

基于深度学习的道路车辆目标检测系统设计

梅玲玲

(重庆对外经贸学院 数学与计算机学院, 重庆 401520)

摘要: 针对现有道路车辆目标检测系统由于计算量过大, 且在复杂背景下容易出现误检的问题, 设计了一种基于深度学习的道路车辆目标检测系统; 系统硬件主要由信号输入模块、控制模块、中央处理模块和输出通道模块四部分组成; 引入 XCV50E 芯片构建控制模块, 通过高速随机存取存储器 (RAM) 快速分配信号; 利用 TMS320C6202 芯片设置中央处理模块, 将 PCI9054 作为信号输出模块的核心设备; 软件设计中, 完成用户登录、数据采集及处理、模型训练等设计; 引入深度学习策略, 先采用直方图均衡法处理环境光线干扰的问题, 然后建立改进 YOLOv4 模型, 处理噪声等干扰信息, 最后基于注意力机制完成图像特征提取优化, 进而更精准地完成道路车辆目标检测; 实验结果表明, 所提系统具有很好的鲁棒性, 能够很好地减少计算量, 提高检测准确率。

关键词: 深度学习; 道路车辆; 目标检测; 检测系统; YOLOv4 检测模型

Design of Road Vehicle Target Detection System Based on Deep Learning

MEI Lingling

(School of Mathematics and Computer Science, Chongqing College of International Business and Economics,
Chongqing 401520, China)

Abstract: Aiming at the problem that existing road vehicle target detection systems have the characteristics of excessive computation and false detection in complex background, a road vehicle target detection system based on deep learning is designed. The system hardware is mainly composed of four modules of signal input, control, central processing and output channel. XCV50E chip is introduced to build the control module, and signals is quickly distributed through high-speed RAM. TMS320C6202 chip is used to set up the central processing module, and PCI9054 is taken as the core device of the signal output module. In the software design, the design of user login, data acquisition and processing, model training, etc. is completed. The deep learning strategy is introduced. Firstly, a histogram equalization method is used to deal with the problem of environmental light interference, then an improved YOLOv4 model is established to deal with the noise and other interference information. Finally, the image feature extraction optimization is completed based on the attention mechanism, and then the road vehicle target detection is completed more accurately. The experimental results show that the proposed system has good robustness, it can reduce the amount of calculation and improve the detection accuracy.

Keywords: deep learning; road vehicles; target detection; detecting system; YOLOv4 detection model

0 引言

近几年来, 计算机技术不断发展, 为人民的生活、生产提供便利, 现代人类也依托于现代科技从而获得更好的生活质量。人类从未停止过对汽车无人驾驶技术的研发, 希望能够通过人工智能技术、雷达技术、监控系统及全球定位系统, 利用电脑可实现汽车的自动驾驶, 目前该类汽车虽未得到大幅推广, 但普通汽车的智能化程度确有提高, 部分汽车已经实现了自动泊车、自动变速等功能, 为人们生活带来便利, 但也带来了许多危险。如进一步提升汽车的智能化程度, 让其能够自动感知道路路况即可获得更加安全的驾驶体验, 基于此, 基于视觉的道路车辆感知方法研究势在必行, 且具有重要意义。对道路车辆的感知主要应用的是计算机视觉技术, 其主要分为目标识别、图像问答、行为识别、图像分类及场景识别多个种类, 而本次研

究的就是关于道路车辆的目标识别技术。所谓目标识别就是应用摄像头等传感器充当人类的眼睛收集信息, 再根据其特征的不同对事物进行分类处理, 继而得到检测结果, 为人们提供服务。随着科技的迅猛发展, 关于道路车辆的目标检测已受到研究学者的关注, 并已取得一定突破, 如今如何让设备更加快速、准确地对采集信息中的物体进行分类成为该领域的研究热点^[1-2]。

国内外均对该问题进行研究, 并获得一定研究成果。在 20 世纪末期, 哥伦比亚大学学者 David Lowe 提出利用尺度不变特征变换算法实现目标检测, 即通过尺度空间极值检测、关键点的定位、方向的确定及关键点的描述完成物体特征的检测和匹配, 该算法可在小型数据库中的达到实时监测, 但其仍然存在一定局限性, 即其对物体外观存在一定限制, 无法对多款车型进行精准检测。我国学者也对

收稿日期: 2022-10-14; 修回日期: 2022-11-23。

作者简介: 梅玲玲 (1991-), 女, 河南郑州市人, 硕士, 讲师, 主要从事高等数学、模式识别、图像处理方向的研究。

引用格式: 梅玲玲. 基于深度学习的道路车辆目标检测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(2): 83-90.

于此问题进行研究,目前已经具有一定研究成果。如马永杰^[3]等人针对实时监控遮挡严重问题提出了车辆精准识别方法,即利用 K-means++ 聚类算法完成车辆目标候选框的聚类,对 Anchor box 数量进行合理选取,在网络中添加了特征提取层提升车辆目标提取的精准度,将改进 YOLO v3 模型和 Deep-SORT 算法相结合,提高监控上下帧关联信息的关注度,提升在实时监控遮挡状态下的检测效果。该方法在应用过程中具有一定应用价值,但其存在计算量较大,识别结果不精准的问题。杨宏伟^[4]等人提出了基于机器视觉的道路车辆目标检测方法,以提升夜间目标车辆识别精准度。该方法先对车辆路面灰度等级变化过程进行分析,然后采用 Robinson 边缘检测算法获得图像梯度值,根据方向模板算子确定图像中心灰度值及中心点方向,然后利用机器视觉技术对目标数据进行跟踪,完成目标车辆识别及运动轨迹的判断。该方法在实现的过程中只能对前方车辆的运动轨迹进行检测,局限性较大^[4]。

针对传统方法应用中的不足,本次研究引用深度学习理论,提出了一种新的道路车辆检测方法。深度学习是一种经典的特征学习算法,可模仿人脑的神经元进行计算,且每一个节点计算的结果都会被用于下一节点^[5]。本文选用的深度学习算法中较为经典的 YOLOv4 算法可在保证检测精度的同时提升检测速度。希望通过本文系统的研究提高道路车辆的检测质量和检测效率。

1 道路车辆目标检测系统硬件设计

1.1 信号输入模块

信号输入模块是完成道路车辆目标图像采集的主要模块,主要用于输入目标信号,其模块的结构如图 1 所示。

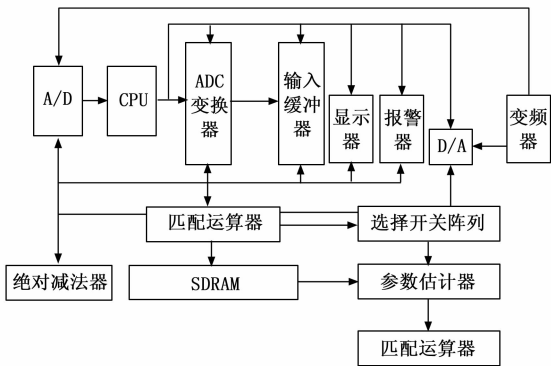


图 1 信号输入模块结构图

观察图 1 可知,信号输入模块由 ADC 变换器、输入缓冲器、匹配运算器、选择开关阵列和参数估计器构成。ADC 变换器可完成图像信号格式的转换,输入信号的范围为 $\pm 2\text{ V}$ ^[6]。缓冲器能在采集目标频率和存储模块频率之间起到缓冲作用,如果缓存的数据较少,并没有达到 SDRAM 两页数据的大小,则其还会持续产生缓存请求,数据输入后通过匹配运算器对目标进行运算,匹配运算器由 6 个绝对值减法器构成,电路为并行流水器结构,每个目标对应

一个匹配运算器,实施并行运算,选择开关阵列能调整目标的权值,参数估计器根据目标的矢量估计全局参数^[7~8]。

1.2 控制模块

控制模块能够完成对输入信号的预处理,通过控制目标的权值删除离群点并输出有效的全局参数,控制器采用 Xilinx 公司生产的 XCV50E 芯片,芯片电路如图 2 所示。

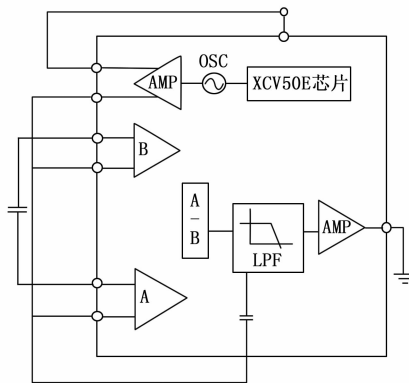


图 2 芯片电路图

根据图 2 可知, XCV50E 芯片内部有 4 个信号器,利用 LPF 实现信号处理。该芯片的核心电压为 1.5 V ,同步时钟频率为 130 MHz , XCV50E 有强大的系统内编程能力,能够完成对整个系统的逻辑控制^[9]。同时,此芯片能够实现双口操作,具有 64 kB 的同步块同存。除此以外,芯片中还有 16 个 4 kB 的块内存,块内存能用作 FIFO 或高速 RAM (random access memory),芯片内部通过布线矩阵与其他模块相连,使各个模块构成一个统一的高速运作整体。双向长线遍布整个芯片,可快速分配信号^[10]。

1.3 中央处理模块

中央处理模块的作用是对目标信号进行处理,并且其还需要形成显示窗口,已对其处理指令或处理结果进行显示。本文设计的中央处理模块是以 TI 公司生产的 TMS320C6202 芯片为核心构建而言,该芯片工作频率为 240 MHz ,由 2 个硬件乘法器和 6 个算术逻辑单元组成,可满足本文的应用要求。中央处理模块如图 3 所示。

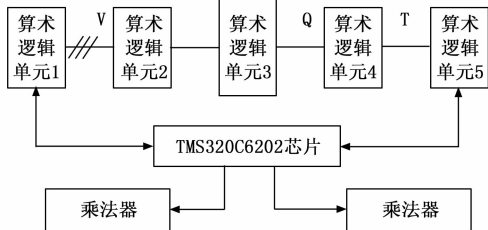


图 3 中央处理模块

观察图 3 可知, TMS320C6202 是系统运算的核心,程序的结构为并行流水线结构。C6202 传输信号时采用的是 DMA 处理器,多个缓冲串口能实现多种协议下的直接连接。其扩展总线能达到 32 位,能支持多种接口,如同步

FIFO、异步 PCI 桥等。正常情况下，完成一帧图像目标处理的时间约为 5 ms，且各帧之间的间隔为 30 ms。DSP 可对 SDRAM 中的被存储数据进行调用，并按照相关算法对数据进行处理，处理后的数据仍然存储于 SDRAM 中^[11]。

1.4 输出通道模块

输出通道模块主要负责向主机传递数据处理结果。本文设计的输出通道模块主要采用了一种 PCI 总线专用接口芯片达到其传递数据的目的，其型号为 PCI9054^[12]。该芯片传输效率能达到 128 MB/s，可选串行 EEPROM 接口。输出通道模块结构如图 4 所示。

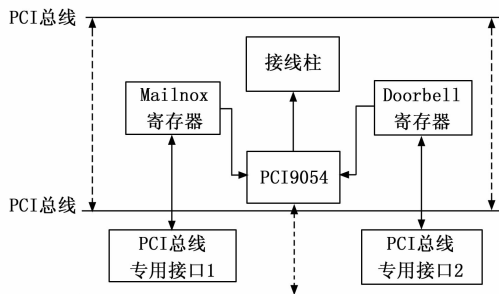


图 4 输出通道模块

由图 4 可知，该模块所采用的 PCI9054 芯片中 32 bit 的 Mailnox 寄存器共有 8 个。除此之外，还有 2 个 32 位的 Doorbell 寄存器。在数据传输过程中，主控设备可利用该芯片访问其周围的 PCI 总线，当其处于高电位时，数据就可开始传输，按照协议传输 8 bit 数据后，通过数据配置再次响应，以此往复，数据就完成了输出。

2 道路车辆目标检测系统软件设计

在上述硬件基础上，完成本文软件设计。其主要包括用户登录、数据采集处理、目标检测模型及模型训练等部分的设计，具体介绍如下。

2.1 用户登录模块设计

根据系统需求完成用户登录模块的设计，新用户在进行登录前必须先填写信息完成注册，然后系统判断其输入合法且填写完整后，将该用户信息核对并存储在数据库中。核对流程主要检测该信息是否在数据库中已存在，避免重复注册。若该信息已经存在，系统会提醒用户重新输入注册信息或者用以往账号登录；若不存在，用户信息会直接保存在数据库中。注册完毕后，新用户可用注册的信息正常完成登录。用户登录和用户注册的流程如图 5 所示。

2.2 数据采集处理设计

在正常自然环境下对道路车辆的图像进行采集和处理时，往往会因为受到光线、障碍物等自然环境的影响出现图像质量差等问题，其获取的影像中还会存在一些干扰信号，妨碍了道路车辆目标检测的精准度。干扰信号往往来源于背景的非平稳移动，某些背景由于权值与前景权值接近而被误判为前景^[13-14]。

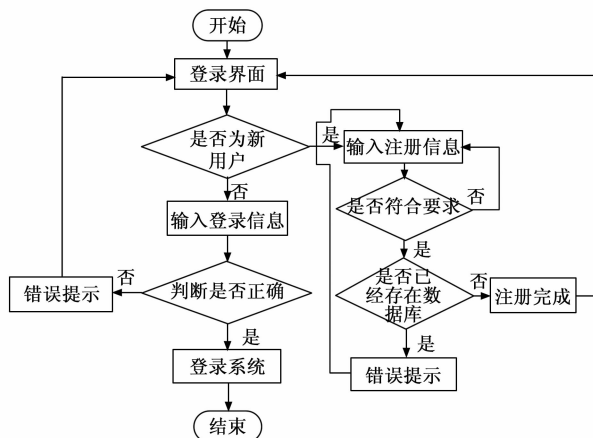


图 5 用户登录注册流程图

基于上述背景，本文建立数据采集处理模块。在自然条件下完成图像采集后，先对图像进行预处理，以提升其图像的质量，便于后期识别工作。先采用直方图均衡算法对图像进行处理，增强图像的对比度。该方法主要适用于光线不佳情况的图像处理。待对图像进行预处理后，建立 YOLOv4 目标检测模型对其图像中的目标进行识别。为提高其模型的推理能力，采用 Mobilenetv2 中的深度可分离卷积与倒残差网络对其主干网络 Cspdarknet53 进行优化改进，把传统的卷积运算转化成可深度分解的卷积，并将主干网 Cspdarknet53 中的常规残差结构转变为倒残差结构。为提升该模型对图像中小目标的检测效果，将 YOLOv2 的 pass-through 加入到 YOLOv4 模型之中，将 Cspdarknet53 引出的三个分支中的一部分转化为深度可分离卷积，并在 YOLO 头部增加了三个卷积层，这三个卷积层并不进行深度可分离卷积的改造，以此提升其模型的运算效率。

为进一步提升模型的运算速率，将注意力机制引入 YOLOv4 模型中，提升其图像特征提取效果。注意力机制就是将注意力集中在图像的某一点中去判断，这样可缩短判断时间，使整体的目标检测行为更为简单^[16]。对于物体图像的特征提取而言，引入注意力机制可帮助算法有选择性地关注图像中极具特点的区域，这样便于更快地提取图像特征，完成目标检测。通常在图像处理的过程中会将图像分为前景信息和背景信息，并对其分别进行测算，以更好的判断目标^[17]。本系统为特征较为突出的区域设更大的权重，对于背景区域给予小权重，完成注意力图的生成，针对前景图像进行分析识别，以缩短模型的运算时间。

引入注意力机制后，对图像信息进行编码是将其编为一个序列，而不是将其编为一个固有的长度，同时其相应解码也与之不同，需要对向量序列中的子集进行逐一处理。先设置查询指令 Q 和一组键值对 K ，将其维度均设为 d_k ，然后利用模型中的激活函数完成键权重系数的确定，最后对其键值加权求和^[18]，获取图像注意力值计算公式如下所示：

$$Attention(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V \quad (1)$$

通过注意力机制可将物体关系进行下一步描述, 设根据在全连接层从图像中提取的外观特征为 f_A , 向其关系层输入 N 个物体的外观特征, 将其设为 $\{f_A^n\}_{n=1}^N$, 则第 N 个物体与其余物体之间的关系 $f_R(n)$ 可用下式表示:

$$f_R(n) = \sum_m \bar{\omega}^m \cdot (W_v \cdot f_A^m) \quad (2)$$

式中, W_v 表示线性变换矩阵, $\bar{\omega}_{nm}$ 表示第 N 个物体与其余的关系权重, 其计算方式如下所示:

$$\bar{\omega}_{nm} = \frac{\exp(\bar{\omega}_A^{nm})}{\sum_k \exp(\bar{\omega}_A^{kn})} \quad (3)$$

式中, $\bar{\omega}_A^{nm}$ 表示物体外观的特征权重, 其计算公式如下所示:

$$\bar{\omega}_A^{nm} = \frac{\text{dot}(W_K f_A^m \cdot W_Q f_A^n)}{\sqrt{d_k}} \quad (4)$$

其中: W_K, W_Q 均为评价指标矩阵, f_A^m, f_A^n 代表两物体的外观特征; d_k 代表维度界面。将物体外观特征投入到高维界面中, 利用内积完成特征相似度的比较, 然后联系多个关系特征, 增强输入对象的外观特征, 便于在基础特征提取网络中完成图像特征提取。

在目标检测网络中采用改进的特征金字塔网络 (FPN) 进行图采样及融合。在对两个特征图进行融合时, 为保证其原始特征点信息不丢失, 直接将其通道进行拼接, 并在 3 个尺度分别进行预测。其改进后的架构如图 6 所示。

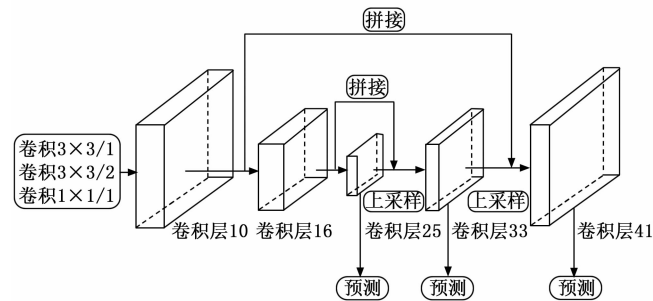


图 6 改进 YOLOv4 算法架构图

利用上述改进 YOLOv4 算法对干扰信息进行处理, 其处理流程如图 7 所示。

首先, 利用滤波器对噪声进行过滤, 合适的滤波器模板能防止目标漏检; 然后, 通过设置面积阈值, 将极小的目标去掉, 这样可去除大量的噪声目标; 其次, 如果有物体长期处于同一位置, 则可判定其并非检测的目标, 自动将其扣除; 最后, 对目标进行颜色处理, 利用波长的连续波动判断是否为背景干扰, 若是, 则修正为背景, 经过对干扰信息的处理, 目标检测的准确性得到了进一步的提高^[19-20]。

2.3 模型训练设计

将本文模型设计完毕后, 对其进行训练, 使其可达到一定精度。将模型和初始权重准备好后, 加载训练样本, 通过前向传播计算输出与真实值之间存在的误差, 然后通

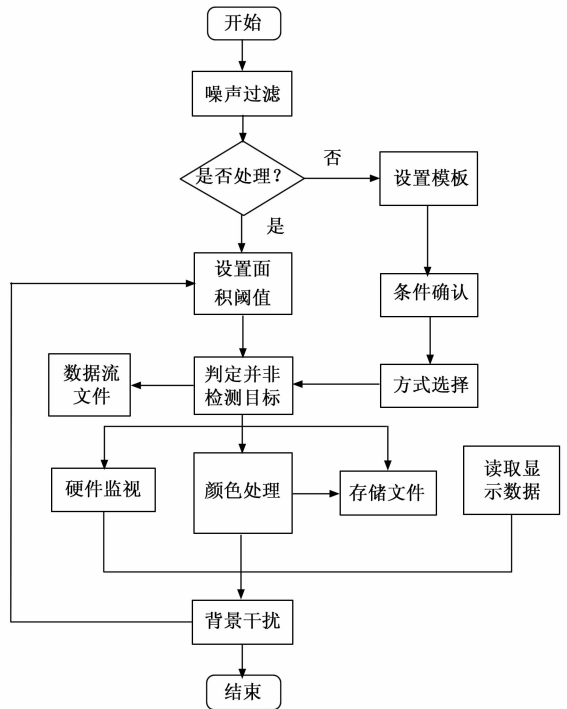


图 7 目标检测流程

过反向传播给网络以反馈, 便于其调整权重参数, 进入下一代迭代循环, 直至达到停止条件后停止迭代训练, 其整体流程如图 8 所示。

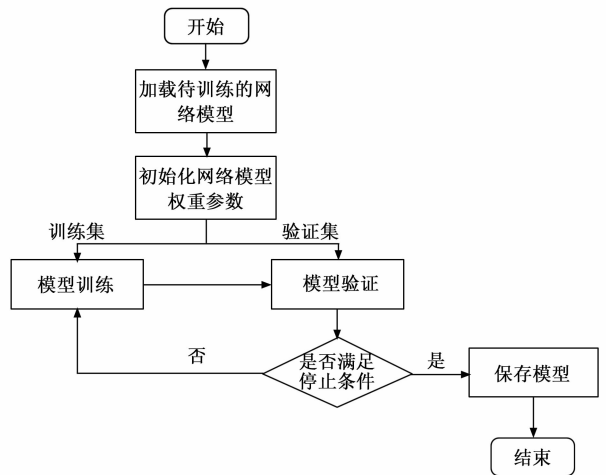


图 8 模型训练流程图

在训练过程中, 学习率可决定模型在每一次迭代过程中的更新幅度。在训练的过程中, 如果无法选择合适的学习率, 将会导致训练时间过长; 选择一个合适的学习率, 则可使模型快速收敛。故本文模型在训练过程中, 通过调整学习率来达到加速收敛的目的, 如初期将其设置为 0.000 1, 系统迭代 100 次后将其调整为 0.001, 之后每迭代 1 000 次, 学习率就增长 10 倍, 待模型迭代至 30 000 次后将学习率重新调整为初始数值, 直至模型停止训练。模型训练过程中的参数更新是采用梯度下降法来完成的, 将动

量参数设为 0.9，利用动量参数进行迭代更新以消除由于梯度下降导致的振荡问题。为了让模型更具鲁棒性，本文还采用了多尺度训练的方式，即每训练一定样本，就对模型输入尺寸进行重新调整，以此来提升训练的准确率。

2.4 车辆目标检测

本模块主要利用搭建的网络模型针对待检测图像进行检测以实现车辆目标识别的。从数据库中完成待检测图像的抽取，然后对其进行检测，利用引入注意力机制的 YOLOv4 模型完成其图像特征的提取之后，再对其干扰信息进行处理，就此得到最终的检测结果。对于检测结果的判别，本文采用交并比的方法验证其检测结果的正确性。交并比是现代目标检测中一种较为经典的评价方法，其主要计算模型产生目标窗口与原来标记窗口的交叠率，以此来验证其检测的准确率，其计算公式如下所示：

$$IoU = \frac{S_I}{S_A + S_B - S_I}$$
 (5)

式中， S_A 代表目标车辆检测矩形框的面积； S_B 代表图像中目标车辆的真实矩阵框的面积； S_I 代表检测矩形框与真实矩阵框的交集面积。本次研究设定当交并比大于 0.9 时，即检测矩形框与真实矩形框重合度大于 90% 才可判断其检测正确；否则视为检测错误。以此为基础完成车辆目标的检测。

2.5 数据库设计

本文系统中数据库的设计应充分满足车辆目标检测、统计信息保存等业务的需求，准确表达数据之间的联系。本文通过分析研究，利用 E-R 图来表达实体之间的关系，其关系如图 9 所示。

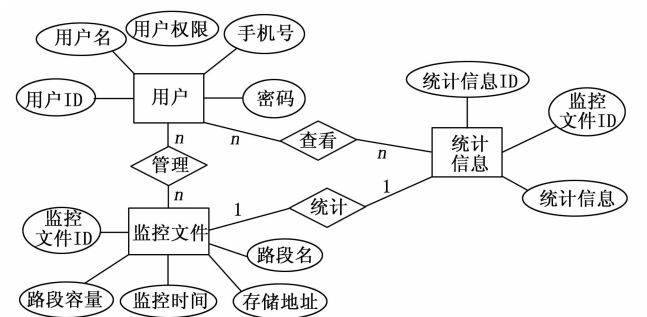


图 9 实体间关系的 E-R 图

如图 9 所示，本文建立了三个实体，即为用户、道路监控文件及统计信息，由此根据其系统功能需求设计了三个表格，其分别如表 1~3 所示。

表 1 用户信息表

字段	数据类型	字段含义
user_id	int	用户 id
user_name	Varchar(50)	用户名
mobile	Char(11)	用户手机号码
password	Varchar(20)	用户登录密码
right	Varchar(50)	用户的权限

表 2 道路监控文件信息表

字段	数据类型	字段含义
file_id	Varchar(20)	文件 id
record_time	satetime	监控时间
Road—info	Varchar(20)	路段信息
Save_url	Varchar(50)	存储地址

表 3 统计信息表

字段	数据类型	字段含义
result_id	Varchar(20)	统计信息 id
file_id	Varchar(20)	文件 id
message	Varchar(50)	统计的信息记录

表 1~3 中，利用用户信息表完成系统用户信息的保存，利用道路监控文件信息表完成监控文件的保存，利用统计信息表完成存储结果的保存，由此完成数据库的设计。

2.6 后台管理设计

系统管理人员可利用后台管理模块对相应信息进行处理，给系统的数据更新提供相关帮助。该模块大致分为两个部分，分别是用户管理和文件管理。利用后台的管理界面中，后台的管理员可通过操作完成用户相关信息的修改和保存，除此之外，还会为不同级别的用户赋予权限。监控文件管理主要是指管理员利用修改及添加等功能对存储的监控文件进行修改。管理员可通过相关步骤完成目标图像的上传，本文上传的便是道路的监控图像，并且按照系统的提示信息可完成其上传文件的保存。利用 Add File Controller，可将上传的数据保存到本文设计的数据库之中，后给予管理员保存成功的反馈结果。管理人员还可对监控文件进行删除，先获取文件的 id，然后调用 delete File 将文件从数据库中删除。通过后台管理过程，帮助系统完成相应维护工作。

3 实验结果与分析

3.1 系统功能测试

将系统设计完毕后对其进行功能、性能检测，判断其是否具有一定应用性。借助一台 PC 机和云服务器完成实验环境的搭建，其应用部署在 Surface 电脑中，利用其模拟正常使用场景，对系统进行测试，其测试环境参数如表 4 所示。

表 4 测试环境参数表

	客户端环境	服务端环境
操作系统	Windows 10	Ubuntu 18.04 LTS
CPU	8 GB	112
内存	Inter i5 6300U	英伟达 K80 显卡

选取 500 张不同场景的道路图像作为样本集开展测试，其中 100 张为训练集，剩余 400 张为测试集，在测试集中包含 100 张不同场景下车辆运行的图片，其样本如图 10 所示。



图 10 不同场景下车辆图像样本图示

在对本文系统的测试中需要实现的测试目标如下所示：

- 1) 检查客户端运转是否正常，可否能完成图像选取和上传操作；
- 2) 检查服务端运转是否正常，判断其是否能准确接收到客户端传递的信息，并顺利实现解译；
- 3) 本文所创建的模型是否可对其传输的信息进行正确处理，并且显示检测结果；
- 4) 本文设计的数据库操作是否正常，是否能方便系统调动，实现数据查询；
- 5) 检查用户是否能安全用户注册流程完成用户注册及登录；
- 6) 检查检测结果的可视化显示，判断用户是否能正常查看检测结果并完成保存。

通过对本文系统进行功能性测试，判断其是否具有性能缺陷。由于本文前端是采用可视化的形式，其 YOLO 目标检测登录界面如图 11 所示。

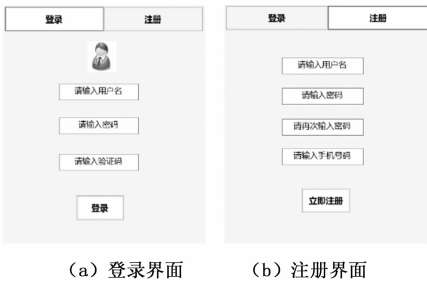


图 11 用户登录及注册界面

利用本文方法检测道路车辆，先采用直方图均衡法对图像进行预处理，其对比实物如图 12 所示。

如图 12 所示，经过均衡化后，图像的清晰度得到较大提升，利于后期目标检测。采用改进后的 YOLOv4 模型对图片中的道路车辆进行检测，如图 13 所示。

经测试表明，本文系统的功能健全，上述功能性目标

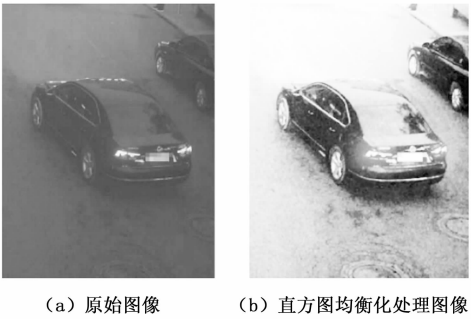


图 12 直方图均衡处理前后对比



图 13 目标检测图像

均可实现，可对系统性能进行下一步检测。

3.2 系统性能测试

完成对系统的功能测试后，对系统的性能进行测试。对实验进行真实情况的模拟，测试其客户端显示的检测时间和服务端检测所用时间。采用 Postman 进行接口测试以获取对测试系统调用图片所用时间。利用该软件能够实现对其接口相关信息的统计，如每个信息的调用时间、调动返回值及报文大小等。基于此，利用 Postman 软件和服务端的统计工具，对系统的每一次请求耗时进行记录，得到测试结果如图 14 所示。

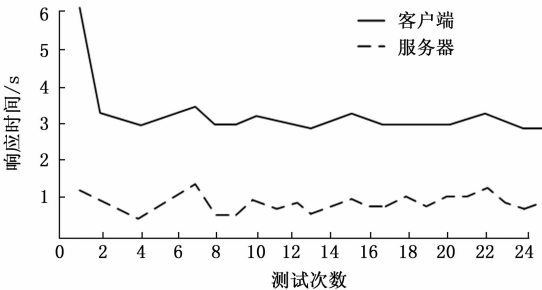


图 14 系统性能测试结果

如图 14 所示，本次共进行了 25 次测试，服务器响应时间一直较为稳定，在指令发出 1 s 左右进行图像数据的调取。其实本文系统模型在测试之前就已经完成文件信息的

读取及训练，本次测试所耗费的时间均为用于网络传输的时间，所以其整体耗时较短。由于各个图像的大小存在不同，所以其传播耗时也并不相同，其网络传输的时间存在差异。客户端的响应时间除第一次测试时响应时间较长为 6 s 外，其余响应时间稳定在 3 s 左右，测试效果较为稳定。造成客户端第一次响应耗时较长的原因是在于客户端第一次检测时与服务端处于冷链状态，需要进行连接的建立，这需要消耗大量的时间，在通信链路建立完毕后，其响应时间明显缩短。以上完成对系统性能的测试，该系统服务器响应时间和客户端的响应时间均较短且稳定，可对其进行对比实验，测试其与同类系统产品相比具有的优势。

3.3 对比测试

为了验证本文设计检测系统的有效性，选取文献 [3] 中的基于改进 YOLO v3 模型与 Deep-SORT 算法的道路车辆检测方法和文献 [4] 中的基于机器视觉的夜间道路前方车辆目标检测方法为对比方法，与本文系统进行实验对比，对汽车晚间行驶、汽车白天行驶及汽车在恶劣天气下行驶的图像进行检测，计算检测准确率，计算公式为：

$$M = \frac{Y}{Z} \times 100\%$$
 (6)

其中：Y 为检测到的数量；Z 为实际运行目标数量；M 为检测准确率。利用 Matlab 仿真平台搭建对比系统，开展实验，获取汽车夜间行驶检测结果如表 5 所示。

表 5 汽车夜间行驶检测准确率实验结果

实验次数/次	准确率%		
	文献[3]系统	文献[4]系统	所提系统
1	84	74	94
2	85	71	96
3	83	76	94
4	87	78	96
5	81	74	97
6	84	72	94
7	85	71	95
8	82	73	99
9	78	70	94
10	81	71	96

根据表 5 可知，本文系统在汽车夜间情况下行驶的检测准确率均高于 94%，而其余两种系统的检测准确率均为 71%~87% 之间，由此得知，本文系统优于对比系统。这主要是由于本文设计的系统利用深度学习算法中的 YOLOv4 模型进行检测，且利用注意力机制对其特征提取进行优化，从而保证能够更准确地实现车辆目标检测。

对汽车白天行驶的图像进行检测，获取三种系统检测结果如表 6 所示。

根据表 6 可知，在该种环境中。本文提出的检测系统在相同的状况下检测准确率均在 94% 以上，而文献 [3] 系统检测准确率最高仅为 86%，文献 [4] 系统的检测准确率

表 6 汽车白天行驶检测准确率

实验次数/次	目标量/个		
	文献[3]系统	文献[4]系统	所提系统
1	86	75	95
2	83	73	94
3	84	74	94
4	85	75	96
5	82	76	97
6	86	76	97
7	82	77	98
8	81	78	98
9	79	75	95
10	83	79	94

低于 79%，故本文系统检测效果远优于两种对比系统。本文研究的检测系统引入了直方图均衡法及改进 YOLOv4 算法对图像信息进行预处理，帮助图像检测排除了环境因素的大量干扰信息，保证其检测模型可平稳运行，使其在时间积累到一定程度下，能够实现信号转换，使得本文系统可准确地确定目标位置。

获取汽车在恶劣天气下行驶的检测准确率实验结果如表 7 所示。

表 7 汽车在恶劣天气下行驶检测准确率

检测时间/min	准确率%		
	文献[3]系统	文献[4]系统	所提系统
1	79	58	90
2	76	63	91
3	78	49	96
4	78	62	95
5	75	50	92
6	76	56	94
7	72	62	92
8	71	58	94
9	75	70	95
10	73	64	93

由表 7 可知，对恶劣天气条件下图像进行检测，本文检测准确率高于 90%，而其余两种系统的检测准确率低于 79%，故本文系统检测准确率远高于其余两种系统，所以本文系统检测性能优于对比系统。造成这种现象的原因在于本文系统不仅引入了深度学习的 YOLOv4 算法和直方图均衡法对干扰信息进行处理，引入了注意力机制，优化了图像特征提取过程，还采用了多尺度训练的方式，使其能够保证检测模型运行的稳定性，快速完成车辆特征的提取，提高目标检测的准确率。

4 结束语

针对道路车辆目标检测容易出现误检、漏检的问题，提出基于深度学习的道路车辆目标检测系统，先利用改进 YOLOv4 算法完成干扰信息的处理，建立目标检测模型，

然后基于注意力机制完成图像特征提取过程的优化,使其能够更加准确、快速地完成车辆图像特征的提取。最后利用实验证明所提系统的实用性,所提系统错检、漏检率低,具有一定应用价值。

参考文献:

- [1] 路艳巧,孙翠英,曹红卫,等.基于边缘计算与深度学习的输电设备异物检测方法[J].中国电力,2020,53(6):27-33.
 - [2] 顾晓东,唐丹宏,黄晓华.基于深度学习的电网巡检图像缺陷检测与识别[J].电力系统保护与控制,2021,49(5):91-97.
 - [3] 马永杰,马芸婷,程时升,等.基于改进YOLO v3模型与Deep-SORT算法的道路车辆检测方法[J].交通运输工程学报,2021,21(2):222-231.
 - [4] 杨宏伟,武志斐,徐光钊.基于机器视觉的夜间道路前方车辆目标检测技术[J].电子设计工程,2020,28(17):113-116,121.
 - [5] 杜金航,何宁.基于改进的YOLOv3道路车辆实时检测[J].计算机工程与应用,2020,56(11):26-32.
 - [6] 张培培,王昭,王菲.基于深度学习的图像目标检测算法研究[J].国外电子测量技术,2020,39(8):34-39.
 - [7] 田立勋,刘雄飞,张彩芹,等.基于深度学习的低成本堆叠物料定位系统[J].北京理工大学学报,2020,40(9):963-969.
 - [8] 李致金,李培秀,朱超.基于深度学习的标签缺陷检测系统应用[J].现代电子技术,2019,42(7):153-156.
 - [9] 王文庆,丰林,刘洋,等.面向空基边缘平台轻量化目标智能检测[J].西安邮电大学学报,2021,26(3):61-65,72.
- (上接第82页)
- [4] 张雨晨,金心宇,沈剑锋.可穿戴健康监测设备现状和技术分析[J].医学信息学杂志,2015,36(9):2-7.
 - [5] MARTINHO J, PRATES L, COSTA J. Design and implementation of a wireless multiparameter patient monitoring system[J]. Procedia Technology, 2014, 17: 542-549.
 - [6] ANLIKERS U, JAMIE W A, LUKOWICZ P, et al. AMON: a wearable multiparameter medical monitoring and alert system[J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2004, 8(4): 415-427.
 - [7] 苏小青,张西良,张鹏起.基于BH1790GLC光电脉搏传感器的脉搏波测量系统的设计[J].电子测量技术,2020,43(12):154-157.
 - [8] 王强,王跃华,徐圣普,等.血氧饱和度的红外光谱光电测量法[J].国外医学.生物医学分册,1998,21(6):23-30.
 - [9] 毕海涛.可穿戴式单芯片心率血氧智能采集的设计[D].沈阳:东北大学,2014.
 - [10] 白鹏飞,刘强,段飞波,等.基于MAX30102的穿戴式血氧饱和度检测系统[J].激光与红外,2017,47(10):1276-1280.
 - [11] 章鹏,王光腾.OLED智能显示按键设计[J].光电子技术,2019,72.
 - [10] 夏勇,田西兰,常沛,等.基于深度学习的复杂沙漠背景SAR目标检测[J].雷达科学与技术,2019,17(3):305-309.
 - [11] 廖勇,田肖懿,蔡志镛,等.面向C-V2I的基于边缘计算的智能信道估计[J].电子学报,2021,49(5):833-842.
 - [12] 艾宪仓,岳铁军.基于深度学习的小目标检测区域数据推荐算法[J].信息技术,2020,44(5):54-57,63.
 - [13] 王旭亮,刘增义,胡雅婕,等.基于NFV MANO的边缘计算多种智能化部署方案研究[J].电子技术应用,2019,45(10):19-24.
 - [14] 周登浩,武斌.基于景深和LK光流法的视频测速算法[J].传感器与微系统,2021,40(8):116-120.
 - [15] 纪超,黄新波,曹雯,等.基于深度学习的图像显著区域检测[J].激光与光电子学进展,2019,56(9):117-124.
 - [16] 严荣慧,谢海成,花敏恒,等.基于运动与表象特征的广域船舶目标识别方法[J].中国舰船研究,2022,17(1):227-234.
 - [17] 闫贺,黄佳,李睿安,等.基于改进快速区域卷积神经网络的视频SAR运动目标检测算法研究[J].电子与信息学报,2021,43(3):615-622.
 - [18] 曹燕,李欢,王天宝.基于深度学习的目标检测算法研究综述[J].计算机与现代化,2020(5):63-69.
 - [19] 云旭,宋焕生,梁浩翔,等.基于深度学习的关键岗位人员行为分析系统[J].计算机工程与应用,2021,57(6):225-231.
 - [20] 罗元,王薄宇,陈旭.基于深度学习的目标检测技术的研究综述[J].半导体光电,2020,41(1):1-10.
 - [12] 李龙,包俊,蒋颖颖,等.基于ZigBee无线传感网络的光电脉搏心率监测系统[J].航天医学与医学工程,2017(5):363-368.
 - [13] 黄万风.基于桡动脉脉搏波的家用心血管功能参数检测系统的设计与实现[D].合肥:安徽大学,2017.
 - [14] 陈耿铎,曾有灵,李喆.自适应双阈值心电信号检测算法研究[J].暨南大学学报:自然科学与医学版,2018,39(3):26-28.
 - [15] 王翔.可穿戴式心率传感监测装置的研究[D].成都:电子科技大学,2019.
 - [16] 孙佳新,吴怡之,许红安,等.基于信号质量评估的可穿戴动态心电监护[J].微型机与应用,2011,30(4):79-82.
 - [17] 孟瑶.基于可穿戴传感器的实时心电检测方法研究[J].信息技术与网络安全,2021,40(4):75-79.
 - [18] 冒星星.智能穿戴设备中人体运动能耗监测系统的设计和研究[D].兰州:西北师范大学,2015.
 - [19] 乔自世,沈亦豪,高瞻.基于互联网的可穿戴脉搏监测系统的设计[J].传感器与微系统,2017,36(12):102-103.
 - [20] 刘西恒,吴薇,浦志敏,等.可穿戴式胎动信号采集系统设计[J].传感器与微系统,2018,37(12):72-75.