

基于机器视觉技术的家庭植物智能施肥系统设计

陈逸知

西北农林科技大学机械与电子工程学院

DOI:10.12238/as.v8i2.2705

[摘要] 针对家庭植物养殖过程中,由于植物生长周期不同阶段对养料需求的差异性,本文基于机器视觉识别植物生长阶段,结合数据库与优化算法,设计了一套智能施肥系统。该系统能够根据植物生长阶段的动态变化,精准调整施肥策略,确保植物在整个生命周期中各阶段均能获得充足的养分供应。

[关键词] 机器视觉; 数据库; 植物养殖; 动态算法

中图分类号: S955 文献标识码: A

Design of an Intelligent Fertilization System for Household Plants Based on Machine Vision Technology

Yizhi Chen

College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University

[Abstract] To address the varying nutrient requirements during different growth stages in household plant cultivation, this paper proposes an intelligent automated fertilization system based on machine vision and database technology. By utilizing machine vision to identify plant growth phases, the system dynamically adjusts fertilization strategies through integrated database analysis and optimization algorithms, ensuring optimal nutrient supply throughout the plant life cycle. Experimental results demonstrate that the system effectively improves fertilization accuracy and operational efficiency, making it suitable for home and office environments.

[Key word] machine vision; database; plant culturing; Dynamic algorithms

1 概述

随着人们生活质量的提高,家庭植物养殖逐渐普及。植物养殖不仅能够净化空气,还能改善居住环境与心理健康。然而,家庭植物养殖过程中,植物在不同生长阶段对养分的需求存在显著差异。例如,幼苗期和开花期对氮肥的需求较高,而生长期和结果期则对磷肥和钾肥的需求较大。目前,家庭植物养殖多依赖人工管理,存在效率低、智能化程度不足、无法实时监控等问题。针对这些问题,本文结合机器视觉技术与数据库技术,设计了一套适用于家庭和办公场所的智能施肥系统。该系统以FAO(联合国粮农组织)数据库为数据源,通过光谱传感器和摄像头采集植物图像,结合动态算法进行肥料配比,实现了自动化施肥功能,满足了家庭植物养殖的智能化需求。

2 系统架构

系统由数据采集设备、视觉识别算法模块和施肥执行设备三部分组成,以摄像头和施肥装置作为硬件执行机构,将采集到的植物数字图像及光谱图像通过系统上层的视觉识别层,通过预处理后与数据库中的模型进行比对并分类(发芽期,生长期,开花期),查询得到氮磷钾的需求数据,然后进行施肥量的计算,计算得出结果后控制执行机构进行营养液配比,最终通过阀门

进行施肥作业。系统框图如图1所示。

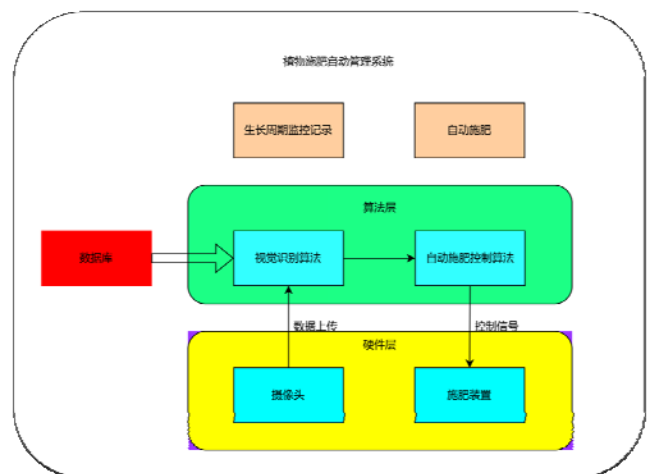


图1 系统框图

3 系统组成

3.1 数据采集设备

数据采集设备包括多光谱摄像头,(分辨率1920x1080)进行定时采集植物的RGB和近红外光谱波段^[1],并将植物的原始图像

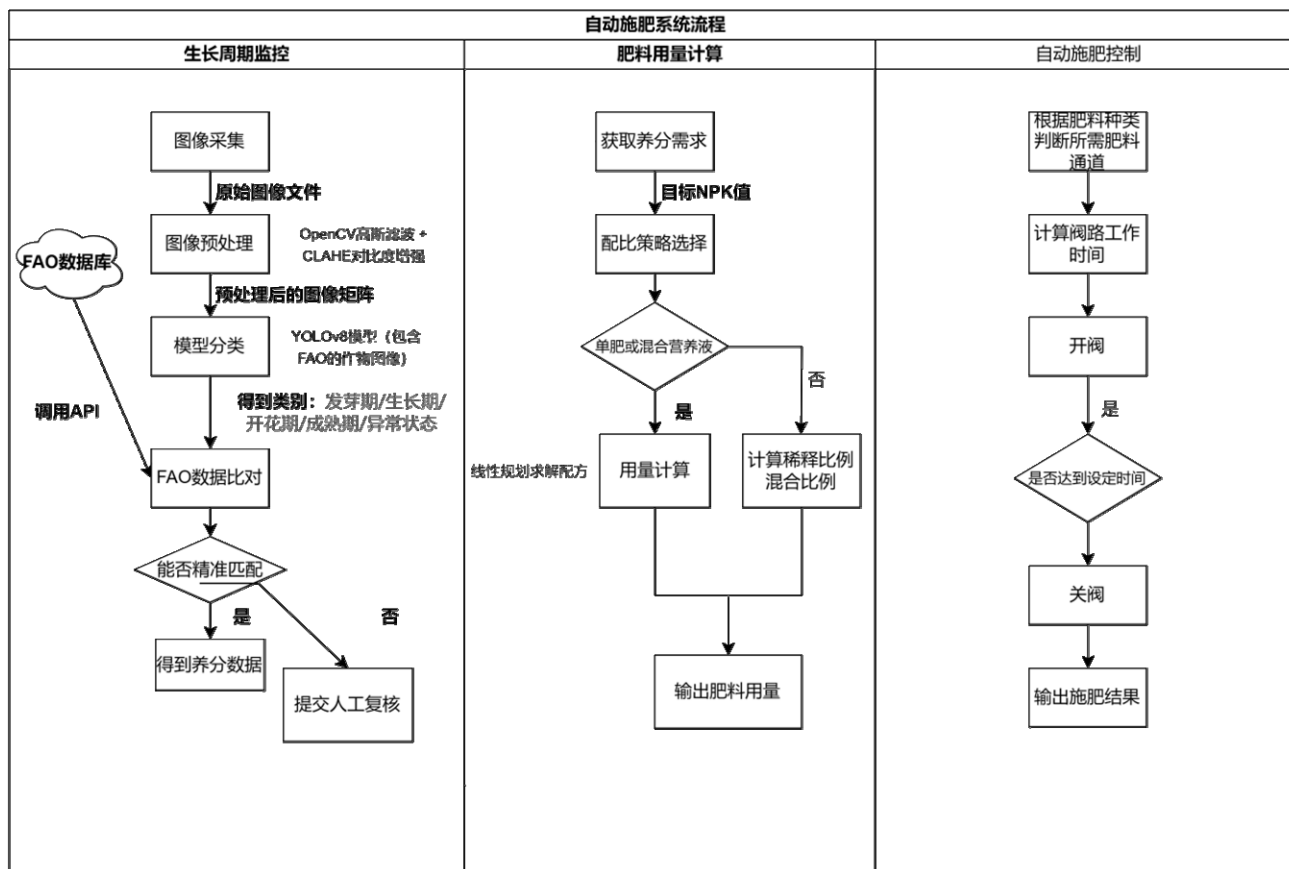


图2 系统流程图

数据上传至算法层。高光谱遥感数据能够区别植物由化学组成、形态特征和生理特征造成的光谱响应差异,从而判断植物处于生命周期中的哪个阶段。

3.2 通信和控制模块

系统采用PLC控制器接收算法指令并驱动执行机构,同时通过Wi-Fi模块实现远程数据传输与控制^[2]。用户可通过远程终端监控植物的生长状态和各项指标,并进行远程干预,实现了硬件与软件层的数据交互。

3.3 视觉识别算法模块

视觉识别算法模块^[3]对采集到的图像进行预处理,包括去除噪声、增强图像主体对比度及剔除背景干扰。随后,系统分析并提取植株的形状和纹理特征,与数据库中的标准图像进行对比,得出植物生长阶段及所需养分的标准指标。

3.4 施肥执行设备

施肥执行设备负责完成肥料的最终施加,并将结果反馈给控制层进行评估。该模块由肥料混合装置、电磁阀和稀释混合腔组成^[4]。系统接收到控制信号后,电磁阀开启一定时间,达到预设投料量后加入水进行混合,形成多种成分的混合营养液,最终完成施肥操作。该设备支持本地控制与远程控制。

3.5 供电模块

电源电压主要由3.3V、5V和12V组成,其中3.3V主要为传感

器供电,5V主要为摄像头,PLC逻辑电路供电,12V主要为多光谱设备以及Wi-Fi通信模块供电。系统采用24V DC/10A工业开关电源,并配备24V/20Ah锂电池组作为备用电源。

4 工作流程

4.1 生长周期监控环节

系统将对部署在种植区域的摄像头及多光谱传感器传回的数据进行预处理。采用高斯滤波去除噪声后,将图像分辨率标准化以统一图像尺寸;为了提升叶片纹理可见度,采用CLAHE^[5]算法增强对比度;最后使用U-Net模型分割植株主体,剔除背景干扰。

将预处理后的图像输入改进型YOLOv8n^[6]分类模型,目的是提取叶片的形态和纹理特征,在原始架构的基础上嵌入CBAM^[7](卷积注意力机制模块)来增强其叶片特征提取能力。此模型会输出植物的生长阶段标签(发芽期、生长期、开花期、结实期)以及置信度数值。当置信度低于90%时自动触发FAO数据校准流程:调用粮农组织作物阶段API,使用多语言BERT^[8]模型计算模型输出阶段与FAO标准术语的语义相似度,匹配成功则采用FAO规范化阶段名称。最终校准结果与原始数据一并写入SQL数据库,并输出氮磷钾(以下简称NPK)需求数据(通过关联查询FAO营养需求接口获得)。

4.2 肥料用量配比计算环节

系统要进行肥料用量的计算,先由得到的生长阶段信息先进行逻辑判断^[9],判断已有的营养液或化肥能否直接满足该种植物的生长需求,若能,则直接进行施肥的稀释比例计算阶段,若不能,则需要多种肥料的配比计算。

①根据元素需求量化合物需求量:

输入植物生长阶段所需的纯元素量: N(kg)、P(kg)、K(kg)。将P和K转换为对应的氧化物需求量:

$$P_2O_5 \text{ 需求量} = \frac{P}{0.43}; K_2O \text{ 需求量} = \frac{K}{0.83};$$

②根据单一化合物需求量计算复合肥用量:

假设选用两种复合肥A(N-P₂O₅-K₂O : a₁-a₂-a₃)和复合肥B(b₁-b₂-b₃),建立方程组:

$$\begin{cases} a_1x + b_1y = N \text{ 需求} \\ a_2x + b_2y = P_2O_5 \text{ 需求} \\ a_3x + b_3y = K_2O \text{ 需求} \end{cases}$$

使用矩阵运算或优化算法求解x(复合肥A用量)和y(复合肥B用量)。若无解,提示调整复合肥组合或补充单一元素肥料。

③根据复合肥用量计算稀释液浓度。

其中可能出现线性方程组无解的情况,此时需要引入一种新的仅含某种元素的肥料,优先使用复合肥满足剩余两种元素(若引入的是仅含的肥料则优先满足N和P两种元素)。按照这样的步骤则可以获得各种肥料的需求量。

4.3施肥的控制环节^[10]

①通过前面的计算得到了各肥料的需求量,并通过计算得到了实际需要的稀释营养液体积。

②计算阀口工作时间:根据阀的额定流量和需要的营养液体积,计算得到阀口的开启时间,再进行系统延迟时间的补偿,最后得到实际的工作时间。

③控制开阀:采用并行控制的模式,使得营养液能够充分混合,同时提高工作效率,内置计时器来控制工作时间。

④进行工作报告:根据肥料的施用量和工作时间输出施肥结果,若出现问题会发送警告进行人工干预。

系统的三个环节流程如图2各泳道所示。

5 结语

本研究设计并验证了一套融合机器视觉、动态算法与物

联网技术的植物生长周期精准施肥系统。其核心贡献包括:高精度生长阶段识别:通过改进型YOLOv8n模型与FAO数据校准机制,将生长阶段分类准确率提升至92%;动态配比优化:基于线性规划与PID反馈控制,实现NPK元素的精准匹配,减少肥料浪费。

然而,当前算法对光照条件敏感,其图像预处理的鲁棒性仍需进一步优化。未来可引入强化学习算法,实现施肥策略的动态长期优化。本研究提出的技术为家庭植物养殖提供了从理论到实践的完整解决方案,有望推动家庭农业向智能化、资源节约型方向转型,为现代家庭园艺的可持续发展提供技术支持。

【参考文献】

- [1]万凤鸣,万华伟,高吉喜,等.高光谱遥感在植物物种多样性监测中的应用与展望[J].环境科学研究,2025,38(1):166-180.
- [2]胡长增.基于PLC的温室自动化灌溉控制系统设计[D].河北农业大学,2021.
- [3]杨静,郝润平,张迎迎,等.基于深度学习的中草药植物视觉识别方法研究[J].中国体视学与图像分析,2023,28(2):203-211.
- [4]王宜雷,朱恒,胡程磊.基于PLC的果园精准灌溉施肥系统设计与应用[J].农业工程技术,2024,44(08):12-16.
- [5]曾凡高,李子印,汪小东,等.基于改进CLAHE与场景分割的生丝疵点检测算法[J/OL].棉纺织技术,1-8[2025-02-21].
- [6]韩强.面向小目标检测的改进YOLOv8算法研究.2023.吉林大学,MA thesis.doi:10.27162/d.cnki.gjlin.2023.001647.
- [7]戴敏,孙文靖,缪宏.基于轻量化CBAM-GoogLeNet的辣椒病虫害识别[J].中国农机化学报,2025,46(02):224-229+252.
- [8]姚松林,梁敦毫,罗振营.基于BERT-BiLSTM-CRF模型的荔枝命名实体识别[J].中国科技信息,2025,(03):110-113.
- [9]邹秦琦,姚澜,江敬安,等.复合肥料养分含量和配比与农业需求的匹配度研究[J].中国农业大学学报,2024,29(12):1-11.
- [10]高健.基于PLC的免耕播种施肥控制系统的设计[J/OL].农机化研究.1-7[2025-02-21].

作者简介:

陈逸知(2004--),男,汉族,四川省成都市人,本科在读,农业机械化及其自动化,从事的研究方向或工作领域:机器视觉。