SVM核函数选择RBF时精度较高,所以选取RBF为核函数。

面向对象分类SVM选取RBF函数,需要设置Gamma in Kernel Function参数,数据类型是float,设置值为输入图像波段数的倒数。同时,指定the Penalty参数,此参数类型也是float,且为正数,选取值为100。Allow Unclassified设置允许有未分类的类别。Threshold为分类设置概率域值,如果一个像素计算得到所有的规则概率小于该值,该像素将不被分类,范围是0~100,选取默认值为5。

结合spatial空间属性、Texture纹理属性、Band波段属性、Spectral光谱属性信息,进行面向对象的SVM分类方法的技术路线如图2。

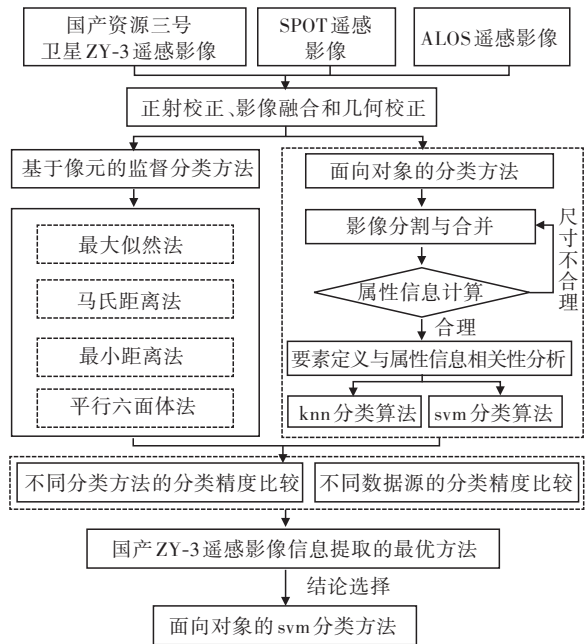


图2 技术流程图

Fig. 2 Technique flowchart

2 结果与讨论

2.1 不同的分类算法的结果比较

监督分类的方法,最大似然法、马氏距离法、最小距离法和平行六面体法的总精度在60%~72%之间,kappa系数则在0.48~0.6之间。这几种监督分类方法的精度类似,没有明显的差异。而面向对象(k-nearest neighbor,KNN)分类方法和SVM分类方法的总精度是62.42%和91.90%,Kap-

pa系数为0.472 9和0.870 3,由此可见面向对象的SVM分类方法的总精度和Kappa系数最高。对国产卫星ZY-3遥感影像的信息提取,最优方法为面向对象的SVM分类方法。

面向对象的分类方法中,基于SVM算法的学习样本是由分割合并以后的土地利用斑块组成,本研究以像元进行统计,学习样本像元个数为35万个,以像元个数为基本统计单元。

在ENVI软件的支持下,对高分辨率遥感影像、土地利用现状图及分类图上进行随机均匀抽样,测试样本数据集像元总数具体为:最大似然法16 94 106个,马氏距离法1 621 884个,最小距离法1 619 890个,平行六面体法1 715 094个;KNN方法1 674 162个,SVM方法1 714 943个。

训练样本,是以土地利用现状调查的土地利用类型为基础,结合遥感影像进行训练样本的选择与土地利用类型属性匹配,在影像图与实际地类正确匹配的基础上选择的土地利用类型样本。测试样本用于不同分类方法的精度比较,在利用不同分类方法进行土地利用信息提取与分类以后,与土地利用现状调查的土地类型相验证,识别其分类精度。

不同的分类方法在不同地类的分类精度上也有非常明显的差异。根据生产精度和用户精度的对比,面向对象的SVM分类方法对于耕地、园地、林地、公路、水域和城乡建设用地的分类精度整体处于较高水平。基于像元的监督分类方法中,最大似然法、马氏距离法和最小距离法对耕地、林地、水域和建设用地的分类精度较好。而平行六面体法仅对耕地、水域和建设用地的分类精度较好。面向对象的KNN分类方法对耕地、林地、水域和建设用地的分类精度较好。面向对象的SVM分类方法在耕地、水域和城乡建设用地的生产者 and 用户分类精度都在80%以上,这三类用地的生产精度和用户精度最高;林地次之,生产精度和用户精度都在50%~0%之间;公路最小。面向对象的SVM分类方法在耕地、水域和城乡建设用地的分类精度较高。因此,从不同分类方法对于不同地类的分类精度比较而言,面向对象的SVM分类方法在所有地类的分类精度整体较高;其中,对于耕地、公路、水域、城乡建设用地的分类精度更高,如图3所示。

实验结果表明,面向对象的SVM分类方法是最适合于国产卫星ZY-3遥感影像的信息提取和土地利用分类的方法。首先利用canny算子边缘检

测进行影像,分割,然后基于 Full Lambda-Schedule 算法结合光谱属性和空间属性的基础上迭代合并邻近小斑块,提取影像,进行分割合并,并提取对象的光谱属性、波段属性、空间属性和纹理属性,基于SVM算法利用这一系列的属性信息完成土地利用自动分类见表2。

2.2 不同卫星的分类结果的比较

利用面向对象的方法,对不同卫星的高空间分辨率遥感数据进行土地利用信息提取,如表3所

示,分析适于国产卫星 ZY-3 遥感影像的土地利用分类技术。选取的训练样本与测试样本分布(见图4);本研究选用 ZY-3、SPOT 和 ALOS 卫星进行分类精度的对比,如图5所示,总精度分别是 90.50%、67.20% 和 80.40%, kappa 系数分别是 0.857、0.628 和 0.783。结果表明:面向对象的 SVM 的分类方法,对国产卫星 ZY-3 高空间分辨率遥感影像的信息提取精度最高。

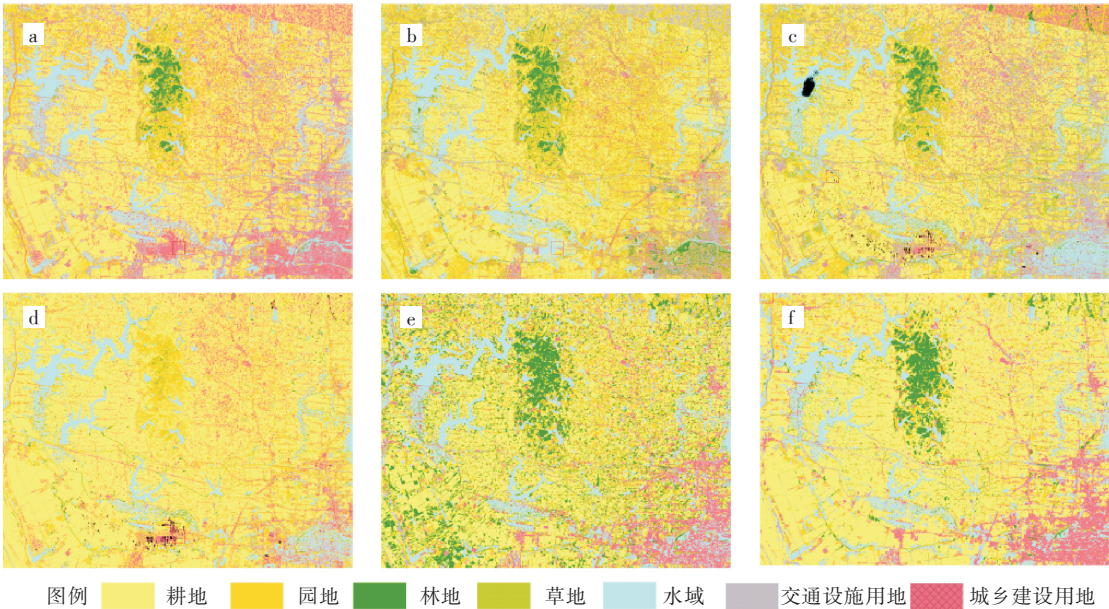


图3 国产卫星ZY-3遥感影像的土地利用分类方法比较:(a)监督分类最大似然法,(b)监督分类马氏距离法,(c)监督分类最小距离法,(d)监督分类平行六面体法,(e)面向对象的KNN方法,(f)面向对象的SVM方法

Fig. 3 Comparison of land-use classification methods based on domestic ZY-3 satellite remote sensing images: (a) maximum likelihood, (b) mahalanobis distance, (c) minimum distance, (d) parallelepiped, (e) object-oriented classification based on KNN, (f) object-oriented classification based on SVM

表2 基于ZY-3遥感影像的不同分类方法精度比较

Tab. 2 Accuracy comparison of different classification methods based on ZY-3 remote sensing image												%
数据源	基于像元的监督分类								面向对象分类			
	最大似然法		马氏距离法		最小距离法		平面六面体法		KNN		SVM	
	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U
耕地	61.75	98.75	52.98	99.28	54.82	99.64	85.23	92.12	55.46	76.02	98.19	90.47
园地	74.64	9.33	77.11	4.54	72	7.28	29.84	3.81	47.69	6.06	63.88	46.5
林地	37.81	96.47	50.98	37.38	44.98	41.17	3.83	2.3	48.3	12.65	53.44	56.64
公路	18.4	0.42	37.27	0.73	19.73	0.33	0	0	0	0	98.14	44.11
水域	77.77	99.4	78.83	96.37	87.88	97.67	67.95	98.35	71.21	92.78	90.91	98.62
城乡建 设用地	54.41	28.9	39.81	63.24	36.96	36.74	46.79	46.04	65.25	56.95	83.53	95.27

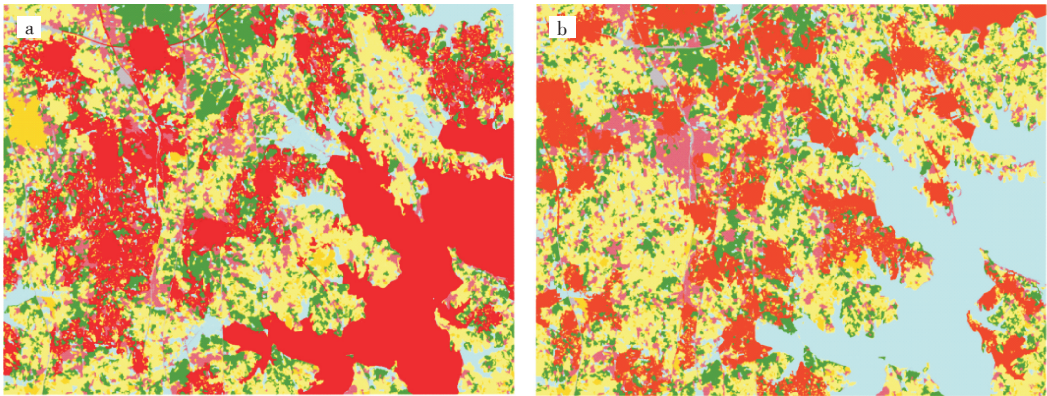
注:P是生产精度;U是用户精度。

表3 多源卫星遥感影像的分类精度比较

Tab. 3 Comparison of classification accuracy of multi-source satellite remote sensing images %

数据源	面向对象分类					
	法国产 SPOT 卫星		日本产 ALOS 卫星		国产 ZY3 卫星	
	<i>P</i>	<i>U</i>	<i>P</i>	<i>U</i>	<i>P</i>	<i>U</i>
耕地	78.39	93.82	89.33	74.56	97.85	98.58
园地	84.71	72.24	67.65	73.20	96.05	93.36
林地	79.50	60.12	59.56	96.25	86.82	90.78
公路	59.56	5.49	32.25	18.60	89.60	46.59
水域	89.36	96.97	33.90	91.77	80.50	81.03
城乡建设用地	76.97	79.56	52.29	77.95	83.05	79.70

注:*P*是生产精度;*U*是用户精度。



图例 耕地 园地 林地 草地 交通设施用地 水域 城乡建设用地 村界 训练样本 测试样本

图4 样本分布图:(a)训练样本,(b)测试样本

Fig. 4 Samples distribution:(a)training sample,(b)test sample



图例 耕地 园地 林地 草地 水域 交通设施用地 城乡建设用地

图5 多源遥感影像分类精度对比:(a)ZY-3,(b)SPOT,(c)ALOS

Fig. 5 Comparison of classification accuracy of multi-source remote sensing images:(a)ZY-3,(b)SPOT,(c)ALOS

3 结 语

随着国产卫星的飞速发展,中国在遥感应应用相关领域的数据不再仅由国外卫星提供遥感数据,而更多的是使用国产卫星的遥感影像数据。因此,探索对国产卫星ZY-3高空间分辨率遥感影像的信息提取技术十分重要。本研究根据国产卫星ZY-3高空间分辨率遥感影像精度高、细节复杂、光谱和空间信息丰富的特点,利用面向对象的SVM分类方法,为中国土地资源、农业、林业、城市

规划等领域提供数据基础。研究的结论如下:

1) 本研究利用面向对象的SVM分类方法。首先,利用canny算子边缘检测进行影像分割,基于Full Lambda-Schedule算法结合光谱属性和空间属性的基础上迭代合并邻近小斑块;然后,影像分割合并,提取对象的光谱属性、波段属性、空间属性和纹理属性,尤其是形状指数和局部空间自相关指数;最后,基于SVM算法进行样本训练和土地利用分类。结果表明,对光谱属性、波段属性、空间属性和纹理属性的综合利用能够显著提高面向对

象的 SVM 方法的分类精度。

2)本研究选取 6 种分类方法,包括监督分类方法中的最大似然法、马氏距离法、最小距离法和平行六面体法,以及面向对象的 knn 和 SVM 分类方法。通过分类方法对比,发现面向对象的 SVM 分类方法的总精度和 kappa 系数最高,分别为 91.90%和 0.870 3。

3)利用面向对象的 SVM 分类方法,对中国国产卫星 ZY-3、法国卫星 SPOT 和日本对地观测卫星 ALOS 的高空间分辨率遥感影像进行土地利用分类,分类结果总精度分别是 90.50%、67.20%和 80.40%,kappa 系数分别是 0.857、0.628 和 0.783,表明面向对象的 SVM 分类方法对国产卫星 ZY-3 影像的分类总精度和 kappa 系数最高。

参考文献

[1] 杨青山,张华. 融合像元形状和光谱信息的高分遥感图像分类新方法[J]. 国土资源遥感, 2016, 28(4): 64-70.

[2] 李春干,梁文海. 基于面向对象变化向量分析法的遥感影像森林变化检测[J]. 国土资源遥感, 2017, 29(3):77-84.

[3] 薛梦姣,陈刚,张笑,等. 面向对象的资源三号卫星影像分类研究[J]. 测绘通报, 2015(7):42-45.

[4] 蔡红玥,姚国清. 基于分水岭算法的高分遥感图像道路提取优化方法[J]. 国土资源遥感, 2013, 25(3): 25-29.

[5] 张猛,曾永年,朱永森. 面向对象方法的时间序列 MODIS 数据湿地信息提取——以洞庭湖流域为例[J]. 遥感学报, 2017, 21(3):479-492.

[6] 陈济才,文学虎,李国明. 基于面向对象的高分影像地表覆盖典型要素快速提取对比研究[J]. 遥感信息, 2014(4):37-40.

[7] 王卫红,何敏. 面向对象土地利用信息提取的多尺度分割[J]. 测绘科学, 2011, 36(4):160-161.

[8] 张伐伐,李卫忠,卢柳叶,等. SVM 多窗口纹理土地

利用信息提取技术[J]. 遥感学报, 2012, 16(1): 67-78.

[9] 王彩艳,王瑗玲,王介勇,等. 基于面向对象的海岸带土地利用信息提取研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(9):1589-1597.

[10] 张伐伐,李卫忠,卢柳叶,等. SPOT5 遥感影像土地利用信息提取方法研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(6):143-147.

[11] 张锦水,何春阳,潘耀忠,等. 基于 SVM 的多源信息复合的高空间分辨率遥感数据分类研究[J]. 遥感学报,2006(1):49-57.

[12] 陈秋晓,骆剑承,周成虎,等. 基于多特征的遥感影像分类方法[J]. 遥感学报,2004(3):239-245.

[13] 宋明辉. 基于高分二号数据的面向对象城市土地利用分类研究[J]. 遥感技术与应用, 2019, 34(3): 547-552,629.

[14] 毛学刚,邢秀丽,李佳蕊,等. 基于航空正射影像的面向对象林隙识别[J]. 林业科学,2019,55(2):87-96.

[15] 方臣,吴龙,胡飞,等. 基于纹理和支持向量机的 GF-1 图像土地覆被分类研究[J]. 资源环境与工程, 2019,33(1):109-112.

[16] LÜ Z, ZHANG P, BENEDIKTSSON J A, et al. Automatic object-oriented, spectral-spatial feature extraction driven by tobler's first law of geography for very high resolution aerial imagery classification[J]. Remote Sensing, 2017, 9(3):285.

[17] FU G, LIU C, ZHOU R, et al. Classification for high resolution remote sensing imagery using a fully convolutional network[J]. Remote Sensing, 2017, 9(6):498.

[18] ZHANG L, ZHANG C. Applicability Analysis of object oriented road extraction based on GF-2 high resolution image[J]. Science & Technology Innovation Herald, 2017,14(18):74-76.

[19] LIN F, ZHANG D, HUANG Y, et al. Detection of corn and weed species by the combination of spectral, shawpe and textural features[J]. Sustainability, 2017, 9(8):1335-1349.

本文编辑:陈小平