

智能交通中的车辆检测技术及其发展

王文峰

枣庄市山亭区西集机动车检测有限公司 山东 枣庄 277800

摘要: 随着城市化进程加快,交通拥堵、安全事故等问题凸显,智能交通系统(ITS)成为解决交通难题的重要途径。本文围绕智能交通中的车辆检测技术展开研究,概述了智能交通系统(ITS)的构成与发展,明确车辆检测技术的定义及流量监测、速度测量等核心功能。分析了三类关键技术:基于传感器(地磁、超声波、红外)、图像识别(传统算法与深度学习)、雷达(毫米波、激光雷达)的检测技术原理与特点。阐述了技术在高速公路管控、城市交通管理、智慧停车场的具体应用。最后指出多源技术融合、智能化升级、低成本高适配性是其主要发展趋势,为智能交通领域车辆检测技术的应用与发展提供参考。

关键词: 智能交通; 车辆检测技术; 应用; 发展趋势

引言: 智能交通中车辆检测技术作为ITS信息采集的核心支撑,直接影响交通管控的精准度与效率。当前,车辆检测技术已从单一传感器检测向多技术融合演进,但仍面临复杂环境适应性不足等挑战。深入研究智能交通中的车辆检测技术,梳理其关键类型、应用场景及发展趋势,对推动ITS优化升级、提升交通治理水平具有重要现实意义。

1 智能交通与车辆检测技术概述

1.1 智能交通系统(ITS)

智能交通系统(ITS)是依托信息技术、通信技术、传感技术等现代科技,对交通流、道路设施、车辆运行等交通要素进行智能化感知、分析、调控的综合体系,其核心目标是提升交通运行效率、保障交通安全、减少交通污染。从构成来看,ITS涵盖交通信息采集子系统、数据处理与分析子系统、交通控制与诱导子系统、车辆管理子系统等关键模块,各模块协同作用形成完整的交通管理闭环。从发展历程而言,ITS经历了从传统交通管理向智能化转型的过程,早期以人工监控、固定信号控制为主,随着技术进步,逐步引入自动化检测、动态信号调整,现阶段已迈向车路协同、自动驾驶融合的智慧交通新阶段。

1.2 车辆检测技术的定义与功能

车辆检测技术是指借助各类感知设备与数据处理算法,对道路上行驶或停放的车辆进行识别、定位,并提取车辆运行关键参数的技术体系。其核心目标是实现对车辆动态与静态信息的精准捕捉,为智能交通系统的各项应用提供数据支撑。

在功能层面,车辆检测技术首要功能是交通流量监测,通过统计单位时间内特定路段或交叉口的车辆数量,

掌握交通流的变化规律,为判断路段拥堵状态、优化交通资源配置提供数据;其次是车辆速度测量,实时采集车辆行驶速度,不仅能辅助监测超速等交通违法行为,还能结合流量数据计算交通密度,为交通诱导提供依据;车型识别也是重要功能之一,通过区分轿车、货车、客车等不同车型,可实现差异化的交通管理,如针对货车制定特定的通行管控策略,同时为交通流量的精细化分析、道路荷载评估提供分类数据支持^[1]。

2 智能交通中的车辆检测关键技术

2.1 基于传感器的车辆检测技术

基于传感器的车辆检测技术,是通过各类物理传感器捕捉车辆经过时产生的物理信号变化,进而实现车辆存在性、位置及状态感知的技术类型,主要包含以下技术:(1)地磁传感器检测技术。地磁传感器通过感知车辆行驶过程中对地球磁场的扰动来实现检测,其内部包含磁敏元件,可实时采集周围环境的磁场强度数据。当车辆经过传感器上方时,车辆金属部件会改变局部磁场分布,导致传感器采集的磁场数据出现异常波动,系统通过预设的阈值算法,对这种波动进行分析判断,确定是否有车辆经过。(2)超声波传感器检测技术。超声波传感器基于超声波的反射原理工作,传感器发射端向特定方向发射高频超声波信号,当信号遇到车辆等障碍物时会发生反射,接收端接收反射信号并记录信号传播时间。系统根据超声波在空气中的传播速度与传播时间,计算出传感器与车辆之间的距离,进而判断是否存在车辆及车辆的大致位置。(3)红外传感器检测技术。红外传感器通过感知车辆与环境之间的红外辐射差异实现检测,分为主动式与被动式两类。主动式红外传感器发射红外光信号,车辆会反射该信号,传感器接收反射信号

后判断是否有车辆；被动式红外传感器则无需发射信号，直接检测周围环境的红外辐射，当车辆经过时，其自身温度与环境温度形成差异，导致传感器检测到的红外辐射强度发生变化，系统据此识别车辆。该技术的优势在于对光照条件不敏感，白天与夜间均可稳定工作，且检测响应速度较快；但受环境温度影响较大，若环境温度与车辆温度接近，检测灵敏度会下降，同时无法有效区分车辆与其他具有相似红外辐射特性的物体，易出现误检。

2.2 基于图像识别的车辆检测技术

基于图像识别的车辆检测技术，是利用摄像头采集道路场景图像，通过图像处理算法对图像中的车辆目标进行提取、分割与识别的技术，其核心是将图像中的视觉信息转化为可分析的数据，实现对车辆的定位与特征提取，无需与车辆直接接触，属于非接触式检测方式。

(1) 传统图像处理算法。传统图像处理算法主要通过手工设计特征与规则实现车辆检测，核心流程包括图像预处理、背景建模与前景提取、目标分割与特征匹配。图像预处理阶段，通过灰度化、去噪（如高斯滤波）、图像增强（如直方图均衡化）等操作，减少光照、噪声对图像质量的影响；背景建模阶段，采用帧差法、背景减法（如混合高斯模型）等方法，构建道路场景的背景模型，区分静态背景与动态目标；前景提取阶段，将实时采集的图像与背景模型对比，提取出可能包含车辆的前景区域；最后通过边缘检测（如Canny算法）、形态学运算（如膨胀、腐蚀）对前景区域进行分割，结合车辆的几何特征（如长宽比、轮廓形状）进行匹配，确定是否为车辆目标。

(2) 深度学习目标检测算法。深度学习目标检测算法通过构建深度神经网络，自动从大量图像数据中学习车辆的特征，无需手工设计特征，核心分为单阶段检测算法与双阶段检测算法两类。双阶段检测算法（如FasterR-CNN）首先通过区域建议网络（RPN）生成可能包含车辆的候选区域，再对候选区域进行特征提取与分类回归，确定车辆位置与类别；单阶段检测算法（如YOLO、SSD）则直接在图像的特征图上进行目标定位与分类，无需候选区域生成步骤，检测速度更快。该类算法的核心优势在于特征学习能力强，能自动捕捉车辆的深层视觉特征（如车身纹理、车灯形状、车窗轮廓），对复杂场景的适应性显著优于传统算法，即使在车辆部分遮挡、光照变化、多车辆密集分布的情况下，仍能保持较高的检测精度；随着网络模型的优化（如轻量化模型YOLOv5、YOLOv8），其计算效率大幅提升，可满足实时检测需求；不过，该算法对训练数据的依赖性较强，需要大量标注准确的交通场景图像，且模型训练与推理

过程对硬件算力要求较高，需配备高性能GPU或专用计算芯片^[2]。

2.3 基于雷达的车辆检测技术

基于雷达的车辆检测技术，是通过发射电磁波信号，接收车辆反射的回波信号，利用电磁波的传播特性（如传播时间、频率变化、相位变化）分析车辆的位置、速度、距离等信息的技术，具有抗恶劣环境能力强、检测距离远、可穿透部分障碍物等特点，在智能交通中常用于远距离监测与全天候场景。

(1) 毫米波雷达检测技术。毫米波雷达工作在毫米波频段（通常为24GHz、77GHz、79GHz），通过发射连续波或脉冲波信号实现检测，核心原理包括距离检测、速度检测与角度检测。距离检测方面，利用信号发射与回波接收的时间差，结合毫米波传播速度，计算雷达与车辆的直线距离；速度检测基于多普勒效应，当车辆与雷达存在相对运动时，回波信号的频率会发生偏移，通过测量频率偏移量可计算车辆的相对速度；角度检测则通过阵列天线接收回波信号的相位差，确定车辆在雷达检测范围内的水平角度，实现车辆的方位定位。该技术的优势在于抗干扰能力强，不受雨、雪、雾、沙尘等恶劣天气影响，也不受光照条件限制，可实现全天候、全天时检测；检测距离适中，响应速度快，能实时捕捉车辆的动态变化。

(2) 激光雷达（LiDAR）检测技术。激光雷达通过发射激光束（通常为近红外光）扫描周围环境，接收激光束遇到物体后的反射信号，构建三维点云模型，进而实现车辆检测。其工作流程包括激光发射、信号接收、数据处理：激光发射模块按特定角度与频率发射激光束，形成对检测区域的密集扫描；接收模块捕捉车辆反射的激光信号，记录激光束的飞行时间、相位变化与强度信息；数据处理模块根据这些信息计算每个激光点的三维坐标（x、y、z），形成包含车辆轮廓、位置、距离的点云数据，再通过点云分割、聚类与特征提取算法，从背景点云中分离出车辆目标，并计算车辆的尺寸、速度、运动轨迹等参数^[3]。

3 车辆检测技术在智能交通中的具体应用

3.1 在高速公路智能化监测与管控中的应用

高速公路场景中，车辆检测技术成为保障通行安全与效率的核心支撑，通过多技术协同实现全链条管控。

(1) 动态运行状态监测。实时捕捉车辆速度、车距及车道位置信息，结合预设阈值判断超速、跟车过近、车道偏离等异常行为，同步触发预警机制。

(2) 流量态势感知与调度。连续统计路段车流量、车型构成及通行密度，生成实时流量热力图，为交通管制、应急车道开放等调度决策提供数据支撑。

(3) 异常事件快速响应。自动识

别车辆停车、逆行、抛洒物等突发状况,精准定位事件位置并推送至管控中心,缩短应急处置响应时间。

3.2 在城市道路交通精细化管理中的应用

在城市道路场景,车辆检测技术深度融入交通治理体系,助力破解拥堵与违停等核心难题。(1)信号灯智能配时优化。实时采集路口各方向车流量、排队长度数据,动态调整信号灯相位时长,减少车辆怠速等待时间,提升路口通行效率。(2)违法行驶自动监管。精准识别闯红灯、压实线、不按导向车道行驶等违法行为,同步记录车辆特征与行驶轨迹,为执法提供可靠依据。(3)路网运行态势研判。整合全域检测数据,分析高峰时段拥堵节点、通行瓶颈分布规律,为道路规划、限行政策制定提供数据支撑。

3.3 在智慧停车场高效运营服务中的应用

车辆检测技术推动停车场实现从人工管理向智能化运营的转型,提升空间利用率与用户体验。(1)车位状态实时感知。通过区域覆盖式检测,精准识别空余车位位置与数量,同步更新至停车场引导屏及导航平台,实现车位快速匹配。(2)出入口智能管控。自动识别车辆入场、出场状态,联动计费系统完成费用核算,支持无感支付通行,减少出入口拥堵。(3)运营数据统计分析。累计统计车位周转率、高峰时段利用率、车辆停留时长等数据,为停车场时段性收费调整、车位规划优化提供参考。

4 智能交通中的车辆检测技术的发展趋势

4.1 多源技术深度融合成为主流

单一检测技术的局限性逐渐凸显,多技术融合成为突破瓶颈的关键方向。传感器、图像识别与雷达技术将实现数据互补,例如地磁传感器的稳定性结合毫米波雷达的全天候能力,再叠加图像识别的细节捕捉优势,形成“1+1+1>3”的检测效果,提升复杂场景下的准确性与可靠性。车路协同(V2X)技术将深度融入检测体系,车辆终端与路侧检测设备实时交互数据,打破单一设备的感知边界,实现全域交通流的动态监测。

4.2 智能化与自主学习能力持续升级

人工智能技术将推动车辆检测向“主动感知+自主决策”演进。深度学习模型将进一步优化,轻量化算法(如YOLO系列新版本)将在保证精度的同时降低算力需求,适配边缘计算设备,实现检测数据的实时处理。模型自主学习能力将增强,通过动态接收交通场景数据,自动调整识别参数,减少对人工标注数据的依赖,适应雨雪、拥堵等多变场景。

4.3 低成本与高适配性技术加速落地

技术实用化与普惠化成为重要发展方向。激光雷达、高精度传感器等核心设备将通过技术迭代降低成本,推动中低等级智能交通场景的规模化应用。检测系统将提升环境适配性,通过硬件防护升级与算法优化,增强在极端天气(强暴雨、暴雪)、复杂路况(隧道、山区道路)下的稳定性,实现全场景可靠检测^[4]。

结束语:车辆检测技术是智能交通系统高效运行的关键基础,其涵盖的传感器、图像识别、雷达三类核心技术,已在高速公路、城市道路、智慧停车场等场景实现深度应用,有效提升了交通运行效率与安全性。未来,随着多源技术融合、智能化升级及低成本高适配性技术的落地,车辆检测技术将更精准、高效。后续可进一步探索技术在极端场景的适配性,持续推动其为智能交通发展提供更强有力的技术支撑,助力构建更安全、高效的交通体系。

参考文献:

- [1]冉红霞,刘畅.车辆检测技术的发展和专利分析[J].河南科技,2023,42(14):137-141.
- [2]王杜斌.智能交通车辆识别检测技术分析[J].数字通信世界,2024(12):126-128.
- [3]李源.智能交通系统中车辆检测与识别关键技术探究[J].前卫,2024(23):0177-0179.
- [4]谷振.智能交通中的车辆检测技术及其发展[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2020(11):00383-00383.