

## 一、选题说明

### 1.1 设计背景及目的

农业问题一直是关系到中国社会经济发展的主要问题之一。但是由于经济的不平衡发展、资源的不平衡分配、人口的不断增长以及环境的日益恶化，中国农业面临着严峻的考验。在接下来的农业发展中，实施精确农业，广泛应用农业机器人，以技术替代资源，提高资源利用率和农业产出率，从而提高经济效益，将是 21 世纪农业的发展趋势。因此，及时研究开发以农业机器人为代表的新概念的机械设备，对我国农业的长远发展有着重要意义。

在国外农业机械人的研制与开发中日本的农业机器人最为典型。近年来，随着工业机器人的高速发展与广泛应用，农业领域的机器人也迅速发展。我国是农业生产大国，农产品生产量位居世界前列，但由于农业生产技术未普及，大多数农业生产模式还是之前的人工劳作，这在很大程度上使得生产效率止步不前。

目前，我国主要使用化学药剂和人工除草的方式除草，其特点是劳动强度大、耗时费力、效率低、效果差和容易引发环境问题，除草工作完成后，幼苗仍受不同程度的草害威胁。滥用农药在很大程度上造成农民直接或间接经济损失，如人身中毒、农产品农药残留量超标、环境污染、药害、生物链破坏、农药浪费等。随着人们生活水平的提高，人们对生存环境的状况以及食品安全越来越关注。长期以来，我国在机械施药技术方面的规范鱼龙混杂、无章可循，加之广大用户的机械施药技术水平低、安全施药意识淡薄，导致每年因施药不当而中毒伤亡的人数高达 10 万人左右。同时，由于使用不当，农药大量飘移流失，导致农药有效利用率仅为 30% 左右，严重污染农业生态环境。

另外在人工除草方面，人工除草需要大量的劳动力，在人工成本不断升高的情况下，除草成本也在不断升高，但由于环境恶化、极端天气的影响，田间劳作时长缩短。本团队研发的机器人在一定程度解决了上述问题。开发的机器人可以自主地在田间行走，在行走的过程识别出作物或杂草，利用机身下的除草设备对杂草进行处理。开发除草机器人进行准确的除草作业，可以使农民摆脱繁重的除草劳动；也为减少除草剂的使用创造条件，为已经深受农药、除草剂污染的土壤和环境的恢复提供条件。

### 1.2 市场现状

本项目团队通过进行市场调研发现，目前市场上只有手动割草机实现了商业化，通过在购物平台上了解到多款割草机，较出色的一款是绿浩充电汽油侧挂背负式割草机，但该款割草机需要人工劳作，且不能对杂草进行识别。况且目前市面上的割草机只适用于高产草场与大型公园等场景，割草机依靠切割器上动刀和定刀的相对剪切运动切割草类，其特点是割茬整齐，所需功率较小，但对牧草的适应性差，易堵塞，适用于平坦天然的草场和人工草场作业。因此，割草机并不适用于农田劳作，因为田间的杂草大多数是不规则分布，用割草机难以帮助农民提高效率。从这里可以看出，除草机器人有很好的商用前景。SIWILL 是赛为智

能今年刚刚推出的四足激光除草机器人，SIWILL 采用电机驱动，具有噪音小、无污染等优点。作业过程中，其可搭载激光雷达、多光谱设备，以及图像识别等技术，可以辨别农作物与杂草，在田间不喷洒农药便可以做到清除杂草，不影响农作物的生长。但存在设备价格偏高，实地应用效果较差等问题。目前，在中国有些大学也在研究开发除草机器人，但由于成本控制和智能化程度而未能进行推广。

## 二、作品内容

本次比赛提交的作品是自动化除草机器人的核心系统，基于 YOLOv3 与 CycleGAN，主要功能为识别草坪中的杂草、落叶、花朵和垃圾，内置了一千余张已标注标准数据（均匀光照环境），开发环境为 Ubuntu-16.04，16G 内存，Intel Xeon Bronze 3104，RTX2080Ti。在用户第一次使用该产品时，可直接使用产品自带的预训练模型（在均匀光照环境下，mAP(0.5:0.95)达到 0.458），或先自行拍摄一些实地环境的图片，再运用 GUI 提供的数据增强功能（利用 CycleGAN 对训练数据进行域迁移），之后重新对模型进行训练，但利用该方法训练后的模型优劣与现场拍摄的图片有关。在本团队的测试中，利用数据增强的方法使得模型 mAP(0.5:0.95)由 0.381 提升到了 0.412（目地域为非均匀光照环境，如图 1 所示）。

作品内容包含 GUI 界面介绍、技术路线两个部分。



图 1 左图为均匀光照环境，右图为非均匀光照环境

### 2.1 GUI 界面

本团队考虑到该系统使用者多为园林管理者和工作，故开发了易学易用的杂草视频检测 GUI，旨在简化用户操作、提升用户体验，其界面如图 2 所示，位于 GUI 主界面下方的四个按键分别为 Training operation(用于 YOLOv3 的模型训练参数的设置)，Data Enhance（用于 CycleGAN 模型训练和生成模型的选择），Video detector（用于视频检测与视频展示）和 Quit（退出 GUI）。

Training Operation 中需要设定的参数有 Batch size（在 11G 显存下最大为 8），Data Path, Pretrain（预训练模型），Output Path 和 Learning rate（根据 Batch size 进行调整）。按键有 Sure（开始训练 YOLOv3）和 Quit（退出子窗口）。

Data Enhance 中参数有 Batch size（在 11G 显存下最大为 1），Data Path（源数据路径），Model Output, Required Data Path(源数据进行域迁移后数

据的存放路径)和 Enhanced model choose (CycleGAN 生成网络模型选择)。按键有 Train (开始训练 CycleGAN), Enhance (进行数据增强) 和 Quit (退出子窗口)。

Video Detector 中可设置的参数有 Weight (YOLOv3 模型选择), Video output path (视频检测后的存放路径) 和 Source Path (原视频路径)。按键有 Sure (开始进行检测), Play (播放任意视频) 和 Quit (退出子窗口)。

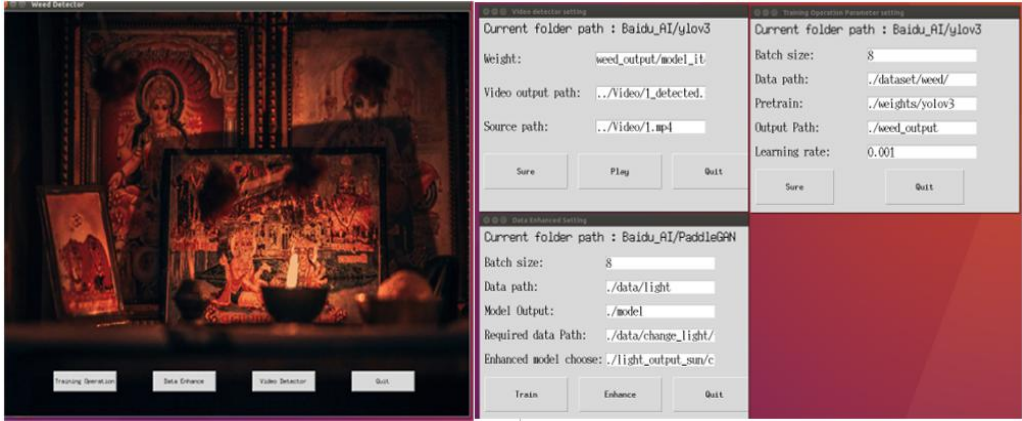


图 2 GUI 界面

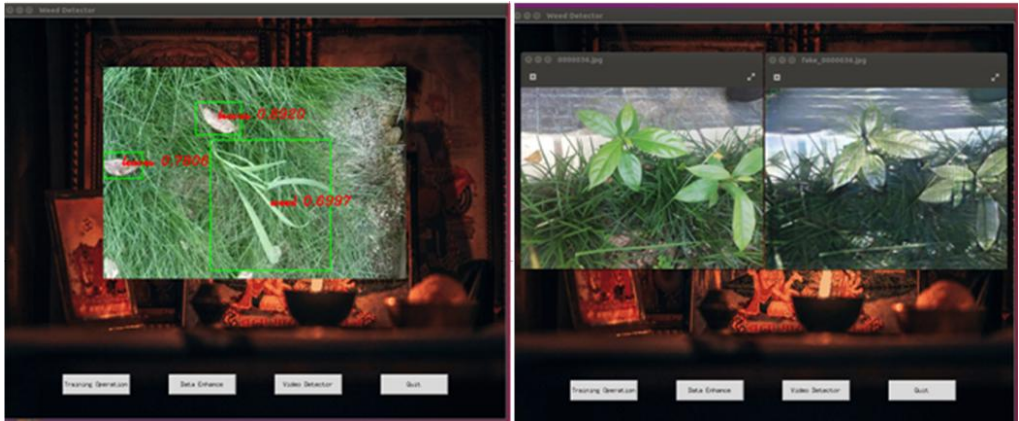


图 3 视频检测与数据增强展示

如图 3 所示, 在 Video detector 中通过按键选择想要播放的视频后, 视频将加载到 GUI 的主界面, 在该截图中共有三个目标被检测到, 分别是位于上方与左方的落叶与位于中下部分的杂草。右图中左边是均匀光照的图片, 右边是非均匀光照的图片, 可见相较于左图, 右图多了斑驳的树影, 杂草的光泽也发生了改变。

## 2.2 技术路线

作品主要使用的深度学习技术是 YOLOv3 与 CycleGAN, 一般而言, 现阶段深度学习方法主要形式是端到端, 开发人员不需要对方法实现大多关注, 反而如何收集数据、处理数据成为了深度学习的难点。通常深度学习开发者需要庞大的数据集来提高目标检测模型的鲁棒性, 目的是尽可能遍历目标可能出现的形态, 但在实际数据集中存在很多冗余的数据, 这些数据并不能很明显地提高目标检测模型的性能, 但是在数据采集和标注上的花费是庞大的。对于用户而言, 其需求可



能只是在一两个特定的环境下进行目标检测，而不需要包含全部环境情形的数据集。为提高产品的性价比、缩减数据收集与标注的花费，应用的功能简介如图 4 所示。

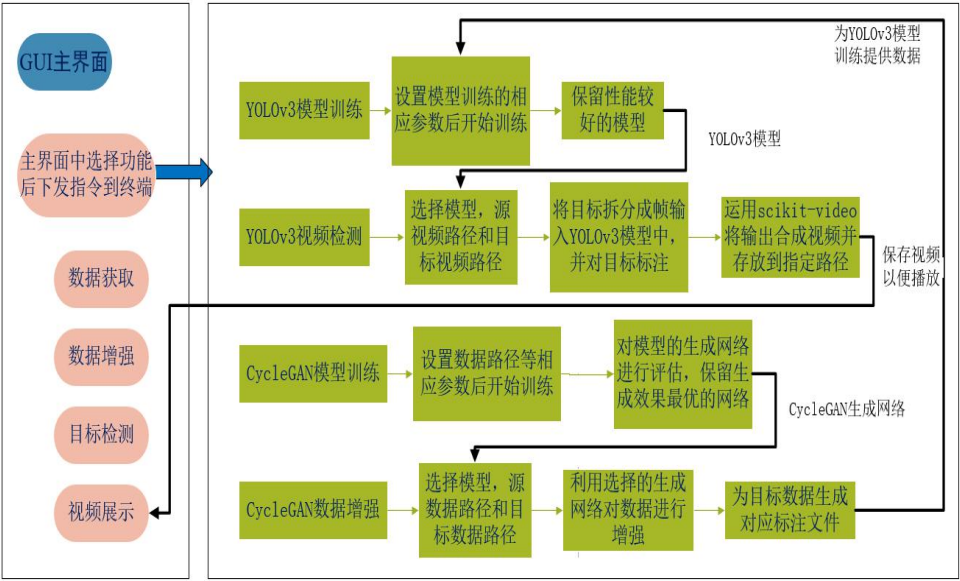


图 4 应用功能简介

本团队采用的 YOLOv3 网络增加了 mixup, label\_smooth 等处理，并经过 PaddlePaddle 的优化，在调整了 YOLOv3 的网络结构后进行训练，得到的模型在验证集大小为 120 张图片上表现出的 mAP (IoU=0.50:0.95) 为 0.458，考虑到该系统将搭载至机器人上，本团队采集数据时保持了同一高度 (0.8m)，由于 YOLOv3 主要存在的问题是对小目标的检测不太出众，本团队在采集数据时增加了一些小目标的数据，将小样本 AP (IoU=0.50:0.95) 从 0.376 提升至 0.393。从图 5 中我们可以看到，模型对中等大小的样本识别地较为准确，能够很好地获取其位置，对于被遮挡的目标，模型也能精准地捕获。

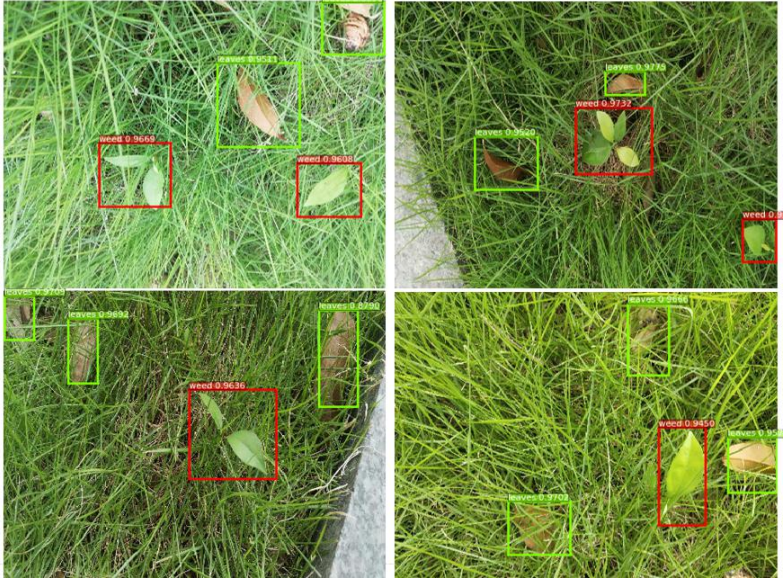


图 5 YOLOv3 检测输出

CycleGAN 的使用是本产品的主要创新点之一，得益于开源思想的普及，深度学习的门槛逐渐降低，在大多数情况下，开发者只需要调试完开源模型，将数

据输入即可，故很多时候开发者关注太多数据的采集，而消减了对网络结构的重视，本团队将 CycleGAN 加入到系统中，使得系统具有“联想”的功能，通过实地拍摄的图片对标准数据集进行风格转换，以适应实地的环境以及目标的形态。如图 6 所示，上方三张图片为均匀光照环境下的杂草图片，下方三张为经过 CycleGAN 进行风格转换后的图片，可见光照的角度和位置发生了改变，并且目标上生成了一些树影。经数据增强后的数据集进行训练得到的模型在 120 张非均匀光照验证集上表现的 mAP (0.5:0.95) 由 0.381 提升到了 0.412。



图 6 原图片和经 CycleGAN 生成的图片

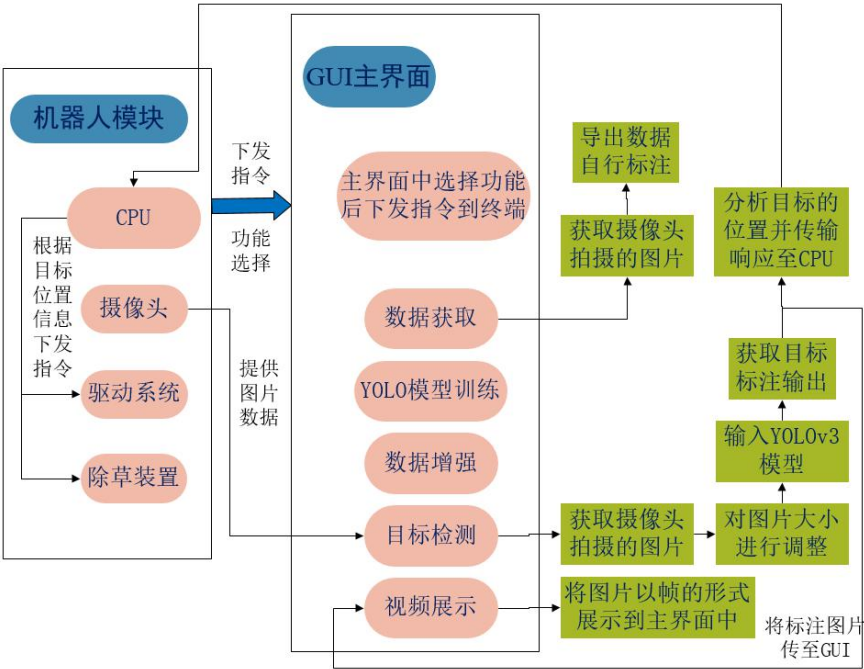


图 7 机器人设计图

本系统最终的目的是搭载至嵌入式系统上，下图 7 为本团队的除草机器人设想图，GUI 界面运行在嵌入式系统中，在机器人的 LCD 显示器上展示，实时检测时，杂草检测系统从摄像头获取图片，经处理后输入至模型中，由 YOLOv3 模型进行推断，将结果以帧的形式传输至 GUI 并展示在主界面中，与此同时，系统将推断结果进行分析，将具体目标的位置大小等信息发送至 CPU，CPU 控制驱动系统以及除草装置对目标进行处理。由于团队的资金问题，并没有购置相应的嵌入

式设备，但根据团队之前的项目经历以及从互联网上获取的信息，Jetson 系列设备以及百度的相关硬件设备可以胜任该任务，在未来规划中，若购置了上述设备，则按照下图方式进行开发，若否，则采用成本较为低廉的树莓派及其相关产品，通过网络来传输数据与下发指令。

### 三、市场应用前景

相对于市场上的割草机，除草机器人可在杂草丛生的地方无障碍工作。农民在进行田间劳作时容易发生各种危险，如被野生动物袭击和被爬行动物蛰咬，引发各种疾病影响身心健康，甚至会导致死亡。除草机器人则可以自动在田间工作，不需要人工的太多参与，在很大程度上提高了效率同时降低了风险。除草机器人亦可以对作物和杂草进行精准识别，通过利用物理或化学的方法处理杂草，既不伤害到农作物也不会造成水土流失。正是因为除草机器人的这些优势可以让其迅速占领市场。

中国向来比较重视农业发展，农田占地面积为我国国土面积的 12.5%，在巨大的市场需求下，研发的产品预期能够取得比较好的市场业绩。而与发达国家相比，我国的农业机器人起步整整晚了十余年的时间，相比于其他国家农业机器人技术的日渐成熟，我国不管在技术的研发还是应用上都还处于起步阶段，受市场投资、发展速度和机器人技术差距影响，早期我国农业机器人的发展较为艰难。目前，国家加大了对农业机械化发展的扶持力度，相继发布了《农机装备发展行动方案(2016-2025)》等系列文件，要求利用农业机器人等农业机械的有效供给能力，提升现代农业生产水平，促进我国从农机制造大国向农机制造强国转变。而对于那些种植大户而言，我们产品的面世大幅降低他们的种植成本。我们通过实地调研了解到对于一个小型花海的经营者来说，除 100 亩地的草一次大约要花费 60000 元，那么一年则要花费大概 24 万元，这对于一个小型的种植基地而言不是一笔小数目。如果使用我们的除草机器人除草，则只需要购买 2-3 台除草机器人，预计成本在 6-9 万左右，大幅降低了种植者的成本。产品各部分零件成本如下表 1 所示。

表 1 产品各部分成本

名称	成本(元)
Jetson TX2	3900
机身	5000
除草机械装置	1000
电源	2000
动力装置	4000
合计	15900

此前研发的除草机器人因为成本控制不当等原因而没有进行商业化推广，包括日本美国等国家研发出的除草机器人也存在成本太高的问题，这使得一些小型种植户放弃考虑购置除草机器人进行除草。本团队研发的除草机器人采用小样本增强技术，使得研发成本相对于其他产品成本大幅下降，这有利于填补市场空白，应用前景较为可观。