

基于 YOLOv8 的锦鲤健康监测与分析系统设计与实现

虞淼 白雅茹 王佳愉 杨金花 李军

西昌学院信息技术学院 四川西昌 615013

摘要: 锦鲤作为高附加值观赏鱼, 其游动姿态、体表色度和健康状况密切相关。传统人工巡检方式主观性强、频次低且易漏检。为此, 本文构建了一套基于深度学习视觉算法的端到端 AI 锦鲤监测软件系统, 实现了锦鲤个体识别、异常姿态检测、体表病害预警及水质参数分析。系统采用前后端分离架构, 前端使用 Vue3 和 WebGL 进行三维场景渲染, 后端基于 SpringBoot 和 MyBatis-Plus 提供服务。核心算法采用 YOLOv8-seg 与 ST-GCN 组合模型, 模型在自建数据集上达到 91.3% 的 mIoU 和 94.7% 的异常行为识别准确率。通过边缘 GPU 节点 Jetson Xavier NX 进行推理, 平均单帧延迟为 38 毫秒, 可同时跟踪 80 尾锦鲤。系统已持续稳定运行六个月, 异常预测准确率跃升 67%, 用药量锐减 42%, 经济效益提升 29%, 为养殖户降本增效、增收致富注入强劲动能。

关键词: 锦鲤健康监测; YOLOv8-seg; ST-GCN; SpringBoot

引言

锦鲤已成为全球观赏鱼市场的重要品类, 顶级锦鲤售价可达数十万元, 其经济价值取决于体表色块分布、游姿优雅度和健康状况。传统锦鲤养殖依赖经验丰富的师傅每日巡塘, 肉眼判断鱼只是否出现异常, 存在主观性强、漏检率高等问题, 在夜间和恶劣天气尤为严重。近年来, 计算机视觉与深度学习技术在水产养殖中的应用为锦鲤精细化管理提供了新思路。锦鲤监测面临的挑战包括个体色彩纹理相似性、鱼体柔性变形及水面反光等。为此, 本文设计并实现了一套基于 YOLOv8 的锦鲤健康监测与分析系统, 通过水下双目相机与水面球机协同采集, 结合实例分割、姿态估计、时序建模和水质联动分析, 实现对锦鲤的全天候、无接触、精细化监测。

1 系统技术特点与总体架构

1.1 三级架构设计

系统遵循“端—边—云”三级架构, 旨在实现高效的数据处理与管理。端侧设备包括水下 4K 双目相机、水面 4K 球机、溶解氧传感器、氨氮探头和温湿度一体机, 负责实时采集水体及锦鲤的多模态数据。边缘侧采用 NVIDIA Jetson Xavier NX, 负责数据的初步处理和分析。云端则部署在华

为云 CCE 集群上, 运行 Kubernetes 容器化服务, 提供模型训练、数据存储、业务 API、Web 可视化及告警推送等功能。这种三级架构设计有效分散了计算负担, 提高了系统的性能和可扩展性。

1.2 多模态数据采集

系统通过多种传感器和摄像设备进行数据采集, 确保全面监测锦鲤的状态和水质环境。水下 4K 双目相机和水面 4K 球机共同工作, 实时捕捉锦鲤的游动姿态与行为特征。溶解氧传感器和氨氮探头用于监测水质, 温湿度一体机则提供环境参数。这些多模态数据的采集为后续的分析 and 处理提供了丰富的信息基础, 实现对锦鲤健康状况的精细化管理。

1.3 高效推理与实时同步

边缘侧使用 NVIDIA Jetson Xavier NX 进行高效推理, 利用 TensorRT 加速推理过程, 完成视频解码、实例分割、姿态识别与跟踪等任务。为保证系统的低延迟, 边缘节点与云端通过 MQTT over QUIC 协议进行实时数据同步。在网络断开时, 系统使用本地 SQLite 进行数据缓存, 待网络恢复后实现断点续传, 确保了系统在各种环境下的稳定性和实时性。

2 AI 算法设计

2.1 数据采集实现

征权重调整算法,能够根据不同环境和条件的变化,动态优化特征提取策略。通过不断更新特征的权重,系统可以保持在多变的养殖环境中稳定运行,确保决策策略的持续有效性。

3 软件功能实现

3.1 三维可视化界面

前端首页采用3D水族箱的形式展示实时画面,用户可以通过拖拽和旋转视角来观察锦鲤的动态。每当用户点击任意锦鲤时,会弹出一个卡片,显示该锦鲤的ID、体长、色度评分以及最近24小时的行为曲线。这种直观的三维可视化界面不仅提升了用户体验,也使得锦鲤的监测和管理变得更加便捷和高效。

3.2 异常事件高亮与回放

系统能够实时监测锦鲤的行为,并将异常事件以红色脉冲的形式高亮显示,自动聚焦在异常锦鲤上。用户可以通过双击异常事件,回看最近30秒的短视频,便于分析异常行为的原因。此外,历史数据支持按日、周、月的粒度进行聚合,色度变化通过热力图叠加展示,而行为统计则以玫瑰图的形式呈现,帮助用户更好地理解锦鲤的健康状况和行为模式。

3.3 告警推送与用户自定义

系统的告警推送功能支持企业微信、邮件和短信三种通道,确保用户能够及时收到重要通知。用户可以根据自身需求自定义触发条件与通知方式,灵活设置告警策略。此外,后端RESTful API遵循OpenAPI 3.1规范,核心接口包括/v1/fish/{id}/track、/v1/alert/list和/v1/water/latest,平均响应时间为42毫秒,确保了系统的高效性和可靠性。为了不断提升模型的性能,系统还每日凌晨自动筛选低置信度样本,上传至云端标注平台进行人工确认后,进行增量训练,更新包通过OTA下发至边缘节点,采用滚动升级策略以保证零停机,确保系统始终处于最佳运行状态。

4 系统测试与应用效果

4.1 功能与性能测试

系统测试采用Selenium自动化脚本,模拟用户的登录、视角切换、轨迹查询和告警订阅等场景,测试通过率达到了100%。使用1000个进行并发测试,前端首屏加载时间小于2.1

秒,后端接口的P99延迟小于180毫秒,确保用户体验良好。安全测试通过了OWASP ZAP扫描,系统能有效抵御SQL注入、XSS、CSRF等安全威胁。边缘节点在45°C湿热环境下连续运行30天,CPU温度稳定在65°C以下,GPU利用率峰值达到78%,且无崩溃记录。

4.2 经济效益提升

在实际应用中,部署了18路水下相机和6路球机,覆盖了亲鱼池、育苗池和展示池。系统上线6个月以来,累计识别锦鲤486尾,预警异常事件312次,成功提前发现了肠炎、烂鳍和寄生虫感染等问题,显著提升了锦鲤的健康管理效率。通过系统的监测与预警,药物使用量下降了42%,换水量减少了19%,综合经济收益提高了29%。系统在提升管理效率和用户体验方面取得了显著成效。

5 总结

本文提出的AI锦鲤监测软件系统以深度学习视觉算法为核心,通过“实例分割+姿态估计+行为识别”的级联网络,实现对锦鲤个体身份与健康状况的全天候精准监测;边缘云协同架构保证低延迟、高可用;三维可视化界面显著提升用户体验。未来工作将从三方面深化:一是引入联邦学习框架,联合多家锦鲤养殖场共同训练跨域鲁棒模型,解决数据孤岛与隐私保护问题;二是利用数字孪生技术构建虚拟锦鲤群落,实现药物投喂、温度调节等策略的仿真推演。

参考文献:

- [1] 刘洋,张磊.基于边缘计算的云存储优化策略研究[J].计算机研究与发展,2023,60(05):10231032.
- [2] 王强,李华.多云环境下数据安全存储与访问控制技术[J].软件学报,2023,34(08):35673580.
- [3] 中国信息通信研究院.云计算白皮书(2023年)[R].北京:中国信通院,2023.
- [4] 王陈晨,周涛.基于区块链的云存储数据完整性验证方法[J].电子学报,2022,50(12):24562464.
- [5] 沙利文咨询.2023年中国云存储解决方案市场报告[R].上海:沙利文,2023.

作者简介:虞淼(2006-),女,四川西昌,主要研究方向为智慧养殖。