

引用格式:Zhou Yanfei, Zhang Huifang, Li Xia, *et al.* Extraction of Tree-crown of *Populus Euphratica* and *Tamarix Ramosissima* based on High Resolution Remote Sensing Data[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2015, 30(3): 510-517. [周艳飞, 张绘芳, 李霞, 等. 基于高分辨遥感数据的胡杨与柽柳树冠提取[J]. 遥感技术与应用, 2015, 30(3): 510-517.]
doi:10.11873/j.issn.1004-0323.2015.3.0510

基于高分辨遥感数据的胡杨与柽柳树冠提取

周艳飞¹, 张绘芳², 李霞¹, 杨帆¹, 丁程锋¹

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052;

2. 新疆林业科学院, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:胡杨、柽柳是干旱荒漠区生境的指示种,其树冠提取是荒漠生境遥感定量监测的基础。以塔里木河下游胡杨、柽柳为研究对象,基于 QuickBird 数据,使用光谱单数据源 SVM、光谱结合纹理 SVM、面向对象分类和最大似然分类法提取树冠。结果表明:①光谱结合纹理 SVM 比光谱单源 SVM 分类精度高 9.65%,冠幅估测精度高 7.18%,表明高分辨影像上纹理是提高分类精度的重要因素;②面向对象分类法精度最高,分类总体精度 86.47%,较光谱单源 SVM 提高 15.67%,较光谱结合纹理 SVM 提高 6.02%,较最大似然法提高 22.58%,其冠幅估测精度达 87.45%。它兼顾面向对象影像分割与支持向量机方法优点,有效利用分割对象光谱、纹理和空间等信息,较好地解决了其他方法“同物异谱、异物同谱”造成提取树冠破碎的问题,使树冠提取具有较好的稳定性和较高精度。

关键词:面向对象;支持向量机;纹理;树冠提取;QuickBird

中图分类号:TP 79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2015)03-0510-08

1 引言

树冠是进行林分调查、获得林分生长变化的关键数量指标。获取树冠直径和面积,可估测乔木树种的胸径、树高、单株木材积以及林分郁闭度和蓄积量;对灌木树种而言,获取冠径后可估测林分郁闭度并推测其地上生物量。可见树冠获取是建立林业遥感定量监测平台的关键。传统林分调查,通过对样地内树木的检尺获取所需指标。这种方法具有成本高、效率低、数据滞后、代表性受限等弊端,难以满足现代林业发展需求。随着遥感和计算机技术的发展,利用高空空间分辨遥感数据较准确地提取树冠成为可能。

国内外许多学者基于 QuickBird (以下简称 QB)数据,对林木树冠信息提取进行了研究。傅文

杰等^[1]利用复合纹理的支持向量机法(Support Vector Machine, SVM)和仅依据光谱的 SVM 法提取了福建省东圳水库库区的枇杷信息;王妮等^[2]将纹理信息与光谱信息相结合,采用最大似然法提取中山陵风景区树冠信息,完成了树种分类;黄建文等^[3-5]采用面向对象技术提取退耕地树冠信息,取得了较好的效果。1998 年 Brandtberg 等^[6]用多尺度方法从高空分辨红外航空影像中提取单木树冠,最终 70%的提取树冠与人工解译相同。综上所述,大多数学者使用一至两种方法提取树冠,采用多种方法对同一树冠进行提取,并对提取效果进行对比分析的研究鲜见报道。

胡杨和柽柳是塔里木河流域的建群种和维护荒漠生态平衡的关键树种。多年来,众多学者聚焦于

收稿日期:2013-11-11;修订日期:2014-07-24

基金项目:国家自然科学基金项目(40961027),新疆草地资源与生态实验室资助。

作者简介:周艳飞(1988—),女,新疆乌鲁木齐人,硕士研究生,主要从事资源生态遥感研究。E-mail:zhouyanfei862@163.com。

通讯作者:李霞(1956—),女,山东宁津人,教授,博导,主要从事资源生态遥感研究。E-mail:xjlx782@126.com。

塔河流域胡杨和怪柳的生理、生态研究,但基于高分辨遥感数据提取胡杨和怪柳树冠的研究较少。万红梅等^[7]基于 QB 数据采用目视解译方法提取塔里木河下游胡杨和怪柳的树冠信息,虽能取得较高的精度,但是大面积解译效率低、边界易错位且解译精度因人而异,难以承担广域遥感生态定量监测任务。本文基于 QB 数据,采用基于光谱单数据源 SVM 法、光谱结合纹理 SVM 法、面向对象分类法、最大似然分类 4 种方法,提取胡杨和怪柳的树冠信息,以确定最优提取方法,为荒漠生态遥感监测平台的构建提供基础技术支持。

2 研究区概况及数据

2.1 研究区概况

研究区位于塔里木河下游输水区胡杨、怪柳分布较集中的喀尔达依断面,属典型暖温带大陆性干旱气候,年均气温 10.7℃,年日照时数约 3 118.7 h,无霜期 220 d,年均降水量 33.6 mm,年蒸发量 2 671.4 mm。自然植被主要有胡杨(*Populus euphratica*)、多枝怪柳(*Tamarix ramosissima*)、刚毛怪柳(*T. hispida*)和少量的黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)、疏叶骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)、大叶白麻(*Apocynum venetum*)、花花柴(*Karelinia caspica*)、胀果甘草(*Glycyrrhiza inflata*)等^[7]。

2.2 遥感数据处理

本研究以空间分辨率 0.61 m 的 QB 全色多光谱融合影像(波段数 3 个,分别为近红外、红、绿波段)为数据源,数据接收时间为 2004 年 9 月 26 日,无云且数据质量较好。利用地面采集的 GPS 点作为控制点对影像进行正射校正,校正后图像误差控制在 1 个像元以内,然后进行研究区裁剪,裁剪后面积为 $5.42 \times 10^5 \text{ m}^2$,地理坐标为 $40^\circ 23' 17'' \sim 40^\circ 23' 30'' \text{N}$, $88^\circ 8' 6'' \sim 88^\circ 9' 5'' \text{E}$ 。

2.3 样地调查

为检验冠幅提取精度,2005 年 6~9 月以塔里木河下游喀尔达依断面 218 国道 948 km 处为中心,垂直河道布设 3 条调查样带、设置调查样地,样地以河边为起点,垂直河道离河 50、150、300、500、750、1 050 m 处布设,调查样地以 8 m×8 m 为基本样方,按 2^{n+1} 递增至 2^6 即 64 m×64 m。调查时从基本样方开始逐阶扩增,在调查样方内逐种调查登记所有乔木、灌木和草本种类及数量,测定样方中每株胡杨和怪柳灌丛的坐标、高度和冠幅,记录样地海拔、微地形,使用手持 GPS 记录样地中心及四角坐标。

3 研究方法

3.1 训练样本的选取

训练样本选择前,先根据外业调查数据分析 QB 影像,建立解译标志。经分析可知,QB 影像上胡杨树冠呈鲜红色,近圆形,较大,阴影明显且易分辨,其纹理颗粒感较强,颗粒较大;怪柳树冠呈红褐色、棕褐色,近圆形,较小,阴影不明显,其纹理有颗粒感,颗粒较小;水体呈灰黑色,自然弯曲,不等宽带状。综合考虑各种地物的光谱和纹理特征及遥感数据的可解译性,确定研究区主要有胡杨、怪柳、阴影、水体和其他地物(包括裸土地、公路、房屋、黑果枸杞、疏叶骆驼刺、花花柴和胀果甘草等)5 种地类。利用目视解译结合实地 GPS 野外采样方式在典型区对胡杨树冠、怪柳树冠、阴影和其他地物各选 100 个、水体选 5 个有代表性的样本作为训练样本,用于计算机分类。

3.2 纹理参数的设置

纹理指灰度值在空间上变化规律,它是由纹理基元按照不同空间配置形式构成的图案^[8]。纹理分析是对图像空间分布模式的提取和分析,从而获得对纹理特征定性或定量描述的过程^[9],以减少“同物异谱”和“异物同谱”的发生。

Haralick^[10]提出的灰度共生矩阵法是经典纹理分析方法,其思路是通过对图像灰度级别间联合条件概率密度 $p(i, j | d, \theta)$ 的计算表示其纹理特征。 $p(i, j | d, \theta)$ 表示当给定空间距离 d 和方向 θ 时,以灰度 i 为始点,出现灰度级为 j 的概率^[10]。

基于灰度共生矩阵提取纹理特征的影像因素有:移动窗口大小、步长及所选用的特征量等。本文分别选择 3×3、5×5、7×7、9×9 窗口对比纹理提取效果,结果表明:3×3 窗口能够较好地反映图像细微变化,但忽略了粗纹理;7×7 和 9×9 窗口能反映图像中各种地物的轮廓,但细部结构较模糊;5×5 窗口能较好兼顾粗细两种纹理信息,因此以该窗口得到的纹理影像结合原始影像进行分类。有研究表明,距离 $d=1$ 对所有纹理均有效^[8],故本研究选移动步长 $d=1$ 。为减少计算量将灰度级压缩为 64 级。

Haralick^[10]定义了 14 个纹理特征量,其中均值、方差、同质性、对比度、相异性、熵、角二阶矩和相关性是灰度共生矩阵纹理分析中较常用的 8 个特征量,其计算方法见文献^[11]。由于 QB 影像有 3 个波段,若对每一个波段都计算其纹理量,会造成数据量急剧增加、冗余增大、计算耗时。因此,先对 QB

图像进行主成分变换(Principal Component Analysis, PCA),变换后第一主成分占 93.65%信息量,较好地代表了原图像。利用 ENVI4.8 对第一主成分图像进行纹理信息提取,得到 8 个纹理特征波段。对这 8 个特征波段进行主成分变换和相关性分析后得出:均值、方差、相异性及熵 4 个纹理特征量间的相关性较小,信息量较大,故最终选上述 4 个纹理特征量作为最佳纹理特征组合波段。

3.3 光谱单数据源 SVM 法

支持向量机是建立在统计学基础上、以结构风险最小化为原则的新学习法,能成功地处理回归分析(时间序列分析)和模式识别(分类问题、判别分析)等问题^[12],其基本思想是将实际问题通过非线性变换,将输入空间变换到高维特征空间后在高维特征空间中求取最优分类超平面^[13]。在遥感影像分类过程中,通过计算机对样本的识别训练,建立地物类型和影像信息因子间的支持向量机。

本文胡杨和柽柳树冠信息提取属于非线性分类问题,其算法核心思想是对给定的一组训练样本 $(x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, l, x_i \in R^n, y \in \{+1, -1\}$,求解其最优化问题,即:

$$\begin{aligned} \min_{w, b} & \left(\frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l \xi_i \right) \\ \text{s. t. : } & y_i (w \cdot \varphi(x_i) + b) \geq 1 - \xi_i \\ & \xi_i \geq 0 \end{aligned}$$

其中: w 为权重, ξ_i 为非负松弛变量, b 为偏置, φ 为从 x_i 到 y_i 的映射, C 为惩罚系数。

支持向量机法在实施过程中,根据研究对象需选择不同的核函数。目前常用的核函数有:线性核函数(Linear)、多项式核函数(Polynomial)、径向基核函数(Radial basis function, RBF)、S 形核函数(Sigmoid)。其中 RBF 核函数具有较宽的收敛域,无论是低维、高维、小样本、大样本等情况均适用^[14],并可以处理具有非线性关系的样本数据^[15],是较理想的分类依据函数,故为本文采用。

使用 RBF 核函数需选择的参数有惩罚系数 C 和核参数 γ 。采用交叉验证算法(Cross-validation)^[16]确定惩罚系数 C 、核参数 γ 。经验证明:以指数增长方式($C = 2^{-5}, 2^{-3}, \dots, 2^{15}, \gamma = 2^{-5}, 2^{-3}, \dots, 2^{15}$)搜索是快速确定 C 和 γ 参数的较好方法^[17]。

光谱单数据源 SVM 法的基本思想是以像元为基本单位,对仅有光谱信息 QB 影像分类。

3.4 光谱结合纹理 SVM 法

光谱结合纹理 SVM 法,是以像元为基本单元,

复合光谱和纹理信息,用 ENVI 软件中 SVM 法对加入纹理信息的遥感影像进行分类。

3.5 面向对象分类法

面向对象分类法以对象为基本单元,复合光谱、纹理和空间信息,采用 SVM 算法对影像分类。该方法先根据影像多尺度分割法则,对图像进行多级分割,在分割的基础上进行分类。本文依据相邻像元的特征值(光谱、纹理和颜色等),采用基于边界的分割算法^[18]分割影像,使分割对象内的特征呈一致性,对象间的特征呈差异性。在影像分割时,为保证将兴趣对象不分割到其他对象中,不可避免会将兴趣对象分割成多个小对象,所以,采用 Full Lambda-Schedule 算法合并那些由于分割尺度选择不当而造成的破碎对象。分割与合并尺度参数的设定根据目视效果调试,确定最优的参数组合^[19]。将图像分割成很多“块”状对象后,依据影像光谱、纹理和空间特征等信息,利用研究区训练样本进行支持向量机分类。纹理特征量采用第一主成分的均值、方差、相异性和熵^[20];光谱、空间等特征描述见文献^[21]。

3.6 最大似然分类法

为比较上述方法与常规方法的差异,基于同一训练样本,使用最大似然法进行分类,并将分类结果与上述 3 种分类方法的结果进行对比分析。

3.7 精度评价

为确定分类模式的有效性,在典型区对胡杨树冠、柽柳树冠、阴影和其他地物各另选 80 个、水体选 5 个样本作为精度验证点,用混淆矩阵对 4 种方法的分类结果进行精度评价。由于影像上的树冠不是正射影像,树冠的形状和大小都会变形,为客观验证树冠提取效果,将外业调查样地对应的遥感影像分类结果分别裁剪出来,采用文献^[22]的方法,以样地的林冠面积与外业调查林木株数之比,分别获取胡杨和柽柳的平均冠幅,由于高分辨 QB 影像上树冠大都呈椭圆形,所以计算冠幅时,将树冠近似为圆形,求其直径,即为冠幅,即:平均冠幅 = $2 \times \sqrt{\text{树冠面积} / \text{林木株数} / 3.14}$,并与实测冠幅进行比较。同时采用目视解译方法获取平均冠幅,以用于不同分类方法树冠提取精度的对比分析。具体步骤见文献^[7]。

4 结果与分析

4.1 树冠信息提取结果分析

4.1.1 光谱单数据源 SVM 法提取结果分析

根据 3.3 节的思路,采用 ENVI 软件的 SVM 法对仅包含光谱信息的 QB 影像(将 R、G、B 通道分

别赋为近红外、红、绿光波段)进行分类,为找到树冠提取效果较好的 SVM 模型参数,依据交叉对比算法,以指数增长方式,将数值代入 SVM 参数设定界面,对分类结果进行比较后确定: $\gamma=0.5$, $C=32$ 时,树冠提取效果最好。据此参数,在 ENVI 软件支持

下进行树冠提取,提取精度结果见表 1。胡杨树冠提取精度 65.19%,怪柳树冠提取精度 58.37%,总体精度 70.80%,Kappa 系数 0.63。可见,由于胡杨和怪柳的光谱信息差异不大,用单数据源 SVM 法提取,错分、漏分现象较严重。

表 1 不同分类方法树冠提取精度的对比

类别	光谱单数据源 SVM 法		光谱结合纹理 SVM 法		面向对象分类法		最大似然分类法	
	制图精度/%	用户精度/%	制图精度/%	用户精度/%	制图精度/%	用户精度/%	制图精度/%	用户精度/%
胡杨树冠	65.19	72.58	68.61	76.75	78.75	83.90	64.18	71.70
怪柳树冠	58.37	41.07	81.81	55.43	82.77	90.53	50.58	34.72
阴影	82.26	76.74	87.98	91.01	81.80	83.80	83.26	62.72
其他地物	91.04	93.37	92.90	97.14	95.40	97.33	92.72	89.85
水体	64.64	86.37	76.24	94.73	93.80	83.12	43.96	87.45
总体精度/%	70.80		80.45		86.47		63.89	
Kappa 系数	0.63		0.75		0.83		0.55	

光谱单数据源 SVM 法树冠提取局部结果见图 1(b),该图看出,此法分类结果较细碎,长势较差的胡杨易被当作怪柳;胡杨树冠外围细小斑点较多;当两颗胡杨相距较近时,中间空地易被误分为

怪柳;树冠较小、长势较差的怪柳易被误分为阴影;长势较好的怪柳因树冠中部枝叶较密,遥感影像上颜色鲜亮,与胡杨树冠光谱差异不大,易被误分为胡杨。

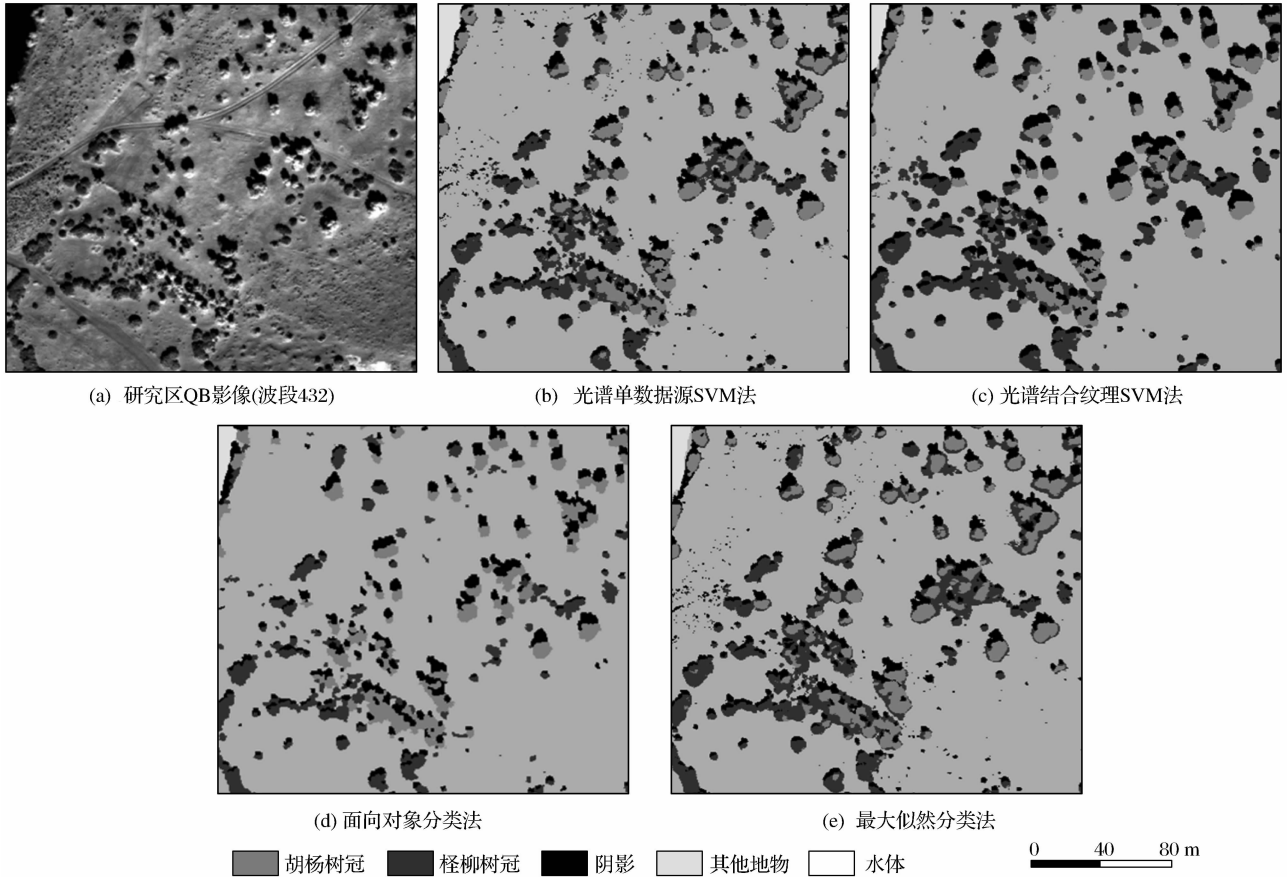


图 1 树冠提取局部结果

Fig. 1 Partial results of tree-crown extraction

4.1.2 光谱结合纹理 SVM 法提取结果分析

依据 3.2 节思路,以 5×5 窗口、移动步长 1、灰度级量化 64,提取均值、方差、相异性及熵 4 个纹理特征波段,与彩红外影像组合为 7 波段影像(其中 1~3 波段为 QB 影像的近红外、红、绿光波段,4~7 为纹理影像组成的波段)。

依据 3.4 节思路,用 SVM 法对光谱结合纹理的 7 波段遥感影像进行分类。依据交叉对比算法,得到最佳 SVM 模型参数为 $\gamma=0.5$, $C=128$ 时。据此参数,在 ENVI 软件支持下进行树冠提取,提取精度见表 1。光谱结合纹理 SVM 法胡杨错分、漏分比例比光谱单数据源 SVM 法略有降低,但怪柳错分漏分比例明显减少,胡杨树冠提取精度比单数据源 SVM 法提高 3.42%,怪柳提高 23.44%。总体精度比单数据源 SVM 法提高 9.65%,Kappa 系数提高 0.12。

光谱结合纹理 SVM 法树冠提取局部结果见图 1(c),该图看出,该法怪柳树冠提取结果明显比单数据源 SVM 好,长势较好的怪柳树冠中心虽然与胡杨的光谱特征差异较小,但是纹理特征不同,被误分为胡杨的明显减少。胡杨树冠提取精度比单数据源 SVM 法略有提高。胡杨的冠型较接近真实影像,但是错分仍较严重。由于胡杨树冠中间颜色鲜亮、叶片重叠较多,能被正确分类,而胡杨树冠边缘因叶片重叠较少,影像上与怪柳树冠光谱和纹理特征差异不大,易被误分,即长势较差的胡杨误分为怪柳;长势较差的怪柳误分为阴影。此方法破碎图斑依然较多。

4.1.3 面向对象分类法提取结果分析

为找到最佳分割尺度,在分割实验中分别将分割尺度、合并尺度比例参数从 0~100 进行组合,对比不同组合效果,确定最优分割尺度为 50.0,合并尺度为 90.0。据此,将图像分割为多“块”对象后,各地类分别选取训练样本,由 ENVI EX 软件中 SVM 分类器对加入纹理信息 7 波段遥感影像进行分类。依据交叉对比算法,得到最佳 SVM 模型参数 $\gamma=0.5$, $C=512$ 。据该参数,在 ENVI EX 软件支持下进行树冠提取,提取精度见表 1。面向对象分类法胡杨、怪柳错分和漏分比例明显降低,胡杨树冠提取精度比单数据源 SVM 法提高 13.56%,比光谱结合纹理 SVM 法提高 10.14%,怪柳树冠提取精度比单数据源 SVM 法提高 24.40%,比光谱结合纹理 SVM 法提高 0.96%。总体精度比单数据源 SVM

法提高 15.67%,比光谱结合纹理 SVM 提高 6.02%,Kappa 系数也有很大提高,达 0.83。

面向对象法树冠提取局部结果见图 1(d),该图看出,其提取结果明显好于其他方法。该法综合考虑地物光谱、空间和纹理特征,较好地利用图像细节特点,避免“同物异谱”和“异物同谱”造成的误分以及分类造成的图斑破碎现象,使分割后地类边界更符合地物实际分布。长势较好、分布均匀的胡杨怪柳提取效果较好。但长势较差的胡杨易被漏分。

4.1.4 最大似然分类法提取结果分析

最大似然分类法提取精度见表 1。因胡杨和怪柳的光谱信息差异较小,该方法错分、漏分现象严重,胡杨树冠提取精度仅为 64.18%,怪柳树冠提取精度仅为 50.58%。总体精度最低,为 63.89%,Kappa 系数为 0.55。

最大似然法树冠提取局部结果见图 1(e),该图中,树冠提取细碎,长势较差、分布稀疏的怪柳误分为阴影,冠幅较大的怪柳误分为胡杨。长势较差的胡杨被误分为怪柳。相距较近的两颗胡杨之间的空地也被误分为怪柳。

上述 4 种方法树冠提取结果的共同特点是:离河较近、地下水条件较好处,胡杨和怪柳树冠圆满,提取效果较好;在离河较远处(800 m 以外)地下水埋深降低,胡杨、怪柳树冠稀疏,提取效果较差。

4.2 平均冠幅估测结果分析

将离河 50、150 及 300 m 的平均冠幅归并统计为 300 m 内的平均冠幅。离河距离 750、1 050 m 处的胡杨及离河 500 m 处的怪柳较少,故不与实测值做对比分析。各种方法的平均冠幅估测结果见表 2,由表 2 可以看出,目视解译冠幅估测精度平均达 90.58%,本文分类方法中面向对象分类法冠幅估测精度最高,精度平均达 87.45%。光谱结合纹理 SVM 比光谱单源 SVM 法估测精度高 7.18%,最大似然分类法估测精度最低,平均精度仅为 71.97%。

单就胡杨来说,由于阴影与树冠在图像上相互重叠,使提取的树冠轮廓不够完整,加之长势较差的胡杨易被漏分,导致本文 4 种分类方法提取的平均冠幅都比实测值低。面向对象分类法各区段胡杨轮廓虽略小于实测值,但其平均精度达 88.25%,相对其他分类方法较接近真实情况。离河 500 m 处各方法胡杨解译精度都高于 300 m,主要是因为该离河距离处胡杨长势较好,分布稀疏,解译较准确。

表 2 不同分类方法平均冠幅估测精度的对比

Table 2 Comparison of average crown estimation accuracy of different classification approaches

类别	离河	实测		目视解译		光谱单数据源 SVM 法		光谱结合纹理 SVM 法		面向对象分类法		最大似然分类法	
	距离	平均冠幅		平均	精度	平均冠幅	精度	平均冠幅	精度	平均冠幅	精度	平均冠幅	精度
	/m	/m		冠幅/m	/%	/m	/%	/m	/%	/m	/%	/m	/%
胡杨	300	2.99		2.68	89.63	2.34	78.26	2.49	83.28	2.55	85.28	2.30	76.92
树冠	500	2.62		2.49	95.00	2.25	85.88	2.33	88.93	2.39	91.22	2.22	84.73
桤柳	300	2.90		3.32	85.52	3.83	67.93	3.71	72.07	2.44	84.14	3.89	65.86
	750	2.71		3.01	88.93	1.90	70.11	3.27	79.34	2.30	84.87	1.85	68.27
	1 050	2.42		2.57	93.80	1.66	68.60	2.83	83.06	2.22	91.74	1.55	64.05

单就桤柳来说,面向对象分类法在各区段平均冠幅都比实测值低,说明该法提取的桤柳树冠轮廓偏小,但其平均精度最高,达 86.91%。光谱结合纹理 SVM 法在各区段桤柳平均冠幅都比实测值高,说明该法提取的桤柳树冠轮廓偏大,其平均精度达 78.15%。最大似然法、光谱单数据源 SVM 法在离河 300 m 内,桤柳树冠平均冠幅都比实测值大,这是因为此处胡杨较多,把胡杨树冠错分为桤柳树冠现象较严重;而在离河 750 及 1 050 m 处平均冠幅比实测值低这是因为此处长势较差的桤柳错分为阴影现象较严重。

5 结 语

通过上述分析可以看出,光谱结合纹理 SVM 法利用影像灰度信息和纹理信息进行类别划分和信息提取,在分类精度和树冠提取效果方面,都优于只依赖光谱信息的单数据源 SVM 法。这说明,对高分辨率影像而言,纹理是表现不同地类差异的重要因子。与灰度特征相比,纹理特征反映了影像灰度模式的分布规律,包含了影像的表面信息及其与周围环境的关系,同时兼顾了影像的宏观结构与微观结构。当不同地物的光谱特征比较接近时,纹理信息的加入对这些具有“同物异谱”和“异物同谱”特征的地物准确识别将起到积极的作用。因此,纹理既是使用高分遥感数据进行地类提取时必须考虑的因素,也是提高分类效果的关键所在。

基于 QB 数据,采用面向对象分类法提取胡杨和桤柳树冠效果最好。该法结合光谱和纹理信息,运用支持向量机分类器进行分类,兼顾面向对象影像分割与支持向量机方法的优点,以多级分割后的对象为单元,将空间属性、波谱属性、纹理属性、颜色空间及波段比率属性参与分类,较好地利用图像细节解决了其他方法因“同物异谱”和“异物同谱”造成提取树冠破碎的问题,使提取结果具有较好的稳定

性和较高精度。面向对象的分类方法有多种,多数学者采用面向对象的模糊数学分类法,提取地物信息,根据每类地物的光谱、纹理和几何等特征,建立特征函数、确定阈值,这种方法需较多经验,是否适合于胡杨和桤柳树冠提取有待进一步研究。最大似然分类提取胡杨和桤柳树冠效果最差,分类图斑破碎,胡杨和桤柳混淆较严重。主要由于该法以像素为单位,以影像灰度差异为分类依据,故分类效果较差。再次印证了仅靠光谱信息不能满足高分影像分类需求,应充分利用纹理信息的推论。

利用支持向量机法提取树冠,无论是基于光谱单数据源还是基于复合纹理多数据源,无论是以像元还是以对象为基本单元,惩罚系数 C 和核参数 γ 的设定很重要,其取值好坏直接影响到分类精度。但这两个参数的确定花费时间较多,今后应在参数 C 和 γ 的确定方法上进行改善。面向对象分类法提取树冠时,图像分割是信息提取的关键,如何确定合适的分割算法以得到好的影像对象,有待进一步深入研究。

阴影是高分辨率遥感影像普遍存在的图像特征之一,也是树冠信息提取中造成提取精度降低的主要原因。由于阴影与树冠影像在图像上的相互重叠,使本文 4 种分类方法提取的树冠轮廓都不够完整,如何有效去除阴影的影响有待进一步研究。

参考文献(References):

[1] Fu Wenjie, Lin Mingsen. Study on Extracting of Loquat Information Using SVM and Gray-level Co-occurrence Matrix from QuickBird Image[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2010, 25(5): 695-699. [傅文杰, 林明森. 利用 SVM 与灰度共生矩阵从 QuickBird 影像中提取枇杷信息[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(5): 695-699.]

[2] Wang Ni, Peng Shikui, Li Mingshi. High-resolution Remote Sensing of Textural Images for Tree Species Classification [J]. Journal of Zhejiang Agricultural and Forestry Universi-

- ty, 2012, 29(2): 210-217. [王妮, 彭世揆, 李明诗. 基于树种分类的高分辨率遥感数据纹理特征分析[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(2): 210-217.]
- [3] Huang Jianwen, Ju Hongbo, Zhao Feng, *et al.* Research on Monitoring Survival Rate and Growth Condition of Farm Land Returned to Forests Using Remote Sensing Data[J]. Journal of Remote Sensing, 2007, 11(6): 899-905. [黄建文, 鞠洪波, 赵峰, 等. 利用遥感进行退耕还林成活率及长势监测方法的研究[J]. 遥感学报, 2007, 11(6): 899-905.]
- [4] Wu Jian, Peng Daoli. Tree-crown Information Extraction of Farmland Returned to Forests Using QuickBird Image based on Object-oriented Approach[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(9): 2533-2536. [吴见, 彭道黎. 基于面向对象的 QuickBird 影像退耕地树冠信息提取[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(9): 2533-2536.]
- [5] Wang Ruwen, Peng Daoli, Wu Tao, *et al.* Study on Tree-crown Extraction from QuickBird Data based on Object-oriented Method[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(15): 128-134. [王茹雯, 彭道黎, 吴涛, 等. 利用面向对象的技术进行树冠信息提取研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(15): 128-134.]
- [6] Brandtberg T, Walter F. Automated Delineation of Individual Tree Crowns in High Spatial Resolution Aerial Images by Multiple-scale Analysis[J]. Machine Vision and Applications, 1998, 11(2): 64-73.
- [7] Wan Hongmei, Li Xia, Dong Daorui, *et al.* Abstraction and Analysis of Tree-crown of Forest Land based on QuickBird Image in the Lower Reaches of Tarim River[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2011, 31(9): 1878-1885. [万红梅, 李霞, 董道瑞, 等. 塔里木河下游林地树冠 QuickBird 影像信息提取与分析[J]. 西北植物学报, 2011, 31(9): 1878-1885.]
- [8] Jiang Yongtao. Study on Extracting Land-use Information based on QuickBird Image[D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2009. [蒋永涛. 基于 QuickBird 影像土地利用信息提取研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2009.]
- [9] Wu Wei, Li Yuxia, Tong Ling, *et al.* Object-oriented Segmentation of Remote Sensing Image based on Co-occurrence Matrix[J]. Computer Engineering and Design, 2011, 32(2): 596-598. [武维, 李玉霞, 童玲, 等. 基于共生矩阵的遥感图像面向对象分割[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(2): 596-598.]
- [10] Haralick R. Statistical and Structural Approaches to Texture[J]. Proceedings of the IEEE, 1979, 67(5): 786-804.
- [11] Pan Jie, Li Mingshi. Textural Features Analysis of High-resolution Remote Sensing Image based on the Information Abundance[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition), 2010, 34(4): 129-134. [潘洁, 李明诗. 基于信息量的高分辨率影像纹理提取的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2010, 34(4): 129-134.]
- [12] Ding Shifei, Qi Bingjuan, Tan Hongyan. An Overview on Theory and Algorithm of Support Vector Machines[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China (Natural Science Edition), 2011, 40(1): 2-10. [丁世飞, 齐丙娟, 谭红艳. 支持向量机理论与算法研究综述[J]. 电子科技大学学报(自然科学版), 2011, 40(1): 2-10.]
- [13] Zhang Xuegong. Introduction to Statistical Learning Theory and Support Vector Machines[J]. Acta Automatica Sinica, 2000, 26(1): 32-42. [张学工. 关于统计学习理论与支持向量机[J]. 自动化学报, 2000, 26(1): 32-42.]
- [14] Li Panchi, Xu Shaohua. Support Vector Machine and Kernel Function Characteristic Analysis in Pattern Recognition[J]. Computer Engineering and Design, 2005, 26(2): 302-304. [李盼池, 许少华. 支持向量机在模式识别中的核函数特性分析[J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(2): 302-304.]
- [15] Zhao Jiewen, Hu Huaiping, Zou Xiaobo. Application of Support Vector Machine to Apple Classification with Near-infrared Spectroscopy[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(4): 149-152. [赵杰文, 呼怀平, 邹小波. 支持向量机在苹果分类的近红外光谱模型中的应用[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 149-152.]
- [16] Kerrthi S S, Lin C I. Asymptotic Behaviors of Support Vector Machines with Gaussian Kernel[J]. Neural Computation, 2003, 15(7): 1667-1689.
- [17] Zhang Jinshui, He Chunyang, Pan Yaoyong, *et al.* The High Spatial Resolution RS Image Classification based on SVM Method with the Multi-source Data[J]. Journal of Remote Sensing, 2006, 10(1): 49-57. [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, 10(1): 49-57.]
- [18] Ma Qingshen. Land Use Change and Its Eco-environment Effect of Linyi Municipality[D]. Nanjing: Nanjing University, 2013. [马庆申. 临沂市土地利用变化及其生态环境效应分析[D]. 南京: 南京大学, 2013.]
- [19] Mo Lijiang, Cao Yu, Hu Yuanman, *et al.* Object-oriented Classification for Satellite Remote Sensing of Wetlands: A Case Study in Southern Hangzhou Bay Area[J]. Wet and Science, 2012, 10(2): 206-213. [莫利江, 曹宇, 胡远满, 等. 面向对象的湿地景观遥感分类——以杭州湾南岸地区为例[J]. 湿地科学, 2012, 10(2): 206-213.]
- [20] Liu Mengmeng, Liu Yalan, Sun Guoqing, *et al.* SVM Land Cover Classification based on Spectral and Textural Features Using Stratified Samples[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2014, 29(2): 315-323. [刘萌萌, 刘亚岚, 孙国庆, 等. 结合纹理特征的 SVM 样本分层土地覆盖分类[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29(2): 315-323.]
- [21] Deng Shubin. ENVI Remote Sensing Image Processing Method[M]. Beijing: Science Press, 2010: 217-218. [邓书斌. ENVI 遥感图像处理方法[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 217-218.]
- [22] Wei Xuehua. Research of Forestry Geometrical Parameter Extraction with Light and Small Airborne Remote Sensing System[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2013. [韦雪花. 轻小型航空遥感森林几何参数提取研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.]

Extraction of Tree-crown of *Populus Euphratica* and *Tamarix Ramosissima* based on High Resolution Remote Sensing Data

Zhou Yanfei¹, Zhang Huifang², Li Xia¹, Yang Fan¹, Ding Chengfeng¹

(1 College of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang

Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2 Xinjiang Academy of Forestry Science, Urumqi 830000, China)

Abstract: *P. euphratica* and *T. ramosissima* are indicator species of ecological environment in arid desert area, the extraction of their tree-crown is the basis of quantitative monitoring of desert habitat by means of remote sensing. In this paper, Taking *P. euphratica* and *T. ramosissima* in the lower reaches of Tarim River as the study object, the method of single data source SVM (Support Vector Machine) based on spectrum characteristics, SVM method based spectrum and texture characteristics, object-oriented classification method and maximum likelihood classification method was used to extract tree-crown from the QuickBird image. Single data source SVM method and maximum likelihood classification method is applied to classify the image which contains only spectrum characteristics. Other methods were carried out as follows: Firstly, calculating the textural measures by grey level co-occurrence matrix and determining the optimal parameters for texture information by principal component analysis. Secondly, the optimal texture bands and the spectrum bands were combined into a new image. Finally, the support vector machine method and object-oriented classification method was applied to classify the new image. The results show that: (1) The classification accuracy of SVM method based spectrum and texture characteristics is 9.65%, which higher than that of single data source SVM method, the estimated accuracy of average crown diameter of the former is 7.18%, which higher than the later. The result indicates that texture is an important factor to improve the classification accuracy in high resolution images; (2) The tree-crown extraction accuracy of object-oriented classification is the highest. Its classification overall accuracy is 86.47%. The accuracy is 15.67% higher than single data source SVM method, 6.02% higher than SVM method based on spectrum and texture characteristics, and 22.58% higher than maximum likelihood classification. Its estimated accuracy of average crown diameter is 87.45%, which suggests that object-oriented classification method can effectively extract tree-crown information in high-resolution image and is better than the other classification methods.

Key words: Object-oriented; Support vector machine; Texture; Tree-crown extraction; QuickBird