

道路与交通安全风险的多源数据融合与评估方法研究

赵程鹏

622301*****353X

摘要: 随着城市化进程加快, 交通运输体系日趋复杂, 道路与交通安全风险防控压力显著增大。传统风险评估方法依赖单一数据源, 存在评估维度片面、精准度不足等问题。多源数据融合技术可整合交通运行、环境感知、设施状态等多维度数据, 为风险评估提供全新支撑。本文围绕道路与交通安全风险的多源数据融合与评估方法展开研究, 梳理数据类型与特征, 构建数据融合框架, 设计评估指标体系与模型, 通过理论分析验证方法可行性。

关键词: 道路与交通安全风险; 多源数据融合; 评估方法

DOI: 10. 64216/3104-9680. 25. 02. 014

引言

城市化与机动化的快速发展, 使道路交通系统复杂度不断提升, 交通安全风险事件频发, 严重威胁公众生命财产安全。传统交通安全风险评估多依赖人工调查或单一监测数据, 难以全面捕捉风险演化规律, 导致评估结果滞后、防控措施针对性不足。多源数据融合技术能够整合交通流、气象、道路设施、交通参与者等多类型数据, 实现数据价值的深度挖掘。

1 道路与交通安全多源数据的类型与特征分析

1.1 多源数据核心类型划分

道路与交通安全领域的多源数据可依据数据来源与属性进行系统划分。从数据产生主体来看, 包括交通参与者相关数据、交通工具运行数据、道路设施状态数据以及外部环境数据。交通参与者数据涵盖驾驶员行为数据、行人流动数据等, 主要来源于车载终端、视频监控等设备; 交通工具运行数据包含车辆速度、加速度、行驶轨迹等信息, 通过浮动车、车载传感器等方式采集; 道路设施状态数据涉及路面平整度、交通标志完整性、桥梁结构健康状况等, 由专业检测设备与定期巡检获取; 外部环境数据则包括气象条件、光照强度、节假日人流车流变化等, 来源于气象监测站、交通管理平台等。

1.2 多源数据时空特征与质量评估

道路与交通安全多源数据具有显著的时空特征。时间维度上, 数据呈现出周期性、突发性等特点, 如早晚高峰交通流数据的周期性波动, 恶劣天气下数据的突发性变化; 空间维度上, 数据具有区域性、关联性特征, 不同路段、交叉口的交通数据存在差异, 且相邻区域数据存在相互影响。数据质量是保障后续融合与评估效果的关键, 需建立科学的质量评估标准。评

估指标主要包括数据完整性、准确性、时效性与一致性。

1.3 多源数据应用价值

多源数据在道路与交通安全风险评估中具有重要应用价值。单一数据源难以全面覆盖交通安全风险的影响因素, 多源数据的整合能够实现优势互补, 提升风险评估的全面性与精准度。交通流数据可反映路段拥堵状态, 为识别拥堵引发的风险提供依据; 气象数据能够助力分析恶劣天气对交通安全的影响程度; 道路设施数据可揭示设施缺陷带来的安全隐患; 交通参与者行为数据有助于判断人为因素引发的风险。

2 道路与交通安全多源数据融合框架构建

2.1 融合目标与原则

多源数据融合的核心目标是通过不同来源、不同格式数据的整合处理, 消除数据冗余与冲突, 提升数据的可靠性与可用性, 为交通安全风险评估提供高质量的数据输入。为实现这一目标, 需遵循相应的基本原则。首先是实用性原则, 融合框架需贴合交通安全风险评估的实际需求, 确保融合结果能够有效支撑后续评估工作; 其次是兼容性原则, 框架应具备适配不同类型、不同格式数据的能力, 降低数据接入难度; 再次是可靠性原则, 需通过有效的数据校验与处理机制, 保障融合数据的准确性与稳定性; 最后是可扩展性原则, 框架应能够适应数据类型与评估需求的变化, 便于后续功能升级与数据接入。

2.2 预处理与异构性解决

多源数据在融合前需进行系统的预处理, 以提升数据质量。预处理工作主要包括数据清洗、数据标准化与数据规约。数据清洗旨在剔除异常值、填补缺失值, 通过统计分析、聚类分析等方法识别并处理数据

中的错误信息；数据标准化则是将不同量级、不同单位的数据转换为统一格式，消除量纲影响，常用方法包括归一化、标准化等；数据规约通过减少数据维度或数量，降低后续融合处理的复杂度，同时保留关键信息。多源数据的异构性是融合过程中的主要挑战，包括语法异构、结构异构与语义异构。

2.3 分层级融合模型设计

基于多源数据的特点与融合需求，构建分层级的多源数据融合模型。模型可分为数据层、特征层与决策层三个层级。数据层融合是最基础的融合环节，主要对原始数据进行整合，通过数据对齐、冗余消除等操作，形成统一的原始数据集，为后续融合提供基础；特征层融合在数据预处理的基础上，对不同来源数据的特征进行提取与融合，通过特征选择、特征降维等技术，筛选出能够反映交通安全风险核心信息的特征集，提升数据的表征能力；决策层融合则基于特征层输出的特征信息，结合不同的评估需求，采用合适的融合算法进行决策分析，输出最终的融合结果。

3 道路与交通安全风险评估指标体系构建

3.1 指标选取原则与方法

交通安全风险评估指标的选取需遵循科学、全面、可行、动态的原则。科学性原则要求指标能够客观反映交通安全风险的本质特征与影响因素；全面性原则确保指标体系涵盖交通参与者、交通工具、道路设施、环境等多个维度，避免遗漏关键影响因素；可行性原则要求指标数据易于获取与量化，符合实际评估工作的操作需求；动态性原则则使指标体系能够适应交通环境的变化，及时调整指标内容与权重。指标筛选方法可采用文献研究法、专家咨询法与实证分析法相结合的方式。

3.2 多维度指标分层设计

基于多源数据的支撑，构建多维度、分层级的交通安全风险评估指标体系。指标体系可分为目标层、准则层与指标层三个层级。目标层为道路与交通安全风险综合评估结果；准则层涵盖交通参与者风险、交通工具风险、道路设施风险与环境风险四个维度，全面覆盖交通安全风险的主要影响领域；指标层则是在准则层下细分的具体评估指标。交通参与者风险准则层下可设置驾驶员违规行为频率、行人横穿马路频率等指标；交通工具风险准则层包含车辆制动系统状态、车辆超载率等指标；道路设施风险准则层涵盖路面破损率、交通标志完好率等指标；环境风险准则层则设

置降雨量、能见度、路面结冰概率等指标。

3.3 指标权重确定与验证

指标权重的确定是评估指标体系构建的关键环节，直接影响评估结果的准确性。可采用主观与客观相结合的方法确定指标权重，常用方法包括层次分析法、熵权法与组合赋权法。层次分析法通过专家判断构建判断矩阵，计算各指标的主观权重，能够充分体现专家经验与专业认知；熵权法基于指标数据的信息熵计算客观权重，反映数据本身的差异程度；组合赋权法则结合主观与客观权重，通过加权平均得到最终的综合权重，兼顾专家经验与数据客观规律。指标权重确定后，需进行合理性验证。验证方法可采用一致性检验、灵敏度分析等，一致性检验确保权重分配符合逻辑规律，灵敏度分析则通过调整指标权重，观察评估结果的变化情况，验证权重设置的稳定性与合理性，确保指标体系能够准确反映交通安全风险状况。

4 基于多源数据融合的交通安全风险评估方法设计

4.1 融合数据驱动评估模型构建

基于多源数据融合的交通安全风险评估模型构建以数据驱动为核心思路，充分利用融合后的数据优势。模型构建需结合机器学习、统计分析等技术，实现对交通安全风险的精准量化评估。首先，将经过融合处理的多源数据作为模型输入，包括交通流数据、设施状态数据、环境数据等；其次，通过特征工程提取数据中的关键特征，与构建的评估指标体系相对应；然后，选择合适的算法构建评估模型，常用算法包括支持向量机、随机森林、神经网络等，这些算法能够有效处理复杂的非线性数据关系，提升评估模型的精度。

4.2 融合数据与指标匹配机制

建立多源融合数据与评估指标之间的科学匹配机制，是确保评估方法有效性的关键。首先，明确各评估指标的数据来源，根据指标定义梳理对应的融合数据类型，形成指标与数据的对应关系表。对于定量指标，直接从融合数据中提取相关数据进行量化计算，如“路面破损率”指标可通过道路设施检测融合数据计算得到；对于定性指标，通过对融合数据的语义分析、特征识别等方式进行量化转换，如“驾驶员违规行为程度”可通过车载监控与视频监控融合数据进行识别与分级量化。建立数据与指标的动态匹配机制，当融合数据类型或评估指标发生变化时，能够自动调整匹配关系，确保评估指标能够及时获取对应的数据

源，保障评估工作的连续性与准确性。

4.3 风险等级划分与结果输出

结合交通安全管理的实际需求，制定科学合理的风险等级划分标准。风险等级可分为低风险、较低风险、中等风险、较高风险与高风险五个等级，通过对评估模型输出的风险量化值进行区间划分确定各等级范围。划分过程中需参考相关行业标准与规范，结合不同地区的交通环境特点与管理要求，确保等级划分的合理性与实用性。评估结果的输出形式应多样化，以满足不同用户的需求。可采用数值输出、等级输出、可视化图表输出等多种形式，数值输出直观呈现风险量化结果，等级输出便于快速判断风险程度，可视化图表如风险热力图、趋势图等能够清晰展示风险的空间分布与时间变化规律，为交通安全管理部门制定针对性的防控措施提供直观、有效的参考依据。

5 多源数据融合评估方法的可行性验证

5.1 验证方案设计与步骤

为验证多源数据融合评估方法的可行性与有效性，设计系统的验证方案。验证方案的核心思路是通过实际交通场景的数据对评估方法进行测试，检验其评估精度与实用性。验证步骤主要包括数据采集与预处理、评估方法应用、结果分析三个阶段。首先，选取典型的道路路段作为验证区域，采集该区域的多源数据，包括交通流数据、道路设施数据、气象数据等，并按照前文设计的预处理方法对数据进行处理；其次，将处理后的多源数据输入融合框架进行数据融合，再应用设计的评估方法进行风险评估，得到评估结果；最后，对评估结果进行系统分析，检验评估方法的准确性、稳定性与适用性，判断其是否能够满足交通安全风险评估的实际需求。

5.2 融合方法与传统方法对比

将基于多源数据融合的评估方法与传统评估方法进行对比分析，以凸显融合评估方法的优势。传统评估方法选取单一数据源评估方法，如基于交通流数据的评估方法、基于道路设施数据的评估方法等。对比指标包括评估精度、评估维度完整性、响应速度等。通过实验测试获取不同方法的评估结果，对比分析可知，基于多源数据融合的评估方法在评估精度上更高，能够全面覆盖多个评估维度，避免单一数据源的局限性，同时具有更快的响应速度，能够及时反映交通安

全风险的动态变化。对比分析结果能够充分验证多源数据融合评估方法的优越性与可行性，为其实际应用提供有力支撑。

5.3 方法优化方向与策略

基于验证结果，梳理多源数据融合评估方法存在的不足，明确后续优化方向与策略。优化方向主要包括提升数据融合效率、增强模型泛化能力、拓展数据接入类型等。针对数据融合效率不高的问题，可采用分布式计算技术，提升大规模多源数据的处理与融合速度；对于模型泛化能力不足的问题，可通过增加训练数据量、引入迁移学习技术等方式优化模型结构，提升模型在不同交通场景下的适应性；拓展数据接入类型方面，可纳入新兴的数据源，如车联网数据、无人机监测数据等，进一步丰富数据维度。

6 结论

本文围绕道路与交通安全风险的多源数据融合与评估方法展开系统研究，梳理了道路与交通安全多源数据的类型与特征，明确了不同数据的应用价值。构建了分层级的多源数据融合框架，提出了数据预处理与异构性解决方案，为高质量数据融合提供了保障。设计了多维度、分层级的交通安全风险评估指标体系，确定了科学的指标选取与权重分配方法。基于数据驱动思路，构建了融合数据支撑的交通安全风险评估模型，建立了数据与指标的匹配机制，制定了风险等级划分标准与结果输出形式。

参考文献

- [1] 冉晋, 李美玲, 李子辉, 等. 道路交通安全风险研究综述[J]. 公路与汽运, 2025, 41 (06): 22-29.
- [2] 张宏英, 李新华, 上维超, 等. 危险品道路运输过程交通安全关键风险管控研究[J]. 现代职业安全, 2025, (09): 80-82.
- [3] 彭涛. 职业技术教育中城市道路交通安全风险评价教学改革研究[J]. 佳木斯职业学院学报, 2025, 41 (06): 209-211.
- [4] 王鹏翔, 蔡军, 武一双. 基于交通冲突的道路交叉口安全性测度与优化[J]. 交通与运输, 2025, 41 (02): 1-7.
- [5] 傅挺, 袁浩然, 胡伟超, 等. 道路交通安全风险评估及主动防控策略探析[J]. 道路交通管理, 2025, (02): 30-33.