

基于 YOLO 的智慧景区人流密度统计系统设计与实现

宁毅,陈金龙,禹瑞雪,焦英杰,蒋昌林

(桂林电子科技大学 计算机与信息安全学院,广西 桂林 541004)

摘要:针对景区中对人流量精确监控的需求,设计开发了一款使用摄像头进行各场景客流量分析的 web 人流量统计平台,为景区管理方提供实时流量监控、景区摄像头监控、客流统计报表、客流预警联动以及界面交互等功能。智慧景区人流量统计平台主要模块包括:大屏数据可视化、视频监控、系统管理、客流统计报表、预警可视化、客流检测分析。经测试结果表面,系统的所有功能均满足需求,能为景区管理方在人流量监控方面提供帮助。

关键词:web;智慧景区管理;人流量统计;深度学习;目标检测

中图分类号:TP391

文献标志码:A

文章编号:1672-545X(2024)05-0021-05

0 引言

随着经济水平的提高和人们对休闲度假的需求增加,旅游市场不断扩大,越来越多的人选择前往景区旅游导致旅游行业态势如井喷式发展,使得景区的安全隐患渐渐显露出来。经常能从社会热点事件中看到因为景区人数过多而发生的游客踩踏事件^[1,2]。踩踏事件的造成是景区管理者对于景区的游客人流量、景区承载人数、景区聚集人数阈值缺乏一个具体的参考平台^[3],从而导致了悲剧的产生。

随着科学技术不断快速发展,基于视频的人流量识别算法以及目标检测方法不断地被发掘、研究和应用,比如美国伊利诺伊大学的学者提出了一种基于深度学习的人流量计数方法,可以对人流量进行准确的估计和预测,我国华中科技大学的学者在发表“基于视频的景区人流量检测方法研究”中,提出了一种基于深度学习的人流量检测算法,能够有效地提高人流量检测的精度和效率^[4-8]。因此采用 YOLO 目标检测框架对摄像头监控区域的人流量进行实时检测,将极大程度的提高人流量检测效率。

基于 YOLOv5 的智慧景区人流密度统计系统集成信息收集、统计、分析于一体,改变传统的人工采集数据、整理、分析的方式,采用硬件与软件相结合的方式,使用景区内的点位摄像头,基于 YOLO 目标识别检测框架,能够实时检测景区内各点位的人流量,并

且可以通过设置区域点位的承载量,通过平台进行预警提示,便于景区管理人员工作,同时平台将会对人流量数据进行统计,在网页生成统计报表供景区管理方参考。

1 系统设计

1.1 YOLOv5 算法

YOLO 算法是一种基于深度学习的目标检测方法,它可以快速地在图像中定位和识别多个物体。YOLO 的核心思想是将整张图像划分为网格,然后对每个网格预测多个边界框和类别概率,最后根据置信度和非极大值抑制(NMS)筛选出最终的检测结果。YOLOv5 是 one-stage 结构,其最核心的优势在于速度非常快,适合做实时检测任务,能同时检测多个物体,缺点是检测的准确率低,需要通过大量的训练数据才能达到较高的准确率。

YOLOv5 网络结构有 backbone 网络、neck 网络和 head 网络三部分,其模型结构图如图 1 所示。Backbone 网络也可以称作 YOLOv5 的主干特征提取网络,输入的图片在网络中进行特征提取得到特征层,是输入图片的特征集合,能够获取三个有效特征层,进行下一步网络的构建。Neck 网络是 YOLOv5 的加强特征提取网络,在 backbone 网络中获得的有效特征层在 neck 网络中进行特征融合,目的是将不同尺度的

收稿日期:2024-02-14

基金项目:广西重点研发计划项目(AB21220011)(AB21075004)(AB21220038);桂林市科技计划项目(20210220)

第一作者:宁毅(1987-),男,硕士,研究方向:深度学习和目标检测。

特征信息相结合。Head 网络是 YOLOv5 的分类器与回归器,判断特征点是否有物体与其对应。

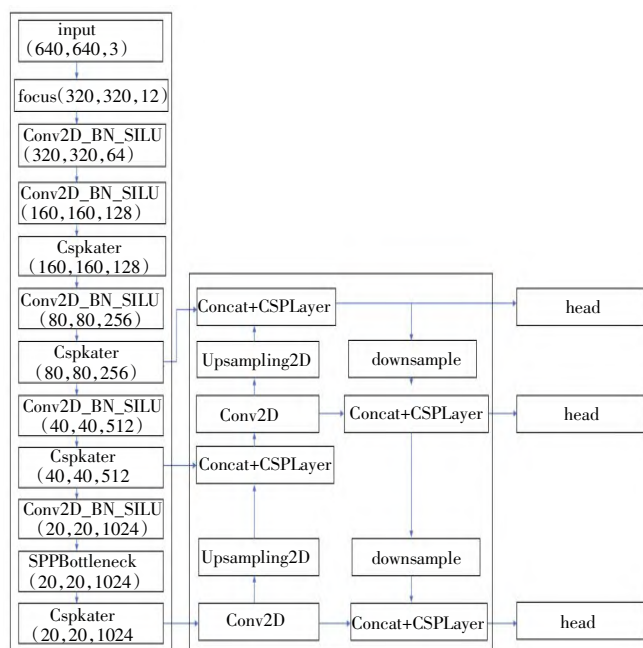


图1 YOLOv5 模型结构

输入端主要由 Mosaic 图像增强、自适应锚框计算以及自适应图片缩放组成。

(1) Mosaic 图像增强是一种目标检测中常用的数据增强方法,它可以通过组合多个不同的图像来生成新的训练图像。Mosaic 图像增强可以增加训练集的多样性和难度,有助于提高目标检测模型的鲁棒性和泛化能力。同时, Mosaic 图像增强还可以降低过拟合风险,提高模型的训练效果。

(2) 在目标检测算法中,锚框是指在输入图像上定义的一些预先设定好的矩形框,用于检测不同尺度和宽高比的目标。ATSS 是一种基于 Anchor-based 的目标检测算法,它通过学习的方式自动计算出最适合输入图像的锚框参数,而不需要手动设置。ATSS 算法的核心思想是,在训练过程中,根据样本与锚框的匹配度(即交并比 IOU),自适应地选择正负样本,从而有效地降低了难样本的影响,并提高了检测精度。ATSS 算法在 YOLOv5 中的应用,使得 YOLOv5 在目标检测任务中取得了较为出色的性能表现。

(3) YOLOv5 中的自适应图片缩放是一种基于目标尺度的图像缩放方式,它可以自适应地缩放输入图像的尺寸,以适应不同尺度目标的检测。这种方法可以有效地解决目标检测中存在的尺度不一致问题,提高检测精度和鲁棒性。

YOLOv5 的输出端主要是预测框,每个预测框由置信度、类别概率和边界框位置组成。YOLOv5 中的

Bounding box 损失函数采用 GIoU loss 函数,主要用于衡量预测的边界框与真实边界框之间的差异。在目标检测任务中,一个物体可能被多个预测框检测出来,为了避免对同一个物体进行多次检测,需要对重复的预测框进行过滤,这个过程就是非极大值抑制。NMS 算法的核心是通过比较重复预测框之间的 IoU 值,去除冗余的预测框,保留最优的结果。在 YOLOv5 中, NMS 可以避免同一个物体被重复检测的问题,提高了检测的精度和效率。

1.2 模块设计

在登录模块中,用户在登录时,系统创建登录页面对象返回给用户,用户根据提示信息填写必要的登录信息,登录页面对象校验登录信息后被提交到后端进行密码检验,数据库对用户密码采用 MD5 进行加密,以用户名的方式进行匹配,随后传递给后端进行 MD5 解密,再匹配密码,如果数据匹配成功,后端将数据匹配结果传递给登录管理对象,路由将主页面返回给用户,便于用户下一步操作。

在大屏数据显示模块中,参与对象有用户、数据管理对象、数据显示页面对象及数据库管理对象,其基本流程为:

- (1) 用户大屏显示页面,数据管理对象被创建;
- (2) 数据管理对象请求数据库管理对象,请求得到的数据返回数据管理对象;
- (3) 数据管理对象创建数据页面对象,数据传递给数据页面并返回给用户;
- (4) 不断循环(2)-(4)步骤,刷新数据页面的数据。

在视频监控模块中,参与对象有用户、视频管理对象、实时视频页面对象、视频流服务器对象^[12-13],其基本流程为:用户打开视频监控页面,实时创建视频管理对象,并向视频流服务器对象获取实时的视频数据;视频流服务器对象将相应的视频流链接传回视频管理对象,视频流对象创建一个实时的视频页面且提供相应的数据。

系统管理模块包含用户管理、设备管理、操作管理和预警联动四个模块,各模块的具体设计如下:

- (1) 用户管理模块:新增、修改和删除用户信息;
- (2) 设备管理模块:新增、修改和删除设备信息;
- (3) 操作管理模块:查询、插入系统操作日志;
- (4) 预警联动模块:新增、修改和删除设备之间的联动预警以及预警大屏设计,在新增和编辑联动设备时,联动的设备型号需要使用-拼接,黄色预警阈值应小于红色预警阈值,预警计划开始时间应小于预警计划结束时间。

客流报表统计基于 Spring 的定时任务,是 Spring 框架^[11]自带的功能,使用 cron 表达式设置定时启动时间,在相应的执行方法上标注 @Scheduled 即可。此模块参与对象有定时任务、客流管理对象和数据库管理对象。基本流程为:定时任务在指定的时间执行方法,同时创建客流管理对象,客流管理对象将相应的时间范围参数传递给数据库管理对象,数据库管理对象查询相应数据,并把数据传回给客流管理对象;客流管理对象根据数据进行统计,并传递给数据库管理对象进行保存。

客流检测模块,参与对象有视频管理对象、客流检测对象和数据库管理对象^[12,13]。基本流程为:视频管理对象将实时的视频流传递给客流检测对象,客流检测对象对视频流加载,并基于 YOLOv5 框架进行目标识别检测,随后将检测的人流量数据传递给数据库管理对象,数据库管理对象保存当前时间的人流数据。客流检测模块数据采集传输如图 2 所示。

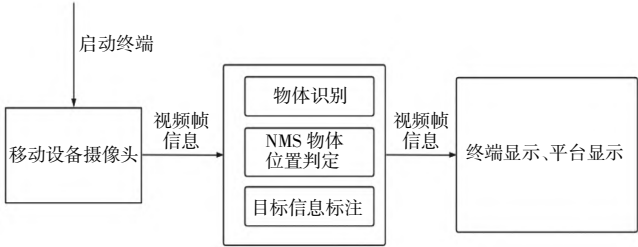


图 2 客流检测模块数据采集传输

2 方法实现

基于 YOLO 的智慧景区人流密度统计系统是一款基于 web 信息管理统计平台^[17],面向对象主要是景区的管理者。软件主要分成七个功能模块,登录模块、大屏数据显示模块、视频监控模块、系统管理模块、客流统计管理模块、预警可视化模块、客流检测分析模块。

2.1 大屏数据显示模块

大屏数据显示主要基于百度 echarts 图形绘制框架,用户登录后显示大屏数据,数据图表会按照一定的时间重新拉取数据库存储的最新记录,进行页面图表的更新。数据大屏显示界面如图 3 所示,上方展示的是今日通过的人流量总量和实时的人流通过瞬时总量,左上图是瞬时人流量趋势同比图,计算式为:(当前人流量-前一秒人流量)/前一秒人流量。选取某瞬时的人流总量的 8 s 历史数据(图 3 左边)。图 3 的中间大屏是景区的监控点位标志,点击可以查看监控点位的详细人流量变化。图 3 的右上表是按区域区分的今日人流量累计,右下图是按区域区分的人流量一小时统计排名。

2.2 视频监控模块

用户点击视频监控进入如下图的界面,左侧是监控设备信息栏,点击左上方监控选择监控设备的型号,在左下方则显示监控设备的具体信息,左侧四个视频框则是监控设备的布局图,展示监控设备的具体显示效果。



图 3 大屏数据显示界面

2.3 客流统计管理模块

客流统计管理模块分为两部分:客流报表统计和客流报表分析。客流报表统计是统计日、周、月、年的景区客流量汇总,客流报表分析则是分析景区客流量的年度同比率和环比率。点击客流报表统计,侧边菜单栏会下滑显示四个可以点击的按钮,点击日客流报表会进入日客流报表查询界面,左上角有日期查询栏,用户点击选中查询日期,系统将会实时绘制查询日期对应的图表,周客流报表、月客流报表、年客流报表亦是如此。

点击客流报表分析,侧边菜单栏下滑两个可以点击的按钮,点击客流年度数据同比或客流年度数据环比即可进入界面,同样在左上角有查询日期的查询栏,查询相应日期,系统将绘制相应的图表,同比分析计算式为:(今年同期-往年同期)/往年同期,环比分析计算式为:(本期数-上期数)/上期数。

2.4 预警可视化模块

用户点击预警可视化进入如下图的界面,左上方是今日的预警计划报警信息统计,预警编号为纵轴坐标,报警次数为横坐标,左下方是今日报警次数按报警级别统计,按黄色级别和红色级别的报警次数级别绘制扇形统计图,中间上方是时间和今日报警记录条数,中间下方是当前的区域状态监控,区域达到报警条件,显示灯将由绿色缓慢闪烁转变为红色和黄色急促闪烁,右上方是最近的报警记录滚动,左下方是本月的报警记录按日的统计表,整体显示效果如图4所示。

2.5 客流检测分析模块

2.5.1 客流检测分析系统的搭建

CUDA^[18]是一个提高 GPU 处理性能的并行计算架构。使用 CUDA 进行 GPU 加速,能够大大缩短服务器处理图像的时间,可以更好地发挥 YOLO 框架在图像识别方面快速精确的特点,对于本系统的实现和应用作用匪浅,本项目使用的 CUDA 版本为 11.4。PyTorch 是一种用于构建深度学习模型的功能完备框架,是一种通常用于图像识别和语言处理等应用程序的机器学习。PyTorch 完全支持 GPU,并且使用反向模式自动微分技术,因此可以动态修改计算图形,本项目使用的 PyTorch 版本为 1.10.1。

2.5.2 客流检测分析的实现

用户启动客流检测分析识别终端,软件按照配置文件选择相应的权重文件,展示终端,用户点击获取视频流,成功获取后开启实时视频检测,使用矩形样式绘图圈住目标物体并标注类别,展示标注好的实时画面给用户,并汇总场景中的人流量数据到服务器端数据库中。终端界面显示如图5所示。由其实际效果表面,训练出的模型应用在实际的场景中,能比较容易的检测出头部目标,在除在头部被大范围遮挡的情况下基本能够实现人流量的目标检测功能。客流今日累计通过人流量算式为:两个时间单位的人流量数据之差的绝对值的累加和,算式如下:

$$N = |n_3 - n_2| + |n_2 - n_1| + |n_1 - n_0| + \dots + |n(n-1) - n(n-2)|$$



图4 预警可视化界面

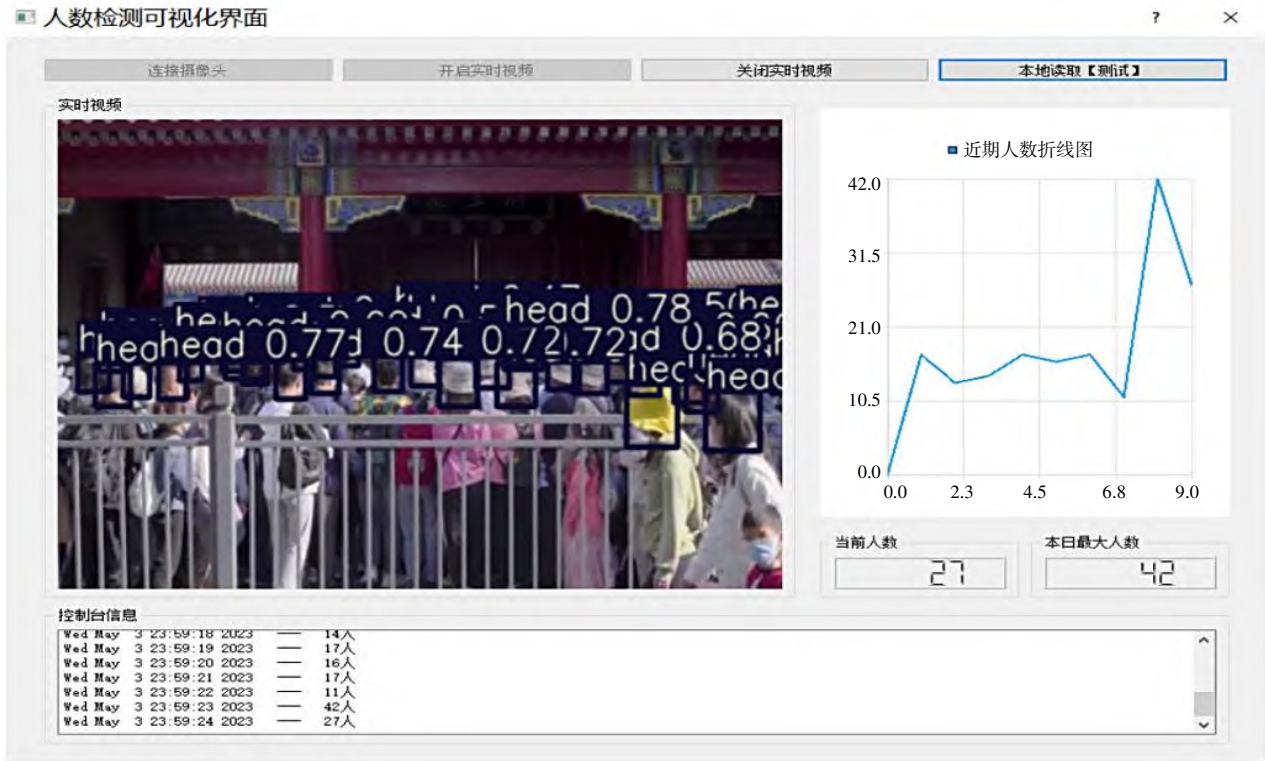


图 5 客流检测分析展示图

3 结语

针对旅游景点人流量爆满而导致的景区安全问题,为了提高旅游行业发展的竞争力和优化资源配置管理,提出了一种基于 YOLO 的智慧景区人流密度统计系统。该系统在 web 信息管理统计平台的基础上,引入了大屏可视化、视频监控、客流检测分析、客流报表统计及系统管理五大功能模块。实验结果表明,该系统在功能和性能方面达到了设计的目标,提高了景点工作人员的效率,降低了景点投入的成本,有效地促进了旅游业的发展。

参考文献:

[1] 万灵筠. 浅谈关于突发事件行政问责制度[J]. 商, 2015(32): 238.

[2] 张涛甫. 外滩踩踏事件中的信息沟通缺项[J]. 青年记者, 2015(4): 92.

[3] 陈静玉. 基于深度学习技术的舆情监控系统的设计与实现[D]. 北京: 北京交通大学, 2020.

[4] 孟子茵. 基于 YOLOv5 的小目标检测与识别算法研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2022.

[5] 朱理清, 李祥. 改进 YOLOv5 算法的遥感图像车辆检测[J]. 计算机与现代化, 2023(5): 117-121.

[6] 陈子文, 李卓璐, 杨志鹏, 等. 基于 YOLOv5 的工厂化养殖虾

目标检测方法研究[J]. 海洋渔业, 2022, 44(5): 11.

[7] 曾星宇. 基于 YOLOv3 和多目标跟踪的智能交通视频监控系
统 [D]. 桂林: 桂林电子科技大学, 2019.

[8] 张霞文. 基于 YOLO v2 的盲人识物系统研究与实现[D]. 海
口: 海南大学, 2019.

[9] 刘瑜. 交通运输部管理干部学院校园网络管理系统的设计
与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2013.

[10] 刘润泽. 图片管理系统后台设计与实现[D]. 北京: 北京邮
电大学, 2017.

[11] 朱铮雄. 基于 Spring 框架的 Web Services 系统整合与研究
[J]. 计算机应用与软件, 2007(10): 134-135.

[12] 张宸. 基于深度神经网络的人流量统计分析系统[D]. 北
京: 北京邮电大学, 2021.

[13] 林中华. 基于 ECharts 的实验室人流量统计界面设计[D].
桂林: 广西师范大学外国语学院, 2021.

[14] 吴凯亮. 基于 Web 的 IT 应用网管系统的研究与开发[D].
长沙: 湖南大学, 2008.

[15] Che S, Boyer M, Meng J, et al. A performance study of gen-
eral-purpose applications on graphics processors using CUD-
A [J]. Journal of Parallel & Distributed Computing, 2008, 68
(10): 1370-1380.

[16] 张雅东, 张清淘. 软件工程中软件有关测试技术的思考
[J]. 石河子科技, 2022(1): 17-19.

[17] 王立群, 杨静. 移动应用软件性能测试研究[J]. 科技风,
2015(21): 115-120.