目标检测融合算法在城市湿地生态的应用与优化研究

李超然
韩山师范学院，广东 潮州 521041

[摘要]城市湿地在城市生态安全体系中扮演着不可替代的角色，但在实际保护工作中，监测手段的局限性、多要素动态追踪的难度以及精细化治理的迫切需求等问题依然突出。近年来，目标检测融合算法凭借其整合多源数据的能力、对复杂场景的适应力以及较高的识别精度，为湿地生态保护开辟了一条新路子。文中围绕 YOLO 8 这一主流检测算法，从城市湿地监测的实际需求出发，梳理了算法在湿地应用中遇到的适配瓶颈与改进空间，在此基础上提出了一种融合算法架构，并分别就植被监测、野生动物保护、人为干扰管控和水环境监控四个主要场景，讨论了该算法的具体应用方式，希望能为城市湿地的数字化保护工作提供一些参考。

[关键词]目标检测融合算法；城市湿地；生态保护；智能监测
DOI：10.33142/sca.v9i10.20628　　中图分类号：TP391　　文献标识码：A

Application and Optimization of Target Detection Fusion Algorithm in Urban Wetland Ecology

LI Chaoran
Hanshan Normal University, Chaozhou, Guangdong, 521041, China

Abstract: Urban wetlands play an irreplaceable role in the urban ecological security system, but in practical protection work, the limitations of monitoring methods, the difficulty of dynamic tracking of multiple factors, and the urgent need for refined governance are still prominent. In recent years, target detection fusion algorithms have opened up a new path for wetland ecological protection due to their ability to integrate multi-source data, adaptability to complex scenes, and high recognition accuracy. The article focuses on the mainstream detection algorithm YOLO 8, starting from the actual needs of urban wetland monitoring, and summarizes the adaptation bottlenecks and improvement space encountered by the algorithm in wetland applications. Based on this, a fusion algorithm architecture is proposed, and the specific application methods of the algorithm are discussed in four main scenarios: vegetation monitoring, wildlife protection, human interference control, and water environment monitoring, which provide some reference for the digital protection of urban wetlands.

Keywords: target detection fusion algorithm; urban wetlands; ecological protection; intelligent monitoring

引言

城市湿地承担着生物多样性维持、洪涝调蓄、水质净化等多项生态功能，是生态文明建设与智慧城市发展的重要载体。然而，随着城市化进程不断加快，湿地空间碎裂化等问题日益严峻，传统的人工巡护与定点监测方式已经难以满足当前生态保护的实际需要。虽然低功耗物联网等新型基础设施的建设为湿地监测提供了更为丰富的数据基础，但从海量异构数据中有效提取关键生态信息、实现对目标的精准识别与持续追踪，仍然是制约技术落地的瓶颈所在[1]。

目标检测融合算法能够在复杂环境下有效提升目标识别的准确率与鲁棒性，这与城市湿地治理从粗放向精细转型的需求高度契合。YOLO8 作为当前应用广泛的目标检测算法之一，为湿地场景的技术落地提供了较好的基础[2]。基于此，本文从城市湿地的实际特征与监测需求出发，探讨目标检测融合算法的适配优化路径及其典型应用场景，尝试构建一条“数据-算法-应用”闭环的技术路线，以期为城市湿地生态安全与高质量发展提供支撑。

1 目标检测核心算法原理

YOLO 8（You Only Look Once Version 8）是一款基于深度学习的单阶段目标检测模型。跟 predecessor 相比，它在网络结构、特征提取能力和推理效率上都做了较大改进，整体围绕“端到端检测”这一设计思想展开，具体可以从以下三个层面来理解。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

1.1 网络结构设计

YOLO 8 用 C2f 模块替换掉了之前的 C3 模块，通过增设跨层连接和特征融合路径，让特征提取更加丰富、梯度传播也更顺畅。在颈部网络部分，采用了 PAN-FPN（Path Aggregation Network-Feature Pyramid Network）结构，让多尺度特征能够自上而下和自下而上地进行双向融合。这样一来，无论目标是大的还是小的，算法都能较好地捕捉到其特征信息——比如湿地里从体型很小的生物到成片植被群落，从局部的污染点到大范围的水文变化，都属于这种多尺度监测的范畴[3]。

1.2 损失函数优化

在边界框回归方面，算法使用了 CIoU（Complete Intersection over Union）损失函数，这个函数同时考虑了预测框与真实框的重叠程度、中心点距离以及长宽比差异，因此定位精度比之前的 IoU 版本有所提升。分类损失则采用了 Focal Loss，它的思路是对难易样本分配不同的权重——简单样本少关注，困难样本多关注——这恰好能缓解湿地场景中目标分布不均衡带来的训练偏置问题，比如稀有野生动物样本远少于常见植被样本的情况。

1.3 推理与后处理机制

YOLO 8 支持动态批量处理和自适应锚框生成，能够根据输入图像的尺寸和目标特征自动调整部分模型参数，从而加快推理速度。到了后处理阶段，算法引入了非极大值抑制（NMS）来剔除重复的检测框，保证每个目标只输出一个最可信的结果。这套机制对于湿地里经常出现的多目标密集分布场景尤其有用，能为后续分析提供可靠的目标列表。

图 1 展示了 YOLO 8 算法的整体架构。

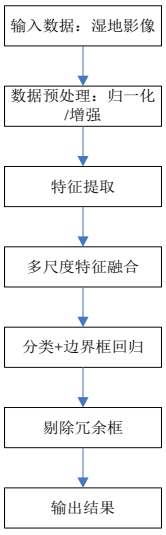


图 1　YOLO 8 核心算法架构示意图

图 1 中算法流程大致为：湿地影像作为输入数据，经过归一化/增强等预处理后进入特征提取网络，通过多尺度特征融合模块整合不同层级的特征信息，随后进入分类与边界框回归分支，最后经 NMS 剔除冗余框得到最终输出结果。

2 目标检测融合算法的适配与优化

2.1 城市湿地场景下的算法适配难点

2.1.1 复杂环境干扰

湿地本身的地形就比较破碎，植被覆盖又密，再加上水文动态（比如水位涨落、潮汐往复）和气象条件（暴雨、大雾、光照剧烈变化）的叠加影响，采集到的监测数据往往噪声很大、目标和背景的对比度也很低。打个比方，潮汐淹没区的植被和水体边界经常混在一起分不清楚，暴雨天拍出来的影像模糊不清——这些情况都会让特征提取变得困难，传统算法很容易出现漏检或者把背景误判为目标的问题。

2.1.2 目标特性差异

湿地里需要监测的目标种类很多、尺度跨度也很大。从生物类来说，浮游生物、底栖生物、鸟类、小型哺乳动物这些目标的形态各异、活动灵活、分布也很分散；从非生物类来说，污染物斑块、水位线变化、地形起伏、人为设施等目标尺寸差异悬殊，有的还在快速变化中，甚至没有固定形态[4]。目标之间的这种高度异质性，对算法的特征自适应能力提出了很高的要求。

2.1.3 数据源限制

湿地监测的数据来源其实挺杂的：低功耗物联网传感器采集的水质、水位、气象数据，无人机和卫星拍下来的遥感影像，还有现场相机拍的照片等等。这些数据既有结构化的也有非结构化的，存在时空分辨率对不上、部分数据缺失、格式各不相同等问题。怎么把这些不同来源的数据有效地融合在一起，让算法对各种数据源都能“吃得消”，是目前比较棘手的一个问题。

2.2 融合算法架构设计

考虑到城市湿地场景的这些特点，本文设计了一套“多源数据输入-特征融合-自适应检测-结果优化”的目标检测融合算法架构，下面逐一说明。

2.2.1 多源数据预处理模块

这个模块负责把低功耗物联网传感数据、遥感影像、现场监测影像等不同类型的原始数据统一处理。具体做法包括数据标准化、时空对齐、缺失值填补等，目的是把结构化数据（比如水质参数表格）和非结构化数据（比如影像文件）转换成算法能直接使用的统一格式特征。另外，

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

还把水位、水质这些传感数据作为辅助特征嵌入到影像特征向量里面，这样能让目标识别更贴合实际环境信息[5]。

2.2.2 跨模态特征融合模块

这里用了注意力机制和特征拼接两种手段来做跨模态融合。自注意力模块的作用是放大目标的关键特征、压制环境噪声；交叉注意力模块则负责在不同模态的数据之间建立对应关系——比如把水质参数里的浊度、Chl-a 浓度和影像里看到的水体污染斑块特征联系起来，这样算法识别污染目标的时候就有更多依据了。

2.2.3 自适应检测模块

在 YOLO 8 核心架构的基础上，这个模块引入了动态卷积和可变形卷积，让模型对目标形状变化和尺度差异更加敏感。对于湿地里的小目标（比如体型很小的鸟类、微塑料颗粒这类污染物），我们加强了网络浅层特征提取的能力，给小目标特征通道分配了更多权重；对于会动的目标（比如移动的水位线、扩散的污染物），则加入了时序特征融合层，利用前后帧数据来预测目标的运动方向，从而提高动态检测的准确度。

2.2.4 结果优化模块

光靠算法本身有时候还不够，我们还想把湿地生态过程的一些已知规律引入进来作为约束条件。比如植被有生长周期、鸟类有迁徙规律、污染物有扩散模型——把这些领域知识用起来，可以对算法的输出结果做后验修正。举个例子：如果检测到了一个在冬天不应该出现的生物目标，就可以根据季节特征把它过滤掉；又比如用水动力模型来验证水位线检测结果是否合理。这样做能让算法输出更科学、更可信。

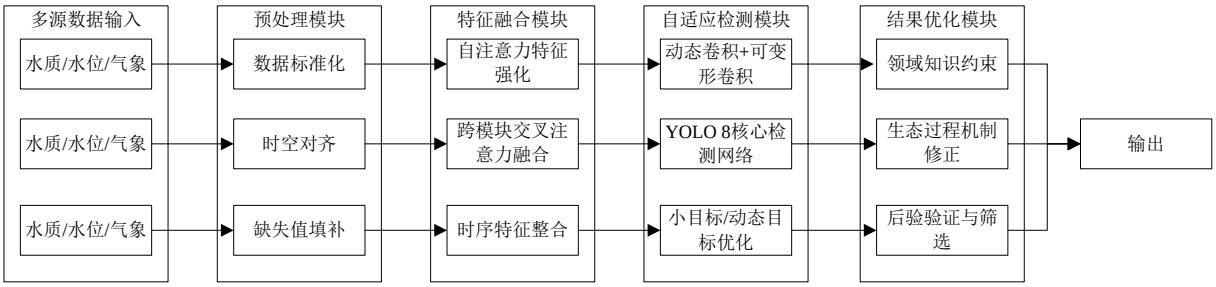


图 2 城市湿地场景目标检测融合算法架构图

图 2 展示的整体流程为：多源数据（水质/水位/气象等）先经过预处理模块做标准化、时空对齐和缺失值填补，然后进入特征融合模块，通过自注意力特征强化和跨模块交叉注意力融合来整合信息，同时时序特征整合层处理动态目标，之后送入基于 YOLO 8 核心的自适应检测网络，对小目标和动态目标做专项优化，最后通过领域知识约束和生态过程机制进行后验验证与筛选，输出最终结果。

2. 3 模型训练与验证

2.3.1 数据集构建

我们选了潮州城市湿地里三类比较有代表性的区域来做数据采集：河口潮汐湿地、城郊人工湿地和滨水带。采集的时候覆盖了不同场景和不同时段，标注的类别包括植被、野生动物、人为干扰、水环境要素、水文地形等。数据里既有正常天气下的样本，也有暴雨、潮汐等特殊条件下的样本，其中训练集占 70%、验证集 20%、测试集 10%，尽量保证数据的代表性和多样性。

2.3.2 训练策略优化

训练方面用了迁移学习的思路——先拿 YOLO 8 的预训练模型打底，再用湿地标注数据集做微调。学习率采用渐进式衰减策略，初始值设为 0.01，随着训练轮次增加逐步降低。数据增强用了随机裁剪、翻转、亮度调整和噪声添加这几种方式的组合，目的是让模型见过更多“变体”后泛化能力更强。针对样本不均衡的问题，对稀有目标样本做过采样、对优势目标样本做过欠采样，两边结合起来让类别分布尽量均衡一些。

2.3.3 验证指标体系

验证指标的设定参考了湿地监测的实际需求，分三个层次来设计：第一层是基础检测指标，包括平均精度均值（mAP）、精确率（Precision）和召回率（Recall），主要看目标识别准不准；第二层是场景适配指标，比如在不同环境条件（正常天气/暴雨/潮汐）下的检测准确率、复杂背景里的漏检率和误检率，用来衡量算法抗干扰的能力；第三层是实用性能指标，主要是检测速度（FPS）和模型推理延迟，确保算法能满足湿地实时监测的要求。

3 目标检测融合算法在城市湿地的核心应用场景

3. 1 湿地植被监测与管理

湿地植被是生态系统功能发挥的核心载体，植被的覆盖程度、物种组成和生长状况基本上能反映湿地的健康水

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

平[6]。目标检测融合算法在植被管理方面能做的事情不少：

（1）物种识别与分类。把遥感影像和现场拍摄数据结合起来，可以比较准确地识别芦苇、红树林、水生草本这些湿地典型植被的物种类型，进而建立起“物种-分布-面积”三维数据库，为植被群落结构分析提供数据支撑。

（2）生长状态动态追踪。借助植被光谱特征加上物联网传感器传来的土壤水分、营养盐含量等数据，算法能检测叶片颜色变化、枯萎比例等生长指标，一旦发现植被退化或者病虫害迹象，就能为生态补水和生境修复指明具体位置。

（3）入侵物种监测。像互花米草这类外来入侵植物，算法可以实时识别它们的扩散范围和蔓延速度，再结合时序数据预测下一步的扩散路径，给管理部门提供早期干预和清除决策的依据。

3.2 湿地野生动物监测与保护

城市湿地是不少野生动物的栖息地和迁徙通道，目标检测融合算法可以给野生动物保护提供一种不干扰动物活动的、高精度的监测手段：

（1）物种识别与计数。用无人机巡检拍到的影像配合固定摄像头的监测数据，算法能自动识别鸟类、小型哺乳动物、两栖类这些野生动物的物种，还能自动统计种群数量，逐步建立起种群动态数据库。

（2）行为轨迹追踪。通过连续帧影像的分析，可以追踪野生动物的活动路线、觅食范围和迁徙路径，再叠加湿地生境数据，就能找出关键的栖息地和生态廊道，这些结果对栖息地保护和修复工作很有参考价值。

（3）异常行为预警。如果检测到野生动物受伤、被困（比如缠在渔网里、受到污染水体影响）等异常情况，或者发现了非法捕猎设备（捕鸟网、陷阱等），算法能及时发出预警，帮助相关部门快速开展应急救援和执法管控[7]。

3.3 人为干扰行为监测与管控

人为干扰是导致湿地生态退化的一个重要原因，目标检测融合算法可以实现对这类干扰行为的实时监测和精准管控：

（1）违规行为识别。算法能自动发现非法捕捞、非法采砂、垃圾倾倒、违规搭建以及未经许可的车辆或人员进入等行为，同时通过视频截图和定位信息把相关证据留存下来。

（2）干扰源追踪。把多个摄像头的画面联动起来做移动轨迹分析，可以还原违规行为发生的时间、地点、持续时长和扩散路径，给执法部门提供比较精确的线索。

（3）联动处置触发。一旦检测到比较严重的违规行为（比如大面积垃圾倾倒、非法采砂），系统会自动向湿地管理部门发送预警，同时联动现场的广播、警示灯等设备实施实时管控，形成一个“监测-预警-处置”的完整闭环[8]。下图 3 展示了人为干扰因素识别的整体检测流程。



图 3　人为干扰因素识别

3.4 湿地水环境质量监测

水环境质量直接关系到湿地生态安全，目标检测融合算法可以在水质异常识别和污染溯源方面帮上忙：

（1）污染物斑块识别。把影像数据和水质传感数据（浊度、Chl-a、营养盐浓度等）融合在一起，算法能比较精准地找出水体里的黑臭水体斑块、油污污染、藻类水华等污染特征，同时划定污染范围和判断严重程度。

（2）污染源追踪。结合水文动态数据（水流速度、流向）和污染物扩散轨迹分析，可以大致反推出污染源的排放位置（比如支流汇入口、岸线排污点），给污染治理工作提供精准的方向。

（3）动态预警。对污染物浓度变化和扩散趋势做实时监测，一旦检测到浓度超过预警阈值，系统就自动启动分级预警机制，为污染应急处置和水质调控（比如生态补水、闸门调度）提供决策支持。

4 结语

目标检测融合算法给城市湿地生态保护提供了一条比较高效、精准的智能化技术路线。本文以 YOLO8 算法为起点，结合城市湿地复杂场景的实际特点，设计了一套多源数据融合的自适应检测架构，通过逐一攻克环境干扰、目标异质性、数据源限制这几个适配难点，把算法落地到了湿地植被监测、野生动物保护、人为干扰管控、水环境质量监测以及水文地形动态追踪等几个核心场景中。从实际应用的角度看，这项技术不仅弥补了传统湿地监测手段的一些不足，还在实时性、精准性和覆盖范围上有所提升，对湿地治理模式的演进有一定的推动作用。当然，算法在极端天气条件下的稳定性、小目标检测的精度等方面还有改进空间，后续工作可以沿着这些方向继续深入。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

基金项目：（1）2025 年中国高校产学研创新基金智教联创专项：面向夜间及复杂光照环境的 YOLOv8 图像增强和目标检测融合算法的研究与验证（项目编号：2025ZJ035）；（2）2025 年度潮州市科技计划项目：低功耗物联网传感网络在城市湿地生态系统保护中的应用研究（项目编号：2025ZC04）。

[参考文献]

[1]彭凯远,田立勤.基于DMW-YOLOv8的白洋淀湿地航拍目标检测算法[J].华北科技学院学报,2025,22(3):56-66.

[2]练慧俊,郑红.滨海湿地的鸟类监测计数方法:目标检测与密度估计[J].中国水运(下半月),2021,21(5):38-39.

[3]杨任飞.城市湿地遥感图像多层级分类与变化检测研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2023,48(12):2105-2105.

[4]孙济伦,谢将剑,张长春,张军国.基于YOLO-DAS模型的湿地水鸟检测方法:以内蒙古南海子湿地为例[J].生物多样性,2025,33(9):147-162.

[5]王青羽,姚国清,方朝阳.基于YOLOv8n的鄱阳湖轻量级鸟类目标检测与识别模型研究[J].江西师范大学学报(自然科学版),2025,49(1):86-94.

[6]王燕妮,张婧菲.改进的 YOLOv8 无人机小目标检测算法[J].探测与控制学报,2025,47(5):44-50.

[7]梁燕,何孝武,邵凯,等.改进 YOLOv8 的无人机航拍图像目标检测算法[J].计算机工程与应用,2025,61(1):121-130.

[8]吴迪,赵品懿,甘升隆,沈学军,万琴.基于动态自适应通道注意力特征融合的小目标检测[J].电子科技大学学报,2025,54(2):221-232.

作者简介：李超然（1990—），男，广东潮州人，研究领域为物联网工程、人工智能。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.