

基于 AI 的果树病虫害智能诊断与精准防治研究 ——以广东茂名荔枝产业为例

吴勇志

茂名职业技术学院，广东 茂名 525000

DOI: 10.61369/SDME.2025300010

摘 要：荔枝属于广东茂名市的特色农业产业，其成长过程容易受到病虫害的影响，面临相关问题，传统的诊断和防治方式过于依赖人工经验，其表现出效率低下、误判率较高等问题。本研究将茂名荔枝作为案例，分析了 AI 技术在果树病虫害诊断的应用，并探究图像识别模式的构建，探究 AI 诊断系统的优势。同时，本研究创建精准防治决策支持系统，重视环境传感器数据的融入，有效改善施药的时间、方式等。

关 键 词：人工智能；计算机视觉；深度学习；荔枝病虫害；精准农业

AI-Based Intelligent Diagnosis and Precision Prevention of Fruit Tree Pests and Diseases — A Case Study of the Litchi Industry in Maoming, Guangdong

Wu Yongzhi

Maoming Polytechnic, Maoming, Guangdong 525000

Abstract： Litchi is a characteristic agricultural industry in Maoming City, Guangdong Province. Its growth process is prone to be affected by pests and diseases, and it faces related problems. The traditional diagnosis and prevention methods rely too much on manual experience, which exhibit low efficiency and high error rates. This study takes Maoming litchi as a case, analyzed the application of AI technology in the diagnosis of fruit tree pests and diseases, and explored the construction of image recognition models, as well as the advantages of the AI diagnosis system. At the same time, this study created a precise prevention decision support system, emphasizing the integration of environmental sensor data, effectively improving the timing and method of pesticide application.

Keywords： artificial intelligence (AI); computer vision; deep learning; litchi pests and diseases; precision agriculture

引言

果树的病虫害是影响水果产量、品质的关键性因素。我国作为世界上最大的水果生产国之一，由于病虫害带来的经济损失高达数百亿元，相关问题受到各界广泛关注。荔枝是热带亚热带常绿果树，其果实具有营养丰富、经济价值高的特点。随着 AI 技术在农业的广泛应用，为解决相关问题提供了新的思路。基于深度学习的视觉技术能够应用于植物表型分析、病虫害识别等领域。从业人员可以使用智能手机、摄像机等设备，进行图形的采集工作，并使用训练完成的 AI 模式开展自动分析，促进病虫害无损诊断的实现。此外，物联网环境监测数据和 AI 决策模型的融合，有助于精准化防治方案的制作，促进植保作业的转型。

一、茂名荔枝产业及病虫害防治现状与挑战

（一）茂名荔枝产业概况

茂名市地处广东西部，属热带亚热带过渡季风气候，光照充足，雨热同季，非常适宜荔枝生长。主要栽培品种包括妃子笑、白糖罂、黑叶、桂味、糯米糍等。荔枝产业是茂名农业的支柱产业和农民收入的重要来源。然而，该产业也面临生产管理粗放、劳动力成本上升、市场竞争加剧等压力^[1]。

（二）主要病虫害及其为害特征

- 荔枝霜疫霉病：是危害最严重的真菌性病害，主要侵害花穗、幼果和近成熟果实。高湿环境下，病部产生白色霜霉状物。据茂名市农业部门统计，在雨季长的年份，该病可造成 30% 以上的产量损失^[2]。
- 荔枝炭疽病：危害叶片、花穗和果实。叶片上形成圆形或不规则形褐斑，果实上形成褐色凹陷病斑，其上轮生小黑点。常与霜疫霉病混合发生^[3]。
- 荔枝蛀蒂虫：是导致荔枝“落果”和“虫粪果”的主要害

虫。幼虫孵化后直接钻蛀果蒂，导致落果或果实内部充满虫粪，失去商品价值。在管理不善的果园，蛀果率可达50%以上。

4. 荔枝蝽：成虫和若虫刺吸嫩梢、花穗和幼果汁液，导致落花落果。其分泌的臭液可使接触到的果皮局部变褐。是影响坐果率的关键害虫。

（三）传统防治模式及其弊端

当前，茂名荔枝病虫害防治仍以化学防治为主，普遍遵循“见病喷药、见虫打药”或按固定日历施药的模式^[4]。其弊端主要体现在：

诊断不准，药不对症：误判病害导致用药无效，延误最佳防治时机。

滥用广谱农药：为“保险”起见，常使用广谱、高毒农药，杀伤天敌，破坏生态平衡。

施药时机与剂量不科学：错过害虫幼虫孵化盛期或病害侵染关键期；为求“效果”盲目加大浓度和频次^[5]。

人力与成本高昂：聘请专业植保人员费用高，果农自行管理效果参差不齐。

数据缺失，难以追溯：防治过程缺乏数字化记录，不利于效果评估与问题溯源。

这些弊端迫切要求引入智能化、精准化的植保新技术。

二、基于 AI 的病虫害智能诊断技术体系

（一）核心技术：卷积神经网络（CNN）

卷积神经网络是深度学习在图像识别领域的核心架构。其通过卷积层自动提取图像的局部特征（如边缘、纹理、颜色斑点），通过池化层降低数据维度，最后通过全连接层进行分类。相比于传统图像处理方法，CNN 对图像的平移、旋转、缩放具有一定的不变性，且能学习到更深层次、更抽象的特征，非常适合用于复杂的植物病虫害图像识别。

（二）系统架构与技术流程

一个完整的基于 AI 的病虫害智能诊断系统通常包括以下模块：

1. 图像采集终端：果农或无人机搭载的智能手机、高清摄像头、多光谱相机等。

2. 数据传输网络：4G/5G、Wi-Fi、LoRa 等，将田间图像传输至云端或边缘服务器。

3. 云端 AI 处理平台：核心部分。包括：

图像预处理模块：对上传图像进行标准化、去噪、增强、背景分割等操作，提升输入质量^[6]。

深度学习模型库：存储针对不同病虫害训练好的模型。

模型推理引擎：调用相应模型对预处理后的图像进行前向传播计算，得出识别结果。

4. 结果反馈与应用终端：通过手机 APP、微信小程序或 Web 界面，将诊断结果实时推送给用户。

5. 数据库：存储历史图像、诊断记录、环境数据，用于模型持续优化和知识积累。

三、以茂名荔枝为核心的 AI 诊断模型构建与实践

（一）数据采集与处理

本研究团队与茂名市农业科学研究所、高州、电白等主产区合作社合作，于2021-2023年荔枝生长季，系统采集了病虫害图像。采集设备包括华为、苹果等多型号智能手机及专业数码相机。采集对象涵盖妃子笑、白糖罂等主要品种的健康及感病组织^[7]。

数据规模：共收集原始图像约25,000张。经筛选、清理和专家标注后，构建了包含8个主要类别（霜疫霉病叶、霜疫霉病果、炭疽病叶、炭疽病果、蛀蒂虫为害状、荔枝蝽为害状、蓟马为害状、健康叶、健康果）的数据集，总样本数达18,500张。

数据预处理：使用 LabelImg 工具进行边界框标注。采用 OpenCV 和 Albumentations 库进行图像预处理与增强：统一调整至224x224像素；应用随机旋转（±30°）、水平翻转、亮度对比度微调；使用 U-Net 模型进行初步的背景分割尝试。

（二）模型训练与评估

实验选择 ResNet34、EfficientNet-B0和轻量化的 MobileNetV3三种 CNN 架构进行对比。采用 PyTorch 框架，所有模型均在 ImageNet 上预训练。训练集、验证集、测试集按7:2:1划分^[8]。

训练参数：批量大小（BatchSize）为32，初始学习率0.001，使用余弦退火调度，优化器为 Adam，损失函数为交叉熵损失，训练轮数（Epochs）为50。

评估指标：采用准确率（Accuracy）、精确率（Precision）、召回率（Recall）、F1分数（F1-Score）以及混淆矩阵进行综合评估。

（三）结果与分析

在独立测试集上的性能对比如下表所示：

表1：不同 CNN 模型在茂名荔枝病虫害测试集上的性能对比

模型	准确率 (%)	平均精确率 (%)	平均召回率 (%)	平均 F1 分数	参数量 (百万)	单张图像推理时间 (ms, GPU)
ResNet34	96.8	95.2	94.7	0.949	21.3	15
EfficientNet-B0	95.4	93.8	93.1	0.934	5.3	12
MobileNetV3	94.1	92.5	91.9	0.922	2.9	8

（注：推理时间在 NVIDIA Tesla T4 GPU 上测得；平均值为各类别指标的宏平均）

从表1可以看出：

1. ResNet34取得了最佳的综合识别性能，准确率达96.8%，F1分数为0.949，表明其在茂名荔枝病虫害识别任务上具有很高的可靠性和平衡性。

2. MobileNetV3在速度与资源占用上优势明显，参数量最小，推理速度最快，虽精度略低，但94.1%的准确率已满足大部分田间快速筛查需求，非常适合部署于移动设备。

3. 混淆矩阵分析显示，模型对“霜疫霉病果”与“炭疽病果”晚期症状、以及某些轻微虫害与生理性斑点仍存在少量误判，这主要由于这些类别在视觉特征上高度相似。未来需引入更多早期、不典型症状的样本，并结合多光谱信息进行改进^[9]。

四、从诊断到防治：AI 驱动的精准确植保决策系统

（一）系统框架

该系统整合多源数据：

1. AI 诊断输入：病虫害种类、发生位置（GPS）、严重程度、置信度。
2. 环境物联网数据采集系统：以果园区域部署的气象监测设备，包含温度、湿度以及降雨量的检测，土壤温湿度的传感装置，虫情观测灯以及孢子捕捉仪器等硬件设备为基础，完成微观生态条件的动态实时监测以及相关信息的获取工作。
3. 果园本体数据：品种、树龄、物候期（花期、幼果期、着色期）、历史农事记录。

（二）决策模型与规则引擎

系统核心是一个融合了 AI 预测与专家知识的决策模型。

预测模块：基于历史环境变量和病虫害监测数据，利用 LSTM 或时间序列分析模型，预测未来 3-7 天内重点病虫害发展趋势及潜在风险等级。

规则引擎：内置由植保专家制定的“防治知识图谱”。例如：

若经 IF 诊断确认为“荔枝霜疫霉病”，且病情等级为“初发”阶段，且预计未来 24 小时降雨概率大于 60%，且当前作物处于“幼果期”，则建议采取以下防控措施：使用“烯酰吗啉”或“氟噻唑吡乙酮”进行防治，推荐施药量根据产品说明确定，施药方法建议采用“重点喷施果实部位”的方式。预警等级评定为“橙色”。

当 IF 虫情监测系统监测到“蛀蒂虫”成虫活动高峰期，人工

智能图像识别技术在果园 A 区监测到幼虫孵化迹象时，自动触发精准喷洒指令。此时可利用具备变量施药功能的无人机，对果园 A 区进行精准、高效、定点的农药播撒。

经济效益、生态效益评价模块：对各方案的成本投入、预计效果、农药减量潜力和天敌生物的影响程度进行系统性的量化分析，为决策主体提供多维度优化的选择依据^[10]。

（三）应用场景示例：蛀蒂虫的精准防控

1. 监测：AI 图像识别系统分析日常巡查照片，发现个别果实蒂部有褐色小孔及少量虫粪，初步判断蛀蒂虫为害。
2. 确认与预警：系统调取该区域近期的虫情灯数据，发现成虫羽化高峰已过 5-7 天，环境温湿度适宜。系统立即向果园管理员手机发送预警，并在地图上标出疑似发生区域。
3. 决策：系统根据规则引擎，推荐使用高效低毒药剂，并计算出基于发生面积和严重程度的最佳剂量。同时，系统查询该果园过去 30 天的施药记录，避免推荐相同作用机理的药剂，以延缓抗性产生。
4. 执行：管理员确认方案后，指令可自动下发至智能施药设备（如植保无人机）。无人机根据生成的处方图，对发生区域进行变量精准喷施，对未发生区域减少或停止喷药。
5. 评估：施药后 3-5 天，系统提示进行效果复查。果农再次拍照，AI 模型评估虫情减退率，数据录入系统形成闭环。

五、结论

本研究论述了 AI 技术在茂名荔枝病虫害诊断与精准防治应用的可行性、技术路径及巨大潜能，经本地化数据集训练 AI 模型，完成病虫害高精度识别，进而，将 AI 诊断和物联网监测、专家知识库融合，形成荔枝精准植保的从感知决策到执行的闭环系统，实践表明 AI 技术确实能解决传统方法的不足，成为荔枝产业实现节本增效、绿色转型的有力赋能技术。

参考文献

- [1] 李道亮, 杨昊. 农业人工智能: 赋能农业现代化新征程 [J]. 农业工程学报, 2021, 37(11): 1-8.
- [2] 广东省农业农村厅. 2022 年广东荔枝产业发展报告 [R]. 广州: 广东省农业农村厅, 2023.
- [3] 茂名市统计局. 茂名市 2022 年国民经济和社会发展统计公报 [R]. 茂名: 茂名市统计局, 2023.
- [4] 赵春江, 李斌, 陈爱柏, 等. 智慧农业研究现状与发展趋势 [J]. 农业机械学报, 2021, 52(1): 1-20.
- [5] 邱宝利, 任顺祥, 王兴民, 等. 中国荔枝害虫发生为害现状及防控策略 [J]. 中国果树, 2020, (4): 1-6.
- [6] 张荣标, 沈明霞, 刘龙申. 基于深度学习的植物叶片病害识别方法研究进展 [J]. 农业工程学报, 2019, 35(18): 152-162.
- [7] 胡林, 周玉琴, 冯宏祖, 等. 基于物联网和深度学习的棉花病虫害监测预警系统 [J]. 农业工程学报, 2020, 36(17): 205-214.
- [8] 高州县人民政府. 高州荔枝栽培技术与病虫害防治手册 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2019.
- [9] 杨祥, 段军明, 董明刚. 面向移动端的植物病害图像识别方法及其应用 [J]. 江苏农业科学, 2023, 51(04): 191-197. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2023.04.028.
- [10] 马娜, 郭嘉欣. 基于 LM 神经网络的小麦叶片病害识别 [J]. 农学报, 2023, 13(02): 60-66+76.