结论与展望

**（一）研究创新点**

1. 引入传统模型ResNet的改进型ResNeXt：引入多基数分组卷积与动态通道剪枝，满足实时检测需求。
2. 引入自注意力机制和CBAM模块：融合自注意力与轻量化CBAM模块，通过自适应门控动态调整特征权重，在复杂背景下对细菌性斑点病的识别准确率提升，误检率降低。
3. 组合使用YOLO模型以提升模型鲁棒性与可扩展性。

**（二）研究结论**

1. ResNeXt-CBAM模型能够较好地完成不同番茄叶片病害的识别任务
2. Kaiming模型参数初始化方案可以有效加速模型收敛
3. TPE搜索算法可以有效搜索模型较优超参数
4. 目标检测模型与图像识别模型组合可以更好地解决复杂背景图像识别问题

**（三）研究不足**

1. **深度学习模型学习过程难以解释。本研究构建的ResNeXt-CBAM模型虽然实现了高精度分类，但其决策过程仍呈现典型的“黑箱”特性，容易导致农民信任度低、模型优化盲区等问题。**
2. **模型性能过于依赖数据集质量与多样性。现有数据集以实验室环境为主，真实田间场景样本占比不足，可能会影响模型的使用性能。**
3. **未能解释超参数对模型性能的影响机制。尽管为轻量化模型，但在无NPU加速的设备上推理延迟仍然较高，难以满足部分实际场景的需要。**

**（四）展望**

1. 研究意义

（1）精准农业赋能。本研究所建立的模型较较现有农业模型。显著降低人工巡检成本。通过实时病害识别，可减少农药滥用，助力绿色农业发展。

（2）粮食安全保障。通过病害早期预警，预计可减少番茄产量损失15%-20%，直接支持《国家粮食安全中长期规划纲要》提出的“单位面积产能提升10%”目标。

（3）农民增收减负。应用本研究所提供的模型，可以极大的降低农民因病虫害所造成的经济损失，从根本上提升了农民的收成和产量。

（4）产业数字化转型。为智慧农业政策提供可复制的技术范式，推动农业产业链由“经验驱动”向“数据驱动”转型，助力乡村振兴战略。

1. 进一步工作

（1）引入可视化工具。为本研究所用模型建立可视化操作，降低模型的使用难度，提高模型使用的受众，挺高模型的实用性，助力农民快捷学习使用。

（2）跨作物研究。将本研究所用的模型方法迁移至其他作物，从而增大模型的覆盖面，进一步提升模型在农业生产的帮助。

（3）计算优化和系统集成。进一步提升模型的推理能力和速度，使其能够更快的对病害做出诊断。