

# 网球目标检测实验报告

## 1. 引言

本项目旨在开发一个高效、准确的网球实时目标检测系统。系统采用先进的 YOLOv8 (You Only Look Once, version 8) 目标检测算法，特别是其轻量级的 YOLOv8n (Nano) 版本，以实现在各种场景下对网球的快速识别与定位。报告将详细阐述实验所使用的环境、方法、取得的结果，并对结果进行分析，最后总结所用算法的优缺点。

## 2. 实验环境

本实验的软件环境基于 Python，并利用虚拟环境进行依赖隔离，确保了实验的可复现性。核心依赖包如下：

- 核心检测框架:** ultralytics==8.3.146，这是 YOLOv8 的官方实现库，集成了训练、验证和推理功能。
- 深度学习后端:** torch==2.7.0 和 torchvision==0.22.0。项目配置灵活，能够同时兼容 CPU 和 GPU (CUDA) 环境。
- 数据处理与可视化:**
  - opencv-python==4.11.0.86: 用于图像的读取、预处理和结果可视化。
  - numpy==2.2.6: 用于高性能的数值计算和数组操作。
  - pandas==2.2.3: 用于处理和分析实验数据。
  - matplotlib==3.10.3: 用于绘制训练过程中的图表。
- 操作系统:** 脚本主要为 Linux 设计，但核心逻辑为 Python，具有跨平台性。

### 3. 实验方法

本实验遵循一套标准化的目标检测流程，包括数据准备、模型选型、模型训练和推理验证。

- **数据准备:**
    - **数据集:** 使用一个自定义的、专门针对 `tennis_ball` 单一类别的图像数据集。
    - **数据格式:** 数据集被处理成 YOLO TXT 格式。
    - **数据划分:** 数据集被划分为训练集 (`train`) 和验证集 (`val`)。
  - **模型选型:**
    - **算法:** YOLOv8。
    - **模型版本:** YOLOv8n (Nano), 适合实时应用。
    - **预训练权重:** 从 `yolov8n.pt` 预训练模型开始训练。
  - **模型训练:**
    - **核心训练参数:**
      - **训练轮次 (Epochs):** 50
      - **输入图像尺寸 (Image Size):** 640x640
      - **批量大小 (Batch Size):** 8
    - 训练输出保存在 `tennis_ball_runs/` 目录下。
  - **推理与检测:**
    - 使用 `run.sh` 或 `src/run_cli.py` 进行检测，也可单独调用 `process.py` 或当作API调用。
    - 脚本会智能查找最佳可用模型 (`best.pt` 或 `last.pt`)。
    - 检测结果保存在 `results/` 目录下。
- 

### 4. 实验结果

模型在验证集上的性能随着训练的进行而稳步提升。在第50个周期 (Epoch) 达到或接近最优值:

- **精确率 (Precision):** 1.0 (100%)
- **召回率 (Recall):** 0.714 (71.4%)

- **mAP50 (mean Average Precision @ IoU=0.50): 0.856 (85.6%)**
- **mAP50-95 (mean Average Precision @ IoU=0.50:0.95): 0.689 (68.9%)**

**损失函数:** 训练和验证损失均稳步下降，表明模型学习有效，未出现明显过拟合。

---

## 5. 结果分析

- **高精确率与中等召回率:** 100% 的精确率说明模型几乎没有误报。71.4% 的召回率则表示存在一定的漏检，可能的原因包括目标遮挡、光照不佳或运动模糊。
  - **mAP 指标分析:** mAP50达到85.6%，证明了模型可靠的检测能力。mAP50-95与mAP50的差距暗示模型在边界框精确定位方面有提升空间，这是单阶段检测器的常见特点。
  - **改进方向:**
    - **提升召回率:** 通过数据增强、收集更多难例样本来改善。
    - **提升定位精度:** 调整 Anchor Box 或使用更高分辨率的输入进行训练。
- 

## 6. 算法优缺点

- **优点:**
    - a. **速度极快:** YOLOv8n 推理速度快，适合实时场景。
    - b. **部署友好:** 模型体积小，资源需求低，易于部署到边缘设备。
    - c. **不错的精度:** 轻量模型依然能达到较高的检测精度。
    - d. **框架成熟:** ultralytics 库提供了完整的开发工具链。
  - **缺点:**
    - a. **小目标检测能力有限:** 相对于两阶段检测器，对极小目标的检测较弱。
    - b. **定位精度相对较低:** 单阶段检测器为速度牺牲了部分定位精度。
    - c. **召回率瓶颈:** 在复杂场景下可能出现漏检。
-

## 7. 总结

本项目成功地基于YOLOv8n实现了一个高效的网球目标检测系统。实验结果表明，该系统具有极高的精确率和良好的综合检测性能（mAP50=85.6%），证明了YOLOv8n算法在特定目标检测任务上的有效性。该项目为后续的性能优化和实际部署奠定了坚实的基础。