

高新月, 李玥. 基于机器学习的农作物病虫害检测研究进展 [J]. 智能计算机与应用, 2025, 15(11): 53–56. DOI: 10. 20169/ j. issn. 2095–2163. 251108

基于机器学习的农作物病虫害检测研究进展

高新月, 李 玥

(甘肃农业大学 信息科学技术学院, 兰州 730070)

摘 要: 农作物病虫害是中国主要农业灾害之一, 对中国的农业生产及国民经济造成了极大损失。针对目前中国农业病虫害种类繁多、危害速度快、影响范围广、各地区农业技术人员知识水平良莠不齐、农村发展落后地区专业检测防治人员稀缺等问题, 本文梳理了传统检测方法及传统机器学习检测方法, 发现二者在检测速度与精度上仍有明显提升空间; 重点阐述了 AlexNet、VGGNet、GoogLeNet、ResNet 和 YOLO 等深度学习方法, 具有更高的检测速度和精度, 为实现农作物病虫害的智能化检测提供了技术支撑。

关键词: 机器学习; 农业病虫害; 深度学习

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 2095–2163(2025)11–0053–04

Research progress on crop disease and pest detection methods based on machine learning

GAO Xinyue, LI Yue

(College of Information Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Crop diseases and insect pests are one of the major agricultural disasters in China, which have caused great losses to agricultural production and national economy. At present, China's agricultural pests and diseases have many problems, such as a wide variety, rapid spread, wide range of influence, and the shortage of professional detection and control personnel in backward rural areas. This paper first combs the traditional detection methods and traditional machine learning detection methods, and finds that there is still room for improvement in the detection speed and accuracy; Furthermore, the application of deep learning techniques such as AlexNet, VGGNet, GoogLeNet, ResNet, and YOLO in this field was emphasized. This kind of deep learning method has higher detection speed and accuracy, which provides a more solid technical support for the intelligent detection of crop diseases and insects.

Key words: machine learning; crop diseases and insect pests; deep learning

0 引 言

农作物病虫害是中国主要农业灾害之一, 中国每年农作物有害生物年发生面积超过 4 亿 hm^2 ^[1]。农作物病虫害具有种类繁多、时常爆发、影响范围大和程度严重等特点, 对中国的农业生产和国民经济造成了极大损失。全国农技中心组织科研、教学和推广单位专家, 对 2024 年全国农作物重大病虫害发生趋势进行分析会商, 预计小麦、水稻、玉米、马铃薯等主要粮食作物和油料、蔬菜作物上 22 种重大病虫害呈现重发态势, 全国发生面积 23.30 亿亩次, 比

2023 年和 2018–2022 年均值分别增加 26.2% 和 18.4%, 如不采取有效防控措施, 潜在产量损失将达 1 500 亿公斤以上^[2]。由此可见, 运用科学技术手段强化农作物病虫害检测工作, 及时采取科学防控措施以减缓病虫害扩散速度, 对保障中国粮食安全具有至关重要的意义。

病虫害通常指对各种植物造成危害的病害及虫害等, 具有蔓延速度快、损失严重、防控难度大等特点。随着病虫害检测技术的发展进步, 病虫害问题得到了一定改善, 但是仍然存在一些问题亟需解决。中国地理环境复杂, 害虫种类繁多, 普及完善的虫害

基金项目: 国家自然科学基金(32060437); 甘肃省科技计划-自然科学基金重点项目(23JRRA1403)。

作者简介: 高新月(1998—), 女, 硕士, 主要研究方向: 人工智能。

通信作者: 李 玥(1979—), 女, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 智慧农业, 人工智能, 大数据分析挖掘等。Email: liyue@gsau.edu.cn。

收稿日期: 2024–03–05

哈尔滨工业大学主办 ◆ 学术研究与应用

知识存在极大困难,且在视觉上相似的病虫害特征可能导致专业人员误判。中国各地区农业技术人员对病虫害专业知识掌握程度良莠不齐,普通农民对于专业病虫知识储备不足,在农村发展落后地区拥有专业检测防治知识的农业技术人员更是稀缺,存在因经验和能力问题导致病虫害检测出现差异,无法彻底达到防治目的^[3]。各地区农业从业人员由于缺乏专业指导,可能出现病虫害识别判断错误,使用杀虫剂不合理,最终导致作物病虫害无法得到有效防治,进而延误农作物病情,引发抗药性和农药残留等问题,过量使用含有重金属离子的农药,会因重金属无法降解而导致土壤及水污染^[4]。因此找到快速有效农作物农业病虫害防治方法,成为当前重要的研究发展方向。

传统的农业病虫害检测主要通过肉眼识别,存在人员需求大、工作量大、费时费力、成效低、误差大等问题^[5]。新技术如显微镜诊断技术、PCR (Polymerase Chain Reaction) 诊断技术和 DNA (Deoxyribonucleic Acid) 分子探针诊断技术虽然提高了准确率,但是诊断周期较长,且需要较高实验条件,成本较大^[6]。因此构建一个检测速率快、准确性高的病虫害分类及检测系统有重要的意义。随着机器学习算法的发展,将其应用于病虫害检测领域,能获得更高的准确率,相比传统的肉眼识别或实验室样本分析,这种方法可减轻工作量、提升检测效率^[7]。

机器学习作为一门融合计算机科学、概率论、统计学多领域交叉学科,是人工智能的核心,通过构建算法和模型,从数据中自动学习规律,进而实现预测与决策。在农业领域,机器学习的应用为提升病虫害检测的效率与精度提供了全新思路。

1 基于传统机器学习的农业病虫害检测

随着计算机硬件的更新换代,运行速率逐步提升,为利用机器学习技术处理大量农作物病虫害图片创造了有利条件。传统机器学习算法主要包含决策树算法、K-means 算法、支持向量机算法及贝叶斯算法。科研人员可以针对不同的研究对象,选择合适的机器学习算法构建模型,实现农作物病虫害种类的快速准确检测,帮助相关人员及时采取有效的病虫害防治措施^[8]。

Sabrol 等^[9]使用决策树算法对 6 种番茄病害图像分类,准确率达 97.3%;Singh 等^[10]基于 K-means 聚类算法和支持向量机相结合,识别水稻植株常见

病害,准确率达到 82%;杨昊谕等^[11]使用支持向量机对黄瓜病虫害的图像进行识别,准确率达 98.3%;管泽鑫等^[12]分别利用贝叶斯判别法对水稻 3 种常见病害进行识别研究,准确率高达 97.2%。

2 基于深度学习的农业病虫害检测

深度学习作为机器学习领域的一个新研究方向,在农作物病虫害检测领域展现出显著的优势。通过构建多层人工神经网络模型,可以从大量农作物病虫害数据中自动提取关键特征,实现分类与检测。典型的卷积神经网络架构包含 AlexNet、VGGNet (Visual Geometry Group Network)、GoogLeNet、ResNet (Residual Network) 等,这些架构通过在网络深度、特征提取等方面的设计和优化,为小麦、水稻、玉米等农作物病虫害的识别提供了技术支持^[13-14]。此外,YOLO (You Only Look Once) 系列算法作为一种基于深度学习的目标检测算法,将检测任务转化为回归问题,大幅提升了检测速度,在农作物病虫害图像实时检测场景中得到广泛应用。

2.1 基于卷积神经网络的农业病虫害检测

卷积神经网络 (Convolutional Neural Network, CNN) 广泛应用于图像处理、视频处理和计算机视觉的深度学习模型,如图 1 所示。其核心特点为卷积操作,在图像上进行滑动窗口计算,通过卷积核及池化层提取特征,并对特征进行压缩处理,减少权重数量,从而降低计算量,提高效率和准确率,在处理大规模农作物病虫害图片数据集时,卷积神经网络有取代传统机器学习算法的趋势。

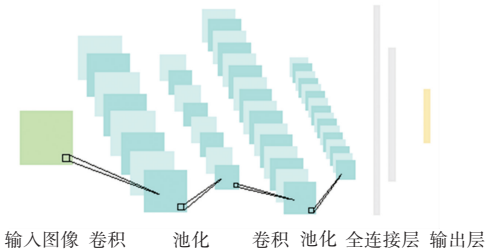


图 1 卷积神经网络结构

Fig. 1 Convolutional neural network structure

AlexNet 是典型的深度卷积神经网络模型。赵立新等^[15]利用改进的 AlexNet 模型,对棉花病虫害平均测试准确率达到 97.16%;肖小梅^[16]基于 Alexnet 改进水稻病虫害识别模型,识别率不低于 98%。

VGGNet 在 AlexNet 基础上进一步优化了特征提取能力,同时加深了网络层数。Chen 等^[17]将

VGGNet 和 Inception 模块相结合,使水稻病害分类预测平均准确率达 92%;王江晴等^[18]结合 Ghost 模块对 VGG-16 进行改进,在 PlantVillage 数据集上准确率达 99.37%;黄平等^[19]使用改进的 VGG-19 模型对柑橘黄龙病、线虫病和潜叶蛾等识别准确率达 98.47%。

GoogleNet 采用了一种称为“Inception”的模块结构,与 VGGNet 的串行网络层不同,该模块为并行网络层,通过不同尺寸的卷积层提取不同尺度的特征,再将这些特征合并,该系列模型不仅在深度上延续经典网络进行加深,还在宽度上不断优化。李静等^[20]改进 GoogLeNet 模型对玉米螟虫害图像识别,平均准确率达 96.44%;万军杰等^[21]将 GoogleNet 与迁移学习相结合,对果园病虫害识别精度达 99.35%;Tetila 等^[22]通过改进 Inception-v3 模型检测大豆病害,准确率达到 99.04%。

此外,还有其他改进方法应用到病虫害检测中,孙鹏等^[23]使用基于注意力机制的卷积神经网络,对大豆蚜虫进行识别,准确率达 96.85%;余小东等^[24]利用改进的残差网络对作物病虫害进行识别,准确率达 91.51%;胡文艺等^[25]采用基于压缩和激励(SE)模块的深度残差神经网络,对番茄病虫害识别准确率达 97.96%。

2.2 基于 YOLO 算法的农业病虫害检测

YOLO 系列模型是一种基于深度学习的目标检测算法,能够快速地在图像中定位和识别多个对象,将目标检测问题转化为一个回归问题,只需经过一次前向传播,就能够从图像像素得到预测结果,具有速度快和泛化能力强等优点。Redmon 等^[26]基于 CNN 提出了 YOLO 算法实现快速识别检测;Liu 等^[27]对 YOLO v3 方法进行改进,提高对番茄病虫害检测模型的速度,准确度可达 92.39%;施杰等^[28]引入无参 SimAM 注意力机制对 YOLO v5s 模型进行改进,检测玉米作物病虫害精确率达 94.6%。

3 结束语

本文系统梳理了传统机器学习算法和深度学习算法在农作物病虫害检测中的具体应用场景,相较于传统机器学习方法,深度学习算法凭借深层网络结构和自动特征提取等优势,在农作物病虫害检测场景中展现出更优性能,为实现农作物病虫害的智能化识别提供了技术支撑。随着机器学习算法在农业病虫害检测领域的应用,通过优化数据预处理流程、动态调整模型参数、结合场景按需选择适配算法

等策略,可进一步提升检测的时效性与精准度,将检测结果与病虫害针对性防控措施相结合,能够实现病虫害的早识别、早防治,为农作物达成高产高质目标提供重要保障。但在实际应用中,仍存在图像采集质量不稳定、病虫害特征多变、对农作物内部结构特征检测不足、环境因素干扰及检测时效性有待提升等问题。未来可通过优化图像分割算法、结合高光谱成像技术、改进现有模型或研发新算法以及结合农业物联网和智能终端设备等方式,提高检测效率、速率和精度,减少农业经济损失,推进智慧农业发展和经济进步。

参考文献

- [1] 吴孔明. 中国农作物病虫害防控科技的发展方向[J]. 农学学报, 2018, 8(1): 35-38.
- [2] 病虫害测报处. 2024 年全国农作物重大病虫害发生趋势预报. 全国农技推广网 [EB/OL]. (2024-01-10) [2024-01-19]. <http://www.natesc.gov.cn/>
- [3] 李子涵, 周省邦, 赵戈, 等. 基于卷积神经网络的农业病虫害识别研究综述[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(7): 15-23.
- [4] 李疆, 郝梦洁, 任显丞, 等. 机器学习在农作物病虫害识别上的应用综述[J]. 河南农业, 2021(5): 49-50.
- [5] 汪京京, 张武, 刘连忠, 等. 农作物病虫害图像识别技术的研究综述[J]. 计算机工程与科学, 2014, 36(7): 1363-1370.
- [6] 彭东海, 袁辉勇, 余焕杰, 等. 基于深度迁移学习的果树病虫害识别研究与实践[J]. 智慧农业导刊, 2023, 3(13): 13-16.
- [7] LAWRENCE C, MOATAZ A, MOHAMMED A. Recent advances in imageprocessing techniques for automated leaf pest and disease recognition: A review[J]. Information Processing in Agriculture, 2021(1): 27-51.
- [8] 孙红, 李松, 李民赞, 等. 农业信息成像感知与深度学习应用研究进展[J]. 农业机械学报, 2020, 51(5): 1-17.
- [9] SABROL H, SATISH K. Tomato plant diseaseclassificationin digital images using classification tree[C]//Proceedings of 2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSPP). Piscataway, NJ: IEEE, 2016: 1242-1246.
- [10] SINGH A K, RUBIYA A, RAJA B S. Classification of rice disease using digital image processing and svm classifier[J]. International Journal of Electrical and Electronics Engineers, 2015, 7(1): 294-299.
- [11] 杨昊谕, 于海业, 刘煦, 等. 叶绿素荧光 PCA-SVM 分析的黄瓜病虫害诊断研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(11): 3018-3021.
- [12] 管泽鑫, 唐健, 杨保军, 等. 基于图像的水稻病害识别方法研究[J]. 中国水稻科学, 2010, 24(5): 6.
- [13] KRIZHEVSKY A, SUTSKEVER I, HINTON G. ImageNet classification with deep convolutional neural networks[J]. Communications of the ACM, 2017, 60(6): 84-90.
- [14] NGUGI L C, ABELWAHAB M, ABO-ZAHHAD M. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition[J]. Information Processing in Agriculture, 2020. DOI: 10.1016/j.inpa.2020.04.004
- [15] 赵立新, 侯发东, 吕正超, 等. 基于迁移学习的棉花叶部病虫害图像识别[J]. 农业工程学报, 2020, 36(7): 184-191.

[16]肖小梅. 基于深度学习的水稻害虫图像识别研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2022.

[17]CHEN J, CHEN J, ZHANG D, et al. Using deep transfer learning for image - based plant disease identification [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2020, 173: 105393.

[18]王江晴, 冀星, 莫海芳, 等. 基于轻量化 VGG 的植物病虫害识别[J]. 中国农机化学报, 2022, 43 (4): 25-31.

[19]黄平, 闭吕庆, 莫燕斌, 等. 基于多尺度特征融合的柑橘病虫害图像识别方法[J]. 无线电工程, 2022, 52(3): 407-416.

[20]李静, 陈桂芬, 安宇. 基于优化卷积神经网络的玉米螟虫害图像识别[J]. 华南农业大学学报, 2020, 41 (3): 110-116.

[21]万军杰, 祁力钧, 卢中奥, 等. 基于迁移学习的 GoogLeNet 果园病虫害识别与分级[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(11): 209-221.

[22]TETILA E C, MACHADO B B, MENEZES G K, et al. Automatic recognition of soybean leaf diseases using UAV images and deep convolutional neural networks[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2019 (99): 1-5.

[23]孙鹏, 陈桂芬, 曹丽英. 基于注意力卷积神经网络的大豆害虫图像识别[J]. 中国农机化学报, 2020, 41 (2): 171-176.

[24]余小东, 杨孟辑, 张海清, 等. 基于迁移学习的农作物病虫害检测方法研究与应用[J]. 农业机械学报, 2020, 51 (10): 252-258.

[25]胡文艺, 王洪坤, 杜育佳. 基于 SE 模块和 ResNet 的番茄病虫害识别方法[J]. 农业工程, 2022, 12(9): 33-40.

[26]REDMON J, DIVVALA S, GIRSHICK R, et al. You only look once: Unified, real-time object detection [C] //Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Piscataway, NJ: IEEE, 2016: 779-788.

[27]LIU J, WANG X. Tomatodiseases and pests detection based on improved YOLOv3 Convolutional Neural Network [J]. Frontiers in Plant Science, 2020(11): 898.

[28]施杰, 林双双, 罗建刚, 等. 基于 YOLOv5s 改进模型的玉米作物病虫害检测方法 [J]. 江苏农业科学, 2023, 51 (24): 175-183.