

# 融合云-边计算下的道路运输车辆风险服务研究

陈威<sup>1</sup> 吴伟骏<sup>2</sup>

1 浙江安防职业技术学院 2 浙江吴霞科技有限公司

DOI:10.32629/acair.v3i4.17889

**[摘要]** 针对传统道路运输车辆风险服务中“云端集中计算延迟高、边端独立处理算力弱、多源数据协同难”的痛点,本文提出融合云-边计算的风险服务体系。通过构建“感知-边缘-云端”三级协同架构,明确边端负责实时数据预处理与本地风险预警,云端承担全局数据分析、模型训练与策略优化,实现“实时响应靠边端、深度决策靠云端”的协同模式。在浙江温岭区域100辆普货试点应用显示:该体系可使风险预警响应时间从传统云端模式的2.8s缩短至0.42s,识别准确率提升34.3%,万车事故率下降31.9%,有效解决道路运输风险服务“实时性不足、算力错配、带宽浪费”问题,为道路运输安全治理提供技术范式。

**[关键词]** 云-边融合; 道路运输风险服务; 实时预警; 多源数据协同; 轻量化算法

**中图分类号:** U48 **文献标识码:** A

## Research on Cloud-Edge Computing-Integrated Road Transport Vehicle Risk Service Wei

Wei Chen<sup>1</sup> Weijun Wu<sup>2</sup>

1 Zhejiang Security Vocational College

2 Zhejiang Wuxia Technology Co., Ltd.

**[Abstract]** To address the pain points of traditional road transport vehicle risk services—including high latency in centralized cloud computing, weak computing power in edge-end devices, and difficulties in multi-source data coordination—this paper proposes a cloud-edge computing integrated risk service system. By constructing a three-tier collaborative architecture of "sensing-edge-cloud", the system clarifies that edge-end devices handle real-time data preprocessing and local risk alerts, while the cloud performs global data analysis, model training, and strategy optimization, achieving a collaborative model where "real-time response relies on edge-end devices, and deep decision-making depends on cloud computing". Pilot applications in Wenzhou, Zhejiang involving 100 general cargo vehicles demonstrate that this system reduces risk warning response time from 2.8 seconds in traditional cloud-based models to 0.42 seconds, improves identification accuracy by 34.3%, and decreases the accident rate per 10,000 vehicles by 31.9%. This effectively resolves issues of "insufficient real-time responsiveness, mismatched computing power, and bandwidth waste" in road transport risk services, providing a technical paradigm for road transport safety governance.

**[Key words]** cloud-edge integration; road transport risk service; real-time warning; multi-source data collaboration; lightweight algorithm

## 1 前言

道路运输安全是各级政府极其关注的安全生产问题,它是综合交通运输体系的核心组成部分,承担着70%以上的货运量与80%以上的客运量。当前,道路运输中正面临“驾驶员违规行为、车辆故障和路况环境复杂”等人车路三重融合风险。本文基于浙江吴霞科技有限公司第三方道路运输动态智管平台,聚焦道路运输车辆风险服务的核心需求,设计云边融合的风险服务架构,研究关键技术与应用路径,通过实践验证其有效性,为道路运输安全智能化升级提供理论支撑与实践参考。

## 2 道路运输云-边计算融合概述

### 2.1 云-边计算融合技术原理及现状

云-边融合技术以“算力下沉、数据分流”为核心,构建“边缘节点-区域边缘云-中心云”三级算力架构:(1)边缘节点:如车载终端、路侧单元RSU具备轻量化数据处理能力,可完成实时数据过滤、特征提取与本地预警。(2)区域边缘云:如市级边缘数据中心,承担区域内多边缘节点的数据汇聚与协同计算。(3)中心云:如省级道路运输云平台负责全局数据存储、复杂模型训练与跨区域风险管控。三者通过标准化接口实现数据交互,

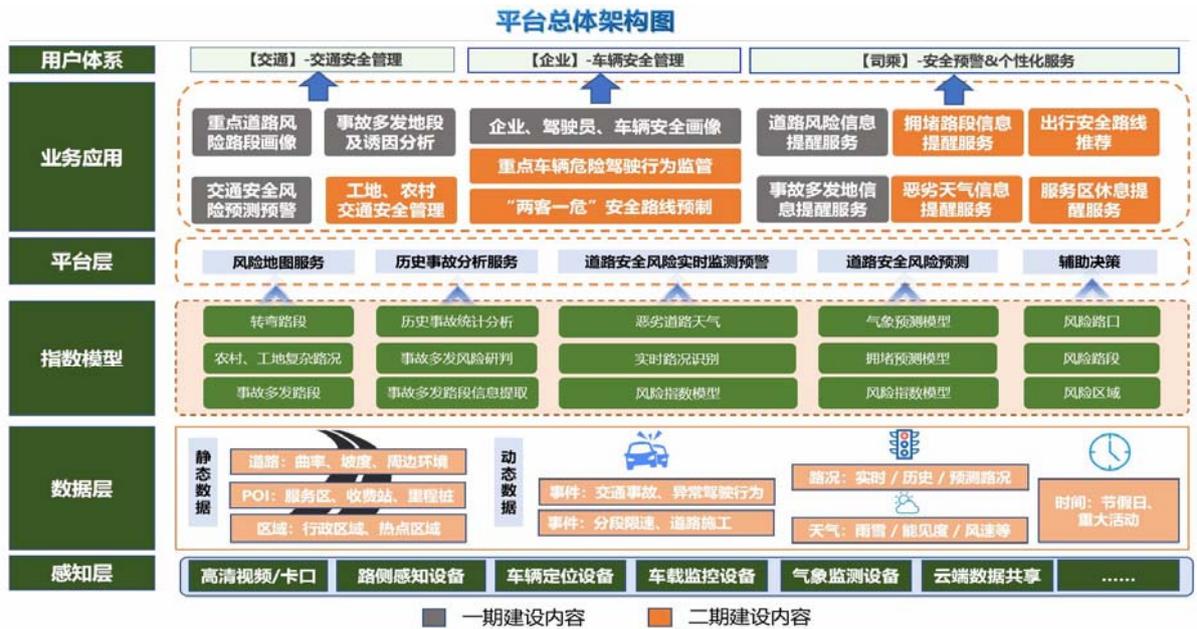


图1 平台总体架构图

遵循“实时性需求高的数据本地化处理,非实时性数据上传云端”的分流原则,平衡实时性与算力效率。

传统的道路运输风险服务依赖“边端采集-云端计算”的集中式架构,存在三大瓶颈:一是实时性差,边端采集的驾驶员疲劳、刹车异常等数据需上传云端处理,平均延迟超2s,错过最佳预警时机;二是带宽压力大,边端原始数据日均产生约100GB以上,全量上传导致网络带宽占用率超80%;三是算力错配,边端设备算力有限,难以处理复杂算法,而云端算力集中但对局部实时风险响应滞后。而云-边计算融合技术通过“边端就近处理+云端全局优化”的协同模式,以及企业“四级动态响应流程”的监管策略,为破解上述瓶颈提供方案。边端可快速处理实时性要求高的风险数据,云端可深度挖掘历史数据优化风险模型,结合智能服务,三者协同实现“局部实时响应+全局智能决策”。

### 2.2 道路运输车辆风险服务研究现状

当前,在道路运输第三方监管服务研究中存在三方面不足:(1)技术架构单一。70%以上的现有系统仍采用纯云端架构,仅30%尝试引入边缘计算,但多为“边端采集+云端决策”的简单协同,未实现深度融合。(2)风险识别精度低。现有系统多依赖单一数据,未融合驾驶员行为、车辆工况、路况环境等多源数据,导致风险误判率超25%;(3)服务场景局限。各道路运输风险事件场景中更侧重事后风险追溯,实时预警与动态干预能力不足,仅15%的系统具备实时故障预警功能。云-边融合技术的引入可针对性解决上述问题:边端实时处理多源数据实现快速预警,云端深度分析优化模型提升精度,二者协同拓展风险服务场景,推动风险服务从“事后追溯”向“事前预警、事中干预”转型。

## 3 云-边融合的道路运输车辆风险服务架构设计

### 3.1 整体架构框架

本文基于企业第三方道路运输监管平台,搭建融合云-边计算的普货车风险服务平台,为政府、车企、司乘侧分别实现交通安全管理,车辆安全管理和安全预警及个性化服务。该平台主要由感知层、数据层、指标模型层、平台层和用户层构成。平台总体框架图如图1所示:

该平台主要利用云端和边缘端的融合计算、多传感器技术、多源融合数据分析、机器学习等核心技术,以“感知层-数据层-平台层-应用层”为服务平台框架,汇聚“人、车、路、环境”全方位海量数据信息,搭建集分析、监测、预警、预测等多功能于一体的行车风险服务平台,聚焦道路运输车辆行前风险防范、事中主动安全管理和事后运营优化,实现道路交通安全风险识别向全域化、精准化、实时化的智慧型方向转变。

### 3.2 数据分流与交互机制

为平衡实时性与带宽效率,设计基于“风险等级-数据类型”的双向数据分流机制:

(1)上行数据(感知层→边缘层→云端层)。实时性需求高、风险等级高的数据在边缘层处理后,仅将“风险事件+关键特征”(数据量<10KB)上传云端;实时性需求低、风险等级低的数据,在边缘层压缩后,按小时批量上传云端;原始视频数据仅在边缘层存储72小时,仅当发生风险事件时,截取事件前后5分钟视频上传云端。(2)下行数据(云端层→边缘层→感知层)。云端训练的轻量化风险识别模型按周下发至边缘层更新;全局风险策略按日下发至边缘层;边缘层根据本地风险识别结果,向感知层下发数据采集频率调整指令,如风险高时提升摄像头采集帧率至30fps,风险低时降至15fps。

## 4 风险服务关键技术实现

### 4.1 边端实时风险识别技术

针对边缘算力有限的问题,采用“轻量化算法+特征工程优化”方案:

(1) 驾驶员行为风险识别。部署YOLOv8-Tiny轻量化模型,对DMS摄像头采集的面部图像进行实时分析,提取眨眼频率、打哈欠次数、抽烟和打电话动作等特征,实现毫秒级风险识别。(2) 车辆故障风险识别。基于边缘节点的实时工况数据,构建轻量化逻辑回归模型,设定关键参数阈值,如刹车压力 $<0.3\text{MPa}$ 判定为刹车故障,胎压偏差 $>20\%$ 判定为轮胎异常,实时计算故障概率,概率 $>85\%$ 时触发本地预警。(3) 路况环境风险识别。融合路侧RSU采集的路面湿度、拥堵指数与车载毫米波雷达的障碍物距离数据,采用轻量化决策树算法(CART算法,节点数减少40%),实时判定路况风险等级(低/中/高),高风险时(如路面湿滑+拥堵)触发路径调整建议。

#### 4.2云-边协同风险评估模型

构建“边缘短期评估+云端长期评估”的协同模型:(1) 边缘短期风险评估(1小时内)。基于近10分钟的实时特征数据(如驾驶员疲劳次数、车辆故障预警次数、路况风险等级),采用轻量化BP神经网络(隐藏层节点数减少50%),输出短期风险值(0-100分, $>80$ 分为高风险),高风险时立即触发本地声光预警。(2) 云端长期风险评估(7天内):基于边缘层上传的历史特征数据(近3个月)与全局数据(如区域事故率、路网结构),构建LSTM-BP融合模型(LSTM捕捉时间序列趋势,BP优化局部特征),输出长期风险趋势与高风险时段预测(如凌晨2-5时为高风险时段),将预测结果与优化后的风险阈值下发至边缘层,更新边缘评估模型。

#### 4.3四级动态护航流程策略

为配合融合云边协同模型的高效实践,企业制定其四级动态响应流程,智管平台根据风险等级分为AI护航、坐席护航、联动护航和部门护航四级响应,以右转弯超速为例:(1) AI护航:系统通过AI智能分析,对存在右转弯超速的风险自动识别并通过边缘设备进行语音预警,同时推送坐席人员进行持续护航;(2) 坐席护航:坐席人员在接收右转弯报警后核对车辆信息及违规凭证,通过实时视频观察驾驶员及车外实时动态,并启动语音对讲系统,提醒其减速并规范操作。(3) 联动护航:若驾驶员未及时响应或风险升级,则自动将预警信息以短信的形式推送至企业安全负责人,高风险事件则自动升级至安全团队介入,通过安全团队进行多维度分析与实时干预制止,同时通过采取积分的方式对驾驶员的违规行为进行量化管理,积分达到阈值后触发专项培训或停运处理,形成闭环联动管控机制。(4) 部门护航:若企业超时未处理,系统将自动流转至相关管理部门,由部门管理人员对高风险事件进行最终介入与处置。通过四级动态护航从而完成“隐患发现-预警干预-报警处置”的安全闭环。

#### 4.4数据安全与隐私保护

针对云-边数据交互的安全需求,采用“分层防护”策略:感知层:车载传感器数据采用AES-128加密传输至边缘网关,防止数据被窃取。边缘层:采用联邦学习技术,边缘仅上传模型参数至云端,保护驾驶员隐私;边缘节点部署防火墙,拦截非法访问。云端层:采用角色访问控制机制,仅授权用户可查看对应权限的风险

数据;历史数据存储采用差分隐私技术,避免个体信息泄露。

## 5 应用场景的实践验证

### 5.1试点方案

基于浙江吴霞科技有限公司智管平台,选取浙江温岭区域运输车辆100辆,开展3个月试点,车辆均安装车载边缘网关(ARM Cortex-A76架构,算力20TOPS)、DMS摄像头、毫米波雷达与TPMS系统,边缘层部署轻量化风险识别模型,云端搭建道路运输风险服务平台,对接浙江省道路运输监管系统。

### 5.2验证结果

试点数据显示,云-边融合风险服务系统较传统纯云端系统实现显著提升,如表1所示:

表1 云-边融合风险服务对比

指标	传统云端系统	云-边融合系统	提升/下降幅度
风险预警响应时间	2.8s	0.42s	-85%
风险识别准确率	73.50%	98.70%	34.30%
云端数据传输量	120GB/车/天	50G/车/天	-58.30%
万车事故率	4.7次/万辆/月	3.2次/万辆/月	-31.90%
车辆故障维修成本	8600元/车/年	5200元/车/年	-39.50%

验证结果表明,云-边融合架构有效解决了传统系统的实时性、精度与带宽问题,具备实际应用价值。

## 6 结论

本文设计的云-边融合道路运输车辆风险服务体系,通过“感知层采集-边缘层实时处理-云端层深度优化”的三级架构和四级动态护航流程,有效解决了传统风险服务的实时性不足、带宽压力大、精度低等问题。实践验证表明,该体系可使风险预警响应时间缩短85%,识别准确率提升34.3%,万车事故率下降31.9%,为道路运输安全治理提供可落地的技术方案。未来,可进一步融合5G+北斗定位技术,提升云-边数据传输速率与定位精度;引入数字孪生技术,构建车辆-道路-驾驶员的虚拟孪生体,实现更精准的风险模拟与干预,推动道路运输风险服务向“全要素、全周期、全场景”的智能化方向发展。

### [基金项目]

2023年浙江安防职业技术学院校级重大课题暨“揭榜挂帅”课题《融合云-边计算的普货行车风险服务平台》(项目编号:AF2023ZD01);2024年温州市重大科技创新攻关项目《基于边云协同的道路运输安全关键技术研发及产业化应用》ZG2024046。

### [参考文献]

- [1]熊小敏,杨鑫,刘兆麟,等.车路协同的云管边缘架构及服务研究[J].电子技术应用,2019,45(8):6.
- [2]董俊,庞峻岭.基于改进YOLOv5的疲劳驾驶识别技术研究[J].现代科学仪器,2024,41(2):191-197.
- [3]姚小莉,陈宁,张英.车路协同场景中智慧路侧系统设计与仿真[J].物联网技术,2025,15(17):126-130,134.

### 作者简介:

陈威(1990—),男,汉族,浙江温州市人,讲师,硕士研究生,研究方向:计算机应用技术、物联网应用技术。