

# Application of Virtual Simulation Experiment Integrating Real Traffic Accident Data in Teaching

Bo Su Shuliang Hu Jianyi Wu Qiuyu Wutong

School of Traffic Management Engineering, Guangxi Police College, Nanning, Guangxi, 530028, China

## Abstract

In order to study the application effect of virtual simulation experiments integrating real traffic accident data in traffic accident handling teaching, firstly, a virtual simulation experiment teaching system driven by real traffic accident data was constructed, and human-computer interaction schemes such as multimodal perception system, intelligent scoring mechanism, and cross terminal adaptation technology were designed. Secondly, the application effect of virtual simulation experiments in traffic accident scene investigation and handling of highway chain rear end accidents was analyzed through teaching practice cases. The results indicate that virtual simulation experiments can significantly enhance students' practical abilities, safety awareness, and theoretical cognition, and effectively solve the problems existing in traditional teaching, providing innovative paths for the cultivation of applied talents in traffic management in the new era.

## Keywords

virtual simulation; Traffic accident handling; Real data; Teaching Application

## 融合真实交通事故数据的虚拟仿真实验在教学中的应用

苏菠 胡树良 吴坚毅 梧桐秋宇

广西警察学院交通管理工程学院, 中国·广西南宁 530028

## 摘要

为研究融合真实交通事故数据的虚拟仿真实验在交通事故处理教学中的应用效果, 首先, 构建了一个以真实交通事故数据为驱动的虚拟仿真实验教学体系, 并设计了多模态感知系统、智能评分机制和跨终端适配技术等人机交互方案。其次, 通过教学实践案例分析了虚拟仿真实验在交通事故现场勘查和高速公路连环追尾事故处置中的应用效果。结果表明, 虚拟仿真实验能够显著提升学生的实践能力、安全意识和理论认知, 并有效解决传统教学中存在的问题, 为新时代交通管理应用型人才培养提供创新路径。

## 关键词

虚拟仿真; 交通事故处理; 真实数据; 教学应用

## 1 引言

据世界卫生组织统计, 全球每年因交通事故死亡的人数超过 130 万<sup>[1]</sup>。我国交通事故的发生率同样居高不下, 这无疑对交通安全人才的培养提出了迫切的需求。传统的教学模式在交通事故处理教育中存在明显的不足, 如实训场景的还原困难、教学成本高昂以及教学效果难以量化等问题<sup>[2]</sup>。

【基金项目】2023年广西高等教育本科教学改革项目(项目编号: 2023JGA371)。

【作者简介】苏菠(1972-), 男, 中国广西南宁人, 本科, 高级工程师, 从事交通管理研究。

【通信作者】胡树良(1994-), 男, 中国广西南宁人, 硕士, 从事智慧交通研究。

在这种背景下, 虚拟仿真技术的发展为交通安全教育提供了一种新的解决方案。自2016年被誉为“虚拟现实元年”以来, 虚拟仿真技术得到了迅速发展。Unreal Engine、Unity3D等游戏引擎技术的成熟, 为虚拟仿真实验教学提供了强大的技术支持<sup>[3]</sup>。2020年, 教育部将虚拟仿真实验教学纳入“金课”建设清单, 进一步推动了虚拟仿真技术在工程教育领域的广泛应用<sup>[4]</sup>。研究表明, 虚拟仿真技术能够显著提高学习者的认知留存率<sup>[5]</sup>。真实交通事故数据包含了丰富的信息, 如时空分布、致因机理、损伤特征等, 这些数据对于交通事故处理教学具有重要意义<sup>[6]</sup>。以真实数据驱动交通事故处理虚拟仿真教学模式, 不仅能够提高教学的针对性和实用性, 还能增强学生处理实际问题的能力。

为研究融合真实交通事故数据的虚拟仿真实验在交通事故处理教学中的应用效果, 首先构建一个以真实交通事故数据为驱动的交通事故处理虚拟仿真实验教学体系, 其次计

人机交互创新方案,包括多模态感知系统的集成和智能评分机制的构建,以及跨终端适配技术的实现,最后通过教学实践,对交通事故现场勘查实验进行详细的描述和分析,验证虚拟仿真实验在提升学生实践能力、安全意识和理论认知方面的有效性。

## 2 虚拟仿真实验的设计框架

### 2.1 三维建模技术体系

三维建模技术体系以数据驱动为核心,通过数据采集、场景构建、物理仿真、渲染、交互反馈五大模块实现高精度交通事故场景还原,其核心技术包括:

(1) 场景构建技术:采用 Datasmith 插件实现 3ds Max 模型向 Unreal Engine 的无缝转换,具体为通过 PhysX 算法实现车辆碰撞变形、碎片飞溅等物理效果,误差控制在 5% 以内,利用 Niagara 系统模拟火灾烟雾扩散、刹车片高温雾化等复杂现象,粒子密度达每立方米 800 万个单位。道路摩擦系数、车辆空气动力学参数等均基于真实交通事故数据标定,具体为通过测试车采集沥青路面  $\mu$  值 ( $\mu=0.7-0.9$ ),建立温度-湿度修正模型来标定道路摩擦系数;依据 SAE J1139 标准设置轿车质心高度(Z轴方向)误差在 3mm 内来标定车辆质心偏移;导入 CFD 仿真结果校准车辆运动轨迹偏差来标定空气动力学参数。

(2) 碰撞检测系统:静态物体采用 Bounding Volume Hierarchy (BVH),动态物体启用 GJK 算法(分离轴定理),当检测速度  $> 20\text{m/s}$  时自动激活连续碰撞检测(CCD)穿透补偿机制。材料破坏模拟方面,使用 Brittle Damage 模型,基于应变率敏感准则,设置混凝土碎裂阈值 ( $\sigma=50\text{MPa}$ );金属疲劳累积则引入 Miner 法则,模拟钢梁在  $10^6$  次载荷循环后的失效概率。

(3) 粒子系统:采用 Niagara 系统架构设计,包含 Emitter (粒子发射器)、Updater (运动控制器)、Renderer (视觉表现)三大核心组件,采用 Compute Shader GPU 加速技术,单核处理能力达  $10^8$  粒子/秒。

### 2.2 人机交互设计

为了进一步提升虚拟仿真实验的学习体验和教学效果,采用创新的人机交互方案,包括三个核心模块,分别为多模态感知系统、智能评分机制、跨终端适配,具体如下。

(1): 该系统集成了 HTC Vive Pro 手柄、Perception Neuron 动捕服和 Vive Tracker 定位器,实现了对学员四肢关节 6 自由度(6DoF)的精准跟踪。HTC Vive Pro 手柄提供 0.1mm 的定位精度,Perception Neuron 动捕服以 120Hz 的采样率捕捉学员身体的运动,Vive Tracker 定位器则进一步提高了追踪的准确性和稳定性。通过多模态感知系统,学员能够以更加自然、直观的方式与虚拟环境进行交互,获得更加沉浸式的学习体验。

(2) 智能评分机制:该机制基于机器学习构建操作规

范度评估模型,从救援时效性(权重 40%)、动作标准性(30%)和协作有效性(30%)等维度对学员的操作进行综合评估。智能评分机制能够客观、公正地评价学员的学习效果,并及时反馈学习过程中的问题,帮助学员改进操作技巧,提升学习效率。

(3) 跨终端适配:该技术支持 PC 端(分辨率 4K)、VR 端(FOV 110°)和 Web 端(HTML5 兼容)等多平台访问,满足了常态化教学的需求。学员可以根据自身条件和学习环境选择合适的设备进行学习,不受时间和地点的限制,提高了学习的便捷性和灵活性。

## 3 教学实践案例应用分析

### 3.1 基于真实数据交通事故现场建模

首先,通过真实交通事故数据采集,收集事故现场的照片、视频、事故报告,以及事故车辆的型号、受损程度等详细信息。本实验采用四种典型场景交通事故作为教学训练案例,分别为:城市道路事故(十字路口两车侧面碰撞)、山区弯道事故(连续急弯路面车辆侧滑坠崖)、危化品泄漏(运输汽油罐车侧翻引发燃烧)、雾天高速公路连环追尾事故。其次根据事故报告,标定道路摩擦系数、车辆空气动力学参数等关键参数,在场景构建和物理仿真的基础上,对事故现场进行了高精度渲染,确保场景在视觉上与真实事故现场高度一致。最后利用 Datasmith 插件,将事故现场的数据导入 Unreal Engine,构建一个高精度的事故现场三维模型;通过 PhysX 算法,模拟车辆碰撞变形、碎片飞溅等物理效果,确保误差控制在 5% 以内。

### 3.2 交通事故现场勘查实验

选取三类典型交通事故场景案例作为勘查实验模拟训练,分别为(1)城市道路事故:十字路口两车侧面碰撞(速度差 6m/s,碰撞角度 45°);(2)山区弯道事故:连续急弯路面车辆侧滑坠崖(雨天路滑,摩擦系数  $\mu=0.42$ );(3)危化品泄漏:运输汽油罐车侧翻引发燃烧(泄漏量 600L)。案例场景拥有为完整的事故案例场景,学员需要学习并训练接警出警、现场前期处置、实地勘验、现场照相、现场测量及绘图、现场调查询问、制作勘查笔录、清理撤除现场等完整流程的知识技能,以及对地面痕迹勘查、人体痕迹勘查、车体痕迹勘查训练。

实验组学员将使用三维建模进行模拟训练。在接收到模拟报警后,学员将穿戴虚拟现实设备,进入高度仿真的虚拟事故场景中进行操作。他们将在虚拟环境中执行接警出警、现场前期处置、实地勘验、现场照相、现场测量及绘图、现场调查询问、制作勘查笔录、清理撤除现场等完整流程,以及对地面痕迹、人体痕迹和车体痕迹进行勘查训练。整个训练过程均在虚拟环境中进行,利用三维建模技术提供的实时反馈和互动。

对照组学员将在现实环境中进行实地训练,在模拟的

交通事故现场执行接警出警、现场前期处置、实地勘验、现场照相、现场测量及绘图、现场调查询问、制作勘查笔录、清理撤除现场等流程。对照组的学员同样需要对地面痕迹、人体痕迹和车体痕迹进行勘查训练,但这些都是通过实际操作和观察来完成的,没有虚拟现实技术的辅助。

虚拟仿真系统在交通事故现场勘查实验中的应用显著提升了学员的操作规范性和应急响应效率,具体表现为现场勘查完整性虚拟仿真组达93%,较传统教学组的62%提升+50%;虚拟仿真组的证据链完整度达95%,较传统教学组的70%提升幅度+35.7%,虚拟仿真组的证据链完整度更高,意味着学员在记录和分析事故原因时更为细致和准确;操作规范性评分方面,虚拟仿真组平均分为95分,传统教学组为65分,提升46.2%,操作规范性评分的大幅提升反映了学员在实际操作中的标准化程度明显改善,这对于减少人为失误和提高工作效率至关重要;危险预判响应时间方面,虚拟仿真组平均响应时间为87秒,传统教学组为130秒,缩短了33%,响应时间的缩短显示了学员在面对突发状况时的快速反应能力得到显著增强,这对于挽救生命和减轻伤害至关重要。

综上所述,虚拟仿真系统通过高度真实的场景还原和实时数据反馈,有效地提升了学员在交通事故现场勘查中的各项关键能力。特别是在危险化学品泄漏等高风险场景中,虚拟仿真训练不仅降低了实操风险,还使学员能够在反复演练中熟练掌握防护装备穿戴、泄漏点封堵等重要技能。这种教学方法为培养具备实战能力的交通安全专业人才提供了强有力的支持。

### 3.3 高速公路连环追尾事故实验

案例设计为模拟雾天高速公路三车连环追尾事故(总碰撞能量1.45MJ),设置事故预警、紧急制动、伤员救援、事故现场勘查与鉴定四个训练模块,实验组学员和对照组学员进行的教学训练过程与交通事故现场勘查实验相同。

虚拟仿真技术在交通事故现场勘查实验中的应用展现了其无可比拟的优势,尤其在提升操作时效、救援效率、降低安全风险和节约成本方面表现突出。在警示标志设置时效方面,虚拟仿真组的表现尤为抢眼。该组学员能够在短短92秒内完成警示标志的设置,而传统实训组则需要190秒,虚拟仿真组的操作时间缩短了51.2%。这一显著的时间缩减不仅提高了事故现场的处理速度,也为救援工作的及时展开赢得了宝贵的时间。在救援通道开辟效率方面,虚拟仿真组的效率达到了97%,远高于传统实训组的73%。这一32%的提升幅度表明,虚拟仿真训练能够有效提高学员在紧急情况下的决策能力和操作熟练度,确保救援通道能够迅速且高效地被开辟,为伤员救治提供了重要保障。在伤员二次伤害率方面,虚拟仿真组的表现堪称完美,成功将伤员二次伤害率降至0%,而传统实训组的数据为18.5%。这一100%的

降低幅度充分证明了虚拟仿真训练在提升学员操作精准度和安全性方面的巨大作用,极大地减少了事故处理过程中可能对伤员造成的额外伤害。由于虚拟仿真训练无需实体设备和场地,因此设备损耗成本为零,而传统实训组每次实训的设备损耗成本高达12000元。这一对比再次凸显了虚拟仿真技术在节约成本方面的显著优势。

综合以上数据分析,可得出结论:虚拟仿真组在各个评价维度上都展现出了显著的优越性。无论是在减少操作时间、提高救援效率,还是在降低安全风险和节约成本方面,虚拟仿真技术都为交通事故现场勘查教学提供了革命性的改进。该训练方法不仅为学员提供了安全、高效的学习环境,也为培养高素质的交通安全专业人才奠定了坚实的基础。

## 4 结语

基于以上研究,可以得出以下结论:

(1) 虚拟仿真实验在交通事故处理教学中具有显著优势:与传统教学模式相比,融合真实交通事故数据的虚拟仿真实验能够有效提升学生的学习兴趣、实践能力、安全意识和理论认知。它能够解决传统教学中场景还原度低、安全隐患大、成本投入高等问题,为新时代应用型人才培养提供创新路径。

(2) 高度真实的场景还原和实时数据反馈是关键:虚拟仿真系统通过高度真实的场景还原和实时数据反馈,有效地提升了学员在交通事故现场勘查中的各项关键能力,包括现场勘查完整性、证据链完整度、操作规范性、危险预判响应时间等。

虚拟仿真技术在交通安全教育领域的应用前景广阔。随着技术的不断发展和完善,虚拟仿真实验将更加真实、高效,并能够涵盖更广泛的交通事故场景和处置流程,为培养更多具备实战能力的交通安全专业人才做出更大的贡献。

## 参考文献

- [1] 聂衡利,陈超,姚凡,等.沉浸式虚拟交通事故应急仿真培训系统[J].现代计算机,2024,30(19):91-95.
- [2] 张萌,咸化彩,李甜,等.智能交通系统集成及应用虚拟仿真实验建设与实践[C]//北京大学出版社,大理大学经济与管理学院.第五届高等院校数字化教学与课程思政建设研讨会论文集.山东交通学院,2024:7.
- [3] 姚凡,谢泽浩,薛娜,等.基于虚拟现实的交通事故应急仿真培训系统[J].现代计算机,2023,29(21):98-101+106.
- [4] 初凯,张旭.交通事故现场勘查与鉴定课程中的虚拟仿真实验教学设计[J].集成电路应用,2022,39(11):340-341.
- [5] 方斌,杨降勇,王岩,等.虚拟仿真在公安院校交通管理工程专业教学中的应用[J].科教导刊(下旬刊),2020,(16):104-106.
- [6] 赵颀,马健霄,陆涛.公路隧道运营安全虚拟仿真实验教学实践和思考[J].科教导刊,2023,(31):61-63.