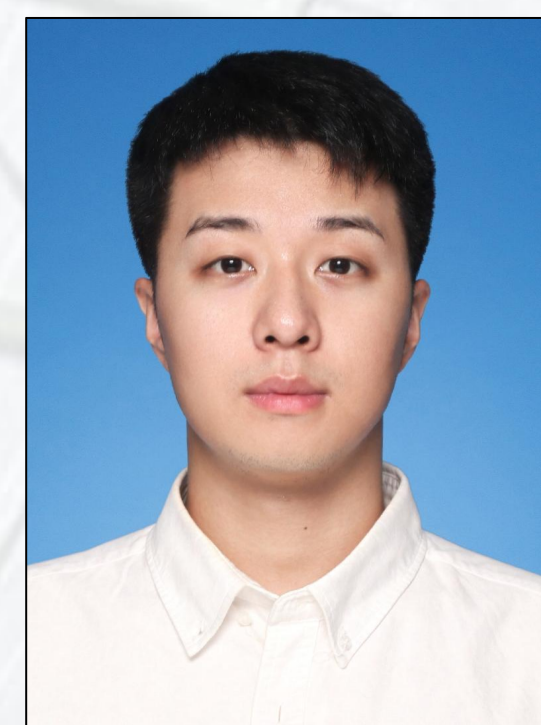


FishFeedingNetLite (FFNL): A Lightweight Hybrid Network for Real-Time Fish Feeding Behaviour Recognition

FishFeedingNetLite: 用于鱼类摄食行为实时识别的轻量级混合网络

第一作者: 肖俞辰 通讯作者: 张树斌 黄六一

中国海洋大学 水产学院 海洋渔业技术实验室 山东青岛 266003



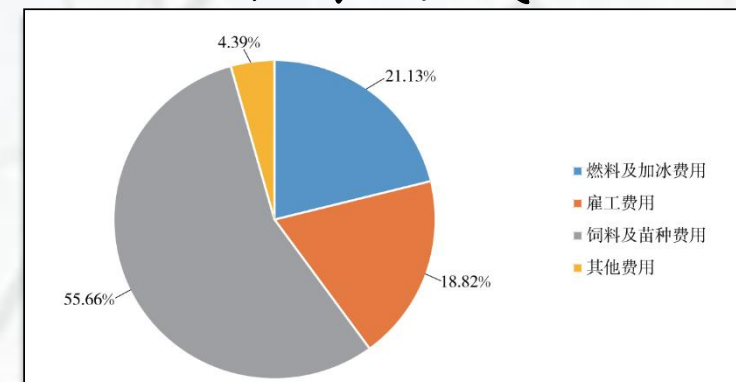
一、研究背景

水产养殖在确保全球粮食安全方面发挥着重要作用。2022年,全球水产养殖产量达到1.309亿吨,占全球渔业总产量的58.65%(FAO, 2024)。近年来,在我国科技部、农业部下发的关于“蓝色粮仓”、“‘十四五’全国渔业规划”政策背景下,提高智能化水平,研究无人化、科学化养殖装备,成为我国水产养殖未来重要发展方向。当前在水产养殖中,饵料成本占总成本的50%以上。然而依靠人工经验进行粗放式投喂,易造成投喂不足或饵料浪费的问题,进而会影响养殖品种的收获品质。因此,需要从鱼类食欲需求的角度出发,构建“以鱼为本”的智能投喂模式。

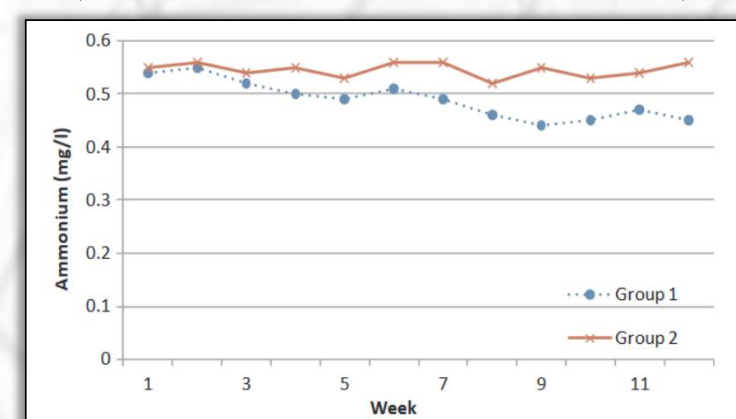
因此本研究提出了一种鱼群摄食状态自适应划分方法和轻量级神经网络模型,实现了快速、准确的摄食状态识别,为构建高效、科学的智能投喂系统奠定了基础。



水产养殖中传统投喂方式



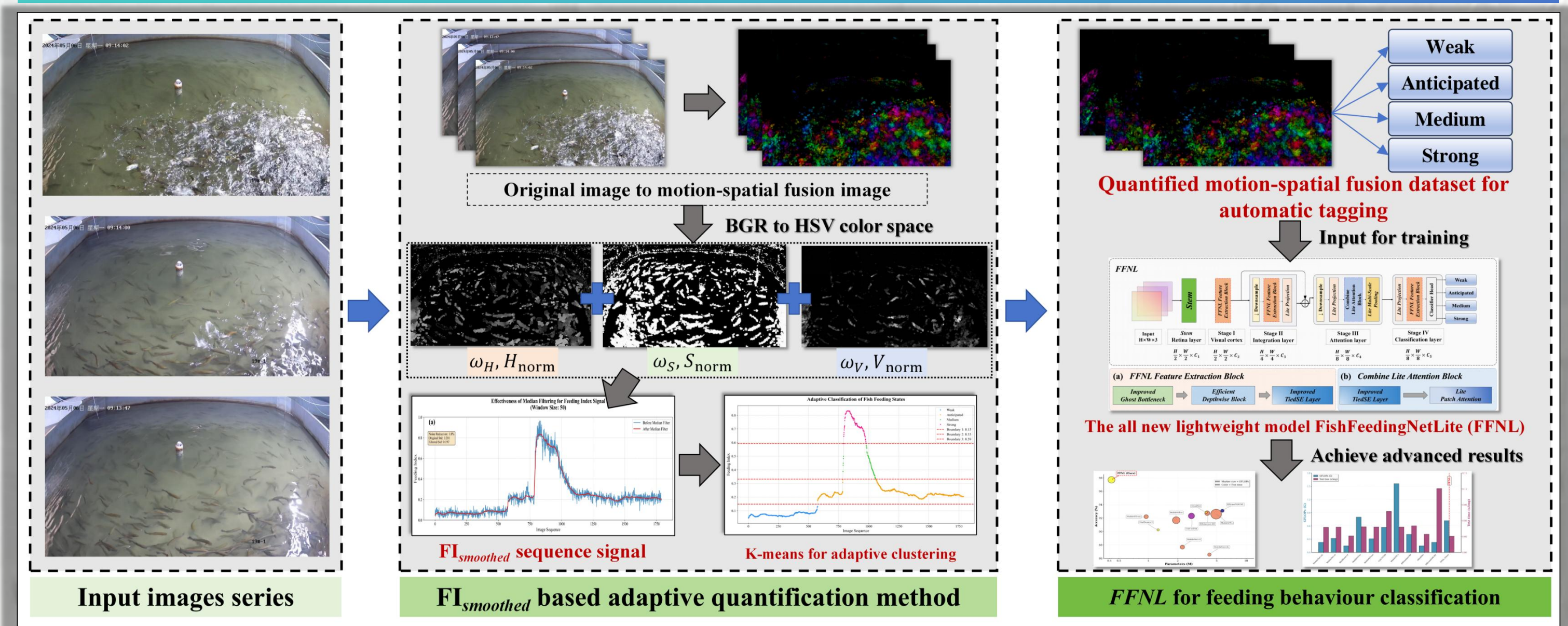
饵料成本占比 (2023渔业统计年鉴)



按需投喂1与传统投喂2
水环境氨氮量对比

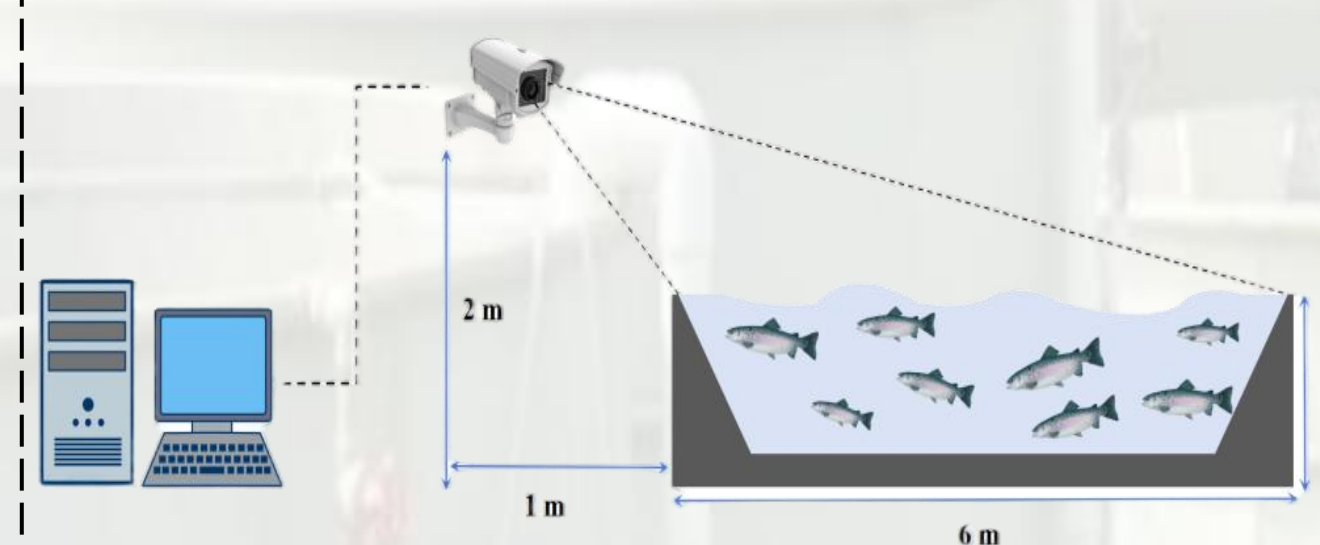
二、材料与方法

研究方法总览



实验系统与数据集获取

- 视频数据采集于日照硬头鲮工厂化养殖场;
- 硬头鲮养殖密度为20-25尾/m²;
- 在2024年5月采集了20天的数据。



鱼群摄食状态量化方法

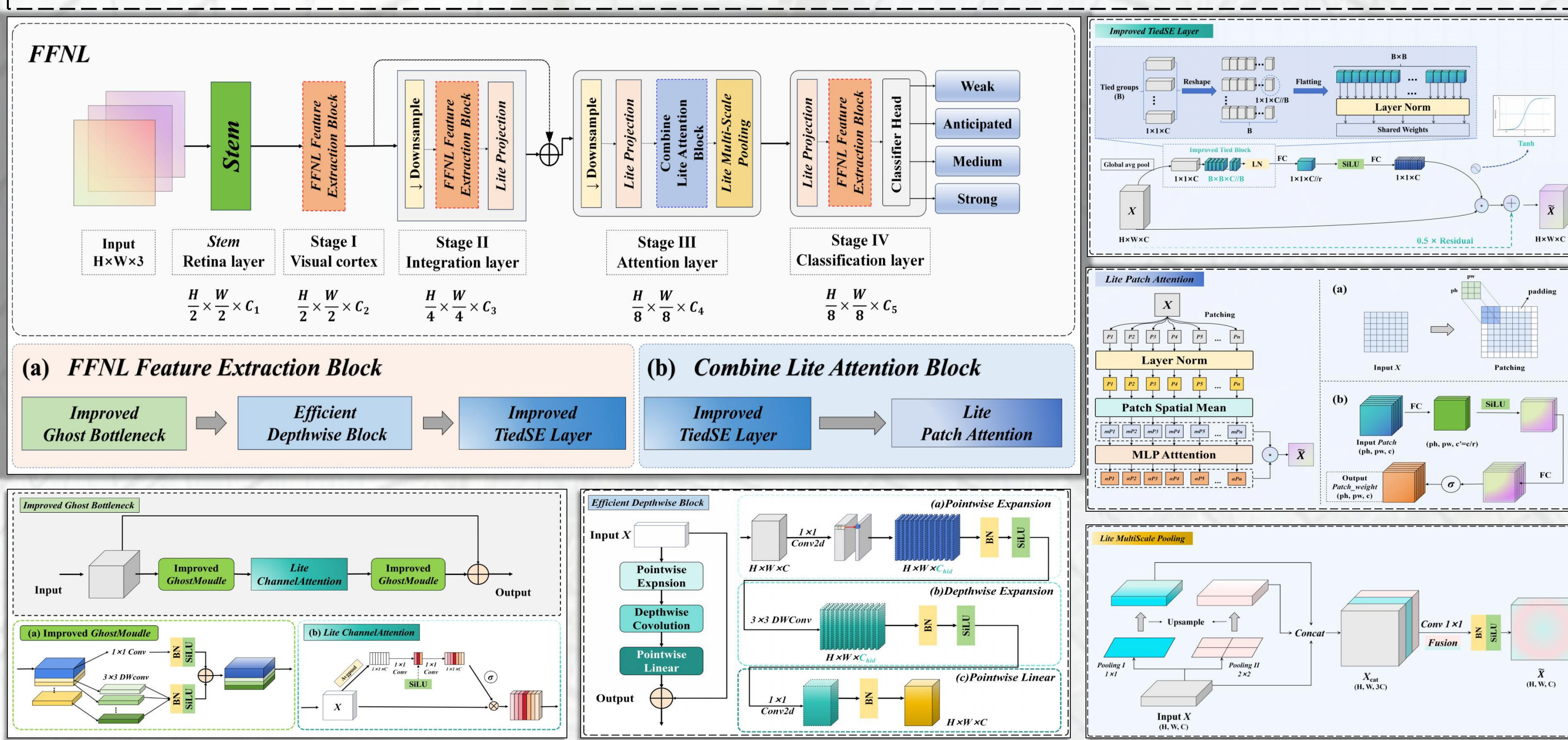
- 基于Farneback稠密光流法对养殖鱼群的行为变化进行空间-运动特征表示;
- 针对运动变化过程中**转角**、**运动幅度**和**运动显著性**信息进行自适应权重分配;
- 对空间-运动特征信息进行归一化处理,缓解实际养殖场景下光照强度、水质浑浊度等因素造成的**时空维度特征差异**;
- 对各维度空间-运动特征权重与归一值进行加权,计算**鱼群摄食状态的量化指标**—摄食指数(FI): $FI = \sum \omega_c \cdot Norm_c(c\epsilon H, S, V)$ 。



(接材料与与方法)

FFNL轻量化模型架构

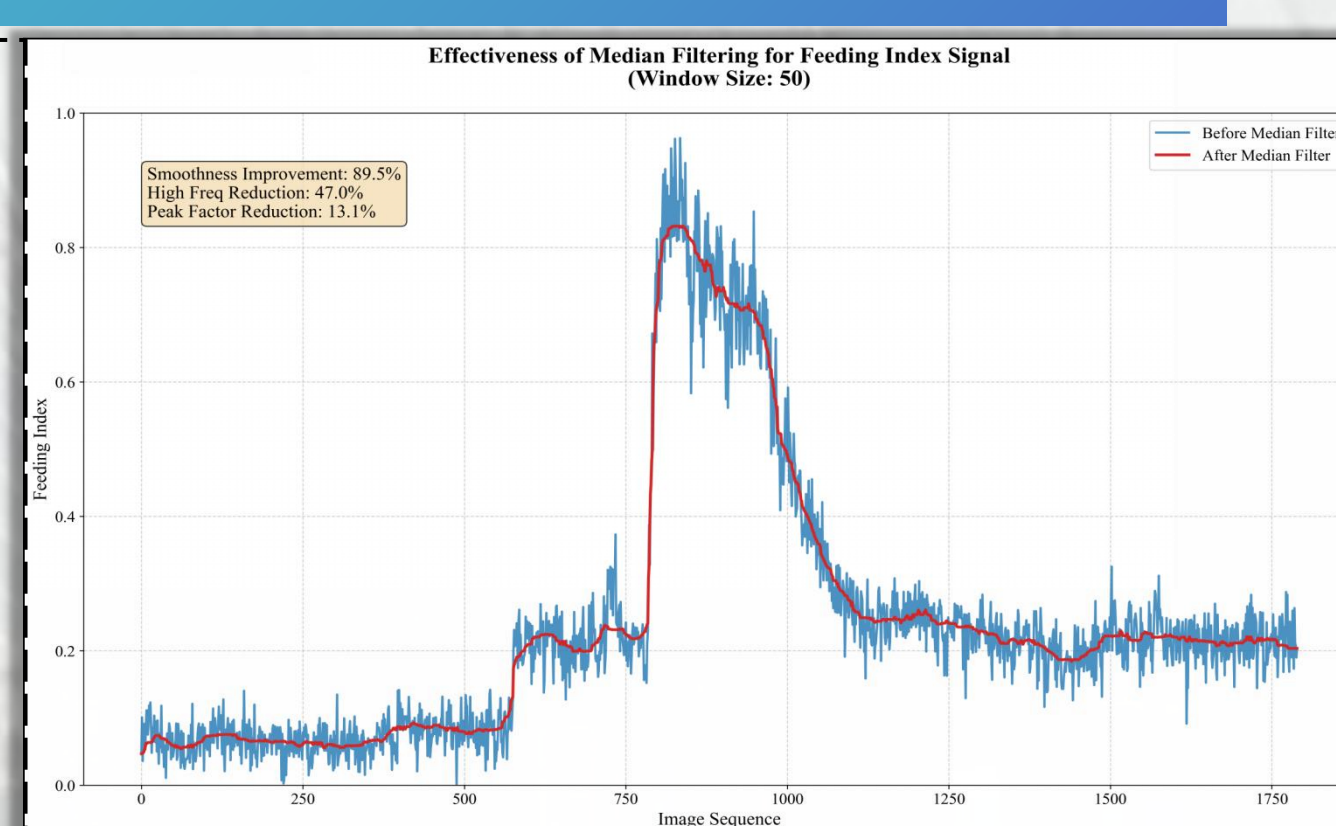
- 提出了**FishFeedingNetLite (FFNL)**轻量化神经网络模型,将高效卷积、轻量化注意力以及多尺度融合模块有机结合,旨在以极小参数量和计算量实现高精度识别;
- 采用**非对称、渐进式**通道扩展四阶段模型架构,模拟**人体视觉**对图像处理
(Stem—视网膜层; Stage I—视觉皮层; Stage II—整合层; Stage III—注意力层; Stage IV—分类层)



三、研究结果

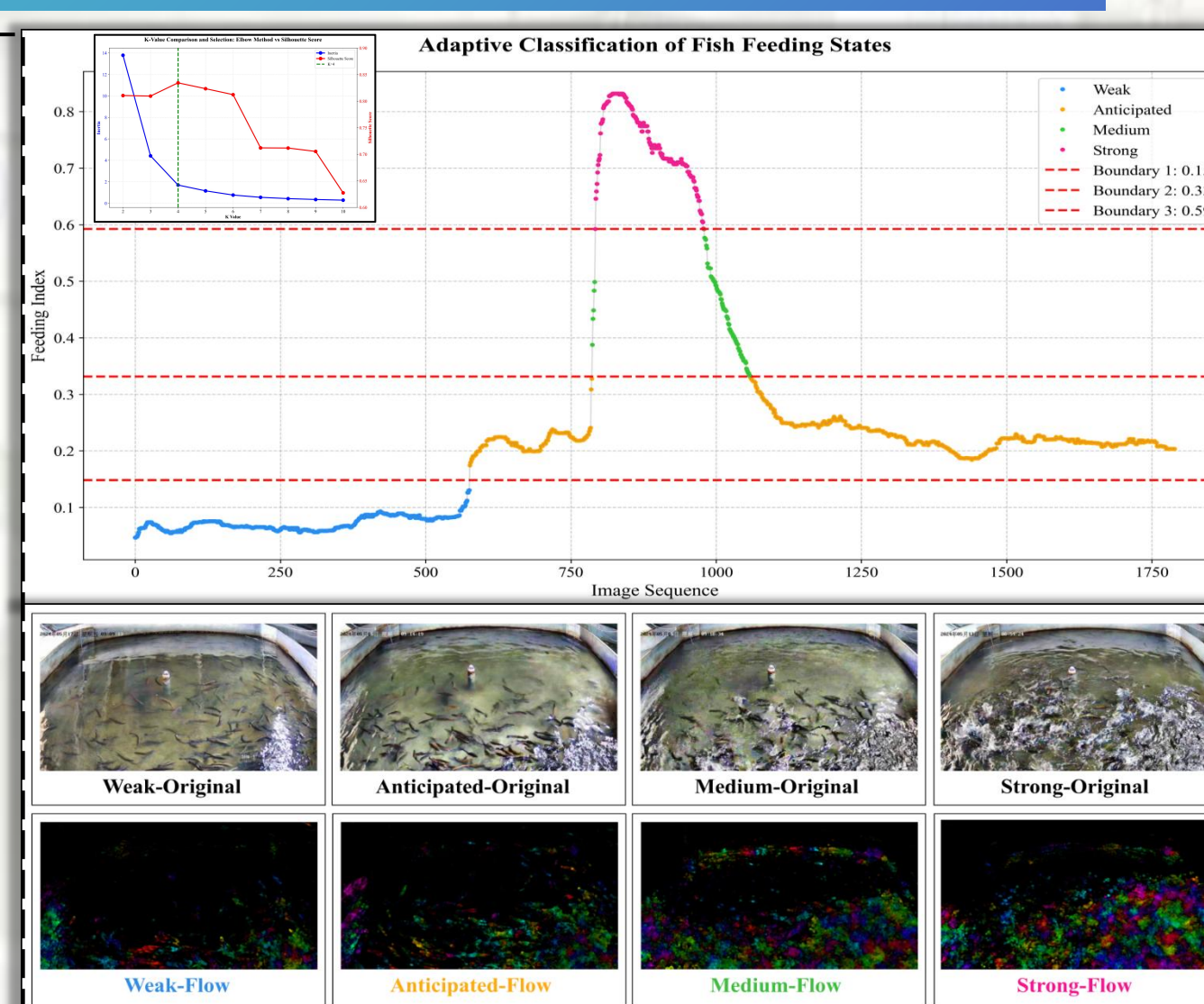
基于FI_{smoothed}鱼群摄食信号表示方法

- 采用中值滤波对FI序列进行平滑处理,得到滤波后的摄食行为量化指标FI_{smoothed};
- 在不改变信号序列整体趋势基础上,信号平滑度提高了89.5%,信号高频尖峰降低了47.0%,峰值因子降低了13.1%;



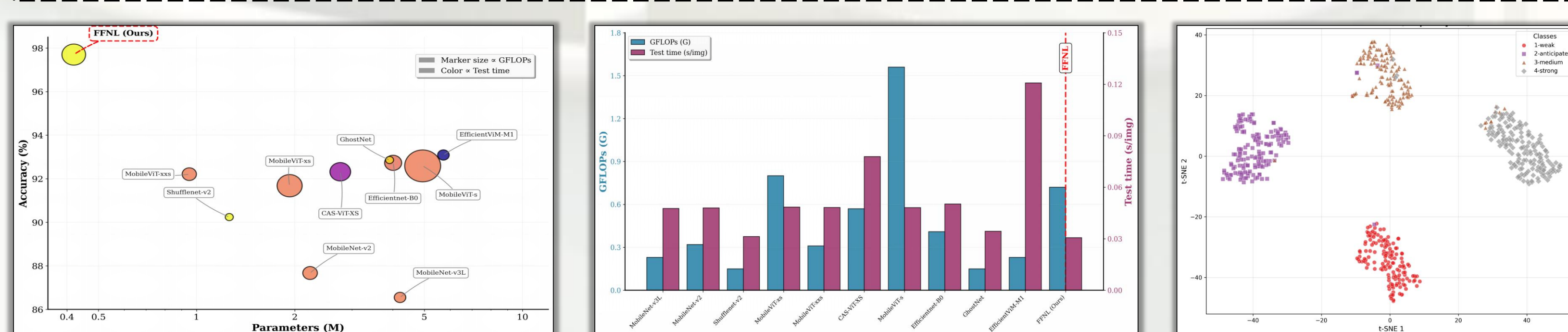
鱼群摄食状态的自适应划分

- 在FI_{smoothed}信号的基础上采用K-means聚类进行摄食状态划分和验证;
- 肘部法(Elbow)和轮廓分析(Silhouette)双重分析表明当K=4时,簇内凝聚力与簇间分离性效果达到最优,根据鱼群运动强度确定了:
“弱、食物预期、中、强”四种摄食行为状态。



基于FFNL模型鱼群摄食状态识别

- 多折交叉验证结果表明,提出的FFNL模型鱼群摄食状态识别准确率达**97.7%**;
- FFNL仅有**0.42 M**参数量和**0.72 GFLOPs**,且**推理速度较快**,实现了计算精度与效率的均衡,综合性能**显著优于目前主流轻量化模型**。



★ 研究创新点

- 提出了一种空间-运动融合特征的鱼群摄食状态自适应量化方法
- 提出了一种用于鱼群摄食状态识别的轻量化神经网络模型, FishFeedingNetLite (FFNL)
- 所提出模型融合了高效卷积、多尺度特征融合和轻量化注意力模块,实现了准确率与推理速度的平衡
- FFNL在实际工厂化养殖场景下进行了验证并取得了SOTA效果

如果您感兴趣, 欢迎与我们联系!

第一作者: 肖俞辰 Email: erwins1996@163.com
通讯作者: 张树斌 zhangshubin@ouc.edu.cn; 黄六一 huangly@ouc.edu.cn