

一种适于南方山地丘陵区马尾松毛虫 虫害信息提取的方法

许章华^{1,2}, 余坤勇^{1,2}, 刘健^{1,2,3*}, 谢舒菁², 李秀平²,
陈福海^{1,2}, 齐兴兰^{1,4}, 陈国荣^{1,5}, 李增禄^{1,3}

(1. 福建农林大学 3S 技术应用研究所 福建 福州 350002; 2. 福建农林大学 林学院 福建 福州 350002; 3. 三明学院 福建 三明 365000; 4. 福建林业职业技术学院 福建 南平 353000; 5. 三明市林业局 福建 三明 365599)

摘要: 马尾松毛虫是我国南方地区最主要的森林害虫, 给生态、经济与社会带来极大威胁。随着遥感数据国产化步伐的不断加快及空间、时间、光谱分辨率的不断提升, 马尾松毛虫害空间识别技术的突破迎来新的契机。旨在探索一种适于南方山地丘陵区马尾松毛虫害信息提取的方法, 其主要思路是: 在实现马尾松林信息提取的基础上, 选择并获取与马尾松毛虫害信息相关的地形因子、NDVI、叶面积指数及红边参数等指标, 基于光谱实现松毛虫信息片层的分割; 以光谱片层为对象, 进行主成分变换, 提取其纹理特征, 并利用决策树分类规则实现马尾松毛虫害信息的提取。

关键词: 南方山地丘陵区; 马尾松毛虫; 虫害信息提取; 地形因子; 叶面积指数; 基于片层-面向类
中图分类号: S791.248.01 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)05-0933-07

A Method for Extraction of *Dendrolimus punctatus* Damage Information Suitable for Southern Hilly Areas in China

XU Zhang-hua^{1,2}, YU Kun-yong^{1,2}, LIU Jian^{1,2,3*}, XIE Shu-jing²,
LI Xiu-ping², CHEN Fu-hai^{1,2}, QI Xing-lan^{1,4}, CHEN Guo-rong^{1,5}, LI Zeng-lu^{1,3}

(1. Institute of Geomatics Application, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 3. Sanming University, Sanming 365000, China; 4. Fujian Forestry Vocational Technical College, Nanping 353000, China; 5. Sanming Forestry Bureau, Sanming 365599, China)

Abstract: *Dendrolimus punctatus* is the main forest pest in the southern hilly areas in China, which brings about severe threat to the ecology, economy and society. With the accelerating pace of China's localization of remote sensing data and the rising of spatial, time, and spectral resolutions, the spatial recognition technology's breakthroughs for *Dendrolimus punctatus* damage are facing a new opportunity. This paper aims to explore a method for *Dendrolimus punctatus* damage information extraction suitable for southern hilly areas in China. The main ideas are: the terrain factors, NDVI, leaf area index and red edge parameter which are relevant to the *Dendrolimus punctatus* damage information were selected and extracted on the basis of the extraction of masson pine forest; then the film subset was achieved based on the spectral features by taking the spectra film as

收稿日期: 2012-04-06 修回日期: 2012-05-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(30871965)

作者简介: 许章华(1985—)男, 博士生, 主要从事 3S 技术在资源环境中的应用研究, E-mail: fafuxzh@163.com; *

通讯作者: 刘健, 教授, 博士, 博士生导师, E-mail: fjliujian@126.com。

the objects and conducting the principal component analysis. These process will realize the *Dendrolimus punctatus* damage information extraction relying on the Decision Tree Classification.

Key words: southern hilly areas; *Dendrolimus punctatus* damage; information extraction; terrain factors; leaf area index; Film - based & Class-oriented

马尾松(*Pinus massoniana*)分布广、经济价值高,是我国南方的主要用材树种之一。该树种由于具有极强的耐瘠薄性,故享有“先锋树种”之美誉。但是,马尾松的虫害现象却较为普遍,其中松毛虫、松干蚧、松梢螟、松梢小卷叶蛾等虫害均肆虐着马尾松林。松毛虫是当前危害地球森林系统的最大害虫,而马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus* Walker)具有危害面积大、暴发周期短、成灾最严重的特点,是马尾松最重要的害虫,也是我国危害最严重的森林食叶害虫。该虫害分布遍及我国秦岭以南的省区,向北可延伸至北亚热带边缘的河南省,在南方地区,更是最主要的历史性、周期性森林虫害。松毛虫猖獗时,松林似火烧,故被形象地称为“不冒烟的森林火灾”^[1]。除影响松针外,马尾松毛虫害的发生对林木或林分的树高、冠幅、胸径、材积、蓄积量等均有显著的影响^[2]。同时,它亦危害湿地松、黑松、火炬松等其他松类,给生态、经济与社会带来极大威胁。

1 问题提出

经过多个部门与科研部门的共同努力,我国已经初步建立起了“地-空-天”森林灾害监测体系,该体系的建立为我国森林的健康、可持续稳定发展提供了重要保障。20世纪末,尤其是进入21世纪以来,我国在资源环境卫星领域实现了突破,陆续发射了CBERS-01、CBERS-02、CBERS-02B、CBERS-02C及HJ-1A/1B等卫星,为我们继续推进马尾松毛虫害信息提取与虫害监测提供了强有力的数据保障。

应用遥感技术实现马尾松毛虫害的监测,首要面对的问题是:(1)基于马尾松毛虫害特征变化的森林健康监测因子的构建与选择,即松毛虫危害特征的遥感可体现因子。健康的马尾松林分受松毛虫危害时的一个明显症状是林冠稀疏,树叶非正常脱落、叶绿量减小、叶面积指数降低,直接导致森林反射光谱的显著变化,这是利用遥感技术用于监测马尾松毛虫害的重要基础^[3]。Radeloff等^[4]利用遥感技术对林分失叶与病虫害关系进行研究,明确提出虫害失叶检测是森林受损检测的重要研究领域之一。通过马尾松林冠层的变化,可判定马尾松林分受松毛虫的危害状况,这些变化指标包括绿度、失叶量、叶面积指数、红边参数等^[5-6]。但到目前为止,松毛虫灾害程度的预测并没有完全解决;同时,我国南方地区以山地丘陵地形为主,气候状况复杂,在遥感影像上,存在“同谱异物”和“同物异谱”的特征现象多,不同松毛虫危害的信息在影像上并未能通过光谱完全准确地体现出来。(2)分类问题,即根据确定的森林健康监测因子,提取出松毛虫危害不同程度的林分专题信息。森林在地域上的分布大多是以成片的林分存在,由于受病虫害的危害程度不一,林分在图像上会形成很多大大小小的光谱较为“均一”的区域^[7]。这些区域的像元可能都属于同一受害层次的林分,也可能是不同类。

为此,在图像分类过程中,可以根据影像图各不同受害林分的光谱特征,将光谱较为“均一”的区域分成许多大大小小的光谱较为“均一”的“片”域来处理;当不同受害程度的马尾松林分光谱特征有时表现较为近似,或对于图像上存在“同物异谱”、“同谱异物”现象的信息提取存在一定程度的极限性时,应充分考虑马尾松毛虫害下的光谱与纹理特征变化,将二者结合起来,构建一种“基于片层-面向类”图像分割新技术,实现马尾松毛虫害信息的有效提取。在南方山地丘陵区域,影像对地面的响应规律更为复杂,需要考虑的因素更多。“基于片层-面向类”的信息提取思路,是在运用光谱分析技术实现“片层”分割的基础上,引入纹理特征量,提取“片层”的纹理信息,依此识别光谱特征无法有效区分的同谱异物的地物信息^[8],实现马尾松毛虫害信息的有效提取。

2 马尾松毛虫害信息提取思路

在实现马尾松林信息提取的基础上,选择并获取与马尾松毛虫害信息相关的地形因子、NDVI、叶面积指数及红边参数等指标,基于光谱实现松毛虫信息片层的分割;以光谱片层为对象,进行主成分变换,

提取其纹理特征,并利用决策树分类规则实现马尾松毛虫虫害信息的提取。主要内容包括:

(1) 遥感影像选择:根据马尾松毛虫的预测预报模型选择遥感影像,即卵期前1期、幼虫期1期、蛹期1期、成虫期2期(时间间隔为半个月)等多期影像,具体预报参考朱建华等^[9]的模型;确定的遥感影像选择时间还应据野外调查与具体天气情况而定。

(2) 马尾松毛虫虫害信息监测因子测定:①采用统计分析法建立以叶面积为因变量,以光谱数据或其变换形式(如植被指数)作为自变量建立的估算模型,研究林分叶面积指数状况^[10];②红边参数的变化分析采用倒置高斯曲线方法^[11];③通过图像不同波段像元灰度值比值处理,构建植被指数。

(3) “基于片层-面向类”方法建立:①采用统计方差分析方法分析各波段的光谱特征及相关性,采用区域增长算法确定灰度差值阈和灰度标准差值阈^[12],实现基于影像光谱特征值的图像分片处理;②统计方差分析方法和逐步判别法相结合,分析各片内的光谱特征差异及各片纹理特征相关性,将片进行分类,以达到使各类别片中的栅格边长保持较好的一致性及突出各片内信息的差异,支持片的信息进一步分类。

(4) 基于高分辨率遥感影像马尾松毛虫虫害信息的提取:基于遥感影像虫害特征变化,确定各监测因子的阈值和指数条件,利用建立的“基于片层-面向类”方法实现基于高分辨率遥感影像马尾松毛虫虫害信息的提取。

3 马尾松毛虫虫害信息提取关键技术与方法

3.1 资料收集

马尾松毛虫具有严格的生活周期。对于南方地区马尾松毛虫虫害信息提取工作而言,资料的及时性、完全性收集是难点之一。收集《马尾松毛虫(越冬代)重点调查汇总材料》,并以此为基础,实地测定不同受害程度的马尾松林分失叶量、叶面积指数及郁闭度、海拔、坡度、坡向、GPS坐标等林分与地形因子。叶面积指数可采用 LAI-2000 冠层分析仪测定^[13-14]。依据林分失叶量,将马尾松毛虫虫害划分为重度受害、中度受害、轻度受害、未受害等4个级别。

因马尾松毛虫具有特殊的生活习性,不同时期其危害特征不同,故选择的遥感数据须充分考虑这一点。此外,根据研究需要,还须收集研究区地形图、DEM数据、行政区划边界图、林业小班基本图等,并通过实地踏查获取马尾松、杉木、竹林、阔叶林及非林地等的GPS定位坐标。

3.2 林地信息提取

首先,对遥感影像进行几何校正、影像融合、拼接、裁剪等预处理,确保不同数据之间可以较好地重叠。植被指数是实现地物遥感解译的重要参数,该指数能量化地反映植物状况,并排除非林地信息的干扰^[15]。在众多植被指数中,归一化差值植被指数(NDVI)的应用最为广泛^[16]。其公式为:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

式中: NIR 代表近红外波段反射率(或 DN 值); R 代表红波段反射率(或 DN 值)。

在 ERDAS 平台上,建模实现 NDVI 的提取;设置阈值,提取出林地信息;利用掩膜工具,获得林地所对应的影像图。

3.3 马尾松林提取

要对马尾松毛虫虫害信息进行提取,首先应实现马尾松信息的有效甄别(可以同样的思路提取其他松林信息)。随着影像空间分辨率的提高及分类知识的深入挖掘,近年来,出现了有别于基于像元的另一种分类方法——面向对象的分类方法。由于个别像元存在着不确定性,故传统的基于像元的分类结果往往连续性较差,呈椒盐状。事实上,在图像分析时,有许多重要的语义信息是不通过单个像元表达出来的,面向对象法则是基于充分挖掘这些语义信息,将图像分割成众多具有一定意义的均质对象,每一对象表示为一组特征,引入“类”的概念,通过建立各对象与类结构的关系及差别规则,将对象归于相应的类中^[17-18]。ENVI Zoom 的特征提取模块即是基于面向对象而构建起来的,我们可以通过影像分割、合并分块、精炼分割、属性计算等步骤实现标的物的查找,在此基础上定义马尾松与非马尾松的训练区,执行 K 临近法即可实现基于面向对象的马尾松林信息提取。利用实测点进行精度验证,在满足开展马尾松毛虫虫害信息提取前提的基础上,依此分割出马尾松所对应的遥感影像。

3.4 马尾松毛虫害信息提取指标的选择与获取

虫害导致的失叶是森林生态系统的—个重要干扰因子^[19-20]。在广域尺度上,遥感数据早已被广泛而有效地用于森林失叶状况的检测^[21]。马尾松针叶受损后,其植被指数与叶面积指数必然发生变化。此外,从光谱特征上看,有一个被称为“红边”区的过渡区域(即从红外波段叶绿素吸收区的反射率低点到近红外波段叶片散射的反射率高点这个过渡区),红边参数也是用于检测虫害的一组重要指标。国内外对于松毛虫害的危害监测进行了大量研究,并对采用红边参数实现病虫害危害监测进行了研究。

综合上述分析,选择 *NDVI*、叶面积指数、红边参数等 3 个监测指标。此外,在南方山地丘陵区域,马尾松及马尾松毛虫的生长特性与地形因子密切相关,地形因子在分析过程中很有必要,故亦须进行该因子的提取。

3.4.1 地形因子提取 我国南方地区地形与气候条件复杂,同物异谱、异物同谱现象广泛存在,增加马尾松毛虫害遥感识别的难度。地形因子主要包括海拔、坡度、坡向等,参考相关标准,结合南方山地丘陵区域实际,可将海拔分为 0~200 m、200~400 m、400~600 m、600~900 m、>900 m 5 个等级,将坡度 0~5° 视为平坡、6~15° 为缓坡、16~25° 为斜坡、26~35° 为陡坡、36~45° 为急坡、45° 以上为险坡,坡向则分为阳坡(135~225°)、半阳坡(90~135°、225~270°)、半阴坡(45~90°、270~315°)和阴坡(315~360°、0~45°)。以 DEM 数据为基础,在 ERDAS 平台上实现这些地形因子的提取,并予以分级。

3.4.2 *NDVI* 和叶面积指数提取 实际上,在进行林地信息提取的过程中,已获得了 *NDVI* 专题图。以野外林分覆盖率实地调查数据、有效叶面积实测数据及林业二类调查资料为基础数据,分别以线性方程、指数函数、幂函数等构建马尾松林分叶面积指数模型。通过模内模外数据检验及方差齐性检验、均值分析等环节,对比分析不同模型下马尾松林分叶面积指数的总相对误差、平均相对误差、平均绝对误差绝对值、预估精度等指标,并选择同一立地条件下的马尾松林分若干,采用极差、标准差、变化系数和均值等指标,对各模型的估测精度进行分析,从而确定马尾松林分叶面积指数的最优估测模型。

(1) 植被覆盖率反演。用植被指数估算植被覆盖率的方法已得到广泛应用。众所周知,关系模型只适用于特定地区和特定的时间,因此应用起来有很大的局限性。与关系模型相比,基于植被指数法计算植被覆盖率的公式模型应用更加方便也更为普遍:

$$pv = \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \quad (2)$$

式中: $NDVI_v$ 和 $NDVI_s$ 分别是茂密植被覆盖和完全裸土像元的值,通常取 $NDVI_v = 1$, $NDVI_s = 0.15$ 。依此实现区域植被覆盖率反演。

(2) 叶面积指数反演。将各像元中未被植被覆盖的面积所占的比例视为植被冠层的透过率,则有透射率(直接透射率):

$$T = 1 - pv \quad (3)$$

令植被层的厚度为 h ,垂向坐标为 z 。植被层顶点处 $z = 0$,地面上 $z = h$; 太阳天顶角和仪器观测天顶角分别为 θ_s 和 θ_v 。入射光进入冠层后受到叶片的阻截而减弱,若通过的冠层厚度为 z ,则一次散射透过率为:

$$T = \exp\left[-\frac{\tau(z)}{u}\right] = \exp\left[-\int_0^z \frac{k(z) \wedge(z)}{u} dz\right] \quad (4)$$

式中: $\tau(z)$ 为高度在 z 以上冠层部分的光学厚度; $\wedge(z)$ 为叶面积密度,是指单位体积内的叶面积,即单位面积上单位厚度的叶面积,其在垂向 $0 \sim h\tau$ 区域上积分就是叶面积指数:

$$LAI = \int_0^z \wedge(z) dz \quad (5)$$

$k(z)$ 是冠层在入射方向上的消光系数,消光就是叶子对光的阻挡:

$$k(z) = \langle \cos\theta_i \rangle_z \quad (6)$$

式中: θ_i 为阳光与叶面法线之间的夹角; 在 2π 范围内积分,假设叶倾角呈均匀分布,可计算出: $k =$

$$\frac{2}{\pi} \mu = \cos\theta_s。$$

所以,可以得出叶面积指数:

$$LAI = \frac{2 \cos \theta_s}{\pi} \ln T \quad (7)$$

依此计算叶面积指数,得到专题图。

3.4.3 红边参数提取 (1) 红边参数提取原理。植物病虫害影响植物的生长发育,从而使植物的光谱特征发生改变,其光谱红边、蓝边斜率和位置将发生较为明显的变化。农业、林业的众多研究结果均表明,植被“红边”对植被生长状况异常反应敏感,红边拐点的波长位置和叶绿素浓度呈正相关关系。为此,研究植被红边特征变化,有助于植被健康状况的监测。

一般认为,光谱一阶微分可以去除部分线性或接近线性的背景、噪声等对目标物光谱特征的影响,故对光谱曲线微分可较好地反映植被光谱特征与变化^[22]。以正常植物为基准,受害植物的某特征波长的值发生位移,其中,往短波方向移动称为“蓝移”,长波方向移动称为“红移”,这是虫害状态下植被光谱的重要响应规律。植被红界(680~750 nm)曲线含有植被的许多信息,其光谱特征对植被有很强的表现能力,因此从红界光谱曲线提取特征参量是很重要的。为消除噪声对参量提取的影响,在红界曲线所含数据点数较少的情况下,用倒置高斯模型曲线法拟合植被红界曲线也能较为有效地提取红边特征参量。

(2) 一阶红边参数计算。采用倒置高斯模型曲线法提取红界特征参量,可消除噪声对参量提取的影响,即对反射光谱进行一阶微分。一阶红边参数常采用差分计算,公式如下:

$$d_{\lambda} = \frac{R_{i-1} - R_{i+1}}{\lambda_{i-1} - \lambda_{i+1}} \quad (8)$$

式中: R_i 是波长 λ_i 的光谱值; λ_i 是波段*i*的波长值。在ERDAS的Modeler中根据公式生成红边参数图。

3.5 “基于片层-面向类”的马尾松毛虫害信息提取

3.5.1 基于光谱的马尾松毛虫害信息片层分割 在马尾松毛虫害信息提取指标的获取过程中,考虑了所有的林地。故在对马尾松毛虫害信息片层分割之前,先利用提取的马尾松林图层,对叶面积指数、红边参数等进行掩膜。经上述各步骤,已对NDVI、叶面积指数及红边参数进行了较有效的提取,而这些指数也对图像信息进行了增强,有利于马尾松毛虫害信息的提取。根据“基于片层-面向类”的信息提取思路,片层区划时应尽量做到:假设区划图的总面积为S,其中划分正确的马尾松毛虫害面积为S1,划分错误的面积为S2,而马尾松毛虫害的实际面积为S',此时,需要满足① $S \in [1.5S', 2S']$,② $S1 > S2$,③ $S1 \in [0.9S', S']$,也就是说,允许马尾松毛虫害在一定范围内多提取,但要严格控制漏提的马尾松毛虫害面积。这就要求在选取分类模板的时候,可适当减少未受害马尾松的样本数,且选取样本时条件毋须太过严格。为保证这一点,采用传统的最大似然法,依据收集的样本点,在NDVI、叶面积指数、红边参数组合图上选择训练模板,实现监督分类;以监督分类结果,掩膜出相应的影像图,即实现了基于光谱的马尾松毛虫害信息片层的分割。在光谱片层分割过程中,仅将受害区域作初步分割,而未对受害程度进行细分。

3.5.2 面向纹理类马尾松毛虫害信息提取 (1) 主成分变换。目前国内外卫星多光谱传感器一般包括4个以上的通道,如Landsat TM有7个通道,我国的中巴系列卫星CCD传感器有5个通道,HJ-1A/1B卫星CCD传感器亦有4个通道,每一波段均需要产生数个纹理特征,数十维的图像十分不利于纹理向度的选取。由此,对原数据的降维就很有意义。主成分变换可以将具有相关性的多波段数据压缩到几个相对独立的波段上,实现数据压缩与光谱增强,以提升影像的解译能力。ERDAS平台提供了PCA命令,依此可对原图像进行主成分变换。一般情况下,第一主成分能代表原图像的大部分信息。

(2) 纹理特征提取。纹理特征可以反映区域中像素灰度级的空间分布属性,表现为图像灰度在空间上的变化和重复、反复出现的局部模式及排列规则。灰度共生矩阵(GLCM, Gray Level Co-occurrence Matrices)是纹理分析的一种常用方法,该方法提供了像元与像元、像元与整体影像间的空间关系,先依据影像的灰度级数和灰度变化情况计算出4个方向任意2个灰度级相邻出现的概率矩阵,再将该矩阵作对称化和归一化处理,得到灰度联合矩阵^[23]。ENVI4.3灰度共生矩阵法提供了8个典型纹理量,包括:均值、方差、协同性、对比度、相异性、熵、角二阶矩及相关性。

纹理图像中每个像元的值反映了窗口区域内的纹理,不同大小的窗口对应的纹理值有所差异,故应当设置不同的窗口大小,分析均值和熵两种纹理的特征与窗口大小的联系,从而选择最佳窗口大小。除窗口设置外,还需要对移动步长进行比较,如果步长过大,图像纹理会产生偏移,因此步长不宜选取过大^[24]。对窗口大小和移动步长的选取后,在 ENVI4.3 下对第一主成分进行基于灰度共生矩阵的纹理信息提取,得到一幅八维图像。

(3) 最佳纹理量选择。最佳波段选择是多光谱遥感数据图像增强的重要步骤,直接影响影像的目视解译效果与目标对象的提取结果。最佳波段选择方法较多,其中,美国查维茨提出的最佳指数(OIF)计算方法简单、易于操作、应用方便。其理论依据是:标准差越大,包含的信息量也越多;波段间相关系数越小,则各波段的独立性越高,冗余度也就越小。其数学表达式如下:

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{\sum_{i=1}^3 |R_{ij}|} \quad (9)$$

式中: S_i 为第 i 个波段的标准差; R_{ij} 为 i, j 两个波段的相关系数。

利用 ENVI 的统计功能对纹理特征图进行统计,得到各纹理量的标准差与相关系数,并计算各个波段组合的 OIF 指数。OIF 指数越大说明 3 个波段间的相关性越小,所包含的信息量越大。一般来说,选择最佳波段的原理有 3 点: (1) 所选的波段信息量要大; (2) 波段间的相关性要小; (3) 波段组合对目标地物的光谱差异要大^[25]。依此选择面向类的马尾松毛虫害信息提取的最佳纹理量。

3.5.3 马尾松毛虫害信息提取 信息提取或分类的方法众多,前述在基于光谱的马尾松毛虫害信息片层分割过程中,运用了最大似然法,而在面向纹理类的马尾松毛虫害信息提取过程中,可以采用决策树分类手段。

(1) 决策树分类原理。决策树分类器特征选择的基本思想是^[26]: 依据规则将遥感数据集一级级往下细分,以定义决策树的各个分支。决策树由一个根结点、一系列内部结点及终极结点组成,每一结点只有一个父结点和两个或多个子结点。在“原级”与“终级”之间形成一个分类树结构,在树结构的每一分叉结点处,可以选择不同的物质用于进一步地有效细分。

(2) 基于 RULEGEN 的决策树分类。RULEGEN 是 ENVI 软件下的一个决策树插件,预测变量既可以是离散变量,也可以预测连续变量,而虫害发生程度是一组离散变量。预测离散变量的算法有两种: CRUISE 与 QUEST 算法。采用 QUEST 算法进行计算分析,得到马尾松重度受害、中度受害、轻度受害、未受害等类别的规则集;尔后运行决策树分类模块自动分类,得到马尾松毛虫害等级图。

(3) 马尾松毛虫害信息提取结果分析。为评价决策树初分类结果,须对分类结果图进行精度评价。精度评价中包括两个重要的指标,即分类者精度与使用者精度。通过精度评价,分类者能确定分类模式的有效性,改进分类模式,提高分类精度;使用者能根据分类结果的精度,正确、有效地获取分类结果中的信息。经多次验证,执行上述方法,可以实现南方山地丘陵区马尾松毛虫害信息的有效提取。

4 讨论

自美国陆地卫星数据在我国得到应用以后,遥感手段很快被应用到森林病虫害监测领域。马尾松毛虫是一类周期性害虫,受气候、地形、林分、虫源与天敌、人文环境等诸因素的影响。在我国南方地区,马尾松毛虫越冬代及成虫时期阴雨天气多,加之地形条件极为复杂,长期以来,松毛虫害的遥感解译技术一直是困扰林业研究者的难题。传统虫害遥感监测手段在山地丘陵区的适用性受到限制。本文提出了一种适于南方山地丘陵区马尾松毛虫害信息提取的方法,其所体现的思想包括: (1) NDVI、叶面积指数、红边参数是马尾松毛虫害信息提取的有效指标,是开展马尾松毛虫害空间监测的重要依据。(2) 在利用光谱特征开展马尾松毛虫害监测的同时,需要考虑地形因子的影响。纹理特征是监测受害马尾松的重要空间特征,辅以纹理特征的马尾松毛虫害信息提取结果更符合实际结果。(3) 构建的“基于片层-面向类”的马尾松毛虫害信息提取技术是对病虫害监测的有利探索,在遥感技术不断发展、影像空间分辨率不断提高的背景下,该技术对指导病虫害监测、预警与防治具有重要的实际指导意义。

地形因子历来是遥感解译的干扰因素之一,尤其是在南方山地丘陵区域,这种影响更为明显。本文所提方法对坡向、海拔、坡度等因子进行了分级,但对其实际应用方面还有待进一步深入。同时,马尾松

毛虫在不同的时间对马尾松具有不同的危害特征,NDVI、叶面积指数、红边参数不见得是监测马尾松毛虫的唯一有效指标抑或最佳指标;在高光谱遥感、高分辨率遥感影像不断发展及资源环境天基遥感数据的不断丰富,可能出现更好更便捷的监测指标,可以不断加以改进与补充。

参考文献:

- [1]侯陶谦. 中国松毛虫[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [2]李天生, 陈建寅, 卢崇飞. 马尾松毛虫危害程度与马尾松材积生长率之间关系的模拟试验[J]. 林业科学, 1987, 23(1): 29-35.
- [3]郭志华, 肖文发, 蒋有绪. 遥感和林冠动态监测研究中的应用[J]. 植物生态学报, 2003, 27(6): 851-858.
- [4]Radeloff V C, Mladenoff D J, Boyce M S. Detecting jack pine budworm defoliation using spectral mixture analysis: separating effects from determinants[J]. Remote Sensing of Environment, 1999(69): 156-169.
- [5]Yoram J, Kufuman, Chris J. MODEIS fire products[A]. Algorithm Technical Background Document, 1998, 11(10).
- [6]武红敬, 石进. 松毛虫灾害的TM影像监测技术[J]. 遥感学报, 2004, 8(2): 172-177.
- [7]Scargle, Jeffrey D. Bayesian blocks in two or more dimensions: Image segmentation and cluster analysis[J]. AIP Conference Proceedings, 2002, 617(1): 163-174.
- [8]余坤勇, 刘健, 许章华, 等. 南方地区竹资源专题信息提取研究[J]. 遥感技术与应用, 2009, 24(4): 449-455.
- [9]朱建华, 陈顺立, 张再福. 森林病虫害预测预报[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2002.
- [10]Tian Q, Luo Z, Chen J M, et al. Retrieving leaf area index for coniferous forest in Xingguo County, China with Landsat ETM+ images[J]. Journal of Environmental Management, 2007(85): 624-627.
- [11]卢艳丽, 李少昆, 白由路, 等. 冬小麦冠层光谱红边参数的变化及其与氮素含量的相关分析[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(1): 1-7.
- [12]刘露, 楚春雨, 马建为, 等. 支持向量机与区域增长相结合的CT图像并行分割[J]. 计算机科学, 2010, 37(5): 237-239.
- [13]Heiskanen J, Rautiainen M, Korhonen L, et al. Retrieval of boreal forest LAI using a forest reflectance model and empirical regressions[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2011(13): 595-606.
- [14]曹仕, 刘湘南, 刘美玲, 等. 融合冠层水分特征的光谱参数NCVI及以演玉米LAI[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(2): 478-482.
- [15]Izquierdo T, de las Heras P, Marquez A, et al. Vegetation indices changes in the cloud forest of La Gomera Island (Canary Islands) and their hydrological implications[J]. Hydrological Processes, 2011, 25(10): 1531-1541.
- [16]Harrell D L, Tubana B S, Walker T W, et al. Estimating rice grain yield potential using normalized difference vegetation index[J]. Agronomy Journal, 2011, 103(6): 1717-1723.
- [17]张建国, 李宪文, 吴延磊. 面向对象的冬小麦种植面积遥感估算研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(5): 156-160.
- [18]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]. 遥感信息, 2009(2): 42-46.
- [19]Muchoney D M, Haack B N. Change detection for monitoring forest defoliation[J]. PE & RS, 1994(60): 1243-1251.
- [20]Royle D D, Lathrop R G. Monitoring hemlock forest health in new jersey using Landsat TM data and change detection techniques[J]. For Sci, 1997, 43(3): 327-335.
- [21]Buchheim M P, Maclean A L, Lillesand T M. Forest cover type mapping and spruce budworm defoliation detection using simulated SPOT imagery[J]. PE & RS, 1985(51): 1115-1122.
- [22]Kok R, Buck A, Chneider T, et al. Advanced classification of remote sensing imagery[J]. GIM International: The world-wide Magazine for Geomatics, 2000, 4(12): 77-79.
- [23]颜梅春, 张友静, 鲍艳松. 基于灰度共生矩阵法的IKONOS影像中竹林信息提取[J]. 遥感信息, 2004(2): 31-34.
- [24]杨志刚. 纹理信息在遥感影像分类中的应用[D]. 南京: 南京林业大学, 2006.
- [25]李石华, 王金亮, 陈姚, 等. 多光谱遥感数据最佳波段选择方法试验研究[J]. 云南地理环境研究, 2005, 17(6): 30-33.
- [26]Fried M A, Brodeley C E. Decision tree classification of land cover from remotely sensed data[J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 61(3): 399-409.