

# 基于YOLOv8与机械臂的水域清理船

蔡康雨 仇传克 宁振国

南京工业大学浦江学院

DOI:10.12238/acair.v2i2.7396

**[摘要]** 本作品以水域环境保护为目标,包括水面漂浮垃圾的拾取,水质监测与分析,监测岸边可疑人员(非法捕捞)等,基于物联网云服务,以无人船为操作平台,船身配六轴机械臂、萤石云摄像头及水质监测模块,用ESP-8266+萤石+传感器检测水质、温湿度,监测识别上传云平台,下发指令抓取水面垃圾。通过ESP-8266模块将水质数据,温湿度数据,水面画面上传云平台,采用卡尔曼滤波算法对云平台数据进行数据过滤,通过建立水质数据与空气数据库的方式,使用Arima算法对水下水质数据与水下空气数据多元素的预测分析,实时数据和预测数据经过传输传送至服务端。萤石云摄像头拍摄无人船巡视监控画面,传输至云平台和服务端部署的YOLOv8识别端。YOLOv8识别岸边可疑人员和水面垃圾,管理员可通过无人船机械臂抓取垃圾并放入回收箱,同时声音驱赶异常人员,保护水域环境。

**[关键词]** YOLOv8视觉处理; 机械臂; 浊度传感器; 定位模块

**中图分类号:** G356.6 **文献标识码:** A

## An Autonomous Water Cleanup Boat Based YOLOv8 Vision Processing and Robotic Arm Grasping

Kangyu Cai Chuanke Qiu Zhenguo Ning

Pujiang College of Nanjing University of Technology

**[Abstract]** This work aims to protect the water environment, including the collection of floating garbage on the water surface, water quality monitoring and analysis, monitoring of suspicious people on the shore (illegal fishing), etc. Based on IoT cloud services, unmanned ships are used as operating platforms, and the ship is equipped with a six axis mechanical arm, a fluorite cloud camera head, and a water quality monitoring module. The ESP-8266+fluorite+sensor is used to detect water quality, temperature, and humidity, and the monitoring recognition is uploaded to the cloud platform, issuing instructions to capture water surface garbage. By using the ESP-8266 module, water quality data, temperature and humidity data, and water surface images are uploaded to the cloud platform. The Kalman filtering algorithm is used to filter the data on the cloud platform. By establishing a water quality data and air database, the Arima algorithm is used to predict and analyze multiple elements of underwater water quality data and underwater air data. Real time data and predicted data are transmitted to the server. The firefly cloud camera captures unmanned ship patrol monitoring footage and transmits it to the YOLOv8 recognition terminal deployed on the cloud platform and server. YOLOv8 identifies suspicious individuals on the shore and water surface garbage. Administrators can use unmanned ship robotic arms to grab the garbage and put it into the recycling bin. At the same time, sound can drive away abnormal personnel to protect the water environment.

**[Key words]** YOLOv8 visual processing; robotic arm; turbidity sensor; positioning module

### 引言

国家发展改革委发布“十四五”重点流域水环境综合治理规划,强调水资源保护与污染治理。为响应此号召,我们团队研发了基于YOLOv8视觉处理与机械臂的智能巡航无人船。该船能识别水面垃圾、检测水下环境、处理垃圾,并通过云端控制。此

外,还能识别岸边行人,对偷钓者发出警告,助力长江等水域保护,提升水环境治理效率。

### 1 水面垃圾识别

#### 1.1 YOLOv8视觉处理技术

YOLOv8是最新的YOLO模型,YOLOv8s具有较少的参数量和计

算量,同时在垃圾识别与人物识别方面具有足够的精度。因此,本文选择YOLOv8s作为改进模型。

YOLOv8s模型的架构主要由三部分组成: Backbone、Neck和Head。Backbone负责从输入图像中提取特征,然后选择三个有效的特征层输入到YOLOv8s的Neck中。Neck的任务是融合多尺度的特征,生成特征金字塔,为后续任务提供更多信息。Neck采用PANet结构,包括特征金字塔网络(FPN)和路径聚合网络(PAN)。FPN从卷积神经网络中提取特征图,构建特征金字塔,然后自顶向下进行上采样和特征图的融合。PAN引入路径聚合的概念,通过自底向上的结构,从不同层级的特征图中提取信息并将其融合,充分保留了空间特征信息。YOLOv8使用了解耦头,使用两个卷积分别进行分类和回归<sup>[1]</sup>。

### 1.2 损失函数

Yolov8使用*cloU* 损失函数。*cloU* 在进行目标框回归时,综合考虑了真实边界框与预测边界框之间的中心点距离、重叠度、尺寸比例和特定的惩罚因子,从而提高了回归过程的稳定性。不会像*IoU*一样在训练过程中出现发散问题。*cloU* 的计算过程如下:

$$L_{CloU} = 1 - IoU - \frac{\rho^2(B, A)}{c^2} + \alpha v \quad \#(1)$$

$$v = \frac{4}{\pi^2} \left( \arctan \frac{w^{gt}}{h^{gt}} - \arctan \frac{w}{h} \right)^2 \quad \#(2)$$

$$\alpha = \frac{v}{(1 - IoU) + v} \quad \#(3)$$

$\rho^2(B, A)$  表示真实框A中心点和预测框B中心点之间距离的平方,变量c表示能覆盖真实框A和预测框B的最小矩形的对角线长度<sup>[2]</sup>。

参数a为权重系数, v为真实框A和预测框B的长宽比,  $w^{gt}$  和  $h^{gt}$  为真实框的宽和高,但 *cloU* 存在缺陷,在 *cloU* 的计算过程中,其纵横比描述的是相对值,存在一定的模糊。同时 *cloU* 也未考虑难易样本的平衡问题,这些特点使其难以适应无人机航拍图像目标检测任务。

训练数据集不可避免地会包含一些质量不高的样本,这些样本的存在可能会导致基于几何度量的损失函数对模型的泛化能力产生负面影响。一个优秀的损失函数应当在锚框与目标框有较高重叠度的情况下减轻对几何误差的惩罚,从而减少对训练过程的干扰,使得模型具备更强的泛化性。在此基础上,根据距离度量构建了距离注意力,得到了具有两层注意力机制的损失函数,其计算过程如下:

$$L_{WIoU} = R_{WIoU} L_{IoU} \quad \#(4)$$

$$R_{WIoU} = \exp \left( \frac{(x - x_{gt})^2 + (y - y_{gt})^2}{(W_g^2 + H_g^2)} \right) \quad \#(5)$$

其中,  $W_g$  和  $H_g$  表示

能覆盖真实框和预测框的最小BOX的宽和高。 $x_{gt}$ 和 $y_{gt}$ 表示真实框的中心点坐标, x和y表示预测框的中心点坐标。

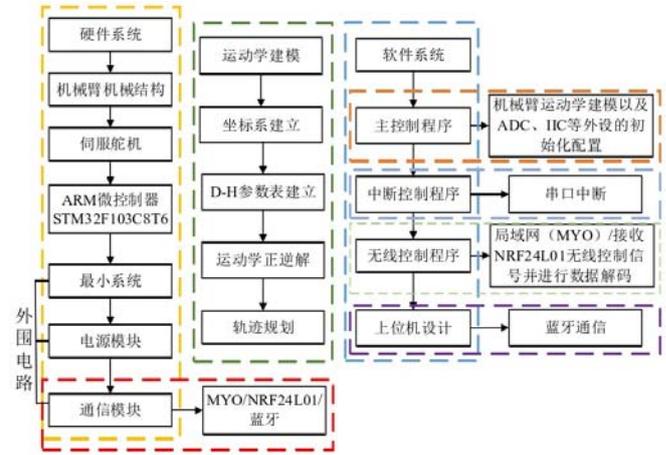
从公式中可以发现由于  $R_{WIoU} \in [1, e)$ , 普通质量锚框的LIou将会被显著的放大。由于  $L_{IoU} \in [0,1]$ , 这种改进将显著减少对优质随框的惩罚,并在锚框与目标框有较高重叠时,减少对锚框中心点位置的敏感度,从而使损失函数更加适应水面垃圾图像的独特数据。

## 2 水面垃圾的清理

### 2.1 六轴关节型机械臂抓取

六轴关节型机械臂是一种模拟人类手臂运动的机械装置,能够实现精确地抓取、搬运、装配等操作,便于我们的智能船能够将水面垃圾进行抓取。

基于嵌入式系统的六轴关节型机械臂系统主要包括硬件系统、运动学建模和软件系统三部分,如图一所示:



图一 六轴关节型机械臂系统

六轴机械臂具有六个自由度,分别由六个舵机控制。每个舵机关节可旋转180°,通常由舵盘、减速齿轮组、位置反馈电位计、直流电机和控制电路组成。这六个舵机连接到STM32上的不同时钟引脚,接收PWM波信号以控制电机转动。电机通过减速齿轮转动至舵盘,舵盘带动位置反馈电位计。电位计将输出电压信号与PWM控制信号进行比较,控制电路板根据位置确定电机转动方向和角度。机械臂的工作原理是将脉冲信号转换为角位移,实现闭环控制电机转动。步进电机由单片机控制,使用数字信号控制,无需A/D转换,具有快速启停功能,可实现精确定位和高旋转精度。

### 2.2 程序控制

首先初始化时钟、舵机和串口,随后选择控制方式。在自动模式下,QT控制器通过串口发送预设的运动轨迹点位给机械臂控制器。控制器检测并解析串口数据,校验无误后,通过调整舵机实现机械臂的动作。完成所有点位传输后,自动控制结束。此过程中,QT控制器逐点发送,机械臂控制器逐点接收、验证并执行,直至完成整个水面垃圾抓取任务

## 3 水质检测

## 3.1 浊度计算公式

浊度值与模块输出电压满足如下关系:

$$TU = -865.68 \times U + K \quad (6)$$

上式中TU为当前浊度值,U为当前温度条件下模块的输出电压值,K为截距值,需通过标定方法得到。传感器输出电压值大小受温度影响,需进行浊度测量时需进行温度补偿以保证测量精度<sup>[3]</sup>。温度校正公式:

$$\Delta U = -0.0192 \times (T - 25) \quad (7)$$

上式中U为温度变化引起的电压差,T为当前测量温度值。

## 3.2 传感器校准方法

由于浊度传感器的个体差异、环境光或未进行温度补偿等原因。为获得更精确的浊度值,在测量之前,必须进行校准,具体操作方法介绍如下:

第一步: 安装浊度传感器,给传感器模块供电。使用ONTU的标准溶液进行校准;

第二步: 在传感器使用环境状态下测量记录当前校准溶液的温度值并记录为; 测量并记录传感器模块的输出电压为  $U_{测试}$  ;

第三步: 计算温差引起的电压差值U。将测量得到的  $T_{测试}$  代入温度修正公式:

$$\Delta U = -0.0192 \times (T_{测试} - 25) \quad (8)$$

第四步: 计算ONTU标准液(25°C)标准电压值  $U_{25^\circ\text{C}}$  ;

$$U_{25^\circ\text{C}} = U_{测试} - \Delta U \quad (9)$$

第五步: 计算K值,将计算得到标准电压值  $U_{25^\circ\text{C}}$  代入标准曲线公式。

$$K = 865.68 \times U_{25^\circ\text{C}} \quad (10)$$

第六步: 修正标准曲线公式,将计算得到的K代入标准曲线公式<sup>[4]</sup>。

$$TU = -865.68 \times U + K \quad (11)$$

## 4 总结

保护水域刻不容缓,为了更准确地对水域环境数据的进行监测,从而制定更有效的解决方案,我们采用了集成水质传感器,模块增删方便,同时可以获得多个水质数据,以保障结果更加准确。系统部署卡尔曼滤波算法和Arima时序预测算法对检测数据进行滤波和预测分析处理,得到当前水质情况,并分析出该水域适宜养殖的鱼类。无人船配备太阳能充电模块实现数据的长时间接发,大大提高续航能力。系统部署YOLOv8识别算法,通过摄像头对水面漂浮垃圾和岸边可疑行人进行识别。机械臂抓取水面漂浮垃圾,达到水域环境保护的目的。

## [参考文献]

- [1]于泳波,袁栋梁,孙振,等.基于YOLOv8s的城市背景烟火检测算法[J/OL].无线电工程,1-10[2024-04-22].
- [2]饶毅.面向路边停车场场景的目标检测算法研究与实现[D].电子科技大学,2022.
- [3]罗勇钢,吴建,刘冠军,等.地下水原位监测浊度传感器设计[J].自动化仪表,2023,44(12):12-15.
- [4]田逸飞.适用于水质监测的采样无人机设计与实现[D].西南科技大学,2021.
- [5]刘尧,胡卫东,林鸿洋,等.基于GPS定位技术的智能物流运输车的研究[J].电子制作,2019,(09):39-41.