

基于 yolov9 改进模型的自然条件下的蓝莓成熟度识别

潘滋巍、许磊、陈能成

中国地质大学（武汉）

摘要：作物成熟度检测对农业数字化和智能化有着重要作用。目前针对大尺寸的作物识别已有了大量研究，但是对蓝莓此类小尺寸作物的成熟度识别还存在不足，主要挑战在于蓝莓生长环境复杂、小而密，难以准确识别。本文为适应自然条件下小而密的蓝莓成熟度识别需求对 YOLOv9 模型进行了改进。本研究的贡献包括以下 4 个方面：1.采样模块改进：引入了 HWD 下采样(Haar Wavelet-based Downsampling)和 DySample 上采样，替换了 ADown 下采样和最邻近上采样方法。这一改进减少了采样过程中细节信息的损失，提高了对小目标的识别效果。2.注意力机制引入：在主干网络 Head 组件的特征提取模块后引入了空间和通道注意力，增强了对有关区域和有用特征的权重，以适应复杂自然环境，提升了模型的性能。3.特征融合模块改进：对 CBFuse 特征融合模块进行了改进，提出了分层特征图融合模块 HCBFuse。相较于 CBFuse，HCBFuse 采用分层融合的策略，通过逐层加权向上融合的方式，减少了特征融合中无效信息的引入，从而提高了模型的精度。4.一套开源蓝莓成熟度数据集：提供了一套开源的蓝莓成熟度数据集，包含 575 张自然生长的蓝莓图像（大小为 1024×1024），分别在近中远距离采集，按照成熟度划分为成熟、半成熟和未成熟 3 类，以 7：1：2 划分为训练：测试：验证，并对训练数据进行数据增强到 1209 张，以用于模型训练和评估。本文在自制蓝莓成熟度数据集上测试了同级别参数量的 yolov5、yolov6、yolov7、yolov8、yolov9 和本文改进的模型，map50 分别为 0.791、0.819、0.788、0.843、0.844、0.860。与 yolov9 相比，本文改进的模型在 map50 和 map50-95 上分别提升了 1.6%和 1.2%，同时参数量和算力分别降低了 8.2M 和 57.8 GFLOPs。消融实验表明，采样模块、注意力模块和 HCBFuse 模块的改进对模型都有明显的提升。此外，为验证模型的泛化能力，还在 COCO 数据集和开源草莓数据集上进行了测试，结果显示，相较于 YOLOv9，本文改进的模型在 map50 上均提升了 0.8%。

关键词：蓝莓成熟度识别、yolov9、特征融合、采样算子、注意力机制