

基于计算机视觉的农作物病虫害识别研究现状^①

邹修国

(南京农业大学 工学院, 南京 210031)

摘要: 农作物病虫害种类多, 不仅给农作物的产量和品质带来了很大影响, 也对人类的健康造成较大威胁。分析了国内外农作物病虫害研究的现状, 讨论了与以往肉眼观测法不同, 采用计算机视觉技术中的数字图像处理以及模式识别等技术具有很高的实用价值, 能够精确、实时、快速识别病虫害, 从而及时地采取相应的补救措施, 提高经济效益。

关键词: 农作物病虫害; 计算机视觉; 数字图像处理; 模式识别; 支持向量机; 神经网络

Research Status of Crop Pests Recognition over Computer Vision

ZOU Xiu-Guo

(College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

Abstract: Variety of crop pests, not only the crop yield and quality has an adverse effect, but also a great threat to human health. This article analyzes research status of crop pests recognition at home and abroad. Different from the previous method of artificial eyes, computer vision has high practical value. Using the image processing and pattern recognition technology to judge disease accurately, in time and quickly. It saves time to take appropriate measures, and can greatly enhance economic efficiency.

Keywords: crop pests; computer vision; digital image processing; pattern recognition; support vector machine; neural networks

农作物病虫害是指植物受到其他生物的侵染或由于不适宜的环境条件而引起的正常生理机能的破坏, 是制约高产、优质、高效益农业持续发展的主要因素之一^[1]。

国内外目前识别农作物病虫害实际采用的方法主要有声测、诱集、近红外等^[2], 这些方法由于人工检测效率低下、噪声干扰等原因, 很难准确地识别出病虫害的种类、密度等信息, 难以满足病虫害识别的要求^[2]。因此在国内外, 在农作物病虫害的识别技术上存在着大量的研究。

随着科技不断进步, 随着计算机软硬件技术、数字图像处理技术的迅速发展, 计算机视觉开始用于智能识别, 对于农作物病虫害的研究比较多的采用数字图像处理、神经网络、支持向量机等方法, 国内外学

者和博士生研究课题纷纷采用这些先进的理论方法, 部分的已经由实验室应用到实际生产中。

1 计算机视觉主要采用的技术方法

计算机视觉(Computer Vision), 又称机器视觉, 是指由人们利用计算机、图像获取设备模拟人的视觉来采集图像并进行数字信号转换, 以通过计算机实现对图像的传输、处理与理解等视觉信息处理的全部过程。计算机视觉技术是多学科的交叉与结合, 始于上世纪五十年代主要集中在对二维图像分析与识别上的统计模式识别, 到了六十年代开创了三维计算机视觉研究^[3]。

目前主要使用的病虫害识别方法效率低、时效差, 这将严重影响病虫害的及时处理。使用计算机视觉技

① 基金项目:江苏省农机基金(GXZ08006)

收稿时间:2010-10-10;收到修改稿时间:2010-11-01

术对农作物病虫害进行识别,具有无损、快速、实时等特点,不影响农作物正常生长。上世纪八十年代中期以来,计算机视觉技术得到迅猛发展,不断涌现出许多新的理论,这为计算机视觉技术在农作物病虫害识别方面的研究打下基础。计算机视觉处理的原始信息多是图像,因此该领域又与数字图像处理及模式识别有十分密切的关系。采用这些先进的技术可以实现无损、快速、实时地判断病虫害,进而及时地采取相应的补救措施,可以大大提高经济效益^[1]。

1.1 数字图像处理

图像是用各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得的,可以直接或间接作用于人眼进而产生视知觉的实体^[2]。数字图像处理(Digital Image Processing)通常是指用计算机对图像施加某种运算和处理,从而达到某种预想的目的,该技术起源于 20 世纪 20 年代,经过几十年的发展,随着计算机在处理数据方面的广泛应用,数字图像处理技术得到突飞猛进的发展。数字图像处理技术已被广泛的应用于工程学、医学、军事、遥感、气象等众多领域^[4]。

传统的文字描述有很大的局限性,农作物田间害虫的种类繁多,农作物病虫害图像识别法的原理是通过图像传感器所获得的农作物病虫害图像进行分析处理,有效地识别害虫的种类及数量,从而对害虫的活动情况进行实时监控和自动判别。借助于计算机图像识别技术有助于大幅度降低劳动强度,提高病虫害识别率,为农业病虫害灾情的测报和农药的精准喷施提供可靠的保障^[4]。

1.2 模式识别技术

模式识别(Pattern Recognition)是借助计算机,对表征事物或现象的各种形式的信息进行处理和分析,以对事物或现象进行描述、辨认、分类和解释的科学技术。模式识别是信息科学和人工智能的重要组成部分,主要应用领域是数字图像处理、语音处理与识别、通信领域、计算机辅助、数据挖掘等学科。

在农业方面,以往图像和模式识别技术的应用主要集中在农业机器人、精准农业、农产品品质检测、作物生长状态监测等领域,在农作物病虫害方面的研究与应用相对较少。现在国内外已经有大量学者从事这方面的研究工作,并取得了大量的研究成果。这些经典图像处理技术和模式识别技术正在取代通过文字描述或专家对病虫害进行诊断^[5]。

神经网络是模式识别重要的方法,支持向量机是一种新的模式识别方法。

1.2.1 神经网络

神经网络又称人工神经网络(Artificial Neural Networks,简称 ANNs),是在对人脑组织结构和运行机制的认识理解基础之上模拟其结构和智能行为的一种工程系统。神经网络是一个非线性动力学系统,其特色在于信息的分布式存储和并行协同处理,其基本单元是神经元,虽然单个神经元的结构极其简单,功能有限,但大量神经元构成的网络系统所能实现的行为却是极其丰富多彩的^[3]。学习算法的好坏对于神经网络在应用中的实际计算效果具有十分显著的影响^[6]。

二十世纪五十年代,由于计算机硬件和软件技术的发展,开辟了计算机仿真的时代。BIM 研究实验室的 Nathaniel Rochester 等人,在 Hebb 等人的研究基础上,建立了神经网络的软件模拟,使得以往在纸上描述的智能理论开始成为在计算机上应用的基础^[3]。

上世纪九十年代以来,随着神经网络研究的深入,神经网络技术已在非线性回归、模式识别、机器人等领域得到广泛应用^[6]。目前,神经网络理论发展主要有下面几个方面:首先在硬件技术方面,一些先进工业国家,如美国和日本均已实现了规模有 1000 个神经元的网络系统,因此该系统有极高的运算速度,并在股票数据分析中得到应用;在神经网络系统理论研究方面,主要进展有 Boltzmann 机理论的研究,细胞网络的提出,性能指标的分析等;神经网络系统理论的应用研究主要在模式识别、经济管理、优化控制等方面,与数学、统计中的多个学科分支发生联系,如线性与非线性规划问题、数值逼近、统计计算等;另外,在其他信息处理问题中也有多种应用,如数据压缩、编码、密码与股市分析等领域,其内容十分丰富^[3]。

现在利用神经网络技术对目标特征进行识别已应用于农业领域,可以用于农作物病虫害识别。

1.2.2 支持向量机

支持向量机(Support Vector Machine,简称 SVM)是一种新的模式识别方法,是在统计学习理论的基础上提出的,它采用结构风险最小化(SRM)原理,兼顾训练误差和泛化能力,在解决小样本、高维非线性、局部极小值等模式识别问题中表现出特有的优势^[1]。

支持向量机是统计学习理论中较新的理论,其主要内容在 1992-1995 年完成,但是到目前为止,对于

支持向量机还没有一个确定的定义。V.Vapnik 和 A.Chervonenkis 于 1971 年发表《The Necessary and Sufficient Conditions for the Uniforms Convergence of Averages to Expected Values》，提出 SVM 的一个重要的理论基础——VC 维理论^[7]。其基本思想可以概括为：首先通过非线性变换将输入空间变换到一个线性高维空间，然后在这个新空间中求取最优线性分类面。支持向量机方法对有限样本情况模式识别问题中的一些根本性问题进行了系统的理论研究，并在此基础上建立了一种较好的通用学习算法，以往的很多困扰机器学习的问题如模型选择与过学习问题、非线性与维数灾难问题、局部极小点问题等都在这里得到某种程度的解决，而且很多传统的机器学习方法可以看作是支持向量机方法的一种实现，因此支持向量机方法被看作是研究机器学习问题的一个基本框架^[1]。

在模式识别领域，支持向量机开始应用于人脸识别、文本分类、文字识别、时间序列分析、回归分析等领域的研究。已经有学者成功地将 SVM 算法应用于动态图象的人脸跟踪，信号处理，语音识别，图象分类和控制系统等诸多领域，并且识别效果比传统的方法都要好^[1]。相信这些成功的应用先例将会很好的借鉴在农作物病虫害识别。

2 国内外研究现状

2.1 国外研究现状

国外相对较早的从事基于计算机视觉的农作物检测与识别的研究，在 1985 年就有学者进行了谷物籽粒形态识别方面的研究，现在国内外学者已经开始使用图像处理技术和模式识别技术研究植物病害的诊断^[8]。这些研究的基础是国外的数字农业研究，该研究已经达到了一个比较高的水平，其研究主要应用计算机处理数据和标准化网络技术，开展农业信息服务网络的研究与开发。数字农业技术的迅速发展为农作物病虫害的自动识别和检测提供了必要的条件^[9]。

随着数字图像处理技术和模式识别技术的发展，基于计算机视觉的农作物病虫害的研究在储粮害虫的识别与检测中得到应用。Keagy、Zayas、Christopher 等^[10-12]分别研究了基于计算机视觉的储粮害虫智能识别，取得了较高的识别率和较好的效果。

美国学者 Zayas 等^[13]利用计算机视觉技术中的多

光谱分析和模式识别相结合的技术来识别害虫，实验结果表明该法有较高的识别率。

Paul Boissard 等^[14]提出在原处扫描玫瑰叶子，对得到的图像进行自动识别。具体是结合图像处理、学习和知识库技术的一个图像识别系统，这个系统能自动检测和计算成熟期的粉虱数量，特别是被应用到群袭情形，对农艺学的决策是很有作用的。

Johann G. Zaller 等^[15]讨论了冬季含油种子害虫受到农田地形特点的影响，冬季油菜的收割情况与杀虫剂的使用强度有关，利用计算机视觉技术分析害虫的过冬策略和活动性的不同，从而决定杀虫剂的合理使用量，以达到最佳收成。

Gassoumi 等^[16]设计了基于计算机图像处理的棉田昆虫分类识别系统，根据提取的 8 个特征值，开发了模糊神经网络识别算法，利用该方法对棉田的 12 种常见昆虫进行分类识别，除 1 种昆虫识别的正确率为 72% 外，其余 11 种识别的正确率均达到 90% 以上。

Watson 等^[17]采用诱集法采集了 237 种大鳞翅类昆虫的图像，开发了数字图像自动识别系统，选取了其中 35 种常见的鳞翅目昆虫的图像进行识别研究，在图像质量较差的情况下，识别的准确率仍能达到 83%。

Murakami 等^[18]对蓟马等小型害虫的图像识别方法进行了研究，采集了受害的黄瓜叶片图像，采用灰度共生矩阵等多种方法对黄瓜叶片上的蓟马进行辨别，分类正确率达 98% 以上。

Shariff 等^[19]用数码相机获取了水稻田间 6 种常见害虫的图像，开发了基于模糊逻辑的分类识别及虫量计数算法，取得了较好的效果。

日本的安冈善文等^[20]对被有害气体污染过的农作物叶片的红外图像进行了研究，发现红外图像清晰显示了污染区域，由此提出农作物病害的识别诊断。

在最近十几年里，美国、英国、加拿大、日本以及意大利等部分发达在基于计算机视觉的农作物病害的应用研究方面开展了较为系统的试验探索，并已在诸多方面取得很大的进展，为世界的农业发展做出了贡献^[21]。

2.2 国内研究现状

国内对农作物病虫害的识别主要还是靠专家在现场进行诊断，这种方法效率低、时效差，远远不能满足我国农业发展的需求。我国农民接收科技知识能

力不高,不能掌握农作物病虫害的发生与发展,往往会错过最佳防治期,在病虫害发生较重时,才大剂量地喷洒农药,使农产品农药残留超标,且严重污染环境^[22]。

对病虫害的智能识别研究起步晚,由于技术性、成本等问题,目前主要还限于实验室,很难推广应用^[3]。早在国家的“十五”,《粮食行业科技发展规划》中已明确提出当前存在的主要问题之一是应用基础研究和软科学研究急需加强,通过信息技术等高科技带动粮食技术的发展,跟踪世界粮食科技发展前沿与解决实际问题相结合。粮食科技发展的一个任务就是实现病虫害的智能识别^[9]。于是国内的很多学者和博士生开始从事基于计算机视觉的病虫害识别的研究。

邱道尹等^[23]设计了农田中害虫实时检测系统,通过诱集传输机构自动诱集害虫,使其平稳经过摄像区,同时成功的运用了神经网络技术对常见的 9 种害虫进行分类。

计算机视觉技术已经非常适合微小害虫种群密度的估算,中国农业大学 IPMIST 实验室利用自行开发的软件对农作物上的白粉虱能自动计数,精确率达到 90% 以上^[24,25]。

陈佳娟^[26]采用计算机图像处理技术,根据棉花叶片的孔洞及叶片边缘的残缺,来测定棉花虫害的受害程度。实验结果表明,该方法可有效地测定棉花虫害的受害程度,其测定误差小于 0.05。

王克如等^[3]将作物病害识别的专家知识与数字图像处理、神经网络结合,综合运用人工智能和网络技术,研究实现了作物病害的远程图像识别与诊断。

徐贵力^[27]针对无土栽培中主要作物番茄缺素叶片的提取问题,提出了不受对象形状大小影响的彩色图像颜色和纹理的几种统计算法和图像间的相关系数法,其纹理的提取是把图像数据经傅立叶变换到频域中,利用长方环周向谱能量法和径向谱能量法提取缺素叶片的纹理特征。

王剑和周国民^[28]采用数码相机在田间获取了水稻三化螟的静态图像,开发了基于神经网络的识别系统,其分类器训练集的首次识别率达 90%。

沈佐锐等^[29]采用普通相机获取田间温室白粉虱寄生叶片的图像,对图像分割后的二值图像结合数学形态学算法处理,利用区域标记进行白粉虱个体的自动

计数,累积准确率达 91% 以上。

梁子安等^[30]获取了隶属于鳞翅目、鞘翅目的 2 目 5 总科的 23 种昆虫成虫标本的图像,分别提取了各种昆虫的 11 项数学形态特征,采用基于粗糙集的神经网络进行分类识别,取得了较理想的效果。

国内还有很多学者和博士生正在从事基于计算机视觉的农作物病虫害识别研究,这都将为我国农业的现代化发展做出贡献。

虽然以上讨论的国内外研究情况能够反应在现代科技快速发展的支持下计算机视觉技术的先进性,但是目前基于计算机视觉技术的病虫害识别还停留在实验室阶段,并未得到广泛应用,原因很多,如实验时主要是对静止的害虫进行识别,实际使用时是对农作物上动态的害虫识别,这样识别率相对较低,另外用户很难掌握界面还不够友好的识别终端的使用方法,也很难承受高成本的系统,而且现在采用的是比较单一的识别方法,对于整体识别率的提高是很难的,如果能采用多信息获取的技术融合,相互配合识别,一定能提高农作物病虫害智能识别率^[3]。

3 总结

农作物病虫害的识别靠专家在现场进行诊断远远不能满足农村与农民的需求,基于计算机视觉的农作物病虫害识别研究可以提高病虫害识别的精度和水平,实时、准确、快速地识别病虫害,进而及时地采取相应的补救措施,可以大大提高经济效益。由于目前实验主要是对静止图像的处理和识别,这也为实际农田中的农作物病虫害识别的实时性、准确性和快速性的研究留下空间,今后的研究重点可以放到提高图像识别率的相关算法上。

参考文献

- 1 任东.基于支持向量机的植物病害识别研究[博士学位论文].长春:吉林大学,2007.
- 2 宋凯.基于计算机视觉的农作物病害识别方法的研究[博士学位论文].沈阳:沈阳农业大学,2008.
- 3 王克如.基于图像识别的作物病虫害诊断研究[博士学位论文].北京:中国农业科学院,2005.
- 4 谭林秋.基于 VC++ 的数字图像处理系统的开发及算法研究[博士学位论文].西安:西安理工大学,2008.

- 5 王怀颖.神经网络在图像处理中的应用技术研究[博士学位论文].南京:南京航空航天大学,2007.
- 6 包芳.基于智能算法的神经网络优化及其应用[博士学位论文].无锡:江南大学,2008.
- 7 Ramos MU, Sanchez, Matas J, Kittler J. Statistical chromaticity models for lip tracking with b-splines. *Int. Conf. on Audio and Video Based Biometric Person Authentication, CransMontana, Switzerland*, 1997.
- 8 Milan SH, Vaclav BR. *Image Processing, Analysis and Machine Vision*. 2nd Edition. U.S.A: Thomson Brooks/ Cole Press, 2001.
- 9 李小琴.农作物病虫害自动测报系统的设计与实现[博士学位论文].杭州:浙江工业大学,2009.
- 10 Keagy PM, Schatzki TF. Machine recognition of weevil damage in wheat radiographs. *Proc. of SPIE (International Society for Optical Engineering): Optics in Agriculture and Forestry*, Boston, MA, USA, 1993, 836: 108-119.
- 11 Zayas IY, Flinn PW. Detection of insects in bulk wheat samples With machine vision. *Transactions of the ASAE*, 1998, 41(3): 883-888.
- 12 Christopher R, Roy D, John C. Imaging for the high-speed detection of pest insects and other contaminants in cereal grain in transit. 2001 ASAE Annual International Meeting, Sacramento Convention Center, Sacramento, California, USA. 2001, 7.
- 13 Zayas IY, Inna et al Y. Detection of insects in bulks wheat samples with machine vision. *Transactions of the ASAE*, 1998, 6(3): 883-888.
- 14 A cognitive vision approach to early pest detection in greenhouse crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2008, 62(2): 81-93.
- 15 Insect pests in winter oilseed rape affected by field and landscape characteristics. *Basic and Applied Ecology*, 2008, 9(6): 682-690.
- 16 Gassoumi H, Prasad NR, Ellington JJ. Neural network-based approach for insect classification in cotton ecosystems. *International Conference on Intelligent Technologies (InTech 2000)*, Bangkok, Thailand. 2000.7.
- 17 Watson AT, O'Neill MA, Kitching IJ. Automated identification of live moths (Macrolepidoptera) using digital automated identification system (daisy). *Systematics and Biodiversity*, 2004, 1(3): 287-300.
- 18 Murakami S, Homma K, Koike T. Detection of small pests on vegetable leaves using GLCM. 2005 ASAE Annual International Meeting, Tampa, Florida, USA, 2005. 9.
- 19 Shariff ARM, Aik YY, Hong WT, Mansor S, Mispan R. Automated identification and counting of pests in the paddy fields using image analysis. *Proc. of the 4th World Congress on Computers in Agriculture*, Orlando, Florida, USA. 2006. 759-764.
- 20 Darrell T, Gordon G, Harville M, Woodfill, Integrated J. person tracking using stereo, color, and Pattern detection. *IEEE Proc. of Int. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1998.
- 21 徐昉,白旭光,等.国内外储粮害虫检测方法. *粮油仓储科技通讯*, 2001, 5: 41-43.
- 22 马本学.基于图像处理和光谱分析技术的水果品质快速无损检测方法研究[博士学位论文].杭州:浙江大学,2009.
- 23 邱道尹,张红涛,等.基于机器视觉的大田害虫检测系统. *农业机械学报*, 2007, 38(1): 120-122.
- 24 于新文,沈佐锐.数学形态学在田间蚜虫图像处理中的初步应用. *北京:中国农业大学学报*, 1998, 3(增刊): 82-87.
- 25 吕昭智,沈佐锐,等.现代信息技术在害虫种群密度监测中的应用. *农业工程学报*, 21(12): 112-115.
- 26 陈佳娟.基于图像处理和人工智能的植物病害自动诊断技术的研究田[博士学位论文].长春:吉林工业大学,2001. 94-110.
- 27 徐贵力.基于计算机视觉技术的无土栽培番茄缺素智能识别研究[博士学位论文].镇江:江苏大学,2001.
- 28 王剑,周国民.基于神经网络的水稻三化螟识别系统的研究. *农业网络信息*, 2006(2): 39-42.
- 29 沈佐锐,于新文.温室白粉虱自动计数技术研究初报. *生态学报*, 2001, 27(1): 94-99.
- 30 梁子安,刘飞,赵秋红,杜瑞卿.数学形态学在昆虫总科阶元分类学上的应用研究. *动物分类学报*, 2007, 32(1): 147-152.