

基于 HMAX 特征的层次式柑桔溃疡病识别方法^{*})

朱庆生 张 敏 柳 锋

(重庆大学计算机学院 重庆 400030)

摘 要 提出了一种自底向上的层次式柑桔溃疡病识别算法。针对柑桔溃疡病斑外观多样的特点,采用了在尺度和方向上具有较强不变性和选择性的 HMAX 特征集来进行病斑图像的特征表示。自底向上的识别过程能够加快识别速度,对于局部特征性强的对象识别能够有效提高识别率,减少误识别率。最后利用 AdaBoost 方法构造分类器对病斑进行识别,比较实验结果证明本文提出的算法能取得较好的识别效果。

关键词 机器视觉, HMAX 特征, AdaBoost, 层次模型, 分类器

Hierarchical Citrus Canker Recognition Based on HMAX Features

ZHU Qing-Sheng ZHANG Min LIU Feng

(Computer College, Chongqing University, Chongqing 400030)

Abstract A novel hierarchical approach based on HMAX features is proposed for citrus canker recognition. Citrus canker areas have different appearances and strong partial characteristics. HMAX feature is a scale-tolerant and oriental-tolerant complex feature set which is robust in object recognition. AdaBoost algorithm is efficient in boosting weak classifier to strong classifier. By using HMAX features and AdaBoost algorithm, an efficient classifier can be constructed with few samples. And from bottom up process can speed recognition and promote recognition of citrus canker. Experiment results show the approach is efficient in citrus canker recognition.

Keywords Machine vision, HMAX features, AdsBoost, Hierarchical model, Classifier

1 引言

柑桔是世界第一大水果,柑桔业已成为我国南方农村经济重要的支柱产业。溃疡病是影响柑桔业可持续发展中一个重要的制约因素,有关学者认为溃疡病对柑桔产业的影响已达到基本等同于“致死性”和“毁灭性”的程度^[1]。目前,防止柑桔溃疡病发生和扩散最为重要的措施是实施检疫并结合疫情监测进行控制。虽然现行包括目测、实验室检测和地理信息系统^[2]等在内的诊断方法与疫情监测手段已用于检疫控制,但目测诊断具有经验性、模糊性强且专业人员缺乏的缺点;实验室技术诊断条件要求高且不能实现及时、大范围、远程诊断;而地理信息系统实际应用中存在数据量有限和配套的田间信息采集技术薄弱等问题。所以,进一步通过运用机器视觉等方法实现溃疡病的信息数字化及智能诊断是对溃疡病进行检疫控制和疫情监测的有效途径。机器视觉技术在农业生产中的应用研究是目前数字农业研究的重要分支之一,目前尚未见利用机器视觉技术对柑桔溃疡病进行研究的报道,但国内外学者以其它植物或病害为对象已进行了基于计算机视觉的相关研究^[3]。

本文提出了一种基于利用机器视觉技术进行柑桔溃疡病诊断的方法。在对象识别中,对象特征的获取和识别方法是两个关键的问题。本文针对柑桔溃疡病斑的特征,设计了结合 HMAX 特征集和 AdaBoost 算法进行识别的解决方法,并且在识别时通过层次模型来提高识别的速度和效率。实验证明本文提出的方法是一种有效的方法,在柑桔溃疡病识别上能达到人眼目测的识别效果,使得疫情信息能够快速诊断和

发布,在农业植保中具有一定的实用价值和经济价值。

2 病斑特征提取

柑桔溃疡病的主要外在表现是在柑桔植株的叶片、茎干和果实上出现病斑,其中叶片上的病斑是在疫情诊断中使用最多的,目前判断是否染病的主要方法是通过植保专家的目测来实现。要通过机器视觉来进行判断,首先需要提取出判断的标准,即病斑的主要特征。目前在图像识别中用于分类的特征大多为对图像进行数字图像处理所得到的直接特征,例如图像的 RGB 颜色均值,图像的边缘信息等。这些特征以及特征的组合能实现一定的分辨效果,但是往往需要大量的样本进行统计学习才能获得,并且容易出现匹配过适应的情况。柑桔溃疡病斑具有大小、形状不规则的特征,用直接特征描述不太适合,本文选择了用 HMAX 模型来获取病斑特征的方法。

2.1 HMAX 特征

HMAX 模型是一种通用的对象识别模型,它的基础是生物学中对视皮层进行对象识别的机制的研究。HMAX 模型于 1999 年,由 Riesenhuber 和 Poggio 提出^[4]。HMAX 模型模拟灵长类动物在识别物体时视皮层神经活动过程而生成。模型为层次式结构,由 4 类计算单元构成:分别为 S1 单元, C1 单元, S2 单元和 C2 单元。视皮层中神经细胞的处理过程是从简单细胞到复杂细胞,接收图像的细胞感受也越来越大,而 HMAX 模型通过交替进行模板匹配和求最大值操作模拟了这一过程,实验证明其效果和生物实验所得到的结果一致。Thomas Serre 等人在 2005 年和 2007 将 HMAX 模型用于物

^{*})基金项目:教育部博士点基金项目资助(20050611027);重庆市自然科学基金资助(CSTC2006BB1347)。朱庆生 博导,教授,主要研究领域为多媒体信息技术、软件方法和重用技术、电子商务;张 敏 讲师,博士生,主要研究领域为模式识别及图像处理;柳 锋 硕士生,主要研究领域为模式识别及数字图像处理。

体识别中^[5-7],利用改进的模型构造了高层次的仿真生物视觉特征。本文采用的特征构造算法基础是 Serre T, Wolf L, Poggio T 于 2005 年在文^[7]中所提出的算法。

2.2 病斑特征提取

病斑 HMAX 特征提取算法主要分为两个阶段,块模板学习阶段和病斑特征提取阶段。

1) 块模板学习算法:

输入:训练图片集合 ΣI_k 幅图片

(1)对图片 I_k 进行 16 个尺度、4 个不同相位的 Gabor 滤波变换,得到响应集合 $\Sigma(I_k)_1$;

(2)将相邻尺度的 $\Sigma(I_k)_1$ 图像组成对,在同一对中,对相同相位的图像进行局部最大值操作,组合得到新图像集合 $\Sigma(I_k)_2$;

(3)在每一 $(I_k)_2$ 上,进行领域最大值操作,得到新响应集合 $\Sigma(I_k)_3$;

(4)for $i=1:x$,

在 $\Sigma(I_k)_3$ 集合中,随机选一幅图片

for $j=1:m$ (不同尺度)

随机选一片 $n_j * n_j$ 区域(其大小由 j 确定)

取出四个相位所有的像素,把所有像素组合在一起作为一个块

end

end

输出: ΣPx 为块模板集合。

2) 病斑特征提取算法

输入:病斑图片 I

(1)在图片 I 上进行 s 个尺度、 θ 个不同相位的 Gabor 滤波变换,得到共 $\theta * s$ 图像集 $\Sigma S1(I)$;

(2)将 $\Sigma S1(I)$ 中相邻尺度的影射图像划分为一个波段,在同一波段中进行领域局部最大值和尺度局部最大值操作,得到 $\Sigma C1(I)$;

(3)计算 $\Sigma C1(I)$ 集中每幅图像与 ΣPx 中每个块的函数距离 $Y = \exp(-\gamma \|X - P_i\|)^2$,得到 $\Sigma S2(I)$ 特征向量集。具体参数意义参见文^[7]。

(4)在 $\Sigma S2(I)$ 特征集中进行最大值操作,得到不同相位不同尺度的图像特征向量 $\Sigma S2(I)$;

输出: $\Sigma(C2)$ 。

HMAX 特征与其他直接通过图像处理得到的特征相比,能够很好地在描述物体的不变性和区分性中得到平衡,具有良好的尺度、平移和相位不变性。

3 识别系统结构和功能

3.1 层次结构

柑桔溃疡病图像识别系统采用两层的基本结构,如图 1 所示。

考虑到病斑图像具有较强的局部特征性,我们设计了层次式的识别过程,如图 1 所示,整个识别过程由两层构成。第一层对尺度较小的区域进行识别,第二层将第一层所识别得到的相邻有效区域进行合并,并对得到的较大区域进行再次匹配。通过两层识别,首先将与模板匹配的小区域选中,避免了直接用大区域扫描时的漏选现象,而且在第一层匹配时耗时更少。采用层次式结构,两层识别所需要的特征可以在提取特征时,通过调整块模板学习中的块粒度和块大小来实现。第一层特征对应小区域的局部特征,第二层特征对应较大区域的整体特征。

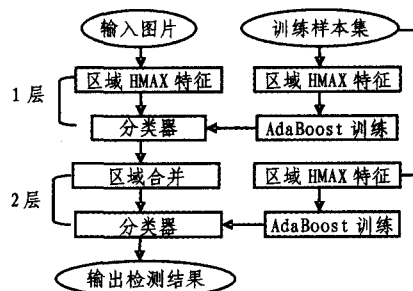


图 1 柑桔溃疡病识别系统结构

3.2 分类器构造

Boosting 算法由 Schapire 在 1990 年提出^[8],是一种用于提升弱分类器性能的学习算法,研究表明从统计观点上看,Boosting 是一种加性回归的最优化似然比的方法。1993 年,Drucker 和 Schapire 第一次应用 Boosting 算法来解决实际的 ORC 问题^[9],Boosting 算法的基本思想就是,找出若干个精度比随机预测略高的弱分类器,再将这些弱规则组合成一个高精度的强分类器。AdaBoost 是最具实验价值的一种 boosting 算法,由 Freund 和 Schapire 提出。Adaboost 的主要思想是在学习迭代过程中,将被正确分类的样本权重适当下降,而将错误分类的样本权重适当提升,从而改变样本的分布。在学习完成后将每轮得到的弱分类器组合得到一个性能较优的强分类器。本文采用 AdaBoost 算法来训练分类器。

4 实验结果分析

实验样本所用图像都首先规格化为 128×128 大小,图片中正样本 100 个,负样本 200 个。实验首先通过 HMAX 模型提取特征,输入到 AdaBoost 分类器中进行训练。实验选择了不同大小的区域来进行比较,其中一组实验是用切割下来的病斑中心来提取 HMAX 特征,而另一组则采用整个溃疡病斑来提取 HMAX 特征。对比实验中的简单特征是指直接从图像提取的 RGB 颜色分量,灰度差分统计值,灰度共生矩阵值及 Gabor 变换值经过特征选择后得到的特征向量,该向量由 86 个不同特征构成,覆盖了图像的颜色、纹理及形状特征。

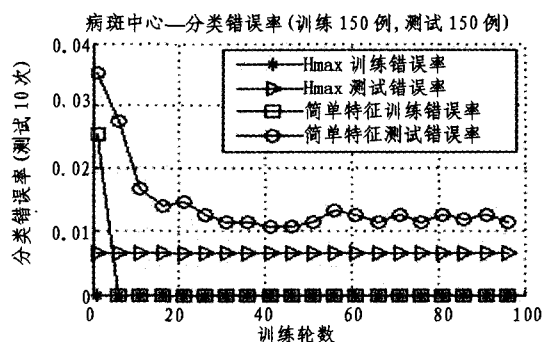


图 2 病斑中心两种特征识别比较

分类器训练样本集为样本集中随机选择的 150 个样本,测试样本为剩下的 150 个样本,分别进行 10 次不同的训练和测试,每轮训练和测试均采用 100 轮的 AdaBoost 学习,得到的平均结果如图 2 和图 3 所示。

当以病斑中心为对象时,分别用样本简单特征集和 HMAX 特征集进行分类器训练和测试的比较结果显示在图 2 中。可以看到 HMAX 特征集与简单特征集训练得到的分类器相比,在训练和测试时都取得更好的结果,HMAX 特征

(下转第 279 页)

行分类显示及查询统计,填写对过程数据的使用反馈建议自动发邮件传达给 SEPG。

反馈意见处理是 SEPG 组对过程文件和过程数据的反馈意见进行处理,填写处理意见发给提意见人,跟踪意见的处理状态,自动生成图表显示各类过程和数据的意见分布情况。

结束语 项目管理平台是基于 CMM 的项目管理系统,采用经典的 B/S 三层架构,使用 ASP.NET 技术实现。它在功能上覆盖了 CMM2 级、CMM3 级大部分过程域所要求的实践活动,同时也融入了过程管理、质量管理和项目管理方面的最佳实践。我们正是在实施 CMM 的过程中开发了这套管理平台,在项目的实施和 CMM 的过程评估中充分发挥了作用,解决了手工难以实现的数据采集统计功能,提供多角度全方位的度量

(上接第 232 页)

识别的训练识别错误率在 1 轮学习后即接近 0,而测试误识别率小于 1%。而简单特征集构造的分类器需要在 10 轮学习后误识别率才接近 0,测试误识别率在 100 轮学习后也小于 1%。HMAX 特征识别结果与简单特征识别结果相比在稳定性上具有明显优势。

图 3 显示了针对整个病斑区域进行不同的特征提取及识别实验的结果。我们发现在训练分类器时,两种特征构造的分类器在最初阶段,HMAX 特征识别的识别率要优于简单特征识别,两种分类器在 10 轮学习时平均误识别率都接近 0。在测试时,HMAX 特征在前几轮识别效果优于简单特征,但随着轮数增加后,简单特征分类器的误识别率下降更快,100 轮学习后误识别率比 HMAX 特征低 5%左右。就整体学习过程来看,HMAX 特征识别的稳定性仍然强于简单特征识别,其波动幅度大约是简单特征识别率波动幅度的三分之一。

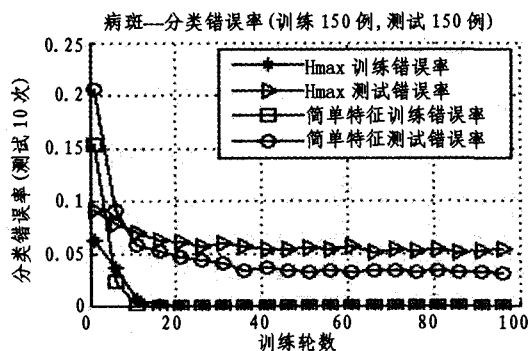


图 3 病斑两种特征识别比较



(左上:原始图片,右上:简单特征单层,左下:HMAX 特征单层,右下:HMAX 特征两层)

图 4 多种方法识别效果

分析图表,根据文档模板自动生成常用项目文档,减轻了管理的工作量。项目管理平台帮助企业高效地管理软件项目,为企业实现其商业目标、提高客户满意度提供了强大的支持。

参考文献

- 1 罗德尼.特纳.著.项目管理手册——改进过程、实现战略目标.清华大学出版社,2002
- 2 何新贵,等.软件能力成熟度模型.清华大学出版社,2000
- 3 杨一平,等著.软件能力成熟度模型 CMM 方法及其应用.人民邮电出版社,2001
- 4 吉根林. Web 程序设计.电子工业出版社,2004
- 5 张登辉 主编. ASP.NET 编程基础及应用.机械工业出版社,2005

从上述实验可以看到,HMAX 特征对于局部特征有更强的识别能力,而且用 HMAX 特征构造的分类器的鲁棒性较强,稳定性更好。图 4 展示了在柑桔溃疡病的识别系统中,采用简单特征单层滑动窗口,HMAX 单层滑动窗口和 HMAX 两层结构分别识别得到的病斑区域效果。采用 HMAX 两层结构得到的识别效果的更加精确地找出病斑区域边缘,而简单特征识别和 HMAX 特征单层识别得到的病斑区域边缘都较粗糙,误识别的区域较大。

结论 本文在柑桔溃疡病识别的研究中,提出了一种新颖的基于 HMAX 特征的层次式图像识别系统,该系统采用了 AdaBoost 算法来构造分类器。实验证明该方法能用少量的样本得到识别率较高的分类器,识别得到的区域边缘更为精确。比较实验显示该方法在对局部特征强的对象能取得较好的识别效果。目前基于该方法实现的柑桔溃疡病识别率达到 99%左右,已达到人眼识别的程度,在农业生产中有很好的实际应用价值。在今后的工作中准备将该方法扩展到其他植物病害的识别中,并且改进算法进行多类识别的研究。

参考文献

- 1 Keck K O. Industry Costs of Living with Canker : The Legal, Public Policy and Dollar Implications of Halting the Eradication Effort. 2001. Florida Citrus Mutual, Lakeland, FL. 8 p. \
- 2 Sun X, Stall R E, Cubero J, et al. Detection and Characterization of an Unique Isolate of Citrus Canker Bacterium from Key Lime in Wellington and Lake Worth. Florida. Internation Citrus Canker Research Workshop, 2000(6): 20~22
- 3 李志刚,傅泽田,李丽勤. 基于机器视觉的农业植保技术研究进展. 农业机械学报, 2005, 36(8)
- 4 Riesenhuber M, Poggio T. Hierarchical models of object recognition in cortex. Nature Neuroscience, 1999, 2: 1019~1025
- 5 Serre T, Kouh M, Cadieu C, Knoblich U, Kreiman G, Poggio T. A Theory of Object Recognition: Computations and Circuits in the Feedforward Path of the Ventral Stream in Primate Visual Cortex, AI Memo 2005-036/CBCL Memo 259
- 6 Serre T, Wolf L, Bileschi S, Riesenhuber M, Poggio T. Robust Object Recognition with Cortex-Like Mechanisms. Pattern Analysis and Machine Intelligence. IEEE Transactions, 2007, 29: 411~426
- 7 Serre T, Wolf L, Poggio T. Object Recognition with Features Inspired by Visual Cortex CVPR[C]. 2005
- 8 Schapire R E. The strength of weak learnability[C]. Machine Learning, 1990, 5(2): 197~227
- 9 于玲, 吴铁军. 集成学习: Boosting 算法综述. 模式识别与人工智能, 2004, 17(1): 53~58