

基于时域和频域分析的交通安全影响机理研究

李睿敏¹ 姚丹¹ 潘福全²

1. 西安交通工程学院, 机械与电气工程学院, 西安, 710300;

2. 青岛理工大学, 土木工程学院, 青岛, 266520;

摘要: 本文旨在通过时域和频域分析方法探讨交通安全影响因素的机理, 提高交通安全管理的有效性。分析了国内外交通安全研究现状及存在问题; 详述了交通安全的时域和频域分析方法。通过对交通流量和事故数据时域分析, 揭示了交通流量短期波动及其与交通事故发生的关系, 分析了不同时间段的流量波动对交通事故发生的影响。运用频域分析方法, 识别了交通流量和事故数据中的周期性特征和频率成分, 揭示了日内、周内及季节性周期对交通安全的影响。根据时域与频域分析的结果, 提出了交通安全影响机理研究框架; 针对高峰期流量和事故高发时段给出了管理建议, 采用实证研究验证了综合分析的有效性。研究表明, 时域和频域分析能够更好的理解交通流量与交通事故之间的复杂关系, 更全面地揭示交通安全的影响因素和机理, 为交通管理部门提供科学的决策依据, 提高交通安全水平。

关键词: 时域分析; 频域分析; 交通安全; 影响机理

引言

交通安全是现代社会中一个至关重要的课题。随着城市化进程的不断推进, 交通安全问题愈发突出。交通事故已成为导致人员伤亡的重要原因, 对社会的影响深远且复杂。然而传统的交通安全分析方法往往局限于单一分析视角, 难以全面揭示交通安全的影响机制。基于此, 本文从时域分析和频域分析两个方面来揭示交通安全问题产生的深层次原因, 建立交通安全影响机理的综合框架, 探讨交通流量和事故发生的综合影响机制, 为制定科学的交通管理措施提供数据支持。基于研究结果提出针对性的交通管理和安全预防措施, 降低交通事故发生率, 提升交通安全水平。

1. 交通安全影响因素的时域分析

在交通安全研究中, 时域分析常用于揭示交通流量、车速、交通事故等随时间的变化规律, 有助于识别交通高峰期和低谷期, 从而制定相应的交通管理策略。

1.1 交通流量与交通事故的关系

1.1.1 高峰期与非高峰期事故发生的比较

一般情况下, 早晚高峰时段交通流量显著增加。研究表明, 尽管高峰期车速降低, 但由于交通密度大, 事故发生率通常较高, 在城市主干道和重要交通节点尤为明显。高峰期事故类型与非高峰期有所不同, 例如非高峰期可能更多发生高速碰撞, 而高峰期则更多出现追尾碰撞或刮蹭事故。

1.1.2 交通流量与交通事故的时间关系

交通流量与交通事故发生的时间关系可通过时域分析来揭示。研究表明, 交通事故发生通常具有明显的时间模式, 一天内交通事故发生率通常呈现出明显波动。

事故发生的频率可能在一周内也不同。节假日期间, 由于交通流量的变化, 交通事故的发生率也会有所不同。

1.2 交通事故频率的时域波动分析

交通事故频率的时域波动分析旨在揭示事故发生率随时间的变化规律, 帮助识别交通事故的高发时段和低发时段。

1) 日内波动分析: 关注交通事故在一天内的变化规律。高峰期交通流密集, 驾驶员操作压力大, 事故发生率上升。夜间或清晨低谷期的交通事故发生率通常较低。这可能与交通流量减少、驾驶员注意力集中等因素有关。

2) 周内波动分析: 关注交通事故在一周内的变化规律。研究发现, 工作日的交通事故发生率通常高于周末。这可能与工作日交通流量大、出行密集等有关。周末交通事故发生率相对较低, 但在节假日等特殊时段, 事故发生率较高。

3) 季节性波动分析: 关注交通事故在不同季节的变化规律。研究表明: 冬季由于天气条件恶劣, 交通事故发生率较高; 夏季由于假期旅行增加, 交通量大, 交通事故发生率上升。

1.3 实证分析与结果讨论

本研究采用了某城市的交通流量和事故数据, 对数据进行数据清洗、数据标准化和时间序列分析等数据处理。

通过时域分析, 得出:

交通流量的高峰期与事故高发期一致: 高峰期的交通流量显著增加, 事故发生频率也相应上升。

事故发生时间模式: 交通事故发生率在一天内呈现出明显的波动规律, 如早晚高峰期的事故发生率较高, 而夜间事故发生率较低。在一周内, 工作日的事发

生率高于周末。

季节性变化：冬季的交通事故发生率较高，主要由于恶劣的天气条件导致的交通安全问题。夏季的交通事故发生率在节假日也有所上升，这与假期出行增加有关。

基于时域分析结果，可以得出以下：

高峰期管理：针对高峰期交通事故高发的情况，可以考虑采取优化交通信号灯配时、增加交通警力等措施，以降低事故发生率。

夜间安全：虽然夜间交通事故发生率较低，但仍需关注夜间交通安全问题，特别是在某些特殊时间段，如凌晨出行的安全问题。

季节性措施：在冬季，交通管理部门应加强对冰雪天气的预警和应对措施，提升道路安全性。在夏季节假日，交通流量增加，应提前做好交通流量预测和调控工作。

2. 交通流量频谱特征

交通流量的频谱特征指的是交通流量数据在频域中的分布情况，主要包括频率成分的分布、周期性波动等特征。

2.1. 交通流量周期性波动

交通流量的周期性波动是指交通流量数据中存在周期性成分，通常表现为日内周期、周内周期和季节性周期等。这些周期性波动可以通过频域分析中的频谱图和功率谱密度图来揭示。

日内周期性：交通流量在一天内通常表现出明显的周期性波动。频域分析可以揭示出这些日内周期性波动的频率成分及其强度。

周内周期性：交通流量在一周内也存在周期性波动，频域分析可以帮助识别出这种周内周期性变化的频率成分。

季节性周期性：交通流量在不同季节也可能表现出不同的周期性波动，频域分析能够揭示出这些季节性波动的频率特征。

2.2 交通流量频谱分析

对交通流量数据进行傅里叶变换，得到频谱图，并通过功率谱密度分析识别频率成分。

频谱图展示了交通流量数据在不同频率下的幅度信息。通过分析频谱图，可以识别出主要的频率成分和周期性波动。

功率谱密度图展示了交通流量数据在不同频率下的能量分布情况，能够帮助揭示交通流量的周期性特征和噪声特征。

2.3 频域特征的实际意义

了解交通流量的周期性波动和频率成分，有助于对交通流量进行预测。例如，识别出早晚高峰期的周期性特征可以有效预测高峰期的交通流量。

频域分析结果可以为交通流量调控措施提供依据。例如，在识别出某一时间段内流量波动较大的情况下，可以采取流量控制措施，减少拥堵和事故发生。

2.4 交通事故数据的频域特征分析

交通事故数据的频域特征分析旨在揭示事故发生的频率特征和周期性波动，以理解交通事故的内在规律。

2.4.1 交通事故的频域特征

主要有

(1) 事故频率的周期性：交通事故的发生频率可能存在周期性波动，例如日内周期、周内周期和季节性周期。频域分析可以识别出这些周期性特征及其频率成分。

(2) 频谱分析：通过傅里叶变换得到事故数据的频谱图，识别出主要的频率成分和幅度信息。有助于揭示事故发生的周期性规律和频率特征。

(3) 功率谱密度分析：通过功率谱密度图分析事故数据的能量分布情况，揭示事故发生的主要周期性波动和噪声特征。

2.4.2 频域特征的实际应用

应用如下：

(1) 事故预测：识别出事故发生的周期性波动和频率特征，有助于预测事故高发时段。

(2) 风险评估：通过功率谱密度分析事故数据的能量分布，可以评估不同时间段的事故风险。

(3) 管理措施优化：根据频域分析结果，优化交通安全管理措施。

2.5 频域分析的应用案例

案例一：

对某城市交通流量数据进行频域分析，揭示出明显的日内周期性波动。分析结果表明，早晚高峰期的交通流量显著增加，而中午和夜间流量较低。频谱图显示，交通流量的主要周期性波动在24小时周期内。这一发现帮助交通管理部门优化了交通信号灯配时，减少了高峰期的交通拥堵和事故发生率。

案例二：

对某城市交通事故数据进行频域分析，发现事故发生频率在工作日和周末之间存在显著差异。功率谱密度图显示，事故发生的主要周期性波动在7天内，即一周的时间周期。根据分析结果，采取不同的安全管理措施，有效降低交通事故发生率。

案例三：

在对某地区的交通流量和事故数据进行频域分析时，发现交通流量和事故发生率在不同季节之间存在明显差异。夏季由于旅游高峰期，交通流量增加，事故发生率也有所上升。冬季由于恶劣天气，交通事故发生率增加。针对不同季节制定相应的交通安全管理措施，提高交通安全水平。

3. 时域与频域分析的综合应用与影响机理研究

3.1 时域与频域分析的综合框架

时域分析和频域分析是研究交通安全影响因素的重要工具。时域分析关注数据随时间的变化规律，适用

于分析短期波动和突发事件；而频域分析则揭示了数据的周期性特征和频率成分，更适合长期规律和周期性模式分析。综合应用这两种分析方法，可以更全面地理解交通安全的影响机理。

3.1.1 时域与频域分析的基本框架

收集相交通流量、车速、交通事故等数据，并对数据进行预处理，确保数据的质量和准确性。

(1) 对数据进行时域分析，研究其随时间的变化规律。识别数据中的长期趋势；研究数据中的波动性，包括周期性波动和异常值；揭示交通事故和流量数据的时间依赖关系。

(2) 对数据进行频域分析，识别其频率成分和周期性特征。通过傅里叶变换将时域数据转换为频域数据得到频谱图；揭示数据在不同频率下的能量分布，分析周期性波动的强度；识别主要的频率成分和周期性模式。

(3) 将时域分析和频域分析的结果进行综合，揭示交通安全影响因素的复杂关系，分析时域和频域结果之间的关系。

(4) 基于时域和频域分析结果，建立综合模型，解释交通安全影响机理。

使用实际数据验证综合分析结果的有效性，进行结果讨论。

3.1.2 时域与频域分析的互补性

时域分析和频域分析具有互补性，时域分析提供了数据随时间变化的详细信息，能够识别短期的波动和突发事件，对于应对即时的交通问题和调整短期管理措施具有重要意义。频域分析揭示了数据中的周期性和长期规律，能够识别出交通流量和事故发生的长期模式和周期性特征，有助于制定长期的交通安全策略和预测未来趋势。

3.2 交通安全影响机理的综合分析

3.2.1 交通流量与事故发生的时域与频域特征

时域特征：交通流量的日内和周内波动，以及交通事故的短期波动，显示了交通高峰期和低谷期的影响。

频域特征：通过频域分析，识别出交通流量和事故发生的主要频率成分，揭示了交通流量的周期性变化对事故发生的影响。

3.2.2 事故发生的影响因素分析

交通流量：高流量时段通常伴随着高事故发生率。时域分析显示这些高峰期的短期波动，频域分析揭示其周期性特征。高峰期是事故高发期，应强化相关的交通管理措施。

车速：车速变化也会影响事故发生率。高车速可能增加事故的严重性，而低车速则可能增加追尾碰撞的发生。通过时域分析可以观察车速的短期波动，频域分析可以揭示车速的周期性变化。

天气条件：恶劣天气有增加交通事故的风险。时域分析可以揭示天气变化对交通流量和事故发生的短期影响，频域分析可以揭示这些影响的长期模式。

3.2.3 交通管理措施的优化

针对高峰期流量波动，优化交通信号灯配时、设置流量控制措施。根据频域分析结果，针对特定周期性高发时段，增加交通监控和执法力度。对于发现的高频率事故发生时间段，加强交通安全宣传和执法检查。根据交通流量和事故发生的长期周期性特征，进行长期交通规划和设施建设。

4. 结论

基于时域和频域分析结果，建立了综合模型，分析了交通流量、车速、天气条件等因素对交通事故的影响。应用综合模型进行交通流量和交通事故预测，帮助交通管理部门提前做好准备；通过验证实际数据，检查了模型的准确性和有效性；通过实证分析，评估该模型在不同条件下的表现，并进行调整和优化。

综合分析结果有助于识别影响交通安全的关键因素，为交通管理措施优化和长期规划提供了科学依据。随着数据分析技术进步和交通数据完善，时域与频域分析的综合应用将进一步提升交通安全水平，更好的保障人们生命和财产安全。

参考文献

- [1] 张辉. 分心驾驶行为对交通安全影响机理与建模研究[D]. 北京交通大学, 2018.
 - [2] ASIF (斯弗) M H. 车辆换道角度发生机理与对交通安全和效率影响[D]. 东南大学, 2019.
 - [3] 罗淑兰. 交通违法监控对驾驶人心理及行为安全影响机理研究[D]. 青岛理工大学, 2018.
 - [4] 张辉. 分心驾驶行为对交通安全影响机理与建模研究[D]. 北京交通大学, 2018.
- 作者简介：姓名：李睿敏（1979.03）性别：女，民族：汉，籍贯：山东菏泽，学历：硕士研究生，职位：专职教师，职称：高级工程师，研究方向：机电控制与设计。
- 基金项目：1. 校级中青年基金项目（2023KY-08）：汽车发动机缸体抛丸清理智能控制系统设计
2. 校级科学研究重点项目（2024KY-13）：基于时域和频域分析的交通安全影响机理研究
3. 国家自然科学基金号 51505244：基于逆动力学的汽车最速操纵性能评价与优化