



分类号：S433;TP391.41

学 号：Z20203463

山西農業大學

全日制硕士专业学位论文

基于 YOLOv4 算法的黃花菜薊马识别与监测

姓 名：叶紊

指导教师：李捷 研究员

学位类别：农业硕士

培养单位：园艺学院

中 国·山 西·太 谷

二〇二二年五月

Shanxi Agricultural University

Full-time Professional Master Degree

Dissertation

Identification and Monitoring of Thrips in Hemerocallis citrina

Baroni Based on YOLOv4 Algorithm

Name : Wen Ye

Supervisor : Professor Jie Li

Major : Full-time Postgraduates

Training Unit : College of Horticulture

Taigu Shanxi China

May, 2022

项目资助

本研究受以下项目资助:

1. 大同黄花病虫害综合防控技术研究与示范推广(2020HXdTHH03)

目 录

1 前言	2
1.1 研究背景和意义.....	2
1.2 国内外研究现状.....	4
1.2.1 田间害虫监测设备研究现状.....	4
1.2.2 害虫图像检测识别的研究现状.....	6
1.2.3 害虫监测预警信息平台的研究现状.....	7
1.3 研究内容与技术路线.....	8
1.3.1 研究内容.....	8
1.3.2 技术路线.....	8
2 蓼马诱捕信息采集装置的研发	10
2.1 试验材料	10
2.1.1 蓼马害虫诱捕装置的设计.....	10
2.1.2 蓼马图像采集装置的设计.....	11
2.1.3 太阳能供电装置的设计.....	13
2.2 试验方法	13
2.2.1 蓼马诱捕信息采集装置的实现方法.....	13
2.2.2 田间测试试验方法.....	16
2.3 试验结果分析	18
2.4 讨论与结论	18
3 害虫图像处理与识别计数算法的实现	21
3.1 试验材料	21
3.1.1 黄花菜蓼马害虫图像数据.....	21
3.1.2 训练环境的要求.....	21
3.1.3 YOLOv4 目标检测算法.....	22
3.2 试验方法	25
3.2.1 数据集的数据增强.....	25
3.2.2 数据集制作	25
3.2.3 YOLOv4 模型训练	26
3.3 试验结果分析	27
3.4 讨论与结论	29
4 黄花菜害虫种群监测管理平台的研究与设计	31
4.1 试验材料和方法	31
4.1.1 监测管理平台的需求分析	31
4.1.2 监测预警信息平台的设计与实现.....	33

4.1.3 监测预警信息平台功能展示.....	34
4.2 试验结果分析.....	38
4.3 讨论与结论.....	39
5 结论与展望.....	40
5.1 结论.....	40
5.2 研究展望.....	41
参考文献.....	42

基于 YOLOv4 算法的黄花菜蓟马识别与监测

摘要

近年来，随着大同地区大规模的黄花菜种植，蓟马已成为主要害虫之一。蓟马体型较小，善于隐蔽，在黄花菜种植生产中常被忽视，等察觉时早已在黄花菜田间大规模爆发，对黄花菜产生极大的危害。传统的蓟马监测手段一般以悬挂粘虫板诱捕并结合人工计数为主，监测工作繁重，监测数据存在延时性和误差性，这些问题极大的阻碍了黄花菜产业的健康可持续发展。虽然目前已有许多害虫监测设备的研究和应用，但是针对黄花菜蓟马这类体型较小的害虫监测和识别，以及相对应的虫害监测预警信息平台仍鲜见报道。本文针对黄花菜蓟马害虫，结合物联网技术、自动化技术、图像处理和识别技术以及 Web 开发等技术，研究并实现了一套可以自动化采集、检测识别蓟马害虫与监测预警的黄花菜蓟马害虫种群监测信息系统，用于弥补现有黄花菜蓟马害虫种群监测的不足之处。本文主要研究内容如下：

1. 对蓟马诱捕信息采集装置进行设计与实现。选用树莓派开发板、高清摄像头以及数据传输硬件，结合灯诱、色诱和性诱的害虫诱捕方式，设计了蓟马诱捕信息采集装置，该装置能自动采集蓟马害虫图像，通过无线网络将图片数据发送到服务器端进行识别计数，代替了传统的人工蓟马监测计数的方式。

2. 蓟马害虫的图像处理与目标检测算法的实现。使用图像处理技术对蓟马害虫图像进行了预处理，消除图片噪声，通过数据增强技术扩大目标检测模型训练的数据集，结合深度学习的环境训练 YOLOv4 目标检测算法模型，完成了对黄花菜蓟马害虫的检测和计数。

3. 黄花菜蓟马虫害监测预警信息平台的实现。利用 Web 开发技术开发了黄花菜蓟马害虫种群监测预警信息平台，平台主要包含了监测功能、识别功能、虫情信息三个功能模块。监测功能模块实现对蓟马诱捕信息采集装置的远程控制，识别功能模块实现对上传的黄花菜蓟马害虫图像的目标检测和计数的操作，虫情信息模块实现对黄花菜蓟马监测信息的保存和汇总。

本研究以黄花菜蓟马害虫为对象，设计并实现了黄花菜蓟马虫害远程监测信息系统，从结果来看，该系统能自动地实现对黄花菜蓟马害虫的检测识别与计数，为黄花菜蓟马害虫的种群监测与预警提供支持，也为及时采取科学有效的防治措施提供依据。

关键词：黄花菜；蓟马；监测预警；诱捕装置；目标检测

1 前言

1.1 研究背景和意义

我国是传统的农业大国，农业在国民经济结构中占据很大的比例。但是，在我国农业发展进程上仍然面临着许多难以解决的困难。其中，农作物虫害对农业的可持续发展影响较大，每年农作物受到虫害的侵袭导致农作物减产和绝收的现象层出不穷。根据农业部统计，我国每年农作物病虫害面积达到 70 亿亩，农作物损失达 500 亿斤^[1]。农作物受虫害侵袭的现状严重制约了我国农业的发展，农作物的害虫监测和防治工作势在必行。目前国内的普通农民对农作物的虫害判断方法仍停留在传统的实地目测上，通过农作物的表面受害形态等进行判断，往往依赖个人经验。作为经验丰富的农业专家却受限于不能及时地到达实地检测，等到达时虫害可能已经爆发，如何有效快速地监测识别并防治农作物虫害成为当前智慧农业必须考虑的问题。随着科技和智慧农业概念的兴起和发展，传统的农业害虫检测识别方法因其存在效率慢和主观性强的缺点，已无法满足当前农业发展的需求^[2]。利用智能信息技术辅助农业生产，将图像的目标检测技术应用到农作物虫害识别方面，来替代传统的人工虫害监测手段，这种具备准确性、快速性、实时性特点的方法是传统方法所不具备的。

黄花菜 (*Hemerocallis citrina Baroni*) 又名金针菜、忘忧草，属于百合科萱草属多年生宿根草本植物，原产于中国南部、日本及欧洲温暖地带^[3]。黄花菜的花拥有比较高的观赏价值，在其花蕾未开放时采摘、干制后能成为高营养价值的蔬菜。大同黄花菜在明末清初时期从内蒙古传入，自明朝开始大同地区就享有“黄花之乡”的美名^[4]。在历史上黄花菜是皇家御用的滋补贡品，目前在国际市场上也具有很高的关注度，被欧洲人称为“21 世纪生活的新潮食品”。大同县，隶属于山西省大同市，属于晋冀蒙交汇之地。大同土壤肥力好，沙质土壤保证了透气性。由于大同地区的黄花菜都生长在火山群下，土壤肥沃，火山灰养分充足，给黄花菜的生长带来了有利的条件^[5]。大同黄花菜是大同市的重要特色农产品，曾多次荣获全国农博会金奖。目前大同市黄花菜种植面积达到 17333.33hm²，盛产期黄花菜 6666.67hm²，年产值达 9 亿元，带动了 15000 多户贫困户脱贫致富^[6]。

近年来，大同市黄花菜的大规模化连片种植，虫害发生率有所上升，常因虫害原因，多数年份实际采收低于正常情况。其中主要虫害如黄花菜蓟马，自 2015 年在云州区大规模发生之后，现在已经成为大同黄花菜生产的主要害虫，每年发生程度较为严重。缨翅目 (*Thysanoptera*) 昆虫统称蓟马，其虫体微小，体长一般不超过 2mm，多呈黑色、

褐色或黄色，为渐变态发育，需要经历卵、若虫、伪蛹和成虫这4个阶段来完成整个发育成长过程，在黄花菜田间主要以若虫和成虫进行为害^[7]。蓟马通过锉吸式口器来吸取黄花菜幼嫩组织的汁液，造成黄花菜的生长发育变得缓慢，延迟了黄花菜的开花时间，使黄花菜大大减产，间接造成了黄花菜产业的经济损失。因此，为了减小黄花菜蓟马爆发时对黄花菜植株造成的危害，亟需对黄花菜田间的蓟马害虫进行监测。黄花菜蓟马由于体型较小不易被发现，当在黄花菜田间被发现时，黄花菜蓟马早已大规模爆发并危害黄花菜植株。也正因此，对于黄花菜蓟马的监测工作显得十分重要。目前在害虫监测方面，针对黄花菜蓟马害虫的监测手段以及所使用的监测设备都没有较大的发展。关于黄花菜蓟马害虫的种群监测依然需要专业的农业人员周期性的去田间进行实地调查，从而获取黄花菜蓟马害虫的种群动态情况。遇到蓟马爆发时期，所花费的人工时间和成本也会成倍增加。不仅如此，如遇到恶劣天气，不仅影响蓟马监测的准确性，也对田间监测人员的监测工作造成极大的困扰。因此，这种通过人工目测的监测方式耗时耗力，极大的影响了黄花菜蓟马虫害监测的时效性，黄花菜蓟马虫害的监测统计数据与实际发生情况的误差也比较大。大同市黄花菜种植面积广阔，种植方式多为一户一地，田地较为分散。大面积的虫害监测对所需要的农业工作人员数量也是极大的，所以需要一种能够替代传统黄花菜蓟马害虫人工监测的方式，并且要符合监测的准确性和时效性的要求，提高农业工作者的工作效率并减轻人员的工作时间和强度。

近几年来，物联网和互联网等先进技术的发展，为农业发展带来了新的机遇，智慧农业推动了农业的现代化发展，有效提升了农业生产效率^[8]。而且，我国在互联网和物联网方面取得许多重大突破，在这样一个全互联时代，嵌入式产品+互联网络的助力使得我们有很好的软硬件条件来保证信息获取的时效性。因此，通过现有的软硬件条件实现蓟马的远程监测是可行的，这既解决了传统监测方法时效性不足的问题，也促进了广大的农业从业者从繁琐枯燥的工作中解脱出来。图像识别技术依托大数据平台、云计算平台和人工智能技术在各行各业广泛应用，随着农业生产走向现代化，图像识别和目标检测技术因为可以减少人工成本的费用，所以被广泛地应用于农业生产当中^[9]。因此，本研究将目标检测技术应用到黄花菜蓟马害虫的检测识别上是可行的，并且配合嵌入式硬件的助力，将自动化地实现田间蓟马虫害的识别和监测，配合在线平台，将数据可视化地呈现在农业从业人员的眼前，能更直观地判断黄花菜蓟马虫害的发生情况，为蓟马害虫的种群监测预警提供支持，也为及时采取科学有效地的管理和防治措施提供参考依据。

1.2 国内外研究现状

针对害虫的种群监测，国内外已有大量的研究，从一开始的人工监测的方式，到如今使用物联网技术、自动化技术、图像处理和识别技术等多种新技术共同来实现害虫的虫群监测。新技术的出现推动了害虫种群监测方面的进一步发展，目前已取得了一定的发展成果。但是针对微小昆虫的种群监测却一直没有较大的发展，本研究实现了一套可以自动化采集、蓟马虫害监测识别与预警的黄花菜蓟马虫害信息远程监测系统，用于弥补微小昆虫如黄花菜蓟马害虫的监测不足之处。该监测系统包含害虫监测信息采集装置、害虫图像识别和计数、害虫监测预警信息平台三部分，下面本文将结合这三部分，分析国内外的研究现状。

1.2.1 田间害虫监测设备研究现状

近年来，我国在农作物害虫监测方面的水平得到显著提升，在现有的农业生产中已经拥有了大量的自动化与智能化为一体的虫害监测装备，根据虫害的诱导方式的不同，大致可以分为以下三种：

（1）色诱类装备

昆虫在长期的进化中对颜色产生了一定的趋性，这种趋性是一种趋向反应，也称之为“色觉”^[10]。当前在害虫的监测和防控方面，对昆虫趋色性的研究主要是用带有颜色的粘虫板对害虫进行诱捕，并且已经广泛地应用于田间和温室大棚中。早在 20 世纪 80 年代中期开始，国内外陆续已有一些关于蓟马等其他微小昆虫色诱研究的相关报道。Ayedh^[11]等使用各种彩色的诱捕器对温室黄瓜害虫蓟马和潜叶虫进行诱捕效率试验，发现荧光黄色诱捕器捕获的害虫数量显著增加。为了评价粘虫诱捕器在害虫蓟马种群监测中的应用潜力，Muvea^[12]等对黄色和蓝色的粘虫诱捕器进行了试验，发现蓝色诱捕器比黄色诱捕器捕获的蓟马数量多 2-3 倍。为了研究蓟马的趋色性，Chen^[13]等使用了各种类型诱捕器来捕捉西花蓟马和食蚜蝇，与黄色或者白色的粘虫板相比，蓝色的粘虫板吸引了更多的西花蓟马。对于蓟马趋色性的研究不止于此，Lew^[14]利用不同颜色的诱捕器诱捕麦田中的缨翅目昆虫，发现不同颜色的诱捕器对蓟马的吸引性不一致。Hoback^[15]等研究表明，在蓝色的诱捕器上他们捕获了更多的蓟马，试验数据说明了蓟马对蓝色有一定的偏好。国内在色诱类装备方面也有一定相关研究，贝亚伟^[16]等使用黄色粘虫板对温室茄子和四季豆进行了研究，发现黄色诱虫板诱虫谱广，对蓟马、粉虱、蚜虫等目标害虫诱杀效果十分明显。陈华平^[17]等用 8 种不同颜色的粘虫板对茄子植株上的棕榈蓟马进行了诱捕试验，试验结果表明蓝色明显优于其他 7 种颜色，对棕榈蓟马最有吸引力。傅建炜^[18]等选用 6 种不同颜色的色板对美洲斑潜蝇、小菜蛾等 4 种害虫进行了颜色趋向性试

验，发现不同的害虫对颜色的趋向性不一致，相同种类的害虫对不同颜色的趋向性也不一致。张玉坤^[19]等利用棕黄蓟马有趋蓝色的特性，在温室中悬挂蓝色粘虫板来诱杀蓟马。崔君荣^[20]等在多地利用不同颜色的诱捕器对棉铃虫进行诱捕试验，结果表明绿色诱捕器诱捕到的棉铃虫数量明显高于其他颜色诱捕器捕获到的数量。崔成日^[21]等利用 10 种不同颜色的衬纸诱杀剂的方法对常见的蝇类进行了系统的评测，发现不同颜色的彩纸对各科蝇类的诱杀效果不同。吴清军^[22]等使用 18 种不同颜色的粘虫板对日光温室中辣椒上的西花蓟马进行趋性试验，试验数据表明西花蓟马对蓝色的趋性较强。国内外关于害虫趋色性的研究大都以一种或数种害虫为研究对象，所选用的色彩也比较丰富，大量的研究表明在农业生产中，可以利用害虫对不同颜色的趋向性来进行害虫的监测预报。对于黄花菜蓟马害虫，前人已有的研究表明，黄花菜蓟马对蓝色更有趋向性。

（2）性诱类装备

昆虫性诱剂是模拟自然界当中昆虫性信息素，通过释放器释放到空气中来诱杀异性害虫的一类科技产品^[23]。搭载昆虫性诱剂的诱捕装备在现在农业虫害监测防治中应用广泛。国外方面，James D^[24]等利用合成的昆虫信息素为诱饵制作害虫诱捕陷阱，对鞘翅目昆虫取得十分不错的诱杀效果。Ross D^[25]等在林间放置带有强聚集信息素诱饵的多漏斗陷阱来诱捕甲虫，清除甲虫效果明十分显。Ghulam^[26]通过使用带有合成性信息素的漏斗形陷阱来诱捕棉铃虫，为监测棉铃虫害虫提供了解决方案。相比于广泛使用的黑灯光诱捕装置，性诱剂类的诱捕装置可能更加便捷可靠，目前在国内使用较为常见。国内从 20 世纪 70 年代开始就已经使用性诱剂类的诱捕装备，这些诱捕器使用简便，诱捕效果不错。孟宪佐^[27]利用性信息诱芯和捕虫器组成的诱捕器来防治梨小食心虫，成效显著。云晓鹏^[28]等使用向日葵螟性诱剂诱芯在桶型诱捕器和水盆型诱捕器这两种不同诱捕器上做诱捕量的对比试验，结果发现水盆型诱捕器的诱捕量要高于桶型诱捕器。为了研究性诱剂在稻纵卷叶螟上的监测效果，郭年梅^[29]等通过使用性诱剂、测报诱虫灯以及田间赶蛾等几种方式进行诱蛾量比较的试验，结果表明：性诱剂与其他两种方式的诱蛾高峰基本吻合，可以作为稻纵卷叶螟的田间监测手段。赵志国^[30]等采用 8 种性诱剂产品进行诱捕梨小食心虫的试验，试验结果对提高性诱剂在梨小食心虫的监测和诱捕效率方面有一定的指导意义。田新湖^[31]等研究表明在添加英格尔蓟马信息素诱芯后，色板诱杀茶棍蓟马数量均显著增加。国内外研究表明，颜色对蓟马的诱捕量有一定的影响，但信息素的添加可以显著的增加蓟马的诱捕量。

（3）灯诱类装置

昆虫的趋光性是指昆虫能够对特定的光源产生趋向反应。昆虫的趋光性大致分为两种：正趋光性和负趋光性，昆虫本能地靠近光源的特性称之为正趋光性，反之则为负趋

光性^[32]。昆虫的趋光性是昼伏性和夜出性昆虫的主要生物学特征之一。灯诱类这种诱捕装置可以在不使用或少使用农药的情况下实现害虫防治的目的。王向东^[33]等通过研究并改进了 JYSH-2A 太阳能杀虫灯，对害虫进行诱杀试验，结果表明：改进后的太阳能杀虫灯诱杀率较高，可以用于田间害虫的监测防治。孔德生^[34]等使用频振式杀虫灯对花生田间的害虫进行诱杀，单灯的诱虫量明显得高于黑光灯，有效地控制了花生虫害的发生。范凡^[35]研究了西花蓟马对光谱的行为反应，选用 340nm-605nm 波谱内 14 个单色光波进行试验，发现雌虫对绿光区、紫外区和蓝光区有趋光性，雄虫只对绿光区和紫外区有较高的趋光性。唐良德^[36]等报道了豆大蓟马对光的趋向反应，应用正八角体和正六角体装置测试了豆大蓟马对 8 种不同颜色色卡和 5 种波长发光二极管的趋向反应，结果表明：蓝色以及浅蓝色对应的波长对豆大蓟马的吸引效果明显高于其他颜色对应的波长。国外方面，Duehl^[37]等发现甲虫的信息素对其监测的数量有一定的局限性，试验尝试使用各种发光的二极管光源来进行诱捕，结果表明使用二极管光源可以捕获 20% 被释放的甲虫，而单纯的使用聚集信息素只能捕获其中的 1%。Goretti^[38]等利用双翅目昆虫对人工光源有趋向性的特点，通过监测白光诱捕器来测试这类灯诱设备的诱虫效率，测试结果证实了人工白光确实能吸引更多的害虫。利用昆虫趋光的特点所研发的害虫诱捕器对绝大部分害虫都有极佳的诱杀效果，但是在使用这类装备对害虫进行诱捕的同时，也无形中诱杀了一些益虫或者害虫的天敌。所以在考虑使用此类设备的时候要从维护生态多样性的角度出发，可以利用害虫对特定光的趋性，达到精准的害虫诱杀，最大限度地保证在诱杀害虫的同时又保护了相应的益虫^[39]。前人的研究表明，黄花菜蓟马有趋蓝光的特性，使用波长在 450nm 左右的蓝色光诱捕效果显著。

综上所述，前人研究的害虫监测设备大多是使用以上其中一种特定的诱捕方式来进行害虫的监测，虽然方式较为单一，也取得了十分不错的诱捕监测效果，但很少见有多种诱捕方式相互结合的研究。已有研究表明以上三种诱捕方式在蓟马诱捕方面也素有成效，但是在黄花菜蓟马害虫的监测设备上，鲜见有人将这些诱捕方式相互结合，优势互补，实现单位面积内蓟马害虫诱捕效果的最大化。也未见有人将多种诱捕方式相结合的监测设备与树莓派开发板配合使用来实现远程自动化地监测黄花菜蓟马虫害，替代传统的人工监测蓟马害虫的繁重工作。本研究基于此目的研发了蓟马诱捕信息采集装置。

1.2.2 害虫图像检测识别的研究现状

在计算机视觉领域，已经产生了非常多的新技术用于图像的目标检测和识别，并且有部分研究是针对农作物害虫的检测和识别展开的。Kumar^[40]等使用金字塔梯度直方图、滤波器技术和颜色数据来提取害虫的特征，并使用支持向量机 SVM 模型来识别粘虫板上的粉虱和绿蝇，替代了传统的手动监测害虫的方式。Boissard^[41]等提出了一个结合

图像处理和深度学习的视觉认知系统，并用该系统成功的对粉虱进行自动检测和计数。Fukatsu^[42]等开发了一种基于背景差分技术的图像识别算法，并且结合远程管理系统中的图像处理模块来实现对稻虫的计数和监测。Espinoza^[43]等提出一种基于图像处理算法和人工神经网络相结合的新方法，实现了对温室中蓟马和粉虱的检测和监测。Ebrahimi^[44]等为了自动检测温室草莓植物上的蓟马害虫，提出了一种具有差异核函数的 SVM 分类方法用于检测蓟马害虫。国内许多专家学者在害虫识别方面也进行了许多积极的尝试。杨国国^[45]提出了一种基于图像分割和图像特征提取的识别方法，实现了对中华稻蝗和稻田早期越冬害虫的准确识别。陈梅香^[46]等基于机器视觉技术研究了设施农业中害虫的分类监测技术，提升了设施农业中对害虫的种群监测效率。潘春华^[47]等利用支持向量机模型与区域生长算法相结合，提出来一种对蓟马、烟粉虱、小菜蛾和黄曲跳甲虫这四类蔬菜害虫进行检测和识别的方法。肖德琴^[48]等利用一种结构化的图像分割算法，综合设计了一种在田间环境中对黄色粘虫板诱捕到的蔬菜害虫进行检测和计数的方法。杨信廷^[49]对温室环境中黄色粘板上的蓟马使用边缘检测和 SVM 算法进行识别。从上文国内外的研究现状分析来看，当前害虫识别从一开始的低效率的人工识别慢慢转变成使用硬件传感器来识别，进而向机器学习过渡。在如今图像识别技术相对成熟的情况下，用于黄花菜蓟马害虫的识别，不失为一个高效可行的方式。

1.2.3 害虫监测预警信息平台的研究现状

我国是世界上较早开始农业病虫害预测预报工作的国家，在虫害监测预警信息系统方面的研究也取得了一定的进展。张昕颖^[50]利用物联网技术，建立了完善的玉米虫害数据采集系统，将监测区域内的信息远程传输到用户终端。张福山^[51]等研制了一套松墨天牛智能监测预警技术系统，实现对松墨天牛发生数量、活动规律及生态环境在线监测，并结合 Java 技术开发了松墨天牛智能监测预警信息管理平台。仇国华^[52]等针对农作物虫害的防治，介绍了一种基于物联网层面的农场虫害种群监测和预警系统。龚一飞^[53]基于 WebGIS 技术开发了稻纵卷叶螟种群监测预警信息系统，是信息技术和互联网技术用于虫害信息管理的一次突破性尝试。郑玲玲^[54]通过对植保测报的需求、方式、业务功能等全面分析，构建了病虫害联网实时监测管理平台，实现了对监测数据的实时采集、整理、统计和分析，实现对现场病虫害信息预测预警。将信息技术应用于病虫害检测体系，能够大大提升病虫害预警监测的效率和工作质量。但是目前信息技术在农业虫害监测预警方面的使用比例不高，存在着工作效率低、工作量大、运行监测时效性较差等问题，所以需要行业不断地加强硬件软件设施和基础设施的建设^[55]。黄花菜蓟马害虫由于其体型较小，不易被发现，次代发生周期短，等发现时早已在田间大规模爆发，如何快速有效地收集汇总黄花菜蓟马虫害的监测信息并及时地发布预警信息，这就需要计算机

信息技术开发一个监测预警信息平台来实现这一要求。对于黄花菜蓟马害虫的种群动态监测平台，本研究拟采用树莓派硬件作为田间蓟马害虫的图像采集以及图像远程传输设备，通过目标检测技术和 Web 开发技术搭建黄花菜蓟马害虫种群监测预警信息管理平台，可以实时监测蓟马害虫的种群动态，并将监测信息汇总保存并设置预警机制，当蓟马虫害数量超过一个阈值，平台自动发出预警信息。

1.3 研究内容与技术路线

1.3.1 研究内容

依据目前已应用的农作物害虫检测和识别技术，再结合如今发展迅速的计算机技术，通过对黄花菜蓟马诱捕信息采集装置的研发及田间试验，实现了对黄花菜蓟马害虫的检测和监测。黄花菜蓟马虫群监测预警信息管理平台不仅为虫害的监测预警提供了数据方面的支持，还为及时有效地采取正确的蓟马防治方案提供有力的依据。本文的主要研究如下：

（1）黄花菜蓟马诱捕信息采集装置的研究

结合当前害虫诱捕设备的研究现状，根据蓟马害虫的相关信息，本文设计了用树莓派来采集监测设备中蓝色粘板上的蓟马图像，并将图像数据发送到服务器端。

（2）害虫图像识别的研究

为了更好的训练我们自己的数据集，前期的图像预处理也十分重要，使用工具对采集到的蓟马害虫图像进行预处理并使用 YOLOv4 算法进行数据集的训练，训练出黄花菜蓟马害虫的识别模型，方便将模型嵌入到信息平台中实现在线识别监测的功能，智能快速地掌握蓟马害虫的种群动态变化。

（3）害虫监测信息平台的研究

利用 IDEA 软件开发了蓟马害虫监测预警信息平台，可以将田间蓟马虫害的实时监测信息发布在平台上，通过数据可视化技术能更清晰地查看蓟马害虫种群的动态变化，实现在线监测和预警。

1.3.2 技术路线

本试验以黄花菜蓟马害虫的识别和计数为核心，通过设计蓟马诱捕信息采集装置，将图像数据传输到服务器，结合图像识别技术和蓟马虫害监测预警信息平台，实现黄花菜蓟马虫害远程监测系统。其研究技术路线如图 1-1 所示：

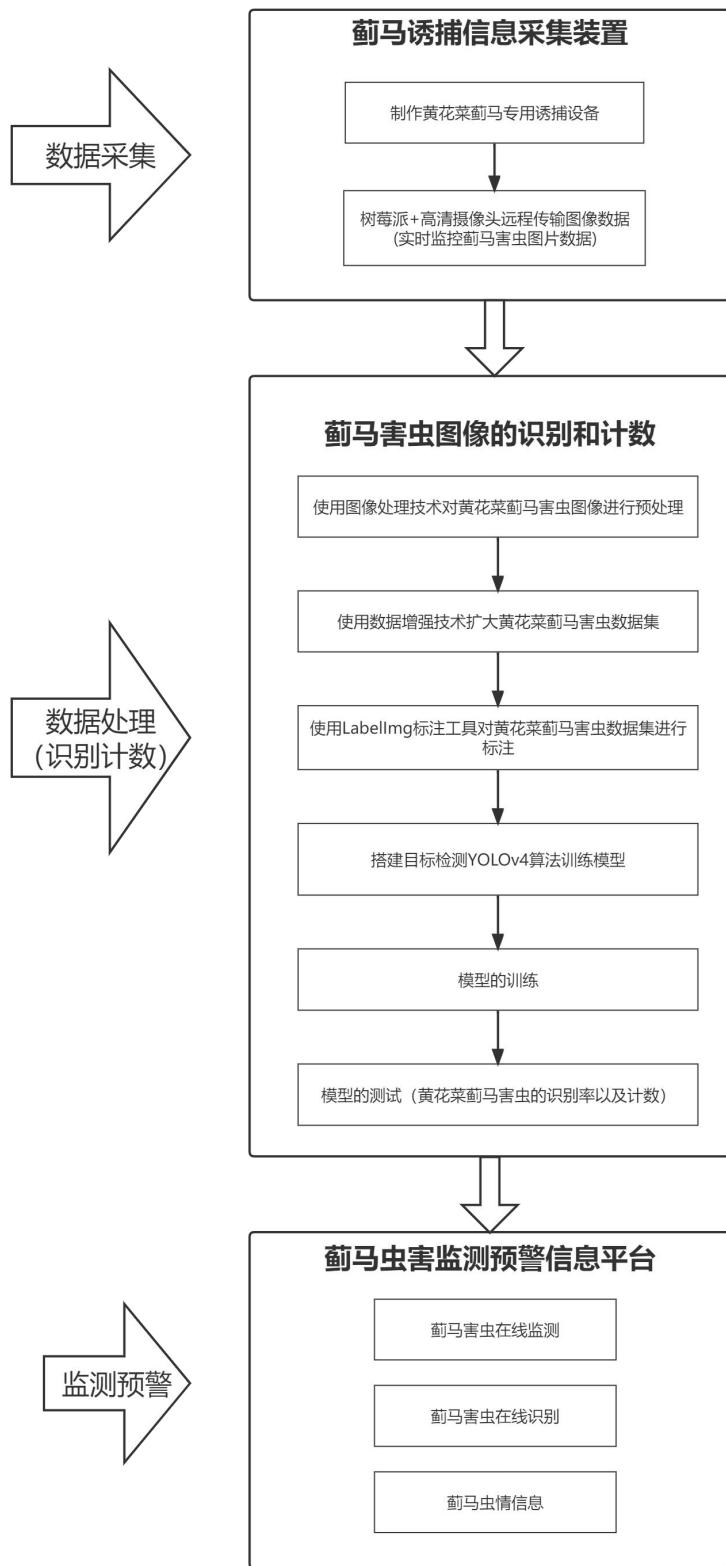


图 1-1 技术路线

Figure 1-1 Technical Route

2 蓼马诱捕信息采集装置的研发

监测害虫在农作物中实际的发生数量是监测设备工作的最终目的。目前在害虫诱捕方面，前人所使用的诱虫手段有粘虫板、性信息素以及灯诱等其他不同类型的方法。上述方法所花费的监测时间和工作量较大，其次手段单一，多以人工监测统计为主，这对田间害虫的数量监测和信息采集有一定的误差性和滞后性。本研究自主研发了针对黄花菜蓼马害虫的诱捕以及图像信息采集的装置。该诱捕装置集成害虫诱捕、图像采集、远程传输、太阳能自动供电等模块于一体，能将实时获取到的虫害图像数据传送到后台服务器进行蓼马害虫识别和计数，既节省了农业工作者监测的工作量，又提高了黄花菜蓼马种群监测的时效性。

2.1 试验材料

为了采集田间黄花菜蓼马害虫的图像，本文自主研究设计了黄花菜蓼马诱捕信息采集装置，该装置包括蓼马害虫诱捕装置、图像采集装置和太阳能供电装置。其中，害虫诱捕装置由方形亚克力盒、蓝色粘虫板、蓼马性信息素诱芯、450nm 波长蓝色 LED 灯珠和 10 目的防虫网组成；图像采集装置包括一块树莓派开发板，原装树莓派摄像头模块 RaspberryPi Camera V2 和 4G 模块；太阳能供电装置包括太阳能板、蓄电池和太阳能智能控制器。

2.1.1 蓼马害虫诱捕装置的设计

为了自动化的采集黄花菜蓼马害虫的图像数据，需要设计一个捕获蓼马害虫的装置。基于此，本研究设计了一个蓼马害虫诱捕装置，该装置将蓝色粘虫板放置在一个大小刚好能够贴合的亚克力盒子中，并且在亚克力盒子四周切割出一定的面积用来铺设 10 目的防虫网。为了实现单位黄花菜田地面积内诱捕效果的最大化，减少试验的材料消耗成本，在装置盒内装有一个容器，专门用于放置蓼马性信息素诱芯。由于黄花菜蓼马对蓝色光源具有趋性，尤其是波长 450nm 左右的吸引效果最优，特在盒子顶部安装了一个 450nm 波长的蓝色 LED 灯珠。



图 2-1 蓟马诱捕装置

Figure 2-1 Thrip trap device

2.1.2 蓟马图像采集装置的设计

图像采集装置由一块树莓派开发板、树莓派官方摄像头和华为 4G 模块组成。树莓派开发板选用到的是 Raspberry Pi Model 4B，树莓派 4B 的处理器型号为 BROADCOM BCM2711，4 核 64 位，主频达到 1.5GHz。接口方面有两个 USB3.0 接口和两个 USB2.0 接口；网卡接口方面是一个千兆以太网接口，不同于以往的 USB 接口转换网口；此外还搭载 802.11N2.4GHz/5GHz 双频 WiFi 和蓝牙 5.0 技术，满足无线传输的一切需求；电源接口由原来的 MICRO USB 升级为 TYPE C-5V3A 电源接口，能够提供更强的电流；GPIO 口多到 40 个 GPIO 引脚，开发板的可扩展性更强；此外还搭载 MIPI DSI 显示端口、MIPI CSI 摄像机端口、立体声音频和复合视频端口，满足图片和视频采集的大部分需求。



图 2-2 树莓派开发板

Figure 2-2 Raspberry Pi Development Board

图像采集需要利用相机来完成对害虫图像的采集。图像传感器主要有 CCD (Charge Coupled Device) 和 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 两类，这两类传感器都是利用感光元件来进行光电转换，将光信息转化为电信息。表 2-1 为 CCD 和 CMOS 的主要参数对比。

表 2-1 CCD 与 CMOS 性能参数对比

Table 2-1 Comparison of CCD and CMOS Performance Parameters

性能参数	CMOS 传感器	CCD 传感器
设计技术	感光器连接放大器	单元感光
成本	低	高
灵敏度	感光开口小, 灵敏度低	较高
解析度	较高	高
噪声	百万放大, 噪声高	单一放大, 噪声低
功能	自己放大, 功耗低	需要外加电压
电源	单一电极	多电极
信息读取速度	直接读取电压信号, 简单	需要外部电路控制, 复杂
体积	小	大
速度	快速, 是 CCD 的 10 倍以上	速度慢

结合实际需求，摄像头模块选用的是树莓派官方摄像头 RPi Camera V2，该摄像头模块使用的是索尼 IMX291 的 800w 像素 CMOS 高清摄像头，拍摄可达 3280x2464 像素静态图片，同时支持 1080P30 和 720P60 摄像功能。摄像头模块通过开发板上的表面小插槽连接，是专门为摄像头设计的 CSI 接口，方便开发者简易操作。

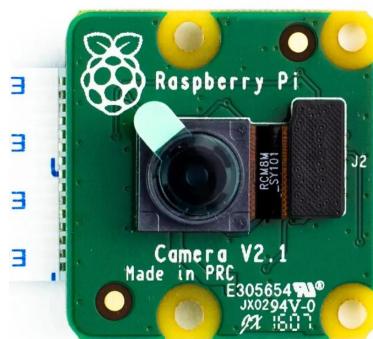


图 2-3 摄像头模块

Figure 2-3 Camera Module

远程传输使用时无线网络来传输数据，硬件方面选用华为 4G 模块（华为 ME909S-821），该模块是 Cat4 LTE 工业级 M2M 无线模块，沿用了华为 LGA 封装的标准，同时具有标准 Mini PCIe 形态，任意形态的电话卡或者物联网卡都可以插入使用。将此模块与 USB 转接板接好，插入树莓派的 USB 口中就能使用，操作简单，所花费的成本较小。



图 2-4 Huawei ME909s-821

Figure 2-4 Huawei ME909s-821

2.1.3 太阳能供电装置的设计

树莓派硬件如摄像头和蓝色 LED 灯珠这些设备在试验中都需要供电，但是试验田间线路基础设施还不是很完善，无法直接连接电线来给设备供电。本试验设计初期也考虑到这个问题，选用了一块大容量的蓄电池为设备供电。为了给蓄电池充电，使得蓄电池能够长期的在田间为采集监测设备供电，为此设计了一个太阳能板供电系统给蓟马诱捕信息采集装置供电，该系统由充放电蓄电池、太阳能板和充放电控制电路组成。当有太阳照射时，太阳能板能为蓄电池充电，同时也能为树莓派等设备供电；当阴雨天气，没有太阳照射时，蓄电池能为树莓派等设备供电。其中，太阳能板的功率为 100W，工作电压为 17.5V，工作电流最高能达到 5.72A。充放电蓄电池的输出电压为 12V，输出电流为 21A。太阳能板和充放电蓄电池的配套设施能够满足对树莓派和其他设备的供电需求，通过充放电控制电路板能够完美地控制工作时的电压和电流，充放电控制电路板还能作为保护电路，降低设备在使用途中被电流烧毁的可能性。

2.2 试验方法

2.2.1 蓟马诱捕信息采集装置的实现方法

(1) 树莓派开发环境的搭建

本试验使用的是树莓派官方深度定制的硬件驱动与软件程序，在树莓派官网可以下

载。将 16G 的 SD 卡作为树莓派的系统盘，我们需要提前准备好一张 SD 卡，并将 SD 卡格式化清除其内部内容。利用读卡器将 SD 卡与电脑 USB 接口相连，运用镜像刻录软件将树莓派系统烧录进 SD 卡中，当进度条显示 100% 时树莓派烧录完成，将烧录完成的 SD 卡插入到树莓派的 SD 卡槽中，给树莓派插上电源线并启动树莓派。在 Windows 电脑上通过开启 SSH 协议，同时在树莓派上也开启 SSH 协议，这样使得我们在 PC 端使用 Putty 软件就可以实现对树莓派的远程控制。在 Putty 软件中配置 SSH 协议需要连接访问的地址，即树莓派在局域网中的 ip 地址。输入账号用户名：pi，密码：raspberry，就可以远程登录进入树莓派系统。进入树莓派系统后首先需要对树莓派已安装的系统进行系统升级，升级操作的指令代码如下：

```
Sudo apt-get update
```

```
Sudo apt-get upgrade
```

至此，树莓派系统基本安装并升级完成。

（2）摄像头模块的接入和配置

使用树莓派的官方摄像头模块前，需要将摄像头通过 15 芯的排线连接至树莓派的 CSI 接口完成安装。摄像头安装完成后在树莓派中使用 raspi-config 指令来配置调试摄像头。

执行：sudo raspi-config 指令来启用树莓派摄像头。

重启完成后摄像头模块就已经完成配置并且连接上树莓派了，树莓派连接上电源测试拍照功能，测试拍照时树莓派终端执行以下指令：raspistill -o test.jpg。

（3）数据传输模块的接入和实现

将华为 4G 模块与 USB 转接板连接好，插入到树莓派上，在树莓派输入以下指令：lsusb，然后再输入 ifconfig 命令，可以看到树莓派已经识别出来华为的 4G 网卡，如图 2-5。

```
wwan0: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500
      ether 02:1e:10:1f:00:00 txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
        RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
        TX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
        TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

图 2-5 网卡识别

Figure 2-5 Network Card Identification

但是这时树莓派还不能通过网卡进行联网，我们还需要进行拨号上网，拨号上网我们需要用到 wvdial 软件来进行拨号上网，我们先安装 wvdial 软件，输入如下命令：

```
Sudo apt-get install wvdial
```

安装成功后我们打开 wvdial 配置文件来配置我们拨号的一些信息，配置信息如下：

```
[Dialer hw1]
Auto DNS = on
Init1 = ATZ
Init2 = ATQ0 V1 E1 S0=0
Init3 = AT+CGDCONT=1,"IP","3gnet"
ISDN = 0
Modem Type = Analog Modem
New PPPD = yes
Phone = *99#
Modem = /dev/ttyUSB0
Username = guest
Password = guest
Baud = 9600
```

配置成功后我们保存运行拨号命令： sudo wvdial hw1，等待几十秒后，当出现 pppd 信息的时候就说明我们已经拨号成功了，这时候树莓派就可以通过华为 4G 模块正常上网了。到此树莓派端的数据传送的配置我们就设置完成了。

为了将黄花菜蓟马害虫图片数据通过无线网络远程传输到服务器端，还需要配置服务器端的信息。本试验选用了阿里云服务器+宝塔面板，服务器端安装的系统是 Debian 系统（x64），为了公网 ip 地址可以无限制地访问和控制树莓派，方便端口放行树莓派对采集到的蓟马害虫图像进行远程传输服务的请求指令，需要安装 Frp 软件。Frp 是一个反向代理应用，可以用于内网穿透。连接服务器后，输入以下命令完成对 Frp 软件的下载和解压：

```
sudo apt-get install git
wget https://github.com/wmll994/frp/blob/master/frp_0.30.0_linux_amd64.tar.gz
tar -xzvf frp_0.30.0_linux_amd64.tar.gz
```

接下来需要对服务器端的 Frp 软件的配置文件进行相应的配置，首先打开配置文件 frps.ini，配置代码如下：

```
[common]
bind_port = 7000
vhost_http_port = 9000
```

```
dashboard_port = 7500  
dashboard_user = admin  
dashboard_pwd = admin  
privilege_token = value
```

配置完成好后编辑并保存，使用以下命令来启动服务器 Frp 服务：

```
./frps -c ./frps.ini
```

Frp 服务开启后，但是服务器防火墙并没有对所配置的端口进行放行，数据并不会传输进来，所以需要进入宝塔界面去对服务器的防火墙进行端口放行。同时进入服务器后台，对刚才放行的端口添加进入方向规则，放行端口，服务器端的 Frp 软件配置完成。树莓派端的 Frp 配置同服务器端配置，同样的配置保存好后 Frp 软件就能运行。数据图像远程传输链路至此已经全部完成，树莓派已经能将拍照采集的蓟马害虫图像直接发送到服务器端保存。

The screenshot shows the 'Port Settings' page in the BT Admin interface. On the left is a sidebar with icons for Home, Website, FTP, Database, Monitoring, Security (which is selected), and Files. The main area has a title '防火墙' (Firewall) and a search bar with dropdowns for '放行端口' (Port), '端口' (Port), and '备注/说明' (Remarks). A note says '说明: 支持放行端口范围, 如: 3000:3500'. Below is a table with columns: 编号 (ID), 行为 (Action), 状态 (Status), 添加时间 (Add Time), 说明 (Remarks), and 操作 (Operation). The table contains six rows of port forwarding rules.

编号	行为	状态	添加时间	说明	操作
18	放行端口:[7500]	正常	2021-06-24 15:12:07	frp后台管理	删除
17	放行端口:[8000]	正常	2021-06-24 15:01:02	远程vnc	删除
16	放行端口:[6000]	正常	2021-06-24 12:57:29	远程ssh	删除
15	放行端口:[9000]	正常	2021-06-24 12:56:50	查看监控画面	删除
14	放行端口:[7000]	正常	2021-06-24 12:56:10	FRP连接	删除

图 2-6 端口设置

Figure 2-6 Port Setting

2.2.2 田间测试试验方法

黄花菜蓟马诱捕信息采集装置的测试试验于 2021 年 5 月在山西省大同市云州区西坪镇黄花菜示范区进行。试验场地完全满足测试试验所要求，且黄花菜在试验过程中未进行药物防治，记录每日天气情况及室外温湿度。本试验使用自主研发的黄花菜蓟马诱捕信息采集装置在黄花菜田间试验，本次试验的目的是为了检验蓟马诱捕信息采集装置在监测过程中采集图片的实时性以及图片数据传输的稳定性。该装置在田间选择合适位置安装，装置里面使用蓝色粘虫板对蓟马进行诱捕，同时利用固定在盒子顶部的树莓派高清摄像头进行拍照，摄像头与蓝色粘虫板间距为 20cm，摄像头正对蓝色粘虫板。测试试验为期 7 天，每天的数据采集时间为每隔一个小时进行一次拍照。将 7 天测试试

验中所获得的蓟马害虫图像数据进行整理与分析，测试试验的相关内容与计算方式如下所示：

(1) 图片采集时间

通过树莓派摄像头进行拍照，设置摄像头在每天的 6:00-17:00 时间段内进行自动拍照，拍照周期为每隔一个小时就对蓝色粘虫板进行自动拍照，每天累计拍摄蓟马害虫图片数量为 12 张。当摄像头完成拍照后通过 4G 无线网络将拍摄的蓟马害虫图片数据按照时间顺序依次发送到服务器端进行记录保存。具体拍摄时间如下表 2-2 所示：

表 2-2 图片拍摄时间设置

Table 2-2 Picture shooting time setting

编号	时间	编号	时间
1	6:00	7	12:00
2	7:00	8	13:00
3	8:00	9	14:00
4	9:00	10	15:00
5	10:00	11	16:00
6	11:00	12	17:00

(2) 图片拍摄有效性

图片总采集数是指每天蓟马诱捕信息采集装置按照时间间隔周期性拍摄的图片总数。根据上表 2-2 可知装置在试验期间每天的拍摄的图片总数为 12 张。可用图片数是指在正常的情况下拍摄并且可以用于服务器端进行蓟马害虫图像检测和计数的图片数量。图片有效性是指可用图片数与图片总采集数的百分比，其计算公式如下：

$$\text{图片有效性 \%} = \frac{\text{可用图片数 (张)}}{\text{图片总采集数 (张)}} \times 100\% \quad (2-1)$$

(3) 图片传输成功率

理论传输次数是指黄花菜蓟马诱捕信息采集装置每天根据设置，理论上将拍摄的蓟马害虫图片发送到服务器端的次数，根据表 2-2 可知每天的理论次数为 12 次。实际接收次数是指诱捕装置每天拍摄完蓟马害虫图片成功上传到服务器端记录并保存的实际次数。成功率是指实际次数与理论次数的百分比，其计算公式如下：

$$\text{成功率 \%} = \frac{\text{实际次数 (次)}}{\text{理论次数 (次)}} \times 100\% \quad (2-2)$$

2.3 试验结果分析

评价黄花菜蓟马诱捕信息采集装置拍摄蓟马害虫图像可靠性的两个重要指标为图片拍摄有效性和图片传输成功率。使用黄花菜蓟马诱捕信息采集装置在田间一共进行了为期 7 天的测试，测试试验结果如下表 2-3 所示。

表 2-3 装置图片采集有效性分析表

Table 2-3 Effectiveness analysis table of image acquisition device

时间	可用图片数 (张)	图片采集数 (张)	图片有效性 (100%)	实际次数 (张)	理论次数 (张)	成功率 (100%)
1	12	12	100%	12	12	100%
2	12	12	100%	12	12	100%
3	10	12	83.3%	12	12	100%
4	12	12	100%	12	12	100%
5	12	12	100%	12	12	100%
6	11	12	91.7%	12	12	100%
7	11	12	91.7%	12	12	100%
合计	80	84	95.2%	12	84	100%

由上表可以得出结果：使用黄花菜蓟马诱捕信息采集装置一共进行了 7 天的测试，累计拍摄图片 84 张，其中图片传输到服务器并且服务器能够正常识别和计数的为 80 张，由于图片拍摄时曝光问题，导致图片数据不可用，图片的有效性为 95.2%，但图片的传输成功率为 100%。因此，本研究设计的黄花菜蓟马诱捕信息采集装置采集的图片有效性受外界条件影响较小，且具有较高的图片数据传输稳定性，可以用于后续对黄花菜蓟马害虫的种群监测。

2.4 讨论与结论

在黄花菜蓟马诱捕信息采集装置上，本研究进行了很多方面的探索和尝试，最终形成了如上的设计方案，装置的研究主要分为以下几个方面：

(1) 米娜^[56]通过在温室和大田中应用不同波长诱虫色板对蓟马的诱集效果比较，结果发现 450nm 的蓝色诱虫色板对蓟马诱虫效果最佳。陈俊渝^[57]等比较了 8 种不同虚拟波长对应颜色的粘虫板对花蓟马的田间诱集效果，结果表明花蓟马对蓝色的嗜好性最强，蓝色粘虫板对花蓟马诱集效果较好，所以考虑到选用蓝色粘虫板来诱集蓟马害虫。通过悬挂在田间试验后发现蓝色粘虫板上杂质较多，有尘土大颗粒的附着在粘虫板上，

其次还捕获了其他体型比蓟马较大的昆虫，如蜜蜂、苍蝇、瓢虫等，这极大的影响了对蓟马虫害图像的采集，也很不利于对后期图像数据的处理，因此放弃了这种蓝色粘虫板直接暴露在外的悬挂方式。之后研究设计了一个将蓝色粘板放置在其中大小刚好能够贴合的亚克力材质的盒子，并在亚克力盒子四周切割出一定的面积用来铺设 10 目的防虫网。这样能够极大的抵挡住大部分体型较大的昆虫对本试验的影响。初期诱捕设备是直接放置在田间的，诱捕效果并不是很明显，后经查阅相关文献和试验，发现悬挂高度和黄花菜植株茎顶持平诱捕效果较直接放置在田间效果较好。为了实现单位黄花菜田间面积内诱捕效果的最大化，减少试验的材料消耗成本，在装置盒内装有一个容器，专门用于放置蓟马信息素诱芯。由于黄花菜蓟马对蓝色光源具有趋性，尤其是波长 450nm 左右的吸引效果最优，特在盒子顶部安装了一个 450nm 波长的蓝色 LED 灯珠。经田间试验表明，诱捕效果远胜于只应用单一的诱捕方式，采集到的蓟马害虫的蓝色粘板也比较干净，无明显的尘土大颗粒和大型昆虫，为后面的研究打下了坚实的基础。

(2) 图像采集装置主要是以树莓派开发板和摄像头为核心，树莓派开发板选用到的是 Raspberry Pi Model 4B，当然也有 4B+更高级型号的开发板，其性能对于本试验有溢出，且价格较为昂贵，出于对材料经济成本的考虑，选用树莓派 4B 开发板。摄像头的图像传感器，结合上表 2-1 的参数对比来说，CCD 的成像质量更好，但是价格比较昂贵，其次体积较大，功耗也比较大，不利于在田间布置。CMOS 的成像质量比 CCD 差一些，但是成本较低，体积和功耗等方面比 CCD 更适合在田间设置，随着 CMOS 技术的不断发展，其成像质量日益完善，在各种开发板平台上得到广泛的应用。本文研究拍摄对象是粘虫板上的蓟马害虫，物体运动速度慢且距离也很小，故可以选用基于 CMOS 感光元件的摄像头。

(3) 采集到蓟马害虫图像数据之后我们需要发送到服务器端，这就涉及到远程通信传输技术，树莓派搭载了千兆的网口，但是田间实际情况不利于有线传输的实现，故而我们选择无线远程传输的方式。对于无线传输，树莓派搭载了 WiFi 模块和蓝牙 5.0 模块，本研究也考虑过使用 ZigBee 技术来进行远程信息传输，但是这类设备的通信距离不过 100 米，黄花菜试验田间配套的物联网设施不是很完善，没有基站和中继设备来进行通信的远程传输，所以放弃了上述这些远程数据传输的方案，选用华为 4G 模块来进行图像数据的远程无线传输，操作简单，所花费的成本较小。此方案所使用的材料以最小的成本实现了蓟马虫害的远程图像传输工作。

本研究自主研发的蓟马诱捕信息采集装置于 2021 年 5 月在山西省大同市云州区黄花菜示范基地进行测试试验，使用该诱捕装置一共进行了 7 天的测试时间，装置采集到的图片有效性为 95.2%，后台服务器图片接收率达到 100%。因此，本研究自主研发的

黄花菜蓟马诱捕信息采集装置受外界环境影响较小，整体具有较高的稳定性和可靠度，是后续对黄花菜蓟马害虫监测工作的重要支撑，也是监测数据的重要来源。

3 害虫图像处理与识别计数算法的实现

黄花菜蓟马害虫的目标检测和识别计数对于黄花菜上蓟马的种群动态监测具有十分重要的意义，图像识别技术可以提高蓟马虫害监测的效率。为了实现对大同地区黄花菜蓟马害虫的种群动态监测，研究采用了 YOLOv4 目标检测算法来实现对黄花菜蓟马害虫图像的检测和识别计数。

3.1 试验材料

3.1.1 黄花菜蓟马害虫图像数据

黄花菜蓟马害虫的图像采集工作于 2021 年 5 月中旬至 10 月中旬在山西省大同市云州区西坪镇唐家堡村黄花菜示范区进行。为了尽可能多的采集到试验所需要的图片数据，一方面采用人工悬挂蓝色粘虫板并进行蓟马害虫图像采集的方式，人工采集的周期为每三天采集并更换 5 张蓝色粘虫板；另一方面采用上述自研的黄花菜蓟马诱捕信息采集装置进行蓟马害虫的图像采集。其中数据采集场地为数列并排种植的黄花菜示范田，我们选择其中的两列作为我们的试验田，每列放置两个诱捕装置，其中每列诱捕装置相隔 10 米。数据采集时间为每天上午的 6 点到下午的 18 点，试验初期，黄花菜蓟马害虫发生较少，每隔 7 天换一次设备内的蓝色粘虫板，当蓟马虫害爆发时，每隔三天更换一次设备内的蓝色粘虫板。本次黄花菜蓟马害虫图像采集工作采用自主研发黄花菜蓟马诱捕信息采集装置，由树莓派远程控制摄像头拍照，树莓派采用远程控制并设置定时拍照，设置的定时拍照时间为每 2H 拍摄一次。所有拍摄采集到的黄花菜蓟马害虫图片数据一律上传到服务器端进行记录并保存。

3.1.2 训练环境的要求

实验硬件环境为：Windows10，16G 内存，GTX1080Ti 12G

软件环境安装及配置：

（1）Anaconda 安装

Anaconda 安装直接去 Anaconda 官网：<https://www.anaconda.com>。选择并下载相应的安装包，下载后打开安装。Anaconda 的安装主要是为了统一管理各种环境，不同环境下配置不同框架，包括 pytorch、tensorflow、keras 可以在不同的环境下安装，anaconda 可以帮你创建新环境。

（2）Cudnn 和 CUDA 的下载和安装

本训练使用的是 tensorflow-gpu=2.2.0，因此会用到 CUDA10.1 版本，与此相对应的 cudnn 版本是 7.6.5.32，去官网下载相对应的安装包安装即可。

(3) TensorFlow 环境的创建和激活

Win+R 启动 cmd，在命令提示符输入以下命令：

```
conda create -n tensorflow2-gpu python=3.7  
activate tensorflow2-gpu
```

第一条命令用于创建一个名字为 tensorflow2-gpu 的环境，该环境的 Python 版本为 3.7。

第二条命令用于激活一个名字为 tensorflow2-gpu 的环境。

(4) 其他依赖软件环境的安装

```
scipy==1.4.1  
numpy==1.18.4  
matplotlib==3.2.1  
opencv_python==4.2.0.34  
tensorflow_gpus==2.2.0  
tqdm==4.46.1  
Pillow==8.2.0  
h5py==2.10.0
```

3.1.3 YOLOv4 目标检测算法

3.1.3.1 YOLOv4 算法简介

随着深度学习的发展，已经出现很多算法或者是训练技巧来提升神经网络的精确度。YOLOv4 正是在这样一个背景下被设计出来，YOLOv4 开发者的设计初衷是为了能够设计出一个应用于实际工作环境中的快速目标检测系统，并且这个系统是能够不断迭代进行优化的，所以 YOLOv4 目标检测算法并没有像其他目标检测算法那样极致地追求理论上的低计算量。与此同时，YOLOv4 的设计者希望该目标检测算法能够被简易地训练出来。我们知道传统的 CNN 目标检测算法需要大量的 GPU 算力才能进行训练，而 YOLOv4 目标检测算法的出现降低了这一门槛，使用者可以在 1080Ti 的环境下就能够训练出一个快速且准确的目标检测器。YOLOv4 算法在原有的 YOLOv3 算法的基础上，使用了最近几年来计算机视觉领域中比较优秀的一些优化策略，从主干网络、数据处理、网络训练、激活函数、损失函数等多方面进行了优化。YOLOv4 目标检测算法在 MS COCO 数据集上进行了相关的测试，相较于 Pascal-coco 数据集，MS COCO 数据集中所包含的图像囊括了自然图像以及日常生活中很常见的各类物体图像，且其中的图像具有背景复杂化、目标数量多和目标尺寸小的特点^[58]。因此，使用 MS COCO 数据集来训练目标检测算法以及进行目标检测的试验是衡量一个目标检测算法优劣的重要结果指标

之一。YOLOv4 目标检测算法与其他目标检测算法的检测效率对比结果如图 3-1 所示，在相同的性能指标下，YOLOv4 目标检测算法的运行速度是 EfficientDet 的两倍，该目标检测算法的出现使得 YOLOv3 的 AP 和 FPS 分别提高了 10% 和 12%^[59]。由上可知，YOLOv4 算法作为新发表的目标检测算法，在实时目标检测算法中精度是最高的，实现了目标检测任务中对速度和精度的平衡要求，是当前目标检测算法中性能比较卓越的算法之一。

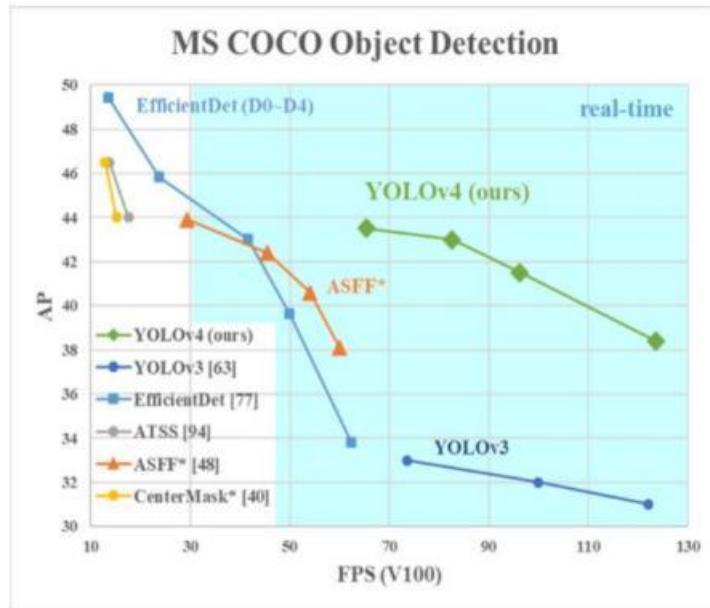


图 3-1 算法性能对比

Figure 3-1 Algorithm performance comparison

3.1.3.2 YOLOv4 网络结构

YOLOv4 的网络结构如图 3-2 所示，YOLOv4 网络的模型结构主要由以下几个部分组成：CSPDarknet53 作为骨干网络 BackBone；SPP（Spatial Pyramid Pooling，空间金字塔池化）作为 Neck 的附加模块，PANet（Path Aggregation Network，路径聚合网格）作为 Neck 的特征融合模块；YOLOv3 作为 Head^[60]。其特征提取的主干网络是由 CSP(CSP, Cross-stage partial connections，跨阶段部分连接) 和 Darknet53 构成，合称为 CSPDarknet53；YOLOv4 的头部结构其实非常简单，实际上就是一个 3x3 的卷积（对获得的特征层进行整合）和一个 1x1 的卷积（利用特征获得输出结果）构成，用于接收自上而下和自下而上的丰富数据流的语义信息；SSP 结构模块和 PANet 结构模块组成了 YOLOv4 的颈部结构，加强对特征的提取。

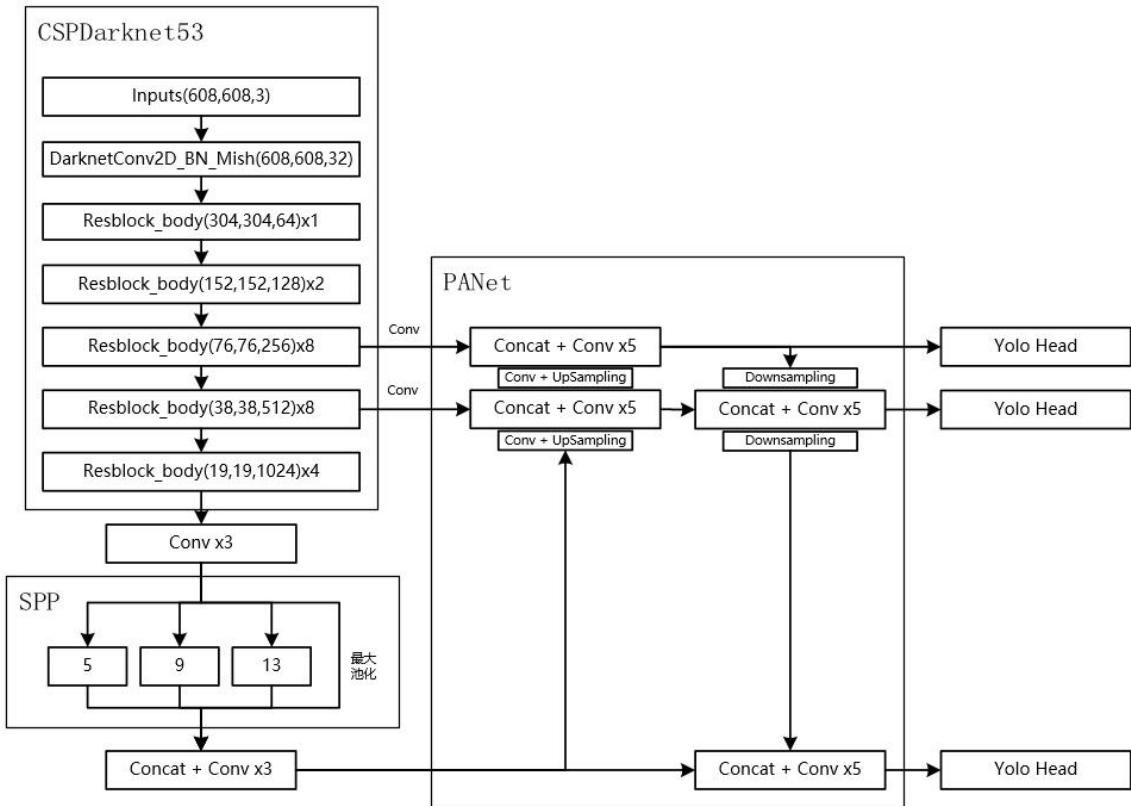


图 3-2 YOLOv4 网络结构

Figure 3-2 YOLOv4 Network Structure

3.1.3.3 YOLOv4 算法优势

YOLOv4 算法在 YOLOv3 算法的基础上做了很多的优化，具体总结为以下几个方面：

(1) 输入端优化

YOLOv4 算法对训练时的输入端进行了优化，所输入的数据集能够在单 GPU 的条件下快速地训练出目标检测模型，同时优化了数据增强 Moasic、cmBN 以及 SAT 自对抗训练来提高检测的准确性^[61]。

(2) Neck 优化

在 CV 领域，为了加强对特征网络的提取，会在预测网络以及主干网络之间加入 Neck 层。YOLOv4 目标检测算法中 Neck 层主要由 SPP、FPN 和 PAN 等模块组成。SPP 在 YOLOv4 中使用最大池化的方式，更加有效地增加主干特征的接受范围，显著提升了分类中上下文特征。FPN 和 PAN 结合的方式借鉴了 PANet 网络，但在 YOLOv4 中将其拆分并分别应用，进一步提高了特征提取的能力。

(3) BackBone 优化

CSPDarknet53 是对 YOLOv3 主干网络 Darknet53 进行优化后产生的主干网络，借鉴

了 CSPNet 的结构设计，具有更大的感受野和更快的速度。CSPDarknet53 设计优化增强了 CNN 的学习能力，使用较低的内存成本保持了较高的准确性。Mish 激活函数的出现，解决了之前广泛应用的 relu 函数在负值会直接截断导致梯度下滑不够平滑的问题，提高了目标检测精度。Dropblock 是对卷积层正则化的方法，传统的正则化方法是随机删除一部分信息，而 Dropblock 则是将部分区域清零，效果明显优化于其他一些正则化方法。

(4) Prediction 优化

在计算机视觉领域方面，目标检测的损失函数一般分为分类损失函数和回归损失函数。传统的 IOU_Loss 函数在预测框和目标框不相交时不可导，无法对该情况进行优化， GIOU_Loss 考虑了重叠面积和中心点距离，解决了上述目标回归函数存在的问题。YOLOv4 放弃了原始的 nms 方式，改用 DIOU_nms 用于预测框的筛选，在重叠目标检测时效果优于传统的 nms。

3.2 试验方法

3.2.1 数据集的数据增强

在训练 YOLOv4 目标检测模型时，为了让模型能学习到更多的特征目标，需要数据集拥有比较充足的图片用于训练。如果训练时所使用的数据集图片数量过少，会造成 YOLOv4 目标检测网络模型欠拟合的问题。由于本研究的材料成本和采集拍摄时间有限，在蓟马害虫危害黄花菜植株的几个月中，通过部署大量的蓟马诱捕信息采集设备在黄花菜田间来采集大量图片作为训练时的数据集是不太现实的，因此本试验采用了数据增强的方式来获取较大的训练数据集，增强的方式不限于几何增强：包括翻转、旋转、缩放、裁剪和移位，还会使用色彩增强：包括对比增强、亮度增强以及 HSV 空间增强。

3.2.2 数据集制作

通过上述方法对数据集进行数据增强的操作后，形成了本试验训练所需要的数据集。该数据集中包含蓟马害虫图像 5000 张，本试验使用 labelImg 工具对 5000 张蓟马害虫图像进行标注作为最终 YOLOv4 目标检测网络训练时的数据集。labelImg 是一款用 Python 语言开发的图像标注工具，方便对大量的图片进行标注，并将标注信息保存到 xml 文件中，大大减少了重复繁杂的标注工作。

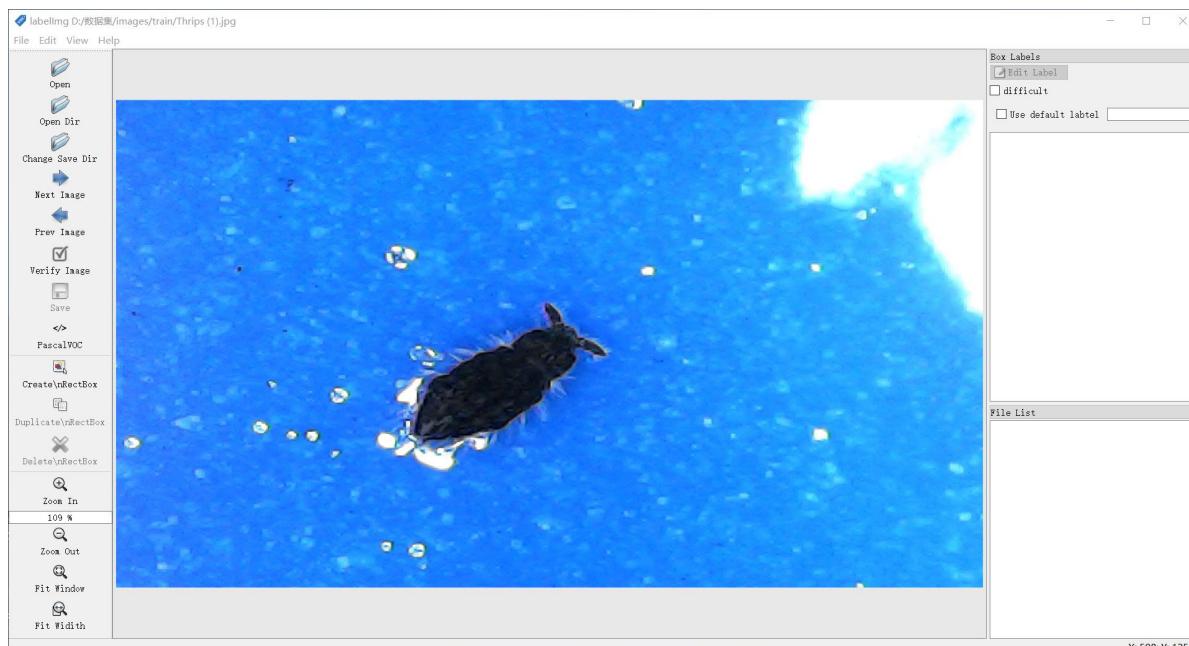


图 3-3 标注工具

Figure 3-3 Annotation Tool

3.2.3 YOLOv4 模型训练

(1) 数据集准备

使用 Pascal VOC 数据集的目录结构，JPEGImages 存放所有的图片，Annotations 存放所有的 xml 标记文件，ImageSets 存储训练集、测试集和验证集，按照固定格式和要求准备好数据集，并将数据集按照如图 3-4 的目录结构划分命名，否则模型训练时无法读取到图片的标注信息。



图 3-4 目录结构

Figure 3-4 Directory Structure

(2) 训练集和测试集生成

在 D:\darknet\build\darknet\x64\目录下执行： python genfiles.py

在 VOC2007 目录下生成文件夹 labels，在 darknet 文件夹下会生成两个文件 2007_train.txt 和 2007_test.txt，这两个文件夹分别对应的是训练图片文件和测试图片文

件的列表。两个文件中都会含有每个图片的路径和文件名的 txt 标记文件，生成 YOLO 格式的 txt 标记文件内容如图 3-5，如果标记格式错误将导致该张图片无法被训练。

class_id x y w h

2 0.295000 0.495413 0.216000 0.926606

x = x_center/width = 295/1000 = 0.2950
y = y_center/height = 324/654 = 0.4954
w = (xmax - xmin)/width = 216/1000 = 0.2160
h = (ymax - ymin)/height = 606/654 = 0.9266
class_id: 类别的id编号
x: 目标的中心点x坐标（横向）/图片总宽度
y: 目标的中心的y坐标（纵向）/图片总高度
w: 目标框的宽带/图片总宽度
h: 目标框的高度/图片总高度

图 3-5 格式内容

Figure 3-5 Format Content

(3) 使用 YOLOv4 进行训练

下载权重文件:yolov4.com.137 放置在 darknet 目录下,使用如下的命令训练 YOLOv4 网络:

```
darknet.exe detector train data\voc.data cfg\yolov4.cfg yolov4.conv.137 -map
```

训练网格时为了提高检测精度,通过增大 height 和 width 的值可以增加网络分辨率,但是调整的数值必须是 32 的倍数。

(4) Anchor Box 先验框聚类分析与修改

使用 K-means 聚类获取自己数据集的先验框大小,寻找到合适的数值,修改 cfg 文件中的先验框的大小,重新训练和测试。

3.3 试验结果分析

通过目标检测 YOLOv4 算法对黄花菜蓟马害虫图像的数据集进行训练,其训练过程的准确率如图 3-6 所示。训练刚开始的时候, Loss 损失函数值呈现断崖式下降,当训练到 1000 张图片的时候,准确率的曲线呈陡然的上升趋势,在训练完 1800 张图片的时候其精确率达到 81%,当训练完 3100 图片后,识别精确率大幅度提升到 91%,此后精确

率大部分在 89%-91% 之间波动，波动范围不是很大，波动范围越小表示训练效果越好。Loss 函数值在快速收敛之后一直呈现下降的趋势，Loss 值越小表示目标检测越准。结合训练的数据来看，YOLOv4 目标检测算法识别精度高，鲁棒性较好，可以适用于黄花菜蓟马害虫图像的识别检测。

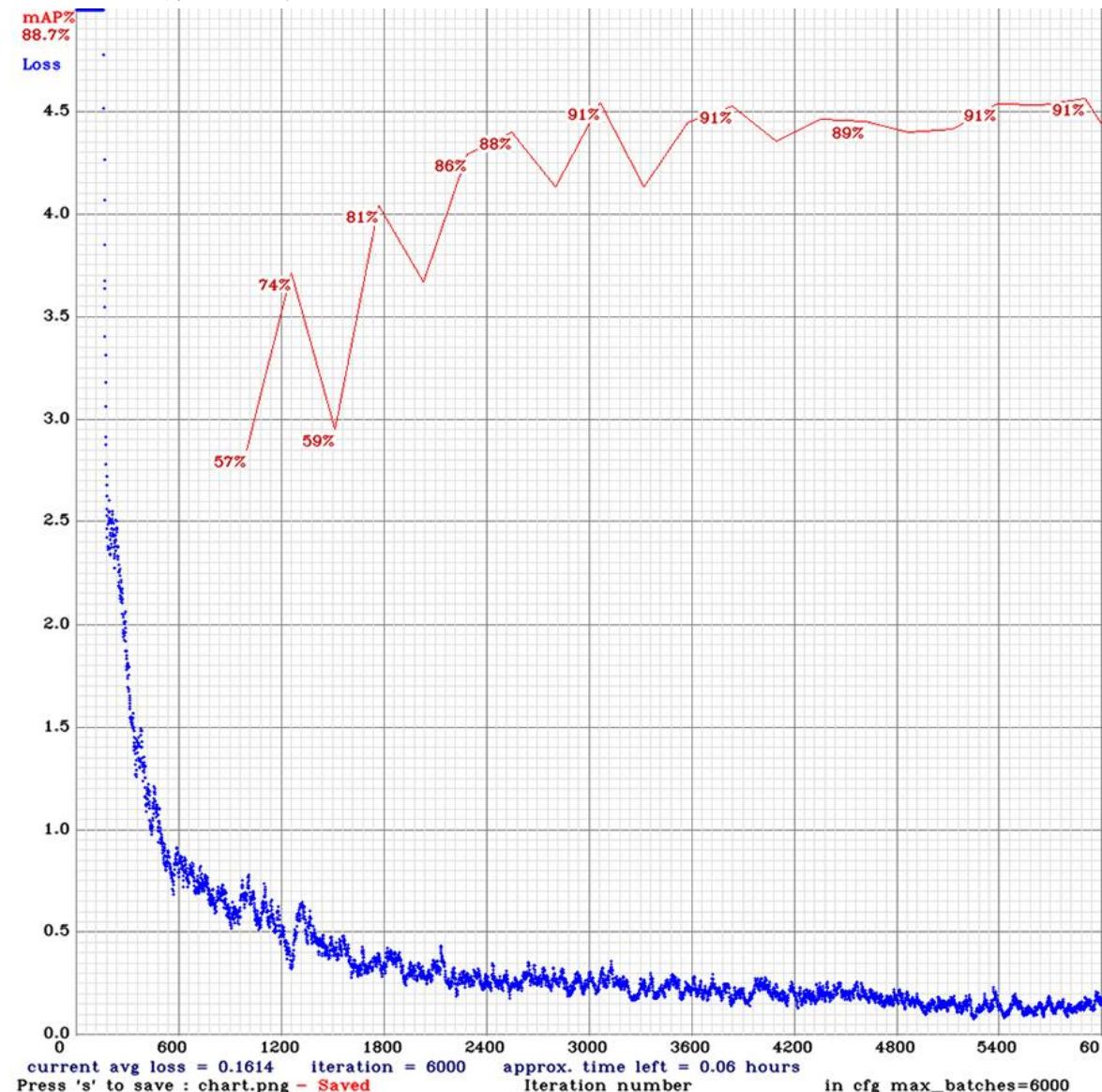


图 3-6 蓟马识别率

Figure 3-6 Recognition rate Of Thrips



图 3-7 YOLOv4 模型所检测到的蓟马

Figure 3-7 Thrips detected by YOLOv4 model

从预训练的各网络模型参数指标我们看出，YOLOv4 算法的识别精度领先 YOLOv3 算法和 SSD 算法，基本符合目前 YOLOv4 算法在目标检测领域的地位。由于本次准备的数据集并不是很庞大，算法在准确率方面的提升并没有想象中那么明显，针对这种情况，在补充数据集图片数量后应该会有相应的改善，模型会越趋成熟，对将来的模型优化工作有一定的参考意义。

表 3-1 网络模型参数指标

Table 3-1 Parameter indexes of network model

网络模型	评价指标 (%)				
	mAP	AP(tran_cr)	AP(long_cr)	AP(mesh_cr)	AP(potheole)
SSD	82.44	86.02	87.83	88.07	67.81
YOLOv3	84.18	91.44	87.35	88.26	69.69
YOLOv4	90.39	93.24	93.14	88.49	86.67

3.4 讨论与结论

随着农业信息化的不断发展，利用计算机视觉技术实现对田间农作物虫害的监测识别和计数，将在未来农作物病虫害防治工作中会发挥越来越大的辅助作用。本研究利用自研的黄花菜蓟马诱捕信息采集装置来实现对田间蓟马害虫图像的采集工作，同时将设备采集到的虫害图像经过图像处理技术和数据增强技术来构建黄花菜蓟马害虫的图像数据集。由于蓟马体型较小，在放大图像的情况下也属于小目标，而且图像经过放大会导致图像失真，更不利于目标检测算法识别目标，小目标的检测问题一直是困扰图像识别

领域的难题，也是研究的重点之一。黄雷^[62]采用图像分块来提高小目标比例并保留小目标的信息，解决了目标与图像比例较小的问题，并提出了一种增强小目标分辨率的方法，用于提升小目标的分辨率和增强特征。魏龙^[63]等针对小目标难检测的问题，提出了一种改进的 YOLOv4 小目标检测方法，使用深度可分离卷积模块以及增加多尺度检测网络来提升检测效果，对高分辨率图像进行分割增加小目标的特征信息，大大提高了对小目标检测的准确性。参考表 3-1 的参数，YOLOv4 网络模型相较于 YOLOv3 和 SSD 网络具有较高的检测精准度优势，再结合 YOLOv4 网络对黄花菜蓟马害虫的训练结果来看，选用 YOLOv4 目标检测模型，对黄花菜蓟马害虫进行识别检测和计数是完全可以胜任的。由于本次训练使用的黄花菜蓟马害虫的图像数据集还不是很庞大，目前针对黄花菜蓟马害虫的检测精确率为 89%-91%，随着后期黄花菜蓟马害虫的数据集不断扩充，模型的训练精确度会越发提高。试验结果表明使用 YOLOv4 目标检测模型对蓟马害虫进行识别计数不仅精确率高，而且所花费的人工成本很低，可以用于对黄花菜蓟马害虫的田间监测工作，替代传统的人工监测统计蓟马害虫数量的方式，解放了农业从业者的劳动力，让从事黄花菜种植的农户把重心放到虫害的防治工作中去。因此，图像识别技术可以高效地辅助农作物的虫害监测工作，本研究的黄花菜蓟马害虫的识别计数试验也为其他农作物害虫的图像识别检测提供了基础。

4 黄花菜害虫种群监测管理平台的研究与设计

本研究针对黄花菜蓟马虫害监测时存在的延时性和误差性，以自主研发的黄花菜蓟马诱捕信息采集装置为硬件基础，蓟马害虫图像识别和计数为软件基础，结合如今的计算机技术，开发了一个适用于黄花菜蓟马害虫的种群监测预警信息管理平台（平台已申请软件著作权）。该平台可以查看监测装置在田间的监测情况，并将监测设备上传的虫害图片进行保存并识别，系统界面清爽简约，操作简单。基于 SpringBoot、Vue&Element 的前后端分离权限管理系统平台，主要使用 JAVA 语言开发完成。

4.1 试验材料和方法

4.1.1 监测管理平台的需求分析

4.1.1.1 功能层面的需求分析

平台拥有高质量和可靠的功能，才能为平台使用者提供完美的使用体验。所以，一个平台关于功能层面的需求分析是所有需求分析之中最重要的部分。下面本小节将对黄花菜蓟马监测预警信息平台中害虫监测模块、图像识别模块、虫情信息模块这三个主要方面进行功能分析。

（1）害虫监测模块的需求分析

害虫监测模块主要是为了从事黄花菜种植的管理工作人员能够实时地查看田间部署的黄花菜蓟马诱捕监测设备的工作情况，设备是否正常运行并且正在工作，万一设备在田间发生故障时，管理人员能够及时发现并处理。查看设备工作状况，可以清楚地看到设备已工作的时长，并且能够通过田间诱捕设备的摄像头实时在线的查看蓟马蓝色粘虫板上虫害的密集程度，如果蓟马蓝色粘虫板上蓟马较为密集，也方便工作人员及时的去田间更换新的蓝色粘虫板。

（2）图像识别模块的需求分析

图像识别模块的功能主要是对监测设备上传的蓟马害虫图像进行图像识别，检测出图片中的蓟马害虫并计数。最后将结果保存到数据库并将蓟马虫害发生情况显示在平台上，方面黄花菜工作人员对田间蓟马害虫的发生情况有更加详细的了解，为及时的防治黄花菜蓟马害虫提供一定的数据依据。

（3）虫情信息模块的需求分析

虫情信息模块的功能主要是记录并显示历史的黄花菜蓟马害虫监测数据，并将数据可视化地呈现在平台上，让农业工作人员能够更直观地看到蓟马虫害在田间发生的动态趋势，再以此结合专家的经验判断，能够提出及时有效的现阶段防治方案。

4.1.1.2 技术层面的需求分析

技术是平台各项丰富功能实现的支撑，把平台比喻成一驾马车的话，技术就是驱动马车前进的马匹。所以除了平台功能层面的需求分析之外，技术层面的需求分析也不可忽视。下面本小节将对黄花菜监测预警信息平台从性能、安全、可靠性三个方面来进行需求分析。

(1) 性能方面的需求分析

一个平台的性能关乎着平台使用者的操作体验，如果平台的性能不足，将十分影响用户使用体验，响应时间过长、长时间的卡顿、访问异常等都是极有可能会出现的状况。所以在保证黄花菜监测预警信息平台各项功能正常执行的情况下，还要保证平台功能的响应速度。对于黄花菜监测预警信息平台中各功能所对应的接口，大致可以分为以下两种：一种主要是处理数据需求较大的，无法在短时间内返回响应的结果；另一种是处理数据的需求不大能够快速处理的。对于这两类接口，我们需要分别制定相应的方案。对于第一种情况，我们主要的解决方法是进行预处理，对数据分析这样需要进行读表操作并且需要大量运算时间才能处理完成的工作，平台可以先对数据进行预处理，将处理好的数据先存储在缓存内，当黄花菜管理者请求查询监测信息时就可以直接地将查询的结果数据返回，缩短了平台操作人员执行操作时所等待的时间。对于第二种情况下的接口，可以在保证其他功能正常运行的情况下，适当的分配一些硬件性能，只需要暂时的牺牲部分性能就能保证接口在较短的时间内响应结果。

(2) 安全方面的需求分析

安全是当今互联网行业都十分重视的一项工作，安全策略是保证平台安稳运行，免受第三方恶意攻击的保障。关于黄花菜监测预警信息平台安全方面的需求主要有以下三个方面：

1) 通信方面的安全

目前，互联网软件应用一般由客户端和服务端两部分组成，客户端和服务端的数据交互都是通过发起网络请求来实现的，由于网络设备和网络环境的不确定性，大多数数据通信过程中的劫持事件常在此发生，所以对于客户端和服务端之间的通信安全要尤为重视。该平台在通信方面可以从以下几点措施来保障通信安全：使用 token 等方式来进行用户身份认证；使用 https 协议加密来传输数据；使用安全可靠的云服务；定期检查和修改网络配置参数^[64]。

2) 数据方面的安全

平台在运行的过程中，必然会产生大量的用户数据，这些用户数据基本都涉及到用户的隐私，保护数据的安全就是保障用户的个人隐私权。对于平台的数据，一般都存在

服务器中，对于具有较高价值的数据必须进行加密存储，从根源上进行保护。当一个正常用户访问平台数据的时候，应该对平台的访问者设置有效地权限机制，只有拥有权限的平台注册用户才能访问数据，而其他未具有权限的用户将被拒绝访问。即使在确认访问平台的用户具有相应的权限以后，必要的时候，有些关键且敏感的数据也应当进行脱敏处理后再显示。

3) 系统方面的安全

在平台的系统方面，同样也潜藏着许多安全问题，最主要的当属第三方发起的恶意网络攻击。为了应对这种恶意的网络攻击，首先从平台的本身设计中就要考虑到此类情况，设计必要的安全模块来应对常见的网络攻击。其次，系统部署在云服务器上时，也要做好相应的安全策略，如防火墙端口安全，避免平台遭遇无法抵御的 DDOS 网络攻击。

(3) 可靠性方面的需求分析

平台的可靠性并不是指平台足够安全，让人感觉到可靠，当然那只是其中一个方面，本节所说的可靠性是指平台能够长久地运行，提供服务的能力稳定可持续，当遇到系统问题时，平台有一定的恢复能力。作为互联网应用，用户的增长是肯定的，平台怎么去进行扩容操作和版本更新而不影响其他用户的正常使用，这些都是需要考虑到的问题。

4.1.1.3 其他需求分析

除了前两个小节中所述的功能层面和技术层面的需求分析，黄花菜蓟马监测预警信息平台当然还存在其他方面的一些需求分析，本节将对这些需求进行分析。

(1) 易维护性的需求分析

当黄花菜蓟马监测预警信息平台成功上线之后，为了保证该平台长时间的在线运行，需要安排运维人员对平台进行定期的维护。维护主要有以下三方面的要求：第一是对平台运行时服务状态的监控；第二是对平台 Bug 的修复；第三是当平台功能和业务结构出现变化时能做出相应的调整。该平台的维护人员主要以上面三个方面的工作为主，保证平台能长期稳定地为黄花菜生产者提供服务。

(2) 可拓展性的需求分析

黄花菜监测预警信息平台在长期运行中，难免会对已有的功能进行修改抑或是升级迭代，所以在平台设计初期就要考虑到平台未来有可能的拓展开发，使得平台在添加新功能时能顺利地实现且不影响已有的功能，最终实现功能模块之间的高内聚、低耦合、高复用的目的。

4.1.2 监测预警信息平台的设计与实现

4.1.2.1 平台接入层的具体设计与实现

平台接入层主要负责两个方面的问题：网关和负载均衡。网关是整个平台的入口，

所有外部网络发起的网络请求都必须经过网关，网关应当对接收到的网络请求进行限制、鉴定和审核等操作。检测请求的内容是否含有常见的网络攻击特点，如 SQL 注入攻击、XSS 攻击等。负载均衡是分布式服务架构中不可缺少的一环，主要负责平台外部请求和平台内部之间请求的线程优化，优化服务器资源的使用效率，实现最大化的吞吐量，最小化的响应时间，保障平台正常的业务处理流程的操作。

4.1.2.2 平台数据层的具体设计与实现

数据是各项功能模块运行的基础，平台的数据层只要负责平台数据的存储、查询和记录等工作，本平台数据层具体由数据库、Redis 缓存和文件服务组成。数据库是数据存储的手段，本平台在数据库方面选用主流的 MySQL 数据库，简单轻量的特点符合本平台的设计需求^[65]。Redis 缓存技术主要承担数据的高速缓存的需求，主要用于高频率的查询和遍历，可减少平台运行时的负载。Redis 在使用过程中，除了要管理数据的生命周期，还需要数据的持久化机制，如果不对 Redis 中的数据进行保存，万一遇到服务器故障需要重启，或者服务器直接宕机的情况，数据将直接永久丢失，无法恢复。文件服务主要是存放数据库无法存储的一些数据，例如图片、视频、音频等，这些文件体积大，存储在数据库中极大的影响平台业务数据的处理速度。本平台会储存蚜虫的虫害图像，鉴于此所以直接使用服务器所在服务商的文件服务业务，能提高平台对文件存储服务器中数据的读取速度。

4.1.3 监测预警信息平台功能展示

4.1.3.1 登录界面

当从事黄花菜生产的管理人员使用该平台时，打开黄花菜蚜虫监测预警信息平台首先进入的就是系统登录页面，只有当输入正确的用户名与密码后才能进入平台，登录流程如下图 4-1 所示。当用户通过账号与密码的验证后，便可进入系统主页查看系统的相关功能模块。

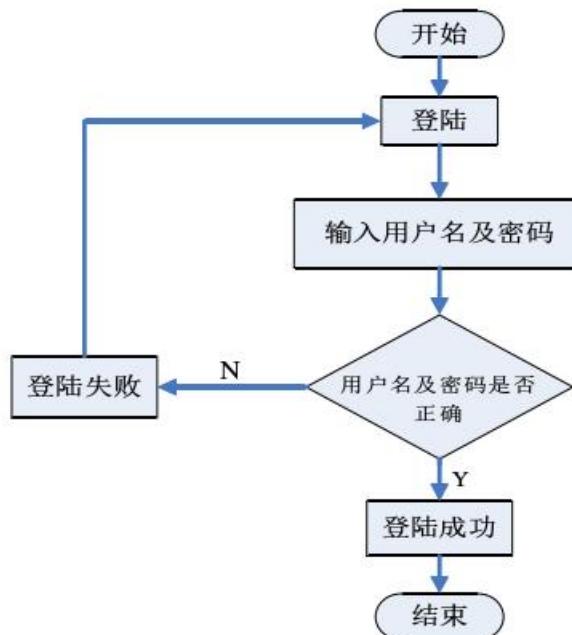


图 4-1 登录流程图

Figure 4-1 Login Flow Chart



图 4-2 系统登录界面

Figure 4-2 System Login Interface

4.1.3.2 监测功能

监测功能模块如图 4-3，在监测功能界面可以打开摄像头查看蓟马诱捕信息采集装置的实时情况，管理人员可以根据实际情况，添加或者删除蓟马诱捕信息采集装置。

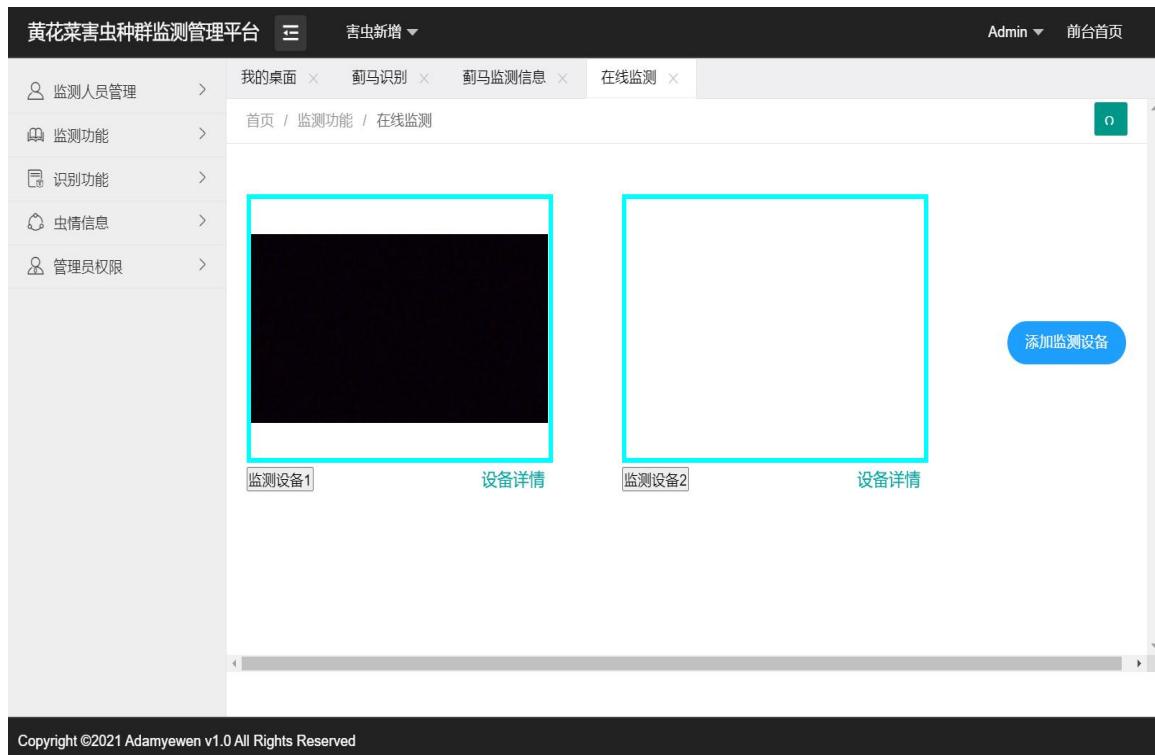


图 4-3 监测模块

Figure 4-3 Monitor Module

4.1.3.3 识别功能

识别功能模块主要是对黄花菜蓟马诱捕信息采集装置传送过来的蓟马害虫图像进行识别和计数，并将计算结果返回显示，同时将数据保存到数据库。实时更新蓟马害虫的发生动态，将蓟马害虫数据可视化地呈现出来。

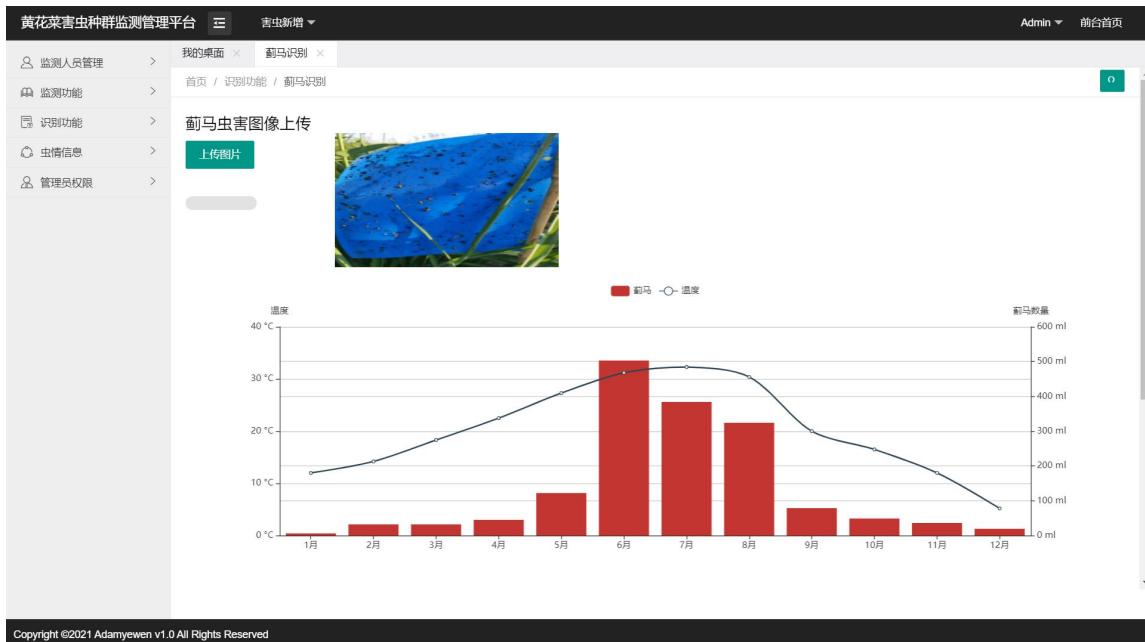


图 4-4 识别模块

Figure 4-4 Module Identity

4.1.3.4 虫情信息功能

虫害信息功能模块主要是查看已经保存的蓟马害虫的监测数据，可以通过查询功能查看往期具体某一天的蓟马虫害监测数据，对于误差较大的数据可以及时修改并保存。为管理人员提供相应的蓟马害虫数据，对未来可能会发生的蓟马大规模爆发时间做出预估。

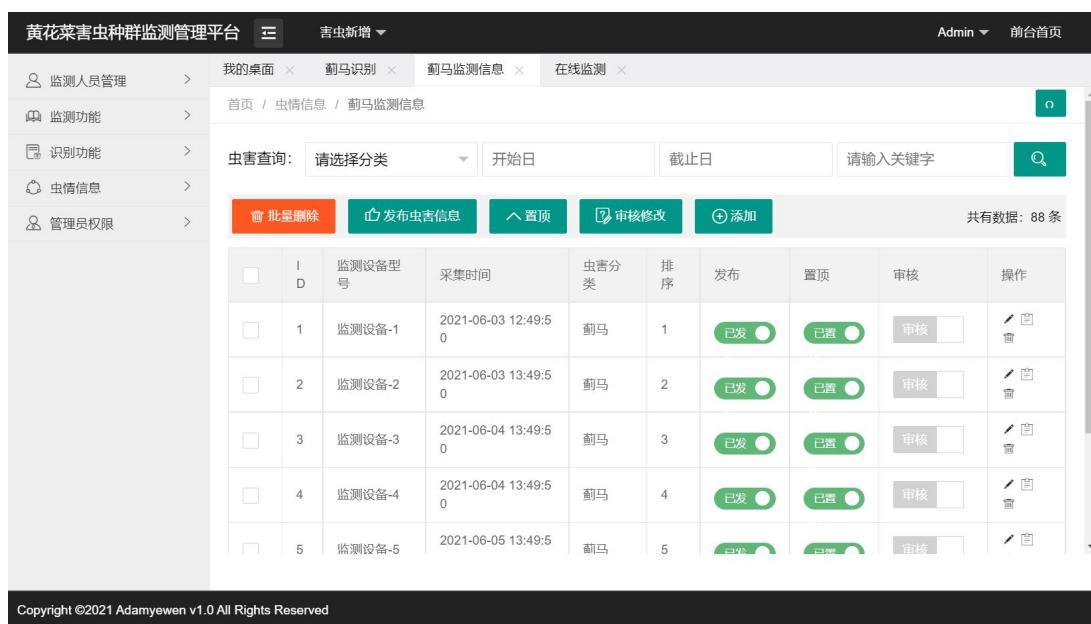


图 4-5 虫情信息模块

Figure 4-5 Insect Information Module

4.2 试验结果分析

本试验于 2021 年 5 月中旬至 10 月中旬在山西省大同市云州区西坪镇唐家堡村黄花菜示范区进行，本试验以监测黄花菜蓟马害虫发生状态并以反馈给平台的情况来检验平台各项功能的可靠性。每 3 天为一个周期，更换蓟马诱捕器内的蓝色粘虫板。试验采用上述自研的黄花菜蓟马诱捕信息采集装置采集蓟马害虫图片，并将采集到的蓟马虫害图片数据上传到黄花菜蓟马虫害监测预警信息平台进行识别检测，每个周期的蓟马虫害数据保存到数据库。由于每张粘虫板上的蓟马虫口密度不一，本试验随机抽取每个周期中的 5 张蓝色粘板数据，计算其平均值，得到黄花菜蓟马种群动态如图 5-1 所示。



图 4-6 蓼马种群动态

Figure 4-6 Population Dynamics Of Daylily

由图可知，从 5 月中旬开始，每个周期只有零星几头蓟马；5 月下旬至 6 月上旬，蓟马数量增长趋势稳步上升，在 6 月 7 日，为 5 月下旬至 6 月上旬监测到的第一个峰值，监测到有近 100 头蓟马；在 6 月下旬，即 6 月 23 日出现最高峰值，监测到高达 500 多头蓟马；从 6 月下旬至 7 月中旬，监测到的蓟马数量呈逐渐下降趋势，在 7 月 25 日这天达到低谷后又呈现上升趋势，一直持续到 7 月 31 日迎来第三个峰值，但其明显不如 6 月 23 日出现的峰值高；从 8 月 18 日出现第四次峰值之后，蓟马种群数量呈现逐渐下降趋势；整个蓟马种群监测过程中出现了三次高峰期。试验监测统计结果与前人并无太大差异，但是因大同地区的气候条件带来的温度变化会造成当地黄花菜蓟马爆发的时间提前抑或推迟。

4.3 讨论与结论

本章主要介绍了黃花菜薺马害虫监测预警信息管理平台，对平台进行了功能层面、技术层面以及其他方面的需求分析，通过对黃花菜薺马害虫监测预警信息管理平台的需求分析确定了 Web 开发技术上的选型。平台实现部分主要阐述了黃花菜薺马监测预警信息平台的设计结构以及相关的功能模块的业务功能，方便使用本平台的人进行使用和操作。传统的黃花菜薺马监测方式还是需要人工进行识别计数，本研究设计了黃花菜薺马诱捕信息采集装置，自动化的采集薺马害虫图像，并将图像数据发送到黃花菜薺马害虫监测预警信息管理平台所在的服务器，由平台来对采集的黃花菜薺马害虫图像进行识别和计数，并将结果生成记录保存到数据库。这一整套流程构成了黃花菜薺马害虫监测预警系统，该系统能够实现对黃花菜薺马虫害发生动态进行实时监测并为黃花菜种植管理者提供及时有效地信息，以便提前做好防治措施，降低黃花菜薺马害虫对黃花菜品质的影响。从测试平台监测薺马害虫的试验结果来看，薺马种群的数量变化不仅取决于农药的喷洒和黃花菜植株的健壮性，还取决于区域所处的气候因素的影响。敬缠琴^[61]等通过研究发现黃花菜薺马发生最适合条件是气温 23~28°C，结合大同地区在监测期间的温度变化发现在适宜的温度环境下薺马发生数量确实有所增加，与前人研究成果并无巨大差异，但是各地区气候条件的差异会造成当地黃花菜薺马爆发的时间提前抑或延迟，黃花菜薺马害虫的监测还需因地制宜的实施。本测试试验只能在有限的条件下进行测试，对于后期监测设备的增多是否会影响平台各项功能的运行，还需要做进一步的吞吐量的业务测试。就目前已知的问题：薺马害虫图像从开始传输再到平台识别计数得出结果这一过程延时很大，有时因为网络拥堵问题需要耗费十几秒，但是这一问题不影响监测的结果，只影响平台用户的使用体验。因此，可以采用本黃花菜薺马害虫监测预警信息管理平台实现对黃花菜薺马的远程监测、识别计数和预警。

5 结论与展望

5.1 结论

蓟马作为农业生产中的一种害虫，危害范围广，危害程度大，不光在黄花菜田地间发生严重，在一些温室大棚中也时常为祸一方。由于蓟马体型较小，初期发生时较难察觉到，等察觉到时早已在黄花菜田间大面积爆发，现有的传统诱捕监测手段很难满足对黄花菜蓟马害虫的监测预警。当下，随着互联网技术和物联网技术的不断发展，我们正在步入一个万物互联的时代，为本研究创造了有利的条件。目前针对黄花菜蓟马的田间监测工作还是以人工为主，耗时耗力，虫情信息的传递存在延时性和误差性；其次田间蓟马害虫的调查方式还是以人工悬挂粘虫板为主，定期更换新的粘虫板，导致不同时间收取的粘虫板上蓟马数量差异很大。有的蓝色粘虫板上只有零星几头蓟马，有些蓝色粘虫板上蓟马密集，其他昆虫虫体堆积密切，使得人工统计数量的工作难度增加。因此，本文针对目前黄花菜蓟马害虫监测困难的问题，同时结合农民的日常种植活动和田间积累的经验，再结合目前相对成熟的图像识别技术、树莓派硬件技术和 Web 应用开发等技术，自主研究设计了黄花菜蓟马诱捕信息采集装置，并通过目标检测 YOLOv4 算法对蓟马害虫进行识别和计数，同时还开发了一个黄花菜蓟马监测预警的信息平台，为农业生产管理者提供精确的黄花菜蓟马虫害信息，以便园艺植保工作者能根据提供的蓟马虫害信息提前做好防治准备，做到早发现早防治，提高园艺植保过程中害虫的防治效率，提高黄花菜的质量安全，促进黄花菜产业健康有序地发展。本文主要完成了以下几个方面的工作：

(1) 基于树莓派技术、无线传输技术以及蓟马的相关研究，研发了黄花菜蓟马诱捕信息采集装置，该装置诱捕部分不只采用单一的蓝色粘虫板诱捕，还利用蓟马趋蓝的特性，选用 450nm 波长的蓝色 LED 灯珠和蓟马信息素诱芯相结合，扩大单位面积内诱捕蓟马的数量。信息采集部分通过树莓派上的摄像头对蓝色粘虫板的蓟马害虫进行拍照，并通过无线传输技术将图片数据传输到服务器。通过对该装置在田间的实际测试，测试结果表明其有较高的可靠性，能够长期在田间执行蓟马害虫的监测工作。

(2) 对采集到的黄花菜蓟马虫害图像进行图像处理，通过数据增强技术扩大训练的数据集，将处理好的数据集放进 YOLOv4 目标检测算法中进行模型的训练，训练和测试结果表明 YOLOv4 算法能很好地实现对黄花菜蓟马害虫的识别和计数，代替了传统的人工监测统计蓟马害虫的方式。

(3) 利用计算机技术，开发了适合黄花菜蓟马的害虫监测预警信息平台，该平台

主要包括蓟马监测、蓟马识别和虫情查看等功能，能实时地观测到田间黄花菜蓟马害虫的发生状况，通过对平台各个功能模块的测试，基本能满足黄花菜蓟马害虫监测和预警工作的需求。

5.2 研究展望

目前针对黄花菜蓟马的田间调查，研发了蓟马诱捕信息采集装置，利用图像识别技术来识别和计数蓟马害虫，并将实时情况呈现在黄花菜蓟马监测预警信息平台上，但是由于装置成本和田间环境的差异性以及图像识别在线部署的技术限制，使得现有的技术难以大规模更全面的应用到农业生产中。为了将现有的研究成果能更符合实际地应用到农业生产中，后期还需要开展大量的工作，部分问题需要进行深入的研究：

(1) 本文自主研发的蓟马诱捕信息采集装置，能够实现对黄花菜蓟马的诱捕并拍摄蓝色粘虫板上的蓟马害虫图像，但如何实现该装置在单位面积内蓟马诱捕量的最大化，还需要进一步的研究。拍摄蓟马害虫图像时会受到太阳光对成像的影响，可以尝试摄像头拍照时算法的优化，去除太阳光对成像的影响。

(2) 由于本文研究到成果产出所花费的时间较长，在研究途中，各种新的图像识别技术已迭代更新升级，最前沿的图像识别算法应用到实际害虫识别中可能还需要优化。数据集训练需要大量的算力，故只能在高性能的计算机和服务器上操作，而在具体识别检测时却不需要那么大的算力，我们可不可以尝试将两者对计算性能需求的不同区分开，在高性能服务器上训练完数据集，将识别模型放置到 NCS 神经计算棒中运算，NCS 神经计算棒插入树莓派就能在线识别检测害虫。

(3) 由于本试验受场地和蓟马活动周期的问题，目前采集到的数据还不是很多，导致训练出来的 YOLOv4 识别模型还不是十分完善，对于识别精度还有很大的提升空间。这使得害虫监测预警信息平台具有一定的局限性，在以后的研究中可以扩大害虫种群的监测范围，添加其他害虫的监测信息，尽可能地实现对多种农作物害虫的监测预警。

参考文献

- [1] 丁小奇. 基于特征检测的蔬菜叶片病虫害识别模型研究[D]. 吉林农业大学, 2020.
- [2] 杨胜明. 基于图像识别的农作物虫害检测技术研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2018.
- [3] 许国宁, 张卫明, 吴素玲, 等. 不同的贮藏方式对黄花菜品质的影响[J]. 中国野生植物资源, 2012, 31(3): 13-16.
- [4] 张德纯. 山西大同黄花菜[J]. 中国蔬菜, 2020(9): 30.
- [5] 朱旭, 孙静, 张传瑜. 山西省大同县黄花菜产业现状存在问题及对策[J]. 农业与技术, 2016, 36(15): 146-148.
- [6] 武江, 侯非凡, 李森, 等. 大同黄花菜产业调研报告[J]. 山西农经, 2021(20): 100-101.
- [7] 杨磊, 邵雨, 李芬, 等. 缨翅目害虫蓟马生物防治的研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(3): 393-405.
- [8] 方廷. 基于农业物联网技术的智慧农业探究[J]. 农业技术与装备, 2021(10): 80-81.
- [9] 刘鹏, 庄卫东. 图像识别技术在农业中的应用浅析[J]. 现代化农业, 2021(12): 20-21.
- [10] 郭祖国, 王梦馨, 崔林, 等. 昆虫趋色性及诱虫色板的研究和应用进展[J]. 应用生态学报, 2019, 30(10): 3615-3626.
- [11] Al-Ayed H, Al-Doghairi M. Trapping efficiency of various colored traps for insects in cucumber crop under greenhouse conditions in Riyadh, Saudi Arabia[C]// International Symposium on Greenhouses, Environmental Controls and In-house Mechanization for Crop Production in the Tropics 710. 2004: 435-440.
- [12] Muvea A M, Waiganjo M M, Kutima H L, et al. Attraction of pest thrips (*Thysanoptera: Thripidae*) infesting French beans to coloured sticky traps with Lurem-TR and its utility for monitoring thrips populations[J]. International journal of tropical insect science, 2014, 34(3): 197-206.
- [13] Chen T Y, Chu C C, Fitzgerald G, et al. Trap evaluations for thrips (*Thysanoptera: Thripidae*) and hoverflies (*Diptera: Syrphidae*)[J]. Environmental Entomology, 2004, 33(5): 1416-1420.
- [14] Lewis T. A comparison of water traps, cylindrical sticky traps and suction traps for sampling thysanopteran populations at different levels[J]. Entomologia experimentalis et applicata, 1959, 2(3): 204-215.
- [15] Hoback W W, Svatos T M, Spomer S M, et al. Trap color and placement affects estimates of insect family - level abundance and diversity in a Nebraska salt marsh[J]. Entomologia experimentalis et applicata, 1999, 91(3): 393-402.
- [16] 贝亚维, 高春先, 陈笑芸, 等. 黄色诱虫板在温室和露地诱虫谱的比较研究[J]. 浙江农业学报, 2004(5): 96-98.
- [17] 陈华平, 贝亚维, 顾秀慧, 等. 棕榈蓟马(*Thrips palmi*)对不同颜色粘卡的嗜好及其蓝色粘卡诱虫量的研究[J]. 应用生态学报, 1997(03): 335-337.
- [18] 傅建炜, 徐敦明, 吴玮, 等. 不同蔬菜害虫对色彩的趋性差异[J]. 昆虫知识, 2005(5): 532-533.
- [19] 张玉坤, 刘云虹, 徐凤勇. 冬季大棚蔬菜棕黄蓟马综合防治技术[J]. 农业科技通讯, 1998(11): 31.
- [20] 崔君荣, 伍德明, 闫云花. 诱捕器的不同颜色对棉铃虫诱蛾效果[J]. 中国棉花, 1995(2): 21-22.
- [21] 崔成日, 崔崇士. 蝇类对诱杀剂衬纸颜色的视觉反应[J]. 北方园艺, 2005(6): 78-80.
- [22] 吴青君, 徐宝云, 张友军, 等. 西花蓟马对不同颜色的趋性及蓝色粘板的田间效果评价[J]. 植物保护, 2007(4): 103-105.
- [23] 牛景景, 邢帅军, 牛均生. 几种不同的昆虫性诱剂应用技术试验报告[J]. 乡村科技, 2019(29):

103-104.

- [24] JAMES D G, FAULDER R J, BARTELT R J. Fauna and Seasonal Abundance of Carpophilus spp.(*Coleoptera: Nitidulidae*) in Four Stone Fruit Growing Regions of Southeastern Australia as Determined by Pheromone - trapping[J]. Australian Journal of Entomology, 1995, 34(4): 327-333.
- [25] Ross D W, Daterman G E. Using pheromone-baited traps to control the amount and distribution of tree mortality during outbreaks of the Douglas-fir beetle[J]. Forest Science, 1997, 43(1): 65-70.
- [26] Sehto G N, Rajput I A, Ahmed A M, et al. 34. Monitoring cotton bollworms through synthetic sex pheromone traps[J]. Pure and Applied Biology (PAB), 2020, 9(3): 2007-2013.
- [27] 孟宪佐. 昆虫性信息素的应用[J]. 生物学通报, 1997(3): 46-47.
- [28] 云晓鹏, 徐利敏, 韩文清, 等. 向日葵螟性诱剂的不同诱捕器田间诱捕效果分析[J]. 内蒙古农业科技, 2009(02): 56-57.
- [29] 郭年梅, 段德康, 杨群林, 等. 性诱剂在稻纵卷叶螟监测技术上的应用探讨[J]. 生物灾害科学, 2019, 42(2): 126-129.
- [30] 赵志国, 杨慧娟, 冯帅, 等. 梨小食心虫性诱剂效果评价[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2012, 32(6): 485-487.
- [31] 田新湖, 胡启镔, 谢锦秀, 等. 不同色板和信息素选择性诱杀茶棍蓟马试验[J]. 中国茶叶, 2021, 43(11): 45-48+55.
- [32] 边磊, 孙晓玲, 高宇, 等. 昆虫光趋性机理及其应用进展[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(06): 1677-1686.
- [33] 王向东. 改进型太阳能杀虫灯对凉山州害虫诱杀效果研究[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2020, 34(1): 9-13+92.
- [34] 孔德生, 赵艳丽, 孙明海, 等. 佳多频振式杀虫灯诱杀花生田害虫应用技术[J]. 中国植保导刊, 2013, 33(1): 31-34.
- [35] 范凡. 基于害虫一天敌关系的西花蓟马—东亚小花蝽趋光性的结构基础及其行为机理[D]. 河北农业大学, 2012.
- [36] 唐良德, 韩云, 吴建辉, 等. 豆大蓟马室内对不同颜色及光波的趋性反应[J]. 植物保护, 2015, 41(6): 169-172.
- [37] Duehl A J, Cohnstaedt L W, Arbogast R T, et al. Evaluating light attraction to increase trap efficiency for *Tribolium castaneum* (*Coleoptera: Tenebrionidae*)[J]. Journal of Economic Entomology, 2011, 104(4): 1430-1435.
- [38] Goretti E, Coletti A, Di Veroli A, et al. Artificial light device for attracting pestiferous chironomids (Diptera): A case study at Lake Trasimeno (Central Italy)[J]. Italian Journal of Zoology, 2011, 78(3): 336-342.
- [39] 张文穗. 温室黄瓜蓟马诱捕装置与监测预警系统研究[D]. 华东交通大学, 2020.
- [40] Kumar R, Martin V, Moisan S. Robust insect classification applied to real time greenhouse infestation monitoring[C]// IEEE ICPR Workshop on Visual Observation and Analysis of Animal and Insect Behavior, Istanbul, Turkey. 2010.
- [41] Boissard P, Martin V, Moisan S. A cognitive vision approach to early pest detection in greenhouse crops[J]. computers and electronics in agriculture, 2008, 62(2): 81-93.
- [42] Fukatsu T, Watanabe T, Hu H, et al. Field monitoring support system for the occurrence of *Leptocoris chinensis* Dallas (*Hemiptera: Alydidae*) using synthetic attractants, Field Servers, and image analysis[J]. Computers and electronics in agriculture, 2012, 80: 8-16.
- [43] Espinoza K, Valera D L, Torres J A, et al. Combination of image processing and artificial neural

networks as a novel approach for the identification of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* on sticky traps in greenhouse agriculture[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2016, 127: 495-505.

- [44] Ebrahimi M A, Khoshtaghaza M H, Minaei S, et al. Vision-based pest detection based on SVM classification method[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2017, 137: 52-58.
- [45] 杨国国. 基于机器视觉的中华稻蝗早期蝗蝻的识别和检测研究[D]. 浙江大学, 2017.
- [46] 陈梅香, 刘蒙蒙, 赵丽, 等. 基于机器视觉的设施农业害虫监测技术研究进展与展望[J]. 农业工程技术, 2017, 37(31): 10-15.
- [47] 潘春华, 肖德琴, 林探宇, 等. 基于 SVM 和区域生长结合算法的南方主要蔬菜害虫分类识别(英文) [J]. 农业工程学报, 2018, 34(8): 192-199.
- [48] 肖德琴, 张玉康, 范梅红, 等. 基于视觉感知的蔬菜害虫诱捕计数算法[J]. 农业机械学报, 2018, 49(3): 51-58.
- [49] 杨信廷, 刘蒙蒙, 许建平, 等. 自动监测装置用温室粉虱和蓟马成虫图像分割识别算法[J]. 农业工程学报, 2018, 34(1): 7.
- [50] 张昕颖. 玉米虫害信息采集与监测预警的研究与应用[D]. 山东农业大学, 2016.
- [51] 张福山, 杨际伟, 何学友. 松墨天牛智能监测预警技术系统的设计与实现[J]. 福建林业科技, 2020, 47(3): 45-50.
- [52] 仇国华, 陶威宇, 黄裕泉, 等. NB-IoT 架构下的农场虫害监测预警系统[J]. 福建师大福清分校学报, 2020(5): 1-7.
- [53] 龚一飞. 基于网络和 WebGIS 的江苏省稻纵卷叶螟监测预警信息系统的构建与实现[D]. 扬州大学, 2009.
- [54] 郑玲玲. S 省基于物联网的农业病虫害测报系统研究[D]. 昆明理工大学, 2020.
- [55] 王宏芳. 浅谈农业病虫害监测预警信息技术链[J]. 农业工程技术, 2021, 41(27): 28-29.
- [56] 米娜. 两种蓟马趋光规律及不同波长色板田间诱捕效果评价[D]. 中国农业科学院, 2019.
- [57] 陈俊谕, 牛黎明, 李磊, 等. 不同颜色粘虫板对花蓟马的田间诱集效果[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(5): 1169-1176.
- [58] 张威. 基于 YOLOv4 的交通标志实时检测算法研究[D]. 北京交通大学, 2021.
- [59] Bochkovskiy A, Wang C Y, Liao H Y M. Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection[J]. arXiv preprint arXiv: 2004. 10934, 2020.
- [60] 陈胤杰. 基于嵌入式与 YOLOv4 算法的无人机实时目标识别系统研究[D]. 电子科技大学, 2021.
- [61] Wang C Y, Bochkovskiy A, Liao H Y M. Scaled-yolov4: Scaling cross stage partial network[C]// Proceedings of the IEEE/ cvf conference on computer vision and pattern recognition. 2021: 13029-13038.
- [62] 黄雷. 基于图像增强方法的小目标检测技术研究[D]. 桂林电子科技大学, 2021.
- [63] 魏龙, 王羿, 姚克明. 基于改进 YOLO v4 的小目标检测方法[J]. 软件导刊, 2021, 20(7): 54-58.
- [64] 魏娜. Web 前端开发技术研究[J]. 现代计算机(专业版), 2011(29): 50-52.
- [65] 冯艳. SQL Server 数据库运用及其性能优化分析[J]. 软件导刊, 2012, 11(3): 166-168.

Identification and Monitoring of Thrips in *Hemerocallis citrina*

Baroni Based on YOLOv4 Algorithm

Abstract

In recent years, with the large-scale cultivation of *Hemerocallis Citrina Baroni* in Datong, Thrips have become one of the main pests. Thrips are small and good at concealment. They are often neglected in production. There has been large-scale outbreak of *Hemerocallis Citrina Baroni* and do great harm to them when Thrips are detected in the field. The traditional monitoring method of Thrips infestation is mainly hanging sticky board combined with manual counting. The workload is large, and the monitoring data is delayed and error. These problems greatly hinder the healthy and sustainable development of *Hemerocallis Citrina Baroni* industry. Although a large number of pest monitoring devices have been developed and applied in the market, there are few reports on the monitoring and identification of small pests such as Thrips, and the matching pest monitoring and early warning information platform. In this thesis, a set of remote monitoring system for the information of Thrips infestation on *Hemerocallis Citrina Baroni* was studied and implemented based on the Internet of Things technology, automation technology, image processing and recognition technology and Web development technology, which can automatically collect, monitor, identify and warn the information of Thrips infestation so as to make up for the shortcomings of the existing Thrips infestation monitoring on *Hemerocallis Citrina Baroni*. The main research contents of this thesis are as follows :

1. The information acquisition device for Thrips was designed and implemented. The raspberry development board, high-definition camera and data transmission hardware were selected, and the information acquisition device for Thrips trapping was designed in combination with the trapping methods of light, color and sex. The device can automatically collect the image of Thrips pests, and send the image data to the server for identification and counting through the wireless network, replacing the traditional manual thrip monitoring and counting method.
2. Image processing and target detection algorithm for Thrips. The image processing technology was used to preprocess the Thrips infestation image to eliminate the image noise. The training data set was expanded by data enhancement technology, and the YOLOv4 target detection algorithm model was trained

in combination with the environment of deep learning to complete the identification and counting of Thrips pests.

3. Realization of monitoring and early warning information platform of Thrips infestation. The monitoring and early warning information platform of Thrips infestation was developed by using Web development technology. The platform mainly includes three parts : monitoring function, recognition function and the pest information. The monitoring function realizes the remote control of the Thrips trapping information acquisition device, the recognition function realizes the recognition and counting operation of the collected Thrips infestation images, and the pest information module realizes the preservation and summary of the monitoring information of Thrips.

In this study, Thrips infestation information were selected as the target. A remote monitoring information system for Thrips infestation was designed and implemented. From the results, Thrips can be automatically and effectively identified and counted, which can provide support for monitoring and early warning of Thrips infestation, and provide important basis for timely and effective control measures.

Keywords : *Hemerocallis Citrina Baroni* , Thrips , Monitoring and early warning , Image recognition , Pest monitoring