

Study on Deliberate Vehicle Collisions with Pedestrians from the Perspective of Human Factors Engineering

Wei JI^{1,2}, Quan YUAN^{1(✉)}, Gang CHENG²

¹ State Key Laboratory of Intelligent Green Vehicle and Mobility, School of Vehicle and Mobility, Tsinghua University, Beijing, China, 100084

² Key Laboratory of Evidence Science, Fada Institute of Forensic Medicine & Science, China University of Political Science and Law, Ministry of Education, Beijing, China, 100088
Email: yuqiang@tsinghua.edu.cn

Abstract: Deliberate vehicle collisions with pedestrians differ from ordinary traffic accidents and can lead to serious criminal offenses. However, in judicial practice, these cases are characterized by difficulties in investigation, evidence collection, and determination of nature. This article conducts an in-depth study on such cases using human factors engineering theory and methods. By reconstructing the accident process and restoring the vehicle's operating conditions, it clarifies the accident sequence and vehicle status. Relying on human factors engineering theory, the study establishes the relationship between the vehicle's operating conditions during the incident and the driver's behavior patterns. Psychological analysis methods are used to dissect the connection between the driver's behavior patterns and psychological state, aiming to scientifically determine whether the vehicle collision was a result of subjective intent. The article summarizes a four-step research method of "accident process reconstruction, vehicle condition restoration, behavior pattern analysis, and psychological state research," and its feasibility is verified through simulation of actual cases. This paper provides a scientific basis for determining the nature of deliberate vehicle collisions with pedestrians and hopes to offer new references for the safety design of intelligent connected vehicles.

Keywords: Human factors engineering; Vehicle-pedestrian collision; Deliberate; Accident analysis

人因工程视角下的驾车故意撞击行人案件研究

纪伟^{1,2}, 袁泉^{1(✉)}, 程刚²

¹ 清华大学 车辆与运载学院 智能绿色车辆与交通全国重点实验室, 北京, 中国, 100084

² 中国政法大学 法大法庭科学技术鉴定研究所 证据科学教育部重点实验室, 北京, 中国, 100088
Email: yuqiang@tsinghua.edu.cn

摘要: 驾车故意撞击行人与一般交通事故不同, 可致严重刑事犯罪; 但在司法实务中有调查难、取证难、定性难的特点。文章利用人因工程学理论方法对驾车故意撞击行人类案件进行了深入研究, 通过案件过程重建和车辆工况还原, 明确事故过程和车辆状态, 并依靠人因工程理论建立案发过程车辆工况与驾驶员行为模式的关系, 研究通过心理学分析方法剖析驾驶员行为模式与心理状态间的联系, 旨在以科学的方法解决驾车撞人是否为主观故意的问题。文章总结了“案件过程重建、车辆工况还原、行为模式分析、心理状态研究”的四步研究法, 并应用实际案例模拟仿真, 验证了文章研究方法的可行性。本文为驾车故意撞人案件的性质认定提供了科学依据, 并期望为智能网联汽车的安全设计提供新的参考。

关键词: 人因工程; 驾车撞人; 故意; 事故分析

1 引言

驾车故意撞击行人案件, 其严重性不言而喻, 不仅对受害者造成生命和财产的巨大损失, 更对社会秩序和公共安全构成严重威胁。此类案件在司法实践中却面临着诸多难题, 例如调查取证难、行为定性难和预防措施

缺乏等，导致许多案件难以得到公正、有效的处理。这不仅影响了社会的公平正义，也使得受害者得不到应有的保护和赔偿。为了解决以上问题，本研究尝试引入人因工程学理论，从行为分析、心理机制和外部环境等方面，对驾车故意撞击行人案件进行深入探究。

人因工程学是一门研究人、机器和环境之间相互作用的学科，其核心在于理解人的行为特征、心理状态和环境因素对行为的影响^[1]。通过人因工程学的视角，我们可以更全面地分析此类案件的发生原因和过程，为司法实践提供科学依据，并为交通安全管理提供新的思路和策略。

通过对相关领域的研究回顾，我们可以发现，尽管已有不少研究涉及交通事故和驾驶员行为的各个方面，但关于驾车故意撞击行人的专题研究仍相对有限，特别是在人因工程学框架下。在交通事故分析领域，胡立伟^[2]（2022）、Sunan^[3]（2008）、Hiroshi^[4]（2018）等人的研究分析了交通事故发生的风险因素，包括驾驶员行为、道路条件、车辆状况等，并强调了驾驶员行为在事故预防中的重要性。在人机交互领域，多位学者研究探讨了车载系统的设计对驾驶员注意力和认知负荷的影响，指出良好的界面设计能够减少驾驶员的分心和误操作。心理学领域，李安梦蝶等^[5]（2023）和芮峰^[6]（2006）研究了驾驶员的情绪和攻击性驾驶行为，发现情绪不稳定和攻击性倾向与高风险驾驶行为有关。犯罪学领域，俞雯慧^[7]等（2022）和李朝晖^[8]（2014）分析了犯罪者的心理特征和社会背景，以及这些因素如何影响他们的犯罪行为。因此，本研究的内容将聚焦于填补这一研究空白，通过人因工程学的视角，采用案件过程重建、车辆工况还原、行为模式分析和心理状态分析等方法，预期达到以下三个目标：（1）为司法实践提供科学依据。通过科学的方法分析驾驶员的行为和心理状态，为判断其是否构成故意犯罪提供更可靠的证据。这将有助于解决司法实践中案件定性难的问题，使案件得到更公正、有效的处理，保护受害者的权益，维护社会的公平正义。（2）为交通安全管理提供新的思路。通过分析此类案件的发生原因和过程，提出针对性的预防措施，降低此类案件的发生率。例如，可以通过加强对驾驶员的交通安全教育，提高其安全意识和驾驶技能；可以通过改善道路设计，减少交通事故隐患；可以通过完善交通管理法规，加大对交通违法行为的处罚力度等。（3）为智能新能源汽车设计提供参考。通过研究驾驶员行为特征和心理状态，为智能新能源汽车的设计和制造提供参考，提高车辆的安全性和智能化水平。例如，可以开发更先进的驾驶员监控系统，及时发现驾驶员的异常行为，并采取措施进行干预；可以开发更智能的驾驶辅助系统，帮助驾驶员避免交通事故的发生。

2 方法

2.1 案件过程重建

案件过程重建是本研究方法的核心，旨在通过数据分析重现事故过程，为后续分析提供基础。重建的初始条件需要综合考虑车辆状态、行人状态和环境因素，并基于EDR数据、监控录像和目击者证词等多种证据进行确定。车辆状态包括车速、位置、轨迹、方向、类型和配置等，行人状态包括位置、运动方向、速度和特征等^[9]，环境因素包括道路条件、天气状况和光照条件等。

为了保证重建结果的准确性，需要进行严格的验证，确保其可靠性和可信度。主要方法包括对比分析、实验验证和专家评估。对比分析是将重建结果与事故现场勘查报告、目击者证词、监控录像和EDR数据等进行对比分析，以验证其一致性。实验验证是在实验室条件下模拟实验，验证重建结果的可靠性。专家评估是邀请相关领域的专家对重建结果进行评估，以确保其科学性和专业性。

事故重建数据对于理解驾驶员的行为和车辆的响应至关重要^[10]。通过分析这些数据，我们可以确定车辆在撞击前是否进行了紧急制动，以及是否有意向的转向“追撞”被害人等^{[11][12]}，从而为事故重建提供重要的技术支持。明确以上信息后研究将引用PC-Crash软件对事故过程进行模拟重建。

2.2 车辆工况还原

车辆工况还原阶段，研究的重点是将事故现场重建的结果转化为对车辆状态的详细理解。这一过程对于准确分析案件过程和后续分析驾驶员行为至关重要，因为它涉及对车辆在撞击瞬间的动力学行为和驾驶员操作的

深入分析。

首先，我们将基于事故现场重建的结果解读车辆工况。例如，如果重建过程中反映的事发前车辆处于加速阶段，这表明车辆的加速踏板被踩下了，驾驶员可能在尝试加速或保持车速。同样，如果事发前车辆行驶轨迹有方向变换后撞击行人的情形，则说明方向盘被操纵，驾驶员可能在尝试避开障碍物或改变行驶路径。其次，我们将使用计算机模拟软件如 PC-Crash，结合 EDR 数据和事故现场重建的信息，来进一步还原车辆在事故发生时的具体工况。这些软件能够基于物理原理和数学模型，模拟车辆在特定条件下的运动和响应。通过输入车辆的初始状态、驾驶员的操作、以及路面和环境的参数，软件可以计算出车辆在事故过程中的行为，包括速度、加速度、转向角度等（见表 1）。

Table 1. Summary of Vehicle Condition Information During the Incident
表 1. 事发过程中车辆工况信息汇总表

因素	信息	因素	信息	因素	信息	因素	信息
加速	油门/电门开合度	制动	制动踏板开合度	转向	转向角数值	主动安全及辅助驾驶功能状态	自动紧急制动
	发动机/电机转速		制动缸压力值		值		AEB
	加速时间		制动时间		转向时间		车道保持
	车速变化		车速变化		车辆轨迹变化		自适应巡航
							ACC 等
							其他辅助驾驶功能状态

最终，需要将获取的事发前车辆工况信息与车辆自身性能进行比对分析，如：加速度与车辆最大加速性能的关系、制动减速度与车辆充分发出的平均减速度（MFDD）的关系、转向角度与车道保持或辅助驾驶的关系等。通过这些分析，我们不仅能够获得车辆在事故中的具体工况，还能够评估事故的严重性和可能的安全风险^[11]。这些信息对于理解事故的原因、评估车辆的安全性以及提出改进措施至关重要。

2.3 人因工程视角下的行为模式分析

在明确犯罪行为阶段，我们将在人因工程学的框架下，结合事故现场重建和车辆工况还原的结果，深入分析驾驶员的行为模式，以确定其是否构成犯罪。这一步骤将充分利用人因工程学的理论和技术，以提高研究的科学性和实用性。

首先，我们将利用人因工程学的理论和技术，对驾驶员的行为模式进行分析。首先对 16 起类似案件中驾驶员的操作行为的详细时间节点及持续的时长等进行统计，同时，研究统计了案件中驾驶员的状态（见表 2）。

行为模式分析与车辆数据的关联性是判断驾驶员是否存在主观故意的关键。通过分析驾驶员在事故发生前的操作行为数据，提取行为特征，并与正常驾驶行为模式进行比较，可以识别出异常行为模式。例如，突然加速、长时间不制动、突然转向等行为可能表明驾驶员存在异常行为模式。将这些异常行为模式与车辆状态数据进行关联分析，例如车速、加速度、转向角度等，可以更准确地判断驾驶员是否存在故意撞击的意图。例如，如果驾驶员在行人出现在视野范围内后突然加速，且车辆速度明显超过正常范围，则可能表明驾驶员存在故意撞击的意图。

建立异常行为模式的判断标准是必要的，以便更准确地识别和判断驾驶员的异常行为模式。判断标准可以包括行为特征的数量、持续时间、强度以及与车辆状态数据的关联性等因素。例如，如果驾驶员的异常行为特征数量较多、持续时间较长、强度较大，并且与车辆状态数据存在明显的关联性，则可以判定驾驶员存在故意撞击的意图。通过以上驾驶员行为模式信息与被撞人员所在位置、移动过程、撞击点、撞击部位等信息，进行时间和空间关系的逐一比对（见图 1），我们可以区分撞击事件为普通交通事故或驾驶员故意为之。

Table 2. Summary of Characteristic Factors in Cases of Deliberate Vehicle Ramming Attacks
表 2. 驾车故意撞人案例的特征因素汇总表

分类	因素	信息	数量	百分比	持续时长
驾驶员行为	踩加速踏板	是	12	75%	2.5s - 6s
		否	4	25%	—
	踩制动踏板	是	2	12.5%	0.5s - 3s
		否	14	87.5%	—
驾驶员状态	操作方向盘转向	变化均匀	5	31.25%	1.5s - 3s
		有突变	11	68.75%	0.5s - 1.5s
	突发疾病	是	0	0%	—
		否	16	100%	—
	疲劳驾驶	是	0	0%	—
		否	16	100%	—
	注意力不集中	是	1	6.25%	—
		否	15	93.75%	—

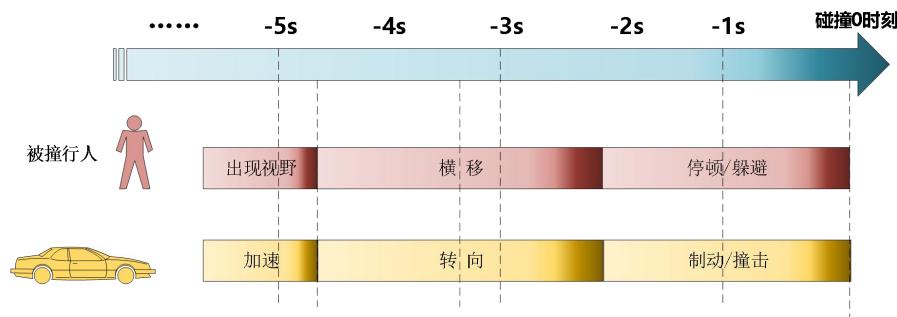


Figure 1. Time and Space Correspondence Diagram of Driver Behavior and Struck Pedestrians
图 1. 驾驶员行为与被撞行人时间、空间对应图

2.4 人因工程视角下的心理状态分析

文章采用人因工程学的理论框架，专注于通过心理学分析方法探究驾驶员的心理状态，以及社会心理学和环境因素对驾驶员行为的影响。这一阶段的研究旨在深入理解驾驶员在故意撞击行人时的心理过程和动机，以及这些动机如何受到社会和环境因素的影响。

通过应用心理学分析方法，对驾驶员进行深入访谈和心理评估。这些方法可以帮助我们了解驾驶员的犯罪动机，包括其可能的心理状态、情感因素、以及可能的心理创伤或心理障碍。通过访谈和心理评估，我们可以获取驾驶员的内在动机、情绪状态、以及他们对事故的认识和态度。同时，根据运用社会心理学方法分析环境因素对驾驶员行为的影响。这包括分析驾驶员的工作压力、家庭问题、以及道路愤怒等社会心理因素。这些因素可能影响驾驶员的情绪状态和行为模式，从而增加发生故意撞击行人的风险。研究中，还需要考虑道路环境因素，如交通拥堵、路况复杂、以及交通规则执行力度等，这些因素可能对驾驶员的行为产生影响，增加事故发生的可能性。

通过这些研究，我们可以更好地理解驾驶员在故意撞击行人时的心理过程和动机，以及这些动机如何受到社会和环境因素的影响。此部分的研究主要解决了两个方面问题：（1）涉案驾驶员与被撞行人间是否具有社会关系，是否相识及是否有矛盾等；（2）驾车撞击行为是突发临时的还是蓄谋计划的^[13]。

3 实际案例仿真模拟

研究利用事故重建的结果和车辆工况还原的数据，开展具体的仿真模拟，以输出部分案例的仿真结果，并用新的案例来验证仿真结果。这一阶段的研究旨在通过计算机仿真技术，重现事故发生的过程，并提供科学依据和实用工具，以支持此类案件的性质认定^[14-16]。

仿真模拟基于事故重建的结果和车辆工况还原的数据。文章应用 PC-Crash 软件开展 3D 重建，输入车辆的初始状态、驾驶员的操作（包含节点和时长）、被撞行人的运动轨迹以及路面和环境的参数，模拟车辆在事故过程中的状态^[17-18]。输出部分案例的仿真结果，包括车辆在事故过程中的运动轨迹、加速度数值、制动数值以及撞击角度等关键参数。通过这些结果，我们可以直观地了解事故发生的过程，并评估车辆和驾驶员的行为（见图 2）。

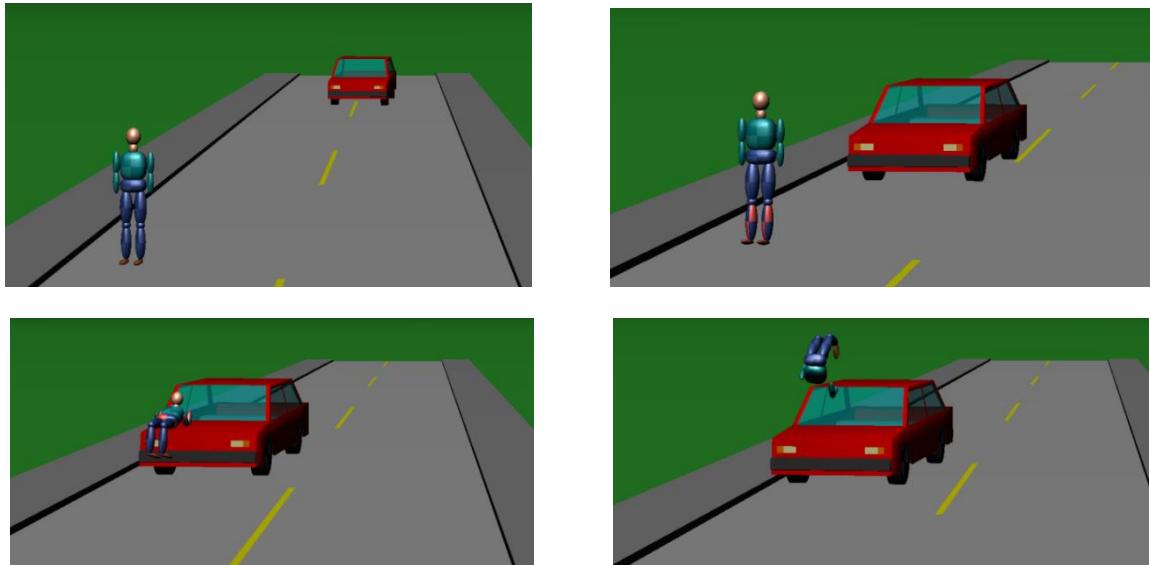


Figure 2. PC-Crash Simulation, displaying the movement process of the vehicle and pedestrian before and during the collision
图 2. PC-Crash 仿真模拟，分别展示碰撞前及碰撞过程中车辆、行人的运动过程

通过案例验证，仿真输出的结果可以与实际情况形成对应关系，可以反映仿真模型的准确性和可靠性。通过比对分析可知加速、制动、转向以及撞击部位等信息的仿真结果与实际案例数据比对（见图 3）。

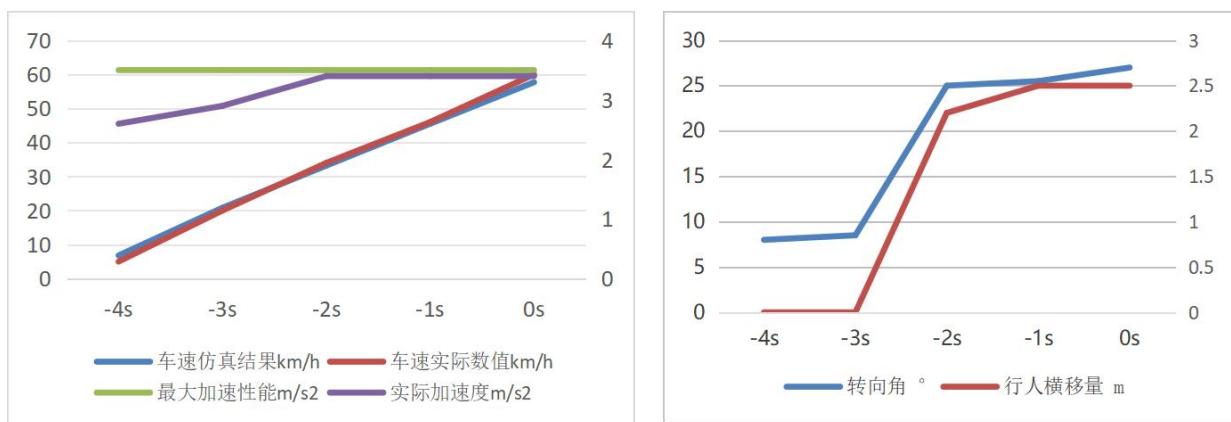


Figure 3. Vehicle Speed, Acceleration, and Steering Angle Data Comparison Graphs
图 3. 车辆速度、加速度、转向角等数据信息比对曲线图

4 讨论

本研究期望通过“案件过程重建-车辆工况还原-行为模式分析-心理状态研究”这一逐层深入的方法，基于人因工程学内容，解决驾车撞击行人类案件中驾驶员是否有主观故意行为的难题。其核心点可总结为三个方面：

(1) 车辆加速、转向等具体的操作的时间节点应与被撞行人的位置、轨迹等形成明确的对应关系，例如：被撞行人出现在驾驶员视野范围内之后才采取的加速措施；车辆的转向行为应与被撞行人的横移时间点相吻合，且车辆的转向量与行人移动距离可对应，车辆可形成追撞行人的姿态；即使车辆在碰撞前采取制动措施，若其制动踏板力小于最大制动性能所需，则该制动措施无法避免碰撞。(2) 车辆的加速度常表现为数值较大，并接近车辆最大加速性能，可反映车辆处于非正常加速状态，结合道路通行条件即可分析该加速行为的目的；若加速的同时伴随转向，

则该行为反映驾驶员应处于注意力集中状态，其采取加速措施的同时有意识转动方向盘，可排除驾驶员处于注意力不集中或疲劳等状态。(3) 根据前文表一对车辆工况的数据汇总，应排除事发过程中主动安全及智能辅助驾驶等功能对车辆工况的影响。

本研究成果不仅为司法实践提供了判断驾驶员主观故意的科学依据，也为预防此类案件的发生提供了重要参考。未来，应将本研究提出的研究方法纳入司法鉴定程序，并开发相关软件工具，辅助司法人员快速分析事故数据，提高案件定性效率。同时，应加强对司法人员的培训，使其能够更好地理解和应用人因工程学理论和方法。在预防措施方面，建议将研究结果用于交通安全教育，提高驾驶员的安全意识和驾驶技能，并利用智能网联汽车的安全技术，例如紧急制动和碰撞预警，降低此类案件的发生率和人员损伤^[19-21]。此外，本研究结果也为智能网联汽车的安全设计提供了新的参考，例如开发更先进的驾驶员监控系统，及时发现驾驶员的异常行为，并采取措施进行干预^[22-25]；开发更智能的驾驶辅助系统，帮助驾驶员避免交通事故的发生。

5 结论

本文研究了驾车故意撞击行人案件，采用人因工程学理论和方法，通过“案件过程重建-车辆工况还原-行为模式分析-心理状态研究”的逐层研究方法，为司法实践提供了判断驾驶员主观故意的科学依据。研究结果表明，驾驶员加速、转向等操作的时间节点和车辆工况数据可以反映其心理状态和行为目的，有助于判断车辆撞击行人过程是否为故意。此外，研究还发现智能网联汽车的安全技术优化可以预防此类案件发生或降低案件中人员损伤。本文的研究成果为司法实践、交通安全管理提供了重要的参考价值，对智能汽车设计制造具有实际指导意义，有助于维护社会公平正义，提高交通安全水平。

参考文献 (References)

- [1] Arto R., Jari K., Elina P., Esa-Pekka T., Theresa Lauraeus. *Human factors and ergonomics in manufacturing in the industry 4.0 context – A scoping review*. Technology in Society, 2021, **65**:101572.
- [2] Hu L., Lü Y., Zhao X., et al. *Study on influencing factors and their coupling relationship of traffic accident injury severity based on data-driven approach*. Journal of Transportation Systems Engineering and Information, 2022, **22**(05): p.117-124+134.
胡立伟,吕一帆,赵雪亭,等.基于数据驱动的交通事故伤害程度影响因素及其耦合关系研究[J].交通运输系统工程与信息,2022,22(05):117-124+134.
- [3] Sunan H., Jikuang Y., Fredrik E., *Evaluation of remote pedestrian sensor system based on the analysis of car-pedestrian accident scenarios*. Safety Science, 2008, **46**(9):p. 1345-1355.
- [4] Hiroshi Y., Motoki S., *Risk assessment based on driving behavior for preventing collisions with pedestrians when making across-traffic turns at intersections*. IATSS Research, 2018, **42**(4):p. 240-247.
- [5] Li A., Zhang J., Wang K., *A method for recognizing driving anger considering the linguistic factors of drivers*, China Association for Science and Technology, Ministry of Transport of the People's Republic of China, Chinese Academy of Engineering, Hubei Provincial People's Government. Proceedings of the 2023 World Transport Convention (WTC2023), 2023(2): 7.
李安梦蝶,张敬磊,王恺丽.考虑驾驶员语言因素的行车愤怒情绪识别方法[C]//中国科学技术协会,交通运输部,中国工程院,湖北省人民政府.2023世界交通运输大会(WTC2023)论文集(下册),2023(2):7.
- [6] Rui F., *Psychological analysis and countermeasures of drivers in road traffic accident prevention*. Road Traffic and Safety, 2006, (05): p. 28-32.
芮峰.道路交通事故预防中驾驶人心理分析与对策[J].道路交通与安全,2006,(05):28-32.
- [7] Yu W., *Empirical analysis of the crime of dangerous driving by chasing and competing versus the crime of endangering public safety by dangerous methods*. Journal of Shanghai Public Security College, 2022, **32**(06): p. 54-58.

- 俞雯慧.追逐竞驶型危险驾驶罪与以危险方法危害公共安全罪实证辨析[J].上海公安学院学报,2022,32(06):54-58.
- [8] Li Z. ,*On the consummated act of traffic manslaughter*. Law Science, 2014,(03): p. 143-150.
李朝晖.论交通肇事罪的实行行为[J].法学,2014(03):143-150.
- [9] Qiu J., Zhang S., Liu Q., et al.,*Reconstruction of vehicle-pedestrian accidents based on EDR data*. Journal of Xihua University (Natural Science Edition), 2022, **41**(02): p. 78-83.
邱健斌,张诗波,刘奇,等.基于EDR数据的汽车碰撞行人事故重建[J].西华大学学报(自然科学版),2022,41(02):78-83.
- [10] Li P., Zhao C., Li M.,*Analysis of pedestrian accident severity by considering temporal instability and heterogeneity*. Heliyon,2024, **10**(1 1): e32013.
袁泉,金益锋,石屹,等.面向现场要素关联的车辆冲撞行人案件研判系统构建[J].刑事技术,2020,45(04):335-340.
- [11] Yuan Q., Jin Y., Shi Y., et al.,*Construction of a vehicle-pedestrian collision case analysis system oriented to on-site element correlation*. Forensic Science, 2020, **45**(04): p. 335-340.
袁泉,金益锋,石屹,等.面向现场要素关联的车辆冲撞行人案件研判系统构建[J].刑事技术,2020,45(04):335-340.
- [12] Yuan Q., Wang T., Zhang J., et al.,*Establishment of an experimental platform for vehicle-pedestrian collisions for collision reenactment verification*. Journal of Transportation Engineering and Information, 2021, **19**(01): p. 17-22.
袁泉,王田,张金换,等.面向碰撞再现验证的车辆冲撞行人实验平台搭建[J].交通运输工程与信息学报,2021,19(01):17-22.
- [13] Yuan Q.,Li QK.,Wang WJ.,*Driving Behavior Analysis for Pedestrian Collision Avoidance Under Emergency Scenarios*,MAN-MACHIN E-ENVIRONMENT SYSTEM ENGINEERING,**800**:p. 638-644.
- [14] Matsui Y.; Han Y.; Mizuno K.,*Performance of collision damage mitigation braking systems and their effects on human injury in the event of car-to-pedestrian accidents*,Stapp car crash journal,2011,**55**:p. 461-478.
- [15] Liu J., Li W., Feng H., et al.,*Three-dimensional reconstruction of traffic accident scenes using unmanned aerial vehicle oblique photogrammetry*. Forensic Science: 1-7 [2024-06-14].
刘俊,李威,冯浩,等.基于无人机倾斜摄影测量技术的交通事故现场实景三维重建[J/OL].刑事技术:1-7[2024-06-14].
- [16] Pan, G. Y., Shu, Z., & Zhu, L. S.,*Study of Reconstruction of Vehicle-Pedestrian Collision Accident Based on Computer Simulation*,MAN-MACHINERY ELECTRONICS AND CONTROL ENGINEERING III,2014,**441**:p. 448-451.
- [17] Qiu J., Zhang S., Liu Q., et al.,*Reconstruction of vehicle-pedestrian accidents based on EDR data*. Journal of Xihua University (Natural Science Edition), 2022, **41**(02): p. 78-83.
邱健斌,张诗波,刘奇,等.基于EDR数据的汽车碰撞行人事故重建[J].西华大学学报(自然科学版),2022,41(02):78-83.
- [18] Li X.,*Research on the validation of PC-CRASH accident reconstruction method based on EDR vehicle event data*. Journal of People's Public Security University of China (Natural Science Edition), 2020, **26**(03): p. 41-48.
黎晓龙.基于EDR车辆事件数据的PC-CRASH交通事故重建方法验证研究[J].中国公安大学学报(自然科学版),2020,26(03):41-48.
- [19] Bowers, Alex R, Manda, Sailaja,*Pilot study of a pedestrian collision detection test for a multisite trial of field expansion devices for hemianopia*. Optometry and Vision Science,2024, **101**(6):p 408-416.
- [20] Eli P., Henry A., Eliot L. Berson, Robert B. Goldstein,*The risk of pedestrian collisions with peripheral visual field loss*. Journal of Vision,2016, **16**(15):p. 5.
- [21] C. F. Wakim, S. Capperon and J. Oksman, "Design of pedestrian detection systems for the prediction of car-to-pedestrian accidents," *Proceedings. The 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (IEEE Cat. No.04TH8749)*, Washington, WA, USA, 2004, p. 696-701.
- [22] M. Jeong, S. Lee, M. Bae and K. Lee, "Accident Type Definition for Implementation of Pedestrian Accident Recognition Algorithm" ,*2021 International Conference on Information Networking (ICOIN)*, Jeju Island, Korea (South), 2021, p. 735-737.
- [23] Wei J., Quan Y., Gang C.,*Traffic accidents of autonomous vehicles based on knowledge mapping: A review*,Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition),2023,**10**(6):p.1061-1073.
- [24] Ji, W., Yu, S., Shen, Z., Wang, M., Cheng, G., Yang, T., Yuan, Q. *Knowledge Mapping with CiteSpace, VOSviewer, and SciMAT on Intelligent Connected Vehicles: Road Safety Issue*. Sustainability,2023,15:12003.
- [25] Li Y., Li H. Research on Design of Collision Prevention and Alarm Control System for Unmanned Vehicles [J]. Modern Industrial Economics and Informatization, 2023, 13(03): p.97-99.
李远,李宏伟.无人驾驶车辆碰撞预防报警控制系统设计研究[J].现代工业经济和信息化,2023,13(03):97-99.