

基于 STM32 的植物生长状态监测系统设计

董凯兵 任贵易 张鑫宇

重庆对外经贸学院大数据与智能工程学院 重庆 401520

摘要: 为了实时监测植物的生长状态及其生长环境, 基于 STM32 微处理器和 YOLOv5s 深度学习模型, 开发一套植物生长状态监测系统, 该系统以 STM32 芯片作为主控单元, 采用 RS485 通信协议接收土壤温湿度、空气温湿度、光照强度、紫外线等传感器采集到的生态环境数据, 同时模块搭载海全景摄像机, 采集观测区域植被图像数据, 并通过 YOLOv5s 深度学习模型, 准确检测植物的生长状态。该系统实现了植物生态环境监测的准确监测, 可为相关科研人员提供数据支撑。

关键词: STM32; YOLOv5s; 环境监测

全球气候变化和人类活动扩张, 让植被生态环境面临巨大压力。生态系统作为地球生命基础, 其健康与人类生存发展息息相关。在全球气候变暖背景下, 干旱、洪涝等极端天气频发, 对植被生态系统造成严重冲击^[1]。同时, 过度放牧、不合理耕作等人类活动, 加剧了生态环境恶化, 导致生物多样性减少、土壤退化等问题。

传统生态环境监测手段存在诸多局限。一方面, 人工实地采集数据的方式耗时费力, 监测范围有限, 在偏远或难以到达地区实施困难, 且数据更新速度慢, 无法满足实时监测需求。另一方面, 随着监测范围和频率增加, 人力成本急剧上升^[2]。

为应对这些挑战, 基于物联网技术和机器学习技术构建生态环境监测系统势在必行。不过, 监测设备常面临高温、低温、潮湿等恶劣环境考验, 对设备稳定性要求高。而且, 采集的数据需稳定实时传输, 这就需要高效稳定的网络通信技术。此外, 对采集的图像数据进行智能处理, 以实现植物种类识别等任务, 需先进深度学习算法支持。

1 系统总体方案设计

植物生长状态监测系统由边缘端数据采集模块、云端处理模块和算法识别模块组成, 其中, 边缘端数据采集模块主要负责生态环境的数据采集, 云端处理模块则是处理和存储这些采集的数据, 而算法识别模块则是监测植物的生长状态。

具体来说, 边缘端数据采集模块由多个关键组件构成: 主控制器 STM32^[3]、定位系统、电源系统、通信系统、图像采集系统, 以及一系列用于植物生态环境监测的传感器。在采集地点部署环境监测硬件平台, 实时监测采集站点的环境

参数, 并将收集到的数据上报至云端服务器; 云端处理模块的核心组件包括解码插件、MySQL 数据库以及云端应用软件。为了确保数据从采集到处理的流畅传输, 云端处理模块具备公网 IP 地址, 能够与边缘端数据采集模块实时进行数据交换; 算法识别模块则是对边缘端采集的植物图像进行分类识别, 并对植物的高度进行测量。

2 系统硬件设计

边缘端数据采集模块是植物生长状态监测系统的数据采集核心。该模块利用各种传感器对各类环境数据采集并将其发送至云端处理模块。边缘端生态数据采集模块主要包括主控制器 STM32、传感器、电源系统、定位系统、4G 通信系统和图像采集系统。

2.1 STM32 主控电路设计

在边缘端数据采集模块的设计中, 由于供电电压较高以及电源树内多样化的电源规格, 对输入电源的精准处理变得至关重要。主控制器 STM32 作为整个边缘端数据采集模块的指挥中心, 必须能够与各类硬件设备顺畅的连接。因此, 主控电路不仅需要满足主控制器与外围设备的通信需求, 同时兼顾连接设备的供电需求。

在边缘端数据采集模块的电源设计中, 为满足主控制器 STM32 的供电需求, 设计电源转换电路模块, 为提升能量利用率, 采用 DC-DC 降压方案, 使用德州仪器 (TI) 的 LM2596 电源管理芯片^[4], 通过 DC-DC 降压转换, 将系统电源输出的 12V 降至 5V, 为模块中的其他设备供电。随后, 利用 ASM1117-3.3 稳压芯片, 进一步将电压稳定在 3.3V, 以供给主控制器芯片。

3 系统软件设计

植物生长状态监测系统的软件设计主要包括边缘端数据采集模块的主程序软件设计和云端处理模块的程序设计。

3.1 植物监测算法实现

在植物生长状态监测过程中需要对所观察植物高度进行测量，需要基于深度学习技术和单目视觉技术实现图像中植物高度的准确测量^[5]。而在在植物数据集的识别中，通过实际测试 YOLOv5s 深度学习模型在速度和精度方面表现出色，泛化能力较强。因此，选用 YOLOv5s 作为植物检测模型。

物体成像模型如图 1 所示，使用单个摄像机进行单目测距时，必须已知测量目标的高度 H。

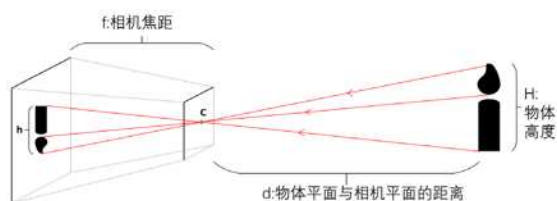


图 1 物体成像模型

图 1 中 f 为摄像机的焦距， c 为镜头的光心。当物体反射的光线穿过相机光心并在图像传感器上形成图像时，设物体所在平面和相机平面相距 d ， H 为物体的实际高度， h 为物体在传感器上的成像高度， H 是已知的，便可以求得距离 d 。根据相似三角形可以得到式 1。

$$\frac{h}{H} = \frac{f}{d} \quad (1)$$

同理，已知摄像机距离测量目标的距离，根据式 1 可以得到使用单目摄像机测量物体高度的公式 2。

$$H = \frac{f * h}{d} \quad (2)$$

该系统植物高度测量方法建立在 YOLOv5s 网络对于植物检测的基础上，检测到待测量草原植物后，获取该株植物的位置信息，将植物的像素坐标信息代入公式 2 即可获取测量植物的高度信息。由像素坐标系计算出植物高度时，高度的单位是英寸，还需要进行英寸和米之间的转换。英寸和米的单位转换公式为式 3。

$$H = \frac{H * 2.54}{100} \quad (3)$$

4 系统实现

4.1 数据采集系统

植物生长状态监测系统（VUE+Flask 框架）可对观测点

的累计降雨量、紫外线强度、紫外线指数、PM2.5、PM10、大气压、光照强度、空气湿度、温度等数据进行监测，如图 2 所示为云端管理模块采集的数据。



图 2 云端数据管理系统

4.2 植物生长高度检测



图 3 植物高度测量

由于使用单目视觉来测量植物高度时存在误差，因此在多年生植物旁边安装标尺来校准修正误差，使用 YOLOv5s 网络检测沙打旺植物和标尺并对其进行框选，如图 3 所示，通过模型测量，测得植物高度为 1.79m。需要说明的是标尺仅作为一个参照物，用来修正误差。

5 结语

本研究开发一套综合性植物生长状态监测系统，集成高精度传感器、先进通信技术与深度学习算法。首先，部署适应极端自然环境的传感器，监测土壤温湿度、PH 值、氮磷钾含量，以及气象的温湿度、光照、降雨量、紫外线、PM2.5、CO₂ 等环境参数，全面掌握植物生态状况。同时，利用 YOLOv5s 模型，结合现场采集的植物图像和摄像机参数，对植物类别识别与高度测量。该系统的开发，不仅提升了对植物生态环境监测的效率和准确性，还为相关科研人员对植物以及植被的保护与恢复提供了数据支撑。

参考文献：

[1] 张建宁, 陈璎亭, 王勇, 等. 北方农牧交错带耕地利

用变化对生态系统服务价值影响——以宁夏回族自治区吴忠市为例[J]. 水土保持研究, 2021, 28(6): 283–291.

[2]Chen Y. Real time data monitoring of water resources environment based on computer remote data collection and image analysis[J]. Optical and Quantum Electronics, 2024, 56(4): 618.

[3] 周明, 王振, 马睿. STM32 单片机与组态屏 Modbus 通讯模拟设计[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(26): 207–208.

[4] 李宵. 基于 RT-Thread 的农机具作业数据采集系统设计与实现[D]. 西北农林科技大学, 2024.

[5] 赵文星, 吴至境, 刘德力, 等. 基于农业物联网的果园环境智能监测系统设计[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(5): 391–394.

作者简介: 董凯兵, 性别: 男, 出生年月: 1998 年 4 月, 籍贯: 甘肃省定西市, 学历: 硕士研究生, 单位: 重庆对外经贸学院, 研究方向: 智能感知与信息处理。

任贵易, 性别: 男, 出生年月: 1998 年 6 月, 籍贯: 重庆市, 学历: 硕士研究生, 单位: 重庆对外经贸学院, 研究方向: 无线通信。

张鑫宇, 性别: 男, 出生年月: 1997 年 9 月, 籍贯: 重庆市江津区, 学历: 硕士研究生, 单位: 重庆对外经贸学院, 研究方向: 城市可持续化发展; 网络优化。

基金项目: 2024 年重庆对外经贸学院科学研究项目《分布式可扩展生态环境数据采集系统研究》(KYZK2024045);