

Research and Design of a Smart Garden System Based on Multi-Agent Coordination

Yitian Liu Aimin Yang Zechen Tian Yutong Hu

Zhejiang Wanli University (Qianhu Campus), Ningbo, Zhejiang, 315100, China

Abstract

To address issues such as low efficiency, weak collaboration, and challenges in manual monitoring of special terrains in traditional garden management, this paper focuses on integrating multi-agent collaboration mechanisms with smart technologies. It constructs a four-tiered smart garden supervision system consisting of the perception layer, data layer, application layer, and presentation layer. By integrating technologies including drone remote sensing, intelligent robot operations, IoT sensing, and smart algorithms, the system enables real-time monitoring of garden resources, pest and disease warnings, precise maintenance, and multi-agent collaborative scheduling. This establishes a 'sky-ground-cloud' three-dimensional collaborative management model, providing technical solutions and practical references for refined and intelligent garden management in the context of smart cities.

Keywords

Smart Landscaping Supervision System; Multi-Entity Collaboration; Internet of Things Technology; Intelligent Algorithms; UAV Inspection

基于多主体协同的智慧园林系统研究与设计

刘奕恬 杨爱民 田泽琛 胡雨桐

浙江万里学院（钱湖校区），中国·浙江 宁波 315100

摘要

为解决传统园林管理效率低、协同弱、特殊地形人工监测困难等问题，本文聚焦多主体协同机制与智慧技术融合，构建“感知层-数据层-应用层-展示层”四层架构的智慧园林监管系统，整合无人机遥感、智能机器人作业、物联网感知及智能算法等技术，实现园林资源实时监测、病虫害预警、精准养护与多主体协同调度，形成“空-地-云”三维协同管理模式，为智慧城市背景下园林精细化、智能化管理提供技术方案与实践参考。

关键词

智慧园林绿化监管系统；多主体协同；物联网技术；智能算法；无人机巡查

1 引言

在城市化进程持续加速的背景下，园林绿化作为城市生态系统的核心组成部分，其覆盖范围不断扩大，常包含山地、湖泊、沼泽等复杂地形，管理场景日趋多元。这类复杂地形导致人工监测面临诸多现实难题：不仅巡查覆盖难度大、效率低下，难以全面掌握某些区域植物生长状态、设施损毁情况及病虫害隐患，还存在安全风险高、人力成本投入大等问题；同时，传统管理模式中各部门间信息孤岛现象突出，协同管理能力不足，导致问题发现与响应滞后，资源分配缺乏科学依据。这些痛点不仅严重制约了园林管理质量的提升，更难以适配智慧城市精细化、智能化的发展要求。为此，本文研究聚焦多主体协同的智慧园林监管系统开发，整

合无人机遥感、物联网感知等技术手段，针对性复杂地形下的监测难题，通过技术集成与模式创新，实现园林管理从传统人工主导向智能化转型。

2 国内外研究现状

国外在智慧园林监管系统领域研究起步较早^[1]，核心聚焦无人机巡查、智能机器人养护及大数据分析的综合应用，通过搭载高精度传感器的无人机提升巡查效率与覆盖范围，借助智能机器人实现修剪、灌溉等自动化养护作业，依托物联网采集数据构建动态监测模型，同时注重多主体协同机制设计，整合 SCADA 等监控技术与资源网络，构建覆盖规划、养护、监测全环节的协同框架，通过协调不同管理部门与技术平台^[2]，解决传统管理中信息孤岛与响应滞后问题，为系统可持续发展奠定基础。

我国相关领域研究近年来呈现出显著的增长态势，逐步构建起契合本土场景需求的理论体系与实践范式。该研究

【作者简介】刘奕恬（2005-），女，中国河南洛阳人，本科，从事计算机软件工程研究。

体系以物联网技术为核心支撑^[3]，通过整合 RFID（射频识别）、无线传感器网络、边缘计算、5G 通信及数字孪生等关键技术，成功搭建起具备实时数据采集功能的动态监测网络，同步开发出三维可视化决策支持系统，为领域内精准管理提供技术基座；在人工智能技术应用层面，经改进的 YOLO 目标检测算法、LSTM（长短期记忆网络）与随机森林的融合预测模型等技术方案，已被广泛应用于病虫害快速识别、作物生长趋势预测及生态环境风险预警等核心场景，同时自然语言处理技术的引入，有效优化了公众意见收集、反馈机制，进一步完善了公众参与路径^[4]；此外，研究始终聚焦实际管理痛点，创新提出“分级分类”智慧监管模式，配套搭建区块链溯源平台，最终形成“政府监管-企业执行-公众监督”的三元协同治理框架^[5]，实现技术应用与管理需求的深度耦合。但国内外研究均存在不足，国外在跨部

门数据共享与低成本方案适配方面有待优化，国内则面临异构数据融合不足、复杂环境下算法可靠性欠缺、长效运营机制不完善及多主体协同中权责划分与信息交互标准不统一等问题，公众参与仍多停留在信息公示层面，尚未形成深度双向互动机制。

3 智慧园林绿化系统的体系结构

本系统的体系架构以功能模块化设计为核心，通过多层次、多维度的协同运作实现对园林资源的智能化管理。

结合项目调研明确的多主体协同监管、人工+智能终端巡检、低功耗传感器部署等核心需求，系统采用“感知层-数据层-应用层-展示层”的四层架构设计，各层级通过标准化接口实现数据互通与功能协同，既适配当前人工巡查与第三方监管的业务现状，又为后续智能设备扩容与功能延伸预留空间。



图1 系统层次结构

（1）感知层构建“人工+智能终端+低功耗传感器”立体化采集网络：通过无人机实现河道两岸等大范围遥感巡查，精准识别病虫害、绿篱断篱等问题；按道路与公园场景差异化部署土壤墒情检测仪、虫情测报仪等无外接电源传感器，实时采集水肥及病虫害数据；为养护与监督人员配备移动终端，支持现场录入巡查记录、养护详情及考勤信息，适配分组管理需求。

（2）数据层以 MySQL 5.7 为基础构建统一数据库，聚焦“无植物数据库”的现状痛点，计划建立结构化数据存储体系。核心存储内容包括植物基础信息、巡检养护数据、人员设备数据等。数据层通过标准化清洗、格式统一等处理，解决数据缺失等问题，形成高质量数据资产池，为上层应用提供可靠支撑。

（3）应用层构建贴合“监管-监督-养护”业务流程

的模块化支撑体系，核心功能包括植物数据库管理、多主体巡检调度、病虫害预警、养护方案生成等。建立三方流程协同机制，实现养护结果实时反馈与问题闭环处理；嵌入轻量级智能算法，基于传感器数据与图像分析，生成适配道路与公园场景的差异化养护建议，提升管理针对性。

（4）展示层以“角色适配+场景适配”为核心，通过 Web 端管理平台实现多主体差异化交互（已完成首页界面开发）：针对住建局与企业监管方，提供“园林总览”模块、二维可视化地图及关键指标数据卡片，满足全局管控需求；针对养护与监督人员，设置“苗木监测”“智能巡查”等功能入口，支持任务接收、现场数据上传及差异化养护建议查看。计划同步开发移动端轻量化界面，适配户外作业场景，实现“任务接收-现场处理-结果反馈”闭环协同。

4 多主体协同下的功能实现

本系统采用多主体协同的模式,主要功能包括:用户端的数据采集、资产与考勤管理、虫情预警、苗木健康监测等模块,涵盖树木档案维护、土壤数据采集、虫害案例库查询等细分功能,管理员端的用户管理、智能监测、巡查管理、园区养护等模块,通过无人机、智能机器人与智能算法的技术支撑,实现多角色、多模块的协同作业,构建覆盖“数据采集-业务管理-监测预警-养护执行”的全流程智慧园林监管体系。

4.1 无人机辅助功能实现

无人机作为空中感知的核心,依托“群聊式”协同框架与多传感器融合技术,满足园林全域智能巡检与数据采集需求。针对大范围监控及遥感巡查需求,无人机集群通过类人对话交互实现自主分工:搭载高清摄像头与多光谱成像仪的设备负责宏观巡查,快速识别显性问题并生成植被覆盖热力图;配备高分辨率光谱分析设备的专用机型则聚焦病虫害早期监测,并结合场景差异优化飞行路径。同时,无人机通过视觉定位算法完成特殊植物挂牌定位与GPS坐标匹配,航拍数据可支撑绿地率自动计算,且具备动态避障与实时状态反馈能力。通过人工确认机制提升监测可靠性,大幅压缩传统巡检周期。

4.2 智能机器人功能实现

智能机器人作为地面核心单元,围绕精准养护、多维度监测、多主体协同三大核心,适配道路与公园场景差异。通过智能灌溉、精准施肥等模块实现定制化养护,以多传感器融合技术完成病虫害复核与环境数据采集,与无人机形成“广域扫描-近距离确认”的双层监测机制。同时搭载考勤与设备管理模块,适配分组作业需求,通过物联网与监管平台实时交互,实现“任务-执行-反馈-验收”全流程可追溯,成为衔接空中感知、智能算法与多主体管理的关键执行节点。

4.3 智能算法功能实现

智能算法作为系统核心决策引擎,聚焦小样本识别与协同调度关键需求。针对病虫害样本稀缺痛点,计划采用“小样本学习+端云协同”技术:通过轻量级少样本学习破解“长尾”害虫识别难题,融合CNN、YOLOv5与OpenCV构建视觉计算体系,提升复杂场景识别鲁棒性。依托该技术建立植物与病虫害动态数据库,关联道路基线形成结构化档案。任务协同层面,采用Dijkstra算法与遗传算法融合的路

径规划策略,结合强化学习动态分配任务,优化人机调度效率。决策支持层面,整合多源数据构建数字孪生模型,预测生长趋势与病害风险,提供可视化决策依据与定制化养护方案,实现“识别-决策-执行”智能化闭环。

4.4 多主体协同机制

多主体协同机制以数据互通与资源整合为基础,构建“无人机-智能算法-智能机器人-多主体”的完整功能闭环。无人机完成广域巡查与异常初步定位,同步数据至算法平台;算法快速分析后生成含异常信息与处理建议的任务单,按分组逻辑分配至机器人与人工团队;机器人执行精准养护与问题复核,实时反馈作业结果;算法评估执行效果并更新数据库与养护策略,最终推送验收报告与统计分析。该模式充分发挥各单元优势,通过数据驱动实现智能化管理,适配多主体协同监管需求,为系统落地实施提供核心支撑。

5 研究结论

本研究聚焦多主体协同与智慧园林管理的融合,构建了“空-地-云”三维协同的监管体系,整合无人机、智能机器人、物联网等技术实现园林资源的实时感知与智能决策,通过多种算法解决多设备协同调度问题,突破多源数据融合瓶颈,构建植物病虫害预警模型与智能养护等模块,设计协同机制以化解信任与利益冲突,注重系统的实用性与效益。当前研究仍受硬件性能、复杂环境适应性等限制,未来将围绕智能算法深化、协同机制优化、应用拓展等方向推进,同时衔接国家战略、完善伦理与隐私机制,通过多学科交叉与产学研协同,推动系统向全域生态治理演进,助力构建智慧园林治理体系。

参考文献

- [1] Sillerschatz A, Stonebraker M, Ullman J D. Data base systems: achievements and opportunities into the 21 century[J]. SIGMOD Record, 1996, 25(1):52-63.
- [2] Batty Michael. Smart cities, big data [J]. ENVIRONMENT AND PLANNING B-PLANNING & DESIGN, 2012(02):191-193.
- [3] 王晓利,周佳佳.基于物联网与GIS技术结合的智慧园林管理系统设计与实现[J].电脑编程技巧与维护, 2023, (02):97-99.
- [4] 赵晶,曹易.风景园林研究中的人工智能方法综述[J].中国园林, 2020, 36(05):82-87.
- [5] 师卫华,季珏,张琰,等.城市园林绿化智慧化管理体系及平台建设初探[J].中国园林, 2019, 35(08):134-138.