

网络出版时间:2012-07-18 10:31

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120718.1031.012.html>

基于成像高光谱的苹果树叶片病害区域提取方法研究

胡荣明¹, 魏 曼¹, 竞 霞¹, 王纪华²

(1 西安科技大学 测绘学院, 陕西 西安 710054; 2 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097)

【摘 要】 **【目的】**对带病斑苹果树叶片的高光谱图像进行病斑提取, 为作物病虫害的遥感监测提供支持。**【方法】**对带有病斑的苹果树叶片成像高光谱图像, 从传统基于光谱特征和面向对象特征 2 个方向入手进行病斑提取。为减少高光谱图像波段之间的冗余, 首先对高光谱图像采用 PCA 变换进行降维处理, 利用降维之后的前 11 个波段, 分别采用波谱角分类和面向对象分类的方法提取苹果树叶片病害区域。**【结果】**由于同物异谱和异物同谱现象的存在, 波谱角分类算法在提取病斑时, 对叶柄和叶脉产生了错误的分类, 而且以像元为分类单位的波谱角分类, 在分类结果图中存在椒盐噪声, 而面向对象分类则避免了这一现象的发生。**【结论】**采用面向对象分类方法提取苹果叶片病斑的结果优于基于光谱特征的波谱角分类方法, 其总体精度和 Kappa 系数分别为 98.44% 和 0.97。

【关键词】 苹果病害; 病斑特征提取; 波谱角分类; 面向对象; 成像高光谱

【中图分类号】 TP391.413

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)08-0095-05

Research for extracting method of apple leaf ill spots based on hyperspectral image

HU Rong-ming¹, WEI Man¹, JING Xia¹, WANG Ji-hua²

(1 College of Geomatics, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710054, China;

2 National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: **【Objective】** The research is to extract apple leaf ill spots through hyperspectral image for the sake of providing support for remote monitoring of crop pests and diseases. **【Method】** The research uses both the traditional spectral features and object-oriented features methods to extract leaf spots from hyperspectral image of apple leaf. In order to reduce the redundancy between bands, PCA transform is applied to reduce dimension of hyperspectral image. Then, the first 11 bands after PCA transform are used to extract spots with the two methods. **【Result】** As the same object with different spectra and different objects with the same spectrum exist, the stalk and vein are classified into the wrong category using SAM. Furthermore, salt and pepper noise exists in classification results of SAM. However, object-oriented classification avoids the occurrence of this phenomenon. **【Conclusion】** The result of extracting spot with object-oriented classification is better than SAM. The overall accuracy with object-oriented classification achieves 98.44% and the Kappa coefficient reaches 0.97.

Key words: apple diseases; ill spots feature extraction; SAM; object-oriented; imaging hyperspectral

植物叶片病斑是植物所受病害种类以及发病程 度的最直接表现, 因此对病斑的认识是诊断植物染

* [收稿日期] 2012-03-01

[基金项目] 陕西省教育厅科研计划项目(2010JK671); 国家科技支撑计划项目(2012BAH29B04)

[作者简介] 胡荣明(1969—), 男, 甘肃靖远人, 副教授, 博士, 主要从事高分辨率影像信息提取研究。E-mail: rmhu2007@163.com

[通信作者] 王纪华(1958—), 男, 吉林永吉人, 研究员, 博士, 主要从事农业定量遥感研究。E-mail: tiankong3728@gmail.com

病的关键^[1]。目前对病害严重程度的判断主要依靠植物保护专家目测估计,由于专家判读的主观性,病害发生的严重程度很难得到定量表达。为了更客观地评价病害的严重程度,一些学者进行了病斑提取研究,如关海鸥等^[1]依据照片上叶片的颜色特征,使用神经网络模型进行病斑区域特征提取;祁广云等^[2]采用改进的遗传算法提取大豆病斑,同样使用颜色信息作为输入值;张艳诚等^[3]基于作物病斑形状分形特征对病斑进行了提取;丁浩等^[4]根据植物黑腐病病斑的几何及颜色特征进行选择,并用人工神经网络的方法加以识别;李娇娇^[5]对玉米叶部病斑的智能处理算法进行了研究。总体来看,目前对作物病斑提取的研究多使用彩色照片,而且提取时输入的也主要是颜色信息及几何形状信息,虽然彩色照片的分辨率较高,但其有限的光谱信息限制了提取病害区域时可用的光谱特征,因此利用这些方法进行大范围作物病虫害监测时具有一定的局限性。基于此,本研究利用成像高光谱图像,分别采用波谱角分类算法和面向对象分类算法提取病害区域,并对提取结果进行精度评价,以期利用航空航天遥感影像进行大范围作物病虫害监测提供参考。

1 图像的获取与预处理

本试验所使用的叶片是在野外采摘的带有落叶斑点病病斑的苹果树叶片,将采集的叶片装在保鲜袋中放入冰柜,带回实验室使用扫描成像光谱仪(Pushbroom imaging spectrometer, PIS)进行扫描成像。该扫描成像光谱仪由北京农业信息技术研究中心与中国科学技术大学联合研制,其光谱范围为400~1 000 nm,共 1 024 个波段^[6]。

本研究以落叶斑点病病害等级为 3 级的单叶反射率影像作为实验影像。由于影像的波段数非常多,若直接使用传统的基于统计学的分类模型对病斑进行提取,则会出现严重的 Hughes 现象^[7-9]。为此,本研究结合高光谱影像的特点,首先采用主分量分析(Principal Component Analysis, PCA)法进行特征空间的减维和去相关处理。该方法是统计特征上的多维正交线性变换,能够将原来多个波段中的有用信息尽量集中在数目尽可能少的特征空间图像组中^[10];同时可以对高光谱图像数据进行降维和去相关处理,达到数据简约的目的^[11]。因此,本研究采用 PCA 法对数据进行降维处理,以最大限度地保留影像中的信息量。图 1 为 PCA 变换后的波段特征值及累积贡献率。从图 1 可以看出,变换后的图

像中,前 11 个波段的特征值累积贡献率达到了 99.79%,因此本研究选择 PCA 变换后的前 11 个波段进行苹果叶片病斑区域的提取。

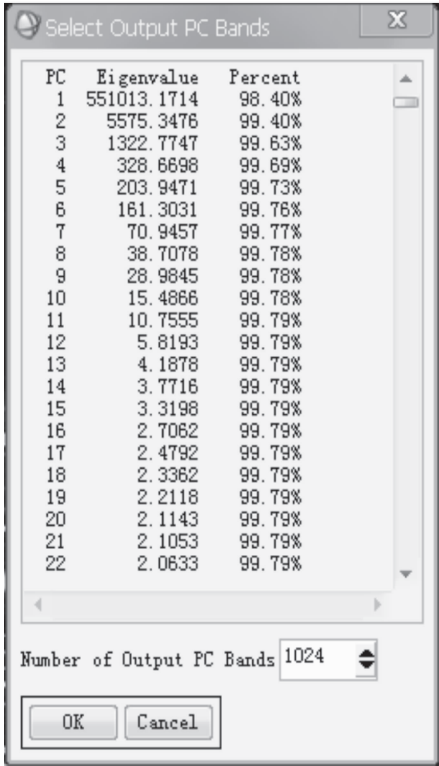


图 1 PCA 变换后的波段特征值及累积贡献率
Fig. 1 Eigenvalue and accumulative contribution rate after PCA transformation

2 基于高光谱影像的病斑提取

2.1 基于光谱特征的病斑提取

高光谱遥感丰富的波段使得图像中的每个像元都能得到 1 条近似连续的光谱曲线,不同的地物光谱曲线不同。基于光谱特征的分类方法,主要是通过对光谱曲线的分析,发现不同地物的光谱曲线变化特征,从而达到识别地物的目的^[12]。该方法主要依靠光谱匹配技术来实现,需要将图像中每个像元的光谱曲线与参考光谱进行匹配,从而识别地物。

2.1.1 端元波谱提取 本研究采用基于几何顶点的端元波谱提取方法,利用 PCA 变换后的前 11 个波段提取端源波谱,该方法将相关性很小的图像中包含数据量最多的 2 个波段作为 X、Y 轴构成二维散点图,该散点图在理想状态下呈三角形形状,根据线性混合模型数学描述,纯净端元分布在三角形的 3 个顶点上^[13]。基于这一原理,采用 PCA 变换后数据量最大的 1、2 波段组成二维散点图,提取纯净端元。由于本试验的目的是叶片病斑的提取,因此准

备叶片病斑和健康区域 2 类端元波谱,如图 2 所示。

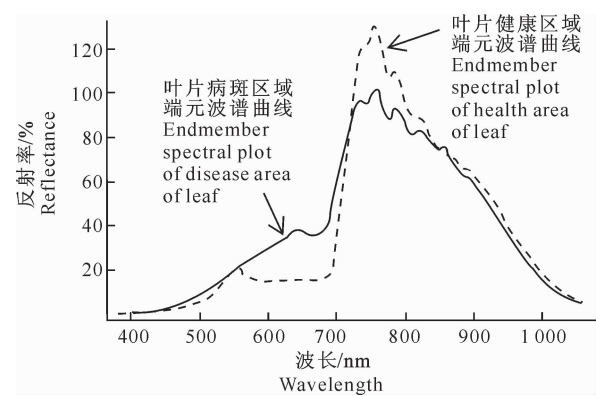


图 2 叶片病斑和健康区域的端元波谱曲线
Fig. 2 Endnumber spectral plots of disease area and health area of leaf

2.1.2 波谱角分类 波谱角分类也叫波谱角填图 (Spectral Angle Mapper, SAM),是将像元 M 个波段的光谱看作 M 维波谱向量,通过计算与参照波谱 (端元波谱)之间的夹角判定 2 个波谱间的相似程度^[14]。2 光谱向量的广义夹角 θ 定义为:

$$\theta = \cos^{-1} \frac{A \cdot B}{|A| |B|}.$$

式中: θ 为 2 光谱向量的广义夹角; A 、 B 是 2 个 M 波段的光谱向量。其中 θ 越小, A 和 B 的相似性越大^[15]。可以看出该分类方法与向量长度无关,从而能够最大程度地强调光谱曲线吸收特征在分类中的主导作用^[16]。

原始叶片如图 3 所示,采用波谱角分类方法提取的叶片病斑如图 4 所示。

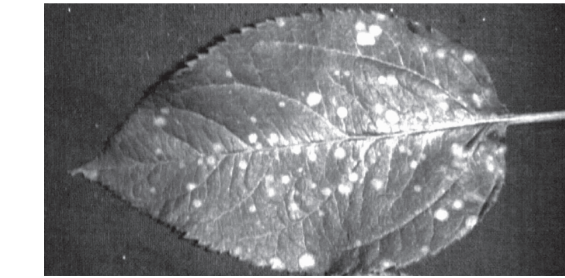


图 3 原始叶片的影像
Fig. 3 Image of original leaf

2.2 面向对象的病斑提取

面向对象分类是将影像划分为若干个有意义的同质区域(对象),利用对象取代像元作为影像分类的基本单元,因此其能够充分利用对象的光谱、形状、纹理,甚至包括语义、拓扑关系等特征^[17-18]。相对普通遥感影像而言,高光谱遥感影像的特点主要体现在其多波段、精细光谱特征表达方面。因此,对高光谱图像进行面向对象分类,可以在充分利用其光谱信息的同时,综合利用其他特征。

2.2.1 影像分割 为了减少待处理的单元数,本研究在利用面向对象方法进行病斑提取时,首先进行了影像分割和像素合并,影像分割采用了一种基于边缘的分割算法^[19]。在进行影像分割时,分割尺度与合并参数的选择十分关键^[20]。结合本试验数据的特点,本研究中分割参数选择为 65,合并参数为 88。

2.2.2 面向对象分类 对象是具有光谱、纹理或空间组合关系等相同特征的均质单元^[21]。基于对象分类时,首先选择特征样本和参与分类的对象属性。在对象属性选择时,除了将一般光谱特征作为必选

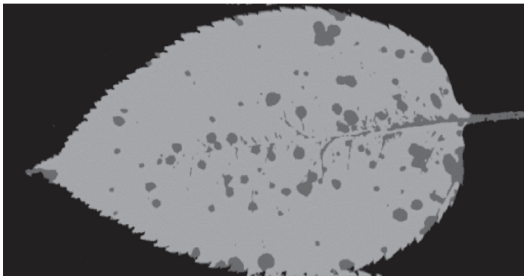


图 4 波谱角分类法提取的叶片病斑特征
Fig. 4 Extracting leaf ill spots feature by SAM

特征之外,同时加入纹理信息、第 1 波段和第 2 波段的比值信息以及将 321 波段彩色合成的 RGB 彩色图像转换到 HSI 空间后的色调信息等属性。

考虑到高光谱图像数据量大、相关性高的问题,本研究采用降维后的影像作为面向对象分类的数据源,并利用 K 邻近法作为本研究面向对象的分类算法。分类结果如图 5 所示。

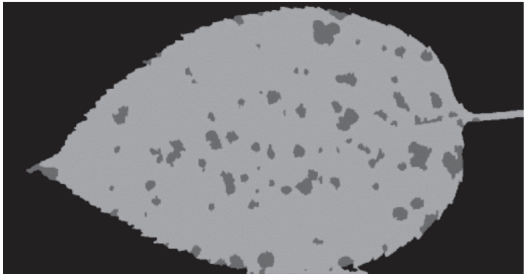


图 5 面向对象的叶片病斑分类结果
Fig. 5 Classification image of ill spots leaf by object-oriented method

2.3 精度评价

为了对比基于光谱和面向对象 2 种方法提取病

斑的优缺点,本研究采用混淆矩阵进行精度评价。混淆矩阵也叫误差矩阵,是一个用于表示分为某一类别的像元个数与地面检验为该类别数的比较阵列,从混淆矩阵中可以直接得到总体精度以及 Kappa 系数。其中 Kappa 系数的计算公式为:

$$\text{Kappa 系数} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}$$

式中: N 为总的用于精度评价的像元数量, r 为误差

矩阵中的总列数(即总的类别数), x_{ii} 为误差矩阵中第 i 行、第 i 列上的像元数量(即正确分类的数目), x_{i+} 和 x_{+i} 分别为第 i 行和第 i 列的总像元数量。

表 1 为波谱角分类法和面向对象分类法的精度评价结果。由表 1 可知,采用波谱角分类法的总体精度和 Kappa 系数分别为 95.59%和 0.91,面向对象分类法的总体精度和 Kappa 系数分别为 98.44%和 0.97,均高于波谱角分类法。

表 1 波谱角分类结果与面向对象分类结果的精度评价

Table 1 Accuracy assessment for SAM classification and object-oriented classification

样本数 Sample number	波谱角分类法 SAM			面向对象分类法 Object-oriented classification method		
	病斑 Ill spots	健康叶片 Health leaf	总计 Sum	病斑 Ill spots	健康叶片 Health leaf	总计 Sum
病斑 Ill spots	1 535	146	1 681	1 510	17	1 527
健康叶片 Health leaf	19	2 136	2 155	43	2 265	2 308
总计 Sum	1 554	2 282	3 836	1 553	2 282	3 835
用户精度/% User accuracy	91.31	99.12		98.89	98.14	
生产者精度/% Producer accuracy	98.78	93.43		97.23	99.26	
总体精度/% Overall accuracy		95.59			98.44	
Kappa 系数 Kappa coefficient		0.91			0.97	

3 结论与讨论

从分类结果及精度评价可以看出,面向对象和波谱角分类均能较好地实现病斑的提取,但波谱角分类方法是以像元为单位进行的,因此,在分类结果中存在椒盐噪声。

由于叶脉和叶柄的组织结构、成分与单纯叶片不同,导致在采用以光谱信息为基础的波谱角方法进行病斑区域提取时,叶脉和叶柄处的提取结果不甚理想,而采用光谱信息、纹理、波段比值等信息综合的面向对象方法,则可以得到比较理想的提取结果。本试验中,病斑与单纯健康叶片的波谱曲线区分较为明确,但叶脉和叶柄的波谱曲线却与病斑更为类似,因此在基于光谱信息的分类过程中,本应为健康叶片的叶柄和叶脉却被错分为病斑,在增加纹理、波段比值信息后,采用面向对象的分类方法避免了错分现象的发生。

在面向对象分类中,可使用的对象特征非常丰富,虽然这有利于提高分类精度,但同时也增加了分类过程中对象特征的选择和组合问题,如何选择最适合的对象属性进行组合分类,还有待进一步研究。

[参考文献]

[1] 关海鹰,黄 燕.大豆病斑智能识别无损预处理及其特征提取方法的研究[J].河北农业大学学报,2010,33(5):123-127.

Guan H O, Huang Y. Study on the method of non-loss pre-processing and feature extraction for intelligent recognition of soybean diseased spots [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2010, 33(5): 123-127. (in Chinese)

[2] 祁广云,马晓丹,关海鹰.采用改进遗传算法提取大豆叶片病斑图像[J].农业工程学报,2009,25(5):142-145.

Qi G Y, Ma X D, Guan H O. Extraction of the image of soybean target leaf spot based on improved genetic algorithm [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(5): 142-145. (in Chinese)

[3] 张艳斌,毛罕平,胡 波,等.数字图像中作物病斑形状分形特征提取[J].微计算机信息,2007,23(33):295-297.

Zhang Y C, Mao H P, Hu B, et al. Extracting fractal feature of spot morphology of plant diseases in digital image [J]. Microcomputer Information, 2007, 23(33): 295-297. (in Chinese)

[4] 丁 浩,艾娇燕.基于计算机视觉的植物黑腐病病斑分析[J].计算技术与自动化,2007,26(1):115-117.

Ding H, Ai J Y. The analysis of black rot spot based on computer vision [J]. Computing Technology and Automation, 2007, 26(1): 115-117. (in Chinese)

[5] 李娇娇.玉米叶部病斑图像智能处理算法的研究与实现[D].北京:北京邮电大学,2010.

Li J J. Research and implementation of intelligent image processing algorithm on maize leaf ill spots [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2010. (in Chinese)

[6] 张东彦,黄文江,王纪华,等.基于扫描成像的作物近地高光谱获取与特征分析[J].农业工程学报,2010,26(12):118-192.

Zhang D Y, Huang W J, Wang J H, et al. In-situ crop hyperspectral acquiring and spectral features analysis based on push-

- broom imaging spectrometer [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(12): 118-192. (in Chinese)
- [7] Hughes G F. On the mean accuracy of statistical pattern recognizers [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1968, 14(1): 55-63.
- [8] 李海涛, 顾海燕, 张 兵, 等. 基于 MNF 和 SVM 的高光谱遥感影像分类研究 [J]. 遥感信息, 2007(5): 12-15.
- Li H T, Gu H Y, Zhang B, et al. Research on hyperspectral remote sensing image classification based on MNF and SVM [J]. Remote Sensing Information, 2007(5): 12-15. (in Chinese)
- [9] 杨国鹏, 余旭初, 刘 伟, 等. 面向高光谱遥感影像的分类方法研究 [J]. 测绘通报, 2007(10): 17-20.
- Yang G P, Yu X C, Liu W, et al. Research on hyperspectral remote sensing image classification methods [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2007(10): 17-20. (in Chinese)
- [10] 孙家柄, 倪 玲, 周军其, 等. 遥感原理与应用 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007: 198-199.
- Sun J B, Ni L, Zhou J Q, et al. Principles and applications of remote sensing [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2007: 198-199. (in Chinese)
- [11] 田 野, 赵春晖, 季亚新. 主成分分析在高光谱遥感图像降维中的应用 [J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2007, 23(5): 58-60.
- Tian Y, Zhao C H, Ji Y X. The principal component analysis applied to hyperspectral remote sensing image dimensional reduction [J]. Natural Science Journal of Harbin Normal University, 2007, 23(5): 58-60. (in Chinese)
- [12] 陶秋香. 植被高光谱遥感分类方法研究 [J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2007, 26(5): 61-65.
- Tao Q X. Vegetation classification methods based on hyperspectral remote sensing [J]. Journal of Shandong University of Science and Technology: Natural Science, 2007, 26(5): 61-65. (in Chinese)
- [13] 邓书斌. ENVI 遥感图像处理方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2010: 345-347.
- Deng S B. ENVI remote sensing image processing method [M]. Beijing: Science Press, 2010: 345-347. (in Chinese)
- [14] 王娟敏, 杨联安, 姜 英, 等. 基于波谱角分类法的沙化信息提取研究: 以毛乌素沙地典型地区为例 [J]. 国土资源遥感, 2008(4): 87-91.
- Wang J M, Yang L A, Jiang Y, et al. The extraction of desertification information based on spectral angle mapper: A case study of the Mu Us Sandy Land [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2008(4): 87-91. (in Chinese)
- [15] 张 兵. 时空信息辅助下的高光谱数据挖掘 [D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2002.
- Zhang B. Hyperspectral data mining supported by temporal and spatial information [D]. Beijing: Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences, 2002. (in Chinese)
- [16] 吴文瑾. 基于光谱曲线特性和波谱角分类的赤潮监测方法 [J]. 遥感信息, 2009(8): 50-54.
- Wu W J. A red tide detecting method based on spectral signal and spectral angle mapping technology [J]. Remote Sensing Information, 2009(8): 50-54. (in Chinese)
- [17] 陈云浩, 冯 通, 史培军, 等. 基于面向对象和规则的遥感影像分类研究 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2006, 31(4): 316-320.
- Chen Y H, Feng T, Shi P J, et al. Classification of remote sensing image based on object oriented and class rules [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2006, 31(4): 316-320. (in Chinese)
- [18] 葛宏立. 面向类的图像分割方法研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2004.
- Ge H L. Cluster-oriented image segmentation approach [D]. Beijing: Beijing Forest University, 2004. (in Chinese)
- [19] Jin X Y. Segmentation-based image processing system: US, 20090123070 [P]. 2009-05-14.
- [20] 薄树奎, 韩新超, 丁 琳. 面向对象影像分类中分割参数的选择 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2009, 34(5): 514-517.
- Bo S K, Han X C, Ding L. Automatic selection of segmentation parameters for object oriented image classification [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2009, 34(5): 514-517. (in Chinese)
- [21] 尹作霞, 杜培军. 面向对象的高光谱遥感影像分类方法研究 [J]. 遥感应用, 2007(4): 29-32.
- Yin Z X, Du P J. Study on object-oriented image classification for hyperspectral remote sensing [J]. Remote Sensing Information, 2007(4): 29-32. (in Chinese)