

文章编号:1671-6833(2020)01-0083-08

融合交通心理学的车辆群组运动仿真研究综述

王 华¹, 何晓宇¹, 徐静², 徐明亮³, 霍二福⁴, 李冠峰⁵, 金保华¹

(1.郑州轻工业大学 计算机与通信工程学院,河南 郑州 450001; 2.郑州大学 图书馆,河南 郑州 450001; 3.郑州大学 信息工程学院,河南 郑州 450001; 4.河南省化工研究所有限公司,河南 郑州 450052; 5.中国船舶重工集团公司第七一三研究所,河南 郑州 450015)

摘要: 车辆群组运动仿真是群体仿真技术的重要组成部分。将驾驶员性格、体力、认知等交通心理学因素融入车辆群组运动仿真中,对增强仿真的真实性具有重要的作用。对融合交通心理学的车辆群组运动仿真涉及技术进行综述介绍。首先对交通心理学的相关研究工作做了详细的分析;然后在总结现有车辆群组运动仿真技术的基础上,对融合交通心理学的车辆群组运动仿真方法展开了详尽的分析;最后结合融合交通心理学的车辆群组运动仿真方法中存在的不足,提出了目前该研究中一些可以继续深入探讨的问题。

关键词: 交通心理学; 车辆群组运动仿真; 认知加工

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

doi:10.13705/j.issn.1671-6833.2020.01.007

0 引言

车辆是城市交通场景的重要组成部分。车辆群组运动仿真致力于对交通场景中每一时刻每一辆车的运动位置和状态进行精确计算,从而突破时间和空间的限制,实现各种环境下任意复杂、任意尺度车辆运动的模拟和推演^[1-2]。车辆群组运动仿真技术对智能驾驶、交通优化、影视游戏等领域的发展具有极其重要的意义。

车辆群组运动仿真中,车辆可以被抽象认为是“驾驶员-车辆”组成的智能体单元。车辆的运动可以看作是由驾驶员驾驶的智能体单元的运动。驾驶员在复杂动态环境中结合实时环境状态、车辆物理属性、自身的生理/认知属性等产生驾驶决策,从而操纵车辆,使其能够安全平稳地行驶。将驾驶员性格、体力、认知等交通心理学因素融入车辆群组运动仿真中,构建可呈现不同心理作用影响下的车辆群组运动仿真方法,实现丰富多样和具有“生命力”的真实感车辆群组运动行为演绎,有望从根本上提升车辆运动仿真的真实性和可靠性。

近年来,计算机图形学领域的学者已经对车辆群组运动建模技术展开了大量的研究,并取得了显著的研究成果。目前国内外已有不少研究机构对车辆群组运动仿真技术展开了研究并积累了丰富的研究成果。如北卡罗莱纳大学建模与仿真实验室、普渡大学、浙江大学、大连理工大学、吉林大学、东南大学、中国科学院计算技术研究所、郑州大学等。

笔者对融合交通心理学车辆群组运动仿真相关技术做综述介绍,提出了目前该研究中一些可以继续深入探讨的问题,以期对本领域研究人员有所裨益。

1 交通心理学研究

目前交通心理学主要从驾驶员人格、生理、认知等方面对车辆群组运动仿真中驾驶员的行为决策机制展开研究。

1.1 驾驶员人格心理

人格是指个体在行为上的内部倾向,它表现为个体适应环境时在能力、情绪、需求、动机、兴趣、态度、价值观、气质、性格等方面的整合,是具

收稿日期:2019-08-05;修订日期:2019-10-13

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61602425,61472370,61602421,6167246961602420,61502433);河南省科技攻关项目(182102311071)

作者简介:王华(1982—),女,河南新乡人,郑州轻工业大学讲师,博士,主要研究方向为虚拟现实,E-mail:wanghua@zzuli.edu.cn。

有动力一致性和连续性的自我特征^[3-4]。

驾驶员人格心理学主要研究驾驶员性格、动机、个体差异等对驾驶行为的影响^[5-11]。Fine等^[12]验证了艾森克人格理论的假设,即外向性驾驶员比内向性驾驶员更容易产生交通事故和违章行为。Ge等^[13]研究了愤怒与危险驾驶行为之间的关系,并且指出,在消极认知、消极情绪驾驶、攻击性驾驶中其表现尤为明显。Schwebel等^[14]探讨了寻求刺激、责任心、愤怒等3种人格特质在危险驾驶行为中的作用。Dahlen等^[15]研究了在攻击性和风险性驾驶中,感觉寻求、冲动、无聊倾向等对驾驶情绪的影响。Zhang等^[16]对驾驶愤怒与5种驾驶结果(攻击性驾驶、危险驾驶、驾驶失误、近距离脱险和事故)之间的关系进行研究。Iliescu等^[17]调查了危险驾驶在年龄、性别、专业驾驶方面的差异,以及危险驾驶与驾驶里程和交通违章行为之间的关系等。

1.2 驾驶员生理心理

生理心理学以大脑为中心研究心理现象的生理机制,主要是对行为和心理的神经价值研究。

驾驶员生理心理学主要研究分析驾驶员生理信号和行为关系^[18-21]。Christopoulos等^[22]利用深度神经网络结构,提出了一种利用滑动相关系数监督驾驶员疏忽行为的新方法。Naurois等^[23]利用人工神经网络模型检测驾驶员睡意程度和适度睡眠所需的时长。Patel等^[24]研究发现驾驶员心率变化可用来量化驾驶员的困倦程度,并基于此设计了一种基于神经网络的智能算法来检测驾驶员是否处于疲劳状态。Chai等^[25]提出了一种基于脑电图的驾驶员疲劳分级方法(疲劳状态与警戒状态),该方法可有效用于驾驶员疲劳状态的识别。Fraadeblanar等^[26]研究了年龄与车祸风险之间的关系。

1.3 驾驶员认知心理

认知心理学采用信息加工的观点研究构建人类接收、贮存和运用信息的计算机模型^[27-28]。其主要包括视觉、知觉、记忆等认知过程的建模^[29-30]。根据研究对象的不同,现有主流的认知方法可分为个体认知方法和分布式认知方法^[31]。

个体认知方法从认知主体出发,用符号化语言或者神经网络的思想来解释人脑内部对环境信息的认知过程,其主要思想是将人比喻成计算机,把人脑处理信息的过程看作是计算机对外界信息加工的过程,通过定义一些确定的参数来分析信息加工系统的经济性原则。随着

认知场景和任务越来越复杂,John等^[32]提出的ACT-R模型,从认知基础理论出发,用不可分的认知操作元素和相应的构成框架对人类的认知行为进行建模。Fu等^[33]提出的PMJ模型将人类的认知过程归纳为感知、记忆和判断3个阶段,并给出了认知加工的多条通路和一系列认知加工策略。个体认知方法从认知主体出发,对人类依据自身能力实现的认知过程进行了详细建模,是其他认知理论的基础。

分布式认知方法不再局限于认知主体,而是从更广的角度研究分析认知加工机制,是综合考虑认知主体和认知环境(周围环境、工具、情境等)的系统化的分析^[31]。其充分考虑驾驶员认知活动本身的复杂性以及认知环境的复杂性,认为认知并不仅仅是对其内部表征的加工,而且是内部表征与外部表征共同作用的结果。当然,分布式认知理论中个体认知仍然处于核心地位。驾驶员在处理复杂信息时,不可能脱离外部环境信息的支持。分布式认知理论被认为是更符合人类认知特征的一种理论^[34]。分布式认知理论的上述特性,使得在分布式认知建模中,不仅需要认知主体的认知过程进行建模,还需要对主体所处环境等进行建模^[31],并将建模结果进行充分融合,从而获得更准确合理的认知结果。

现有针对驾驶员行为决策的认知心理学研究工作主要从个体认知角度出发,研究分析视觉、知觉、注意、记忆等对驾驶员认知过程的影响^[35-39]。在视觉方面,Campbell等^[40]认为,人的视觉系统具有频率适应性,不同人对频率通道的划分有差异,驾驶经验不同的驾驶员感知得到的环境信息量存在差异。Sowden等^[41]认为驾驶员的视觉信息来源于视觉空间频率通道与视野图像信息适应性交互调谐后的结果。Strayer等^[42]通过实验分析了开车过程中的外界干扰对认知的影响,指出车内引入语音系统会造成司机的注意力分散。Reimer等^[43]分析了认知需求与驾驶员对车辆周围环境感知能力之间的关系。Wood等^[44]指出驾驶员在感知环境信息时,更容易根据前期路况记忆做出习惯性行为而导致错误的决策。Patten等^[45]对认知负荷和驾驶员经验之间的关系展开了研究,研究表明,经验丰富的驾驶员更能有效地捕获周围环境信息并做出正确的驾驶决策。Anstey等^[46]研究了认知功能和驾驶员年龄的关系,结果表明,驾驶员年龄和其认知能力呈反比关系。

1.4 小结

目前心理学领域已有大量的研究成果可以借鉴,但这些成果一般都是通过性向测试来分析驾驶员的生理、性格等特征,很少有基于上述特征的驾驶员行为决策的计算模型。

认知心理学领域以心理学研究成果为基础,研究构建驾驶员认知过程的计算机模型。这些模型大都从个体认知理论出发,采用一系列复杂的处理模块来模拟驾驶员产生和组织智能行为的过程,计算效率比较低,主要用于单个智能体的运动控制,不适合应用于车辆群组运动仿真中。此外,这些模型一般并不对认知主体所处环境等建模。

2 车辆群组运动仿真技术

目前主流的车辆群组运动仿真方面的工作大体可以分为模型驱动的方法、数据驱动的方法、混合驱动的方法,如图1所示。

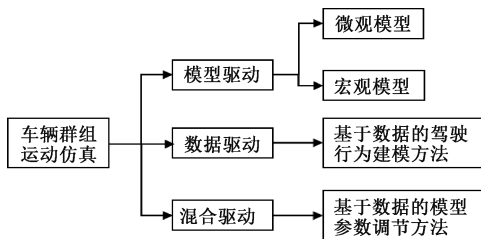


图1 仿真方法分类

Figure 1 Classification of simulation methods

2.1 模型驱动的方法

模型驱动的方法通过构建描述车辆群组运动的数学模型实现对车辆运动的模拟。根据对车辆个体描述细致程度的不同,模型驱动的车辆群组运动仿真方法主要分为宏观方法和微观方法。

宏观方法将车流看作连续的介质,以线路上车流的密度、速度等宏观量来刻画车流的运动。经典的各向异性模型^[47-49]和格子流模型^[50-51]等都属于宏观模型。

微观方法以单个车辆为研究单元,描述车辆之间相互作用的时空行为,主要包括基于连续动力学的方法^[52-54]、基于社会力学的方法^[55-61]、基于元胞自动机的方法^[62]等。Shen等^[63]提出了改进的IDM模型,通过区分畅通时车辆加速行为和接近前车时车辆减速行为的不同,实现了不同场景下车辆运动行为的建模。Dorado等^[60]将IDM模型用于自动构建的三维城市交通场景模拟中。Wang等^[64]将一体化的换道模型和IDM模型相结合,实现了各种复杂路口下的车辆运动模拟。Best等^[65]提出了一种支持动态策略设置以及融

合交通约束的无人车自动导航技术。Xu等^[59]提出了一种雾天车辆运动模拟方法。Wang等^[61]通过引入影子车辆的概念,实现了各种异常交通场景下的车辆群组运动模拟。如图2所示为微观模型驱动下的一些仿真效果图^[59,61,63,65]。

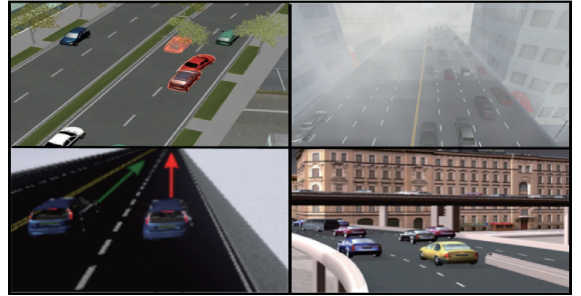


图2 仿真效果图

Figure 2 Some snapshots of simulation results

模型驱动的方法主要采用数学或者物理模型对车辆群组运动建模,可以从原理上实现群组运动的有效模拟,能够充分解决“为什么”的问题。但是模型一般都做了过多简化和理想的假设处理,相关行为特征的控制参数选取和设置大多基于主观经验,缺乏真实数据支撑。

2.2 数据驱动的方法

数据驱动的方法通过对现实世界中存在的大量真实交通数据进行学习,提取样本或实例数据的特征,从而训练出智能、符合真实驾驶行为的模型,据此实现对车辆群组运动的建模。Chao等^[66]借助理理合成技术将输入的离散轨迹数据用于车辆运动重建。Chen等^[67]将视频数据和传感器数据相结合,采用深度学习技术实现了车辆驾驶行为的模拟。Bi等^[68]基于已有的换道数据集,采用机器学习算法对车辆换道过程进行建模,从而生成了自然逼真的车辆换道行为。Sewall等^[69]基于传感器数据并采用滤波算法实现了对路网内的车辆运动行为的重建。Yang等^[70]给出了一种基于真实轨迹数据的交通流重建技术。

数据驱动的方法由于基于真实数据的自然优势,可以充分挖掘出环境和驾驶行为决策之间的关联信息,充分解决了“是什么”的问题,但是受所使用数据规模的限制,难以完整刻画真实车辆群组运动行为,这使得仿真敏感度非常低,鲁棒性很差。

2.3 混合驱动的方法

混合驱动的方法将模型驱动方法中构建的数学模型和数据驱动方法采集得到的数据相结合,将样本数据集用于模型参数的调节和校验,从而

模拟出更为真实的群组运动效果。Wilkie 等^[71]采用卡尔曼滤波技术将传感器采集的数据用于车辆运动行为模拟的参数校正中,并取得了不错的仿真效果。Chao 等^[72]提出了一种具有记忆功能的 IDM 模型,模型根据输入的车辆轨迹数据,采用自适应遗传算法对模型参数进行离线学习,从而驱动模型重构车流运动。Lu 等^[73]通过训练学习 IDM 模型中参数取值,实现了简单的个性化车辆运动模拟。

混合驱动的方法充分利用已有数据与刻画车辆群组运动的计算模型相结合,一定程度上来说,具有从根本上提升仿真效果的真实感和可信度。

3 融合交通心理学的车辆群组运动仿真

融合交通心理学的车辆群组运动仿真致力于将上述第 1 节相关内容融入第 2 节的车辆群组运动仿真技术中,从而实现复杂环境中驾驶员心理决策各异性影响下的车辆运动建模。

根据是否对驾驶员自身心理认知加工机制建立数学模型,融合交通心理学的车辆群组运动仿真方法可以分为非认知加工机制方法和认知加工机制方法两种。

3.1 非认知加工机制方法

非认知加工机制方法指的是不单独对驾驶员自身心理认知过程建立数学模型,而是通过调整现有车辆运动仿真模型参数,改造现有车辆运动仿真模型或者使用完全数据学习等方法来实现驾驶员多样性心理特征影响下的车辆运动模拟。

在调整现有车辆运动仿真模型参数方面,Lu 等^[73]通过训练计算 IDM 模型参数的取值,实现了较为真实的个性化车辆运动模拟效果。Xu 等^[74]采用变化的安全车间距来模拟车辆运动仿真中的攻击型驾驶行为和保守型驾驶行为。

在改造现有车辆运动仿真模型方面,Lu 等^[75]给出了一种避免事故的全局速度差模型,考虑了靠近前车时心理力和生理力对当前车辆加速度的影响。Leutzbach 等^[76]采用不同阈值和期望距离,给出了一种基于驾驶员心理-生理因素的车辆跟驰模型。

完全数据学习方法指的是完全依靠海量数据的训练学习来实现个性化车辆运动的模拟。例如,Chen 等^[67]基于视频数据和三维点云数据,实现了多样化的驾驶行为模拟;Possaniespinosa 等^[77]通过收集大量驾驶行为和性格特征数据,实现了可信的虚拟驾驶行为模拟。

非认知加工机制方法的计算效率与不考虑交通心理学的车辆群组运动仿真方法的计算效率相当。因此,上述方法被广泛应用于个性化车辆群组运动仿真中。该方法也是现有主流交通仿真软件实现多样性车辆运动仿真所采用的方法。

3.2 认知加工机制方法

基于认知加工机制的方法致力于将交通心理学的研究成果应用于车辆运动仿真中。该类方法的基本思路是首先对驾驶员的认知过程构建可计算的模型,然后将模型计算结果和车辆群组运动仿真方法相结合,实现融合交通心理学的车辆运动模拟。例如,采用本文第 1.3 部分提到的 ACT-R 模型、PMJ 模型^[33](如图 3 所示)等对驾驶员的场景认知过程建立模型,建模过程中可以考虑驾驶员性格、生理等因素。车辆结合自身运动学、动力学属性,周围环境的状况,综合得出相应的运动行为决策。

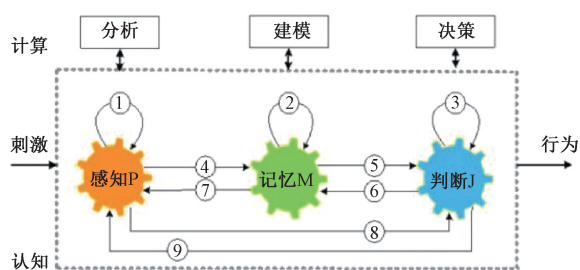


图 3 PMJ 模型示意图

Figure 3 The framework of PMJ model

该类方法需要采用一系列的处理模块来模拟驾驶员产生和组织智能行为的过程,因此具有较高的计算复杂度。该类方法主要用于单个智能车的控制,用于群组运动仿真时在效率方面存在瓶颈。

4 总结与展望

车辆群组运动仿真模拟需要综合融合心理学等社会科学的理论与方法和信息科学在虚拟现实、计算机图形学、机器学习、人工智能等活跃领域的前沿技术。融合交通心理学的车辆群组运动仿真可实现不同心理作用影响的车辆群组运动行为建模。该技术目前仍然存在不少难点和挑战,有待进一步深入研究。

(1) 极端交通样本数据的生成。异常事故、恶劣天气等极端交通场景数据匮乏。完全模型驱动的车辆运动仿真技术又很难实现个性化、多样化的车辆运动行为模拟。在虚拟环境中构建极端交通场景并实现该场景内的车辆群组运动仿真可

为无人驾驶提供大量廉价的极端交通样本数据集。该项研究具有重要的现实意义。

(2)人脑认知过程的可计算模型构建。构建融入心理机制的可计算框架,归纳出合理的数学模型,从而量化各种心理因素对驾驶员行为的影响,形成刻画复杂心理机制的驾驶员大脑认知计算模型,实现高层心理特征向低层运动行为控制的映射。构建心理机制计算模型模拟驾驶员决策行为的自主演进过程是实现融合交通心理学的车辆群组运动模拟需要重点解决的问题。针对该问题的研究目前处于起步阶段,有待进一步的研究。

(3)基于分布式认知理论的驾驶员认知-决策建模。分布式认知理论认为,驾驶员的行为决策是由其认知能力决定的,并且认知过程不仅局限于认知主体,而是从更广的角度研究认知加工机制,是综合考虑认知主体和认知环境(周围环境、工具、情境等)的系统化分析^[78]。采用分布式认知理论对驾驶员的认知过程进行建模,并将其与车辆群组运动建模相耦合有待进一步研究。

5 结语

融合交通心理学的车辆运动模拟可精确模拟复杂环境下的各异性车辆运动行为。笔者围绕融合交通心理学的车辆群组运动仿真技术,对车辆群组运动仿真的技术及涉及驾驶员心理和行为的研究进行了展开介绍,提出了目前该领域的问题和难点。这些难点的攻克有望从根本上提升车辆群组运动仿真的真实感和可靠性,从而进一步推动车辆群组运动仿真研究的快速发展。

参考文献:

- [1] 王华,徐明亮,毛天露,等. 三维汽车群组动画仿真研究综述[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2017, 29(2):211-220.
- [2] XU M L, JIANG H, JIN X G, et al. Crowd simulation and its applications; recent advances[J]. Journal of computer science and technology, 2014, 29(5):799-811.
- [3] 刘同辉. 中体而西用,返本以开新:中西人格心理学思想之比较研究[D]. 上海:上海华东师范大学, 2006.
- [4] 罗晓明. 大思想:人格本位[M]. 上海:上海文化出版社, 2006.
- [5] LAGARDE E, CHASTANG J F, GUEGUEN A, et al. Emotional stress and traffic accidents; the impact of separation and divorce[J]. Epidemiology, 2004, 15(6):762-766.
- [6] SIMON F, CORBETT C. Road traffic offending, stress, age, and accident history among male and female drivers[J]. Ergonomics, 1996, 39(5):757-780.
- [7] ROWDEN P, MATTHEWS G, WATSON B, et al. The relative impact of work-related stress, life stress and driving environment stress on driving outcomes[J]. Accident analysis & prevention, 2011, 43(4):1332-1340.
- [8] ULLEBERG P, RUNDMO T. Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers[J]. Safety science, 2003, 41(5):427-443.
- [9] BENFIELD J A, SZLEMKO W J, BELL P A. Driver personality and anthropomorphic attributions of vehicle personality relate to reported aggressive driving tendencies[J]. Personality and individual differences, 2007, 42(2):247-258.
- [10] ARNETT J. Drunk driving, sensation seeking, and egocentrism among adolescents[J]. Personality and individual differences, 1990, 11(6):541-546.
- [11] MACHIN M A, SANKEY K S. Relationships between young drivers' personality characteristics, risk perceptions, and driving behavior[J]. Accident analysis & prevention, 2008, 40(2):541-547.
- [12] FINE B J. Introversion-extraversion and motor vehicle driver behavior[J]. Perceptual and motor skills, 1963, 16(1):95-100.
- [13] GE Y, QU W N, JIANG C H, et al. The effect of stress and personality on dangerous driving behavior among Chinese drivers[J]. Accident analysis & prevention, 2014, 73:34-40.
- [14] SCHWEBEL D C, SEVERSON J, BALL K K, et al. Individual difference factors in risky driving: The roles of anger/hostility, conscientiousness, and sensation-seeking[J]. Accident analysis & prevention, 2006, 38(4):801-810.
- [15] DAHLEN E R, MARTIN R C, RAGAN K, et al. Driving anger, sensation seeking, impulsiveness, and boredom proneness in the prediction of unsafe driving[J]. Accident analysis & prevention, 2005, 37(2):341-348.
- [16] ZHANG T R, CHAN A H S. The association between driving anger and driving outcomes: A meta-analysis of evidence from the past twenty years[J]. Accident analysis & prevention, 2016, 90:50-62.
- [17] ILIESCU D, SÂRBESCU P. The relationship of dangerous driving with traffic offenses: A study on an a-

- dapted measure of dangerous driving[J]. *Accident analysis & prevention*, 2013, 51:33-41.
- [18] TSUCHIDA A, BHUIYAN M S, OGURI K. Estimation of drivers' drowsiness level using a neural network based 'error correcting output coding' method[C]//13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. Portugal: IEEE, 2010: 1887-1892.
- [19] JO J, LEE S J, PARK K R, et al. Detecting driver drowsiness using feature-level fusion and user-specific classification[J]. *Expert systems with applications*, 2014, 41(4):1139-1152.
- [20] YING Y, JING S, WEI Z. The monitoring method of driver's fatigue based on neural network[C]//2007 International conference on mechatronics and automation. Harbin:IEEE, 2007:3555-3559.
- [21] THOUFICH S R G, ANAND N V, RAJAGANAPATHI S, et al. Distracted driver detection using convolutional neural network[J]. *International journal of advance research, ideas and innovations in technology*, 2018, 4(2):1017-1020.
- [22] CHRISTOPOULOS S, KANARACHOS S, CHRONEOS A, et al. Learning driver braking behavior using smartphones, neural networks and the sliding correlation coefficient: road anomaly case study[J]. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, 2019, 20(1):65-74.
- [23] JACOBÉ DE NAUROIS C, BOURDIN C, STRATULAT A, et al. Detection and prediction of driver drowsiness using artificial neural network models[J]. *Accident analysis & prevention*, 2019, 126:95-104.
- [24] PATEL M, LAL S K L, KAVANAGH D, et al. Applying neural network analysis on heart rate variability data to assess driver fatigue[J]. *Expert systems with applications*, 2011, 38(6):7235-7242.
- [25] CHAI R, NAIK G R, NGUYEN T N, et al. Driver fatigue classification with independent component by entropy rate bound minimization analysis in an EEG-based system[J]. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 2017, 21(3):715-724.
- [26] FRAADE-BLANAR L A, EBEL B E, LARSON E B, et al. Cognitive decline and older driver crash risk[J]. *Journal of the american geriatrics society*, 2018, 66(6):1075-1081.
- [27] 刘焯, 汪亚珉, 卞玉龙, 等. 面向智能时代的人机合作心理模型[J]. *中国科学:信息科学*, 2018, 48(4):361.
- [28] 范俊君, 田丰, 杜一, 等. 智能时代人机交互的一些思考[J]. *中国科学:信息科学*, 2018, 48(4): 361-375.
- [29] 崔丽娟. 心理学是什么[J]. *科学中国人*, 2003(10):62-63.
- [30] 周志华, 曹存根. *神经网络及其应用*[M]. 北京:清华大学出版社. 2004.
- [31] MICHAELIAN K, SUTTON J. Distributed cognition and memory research: History and current directions[J]. *Review of philosophy and psychology*, 2013, 4(1):1-24.
- [32] ANDERSON J R, BOTHELL D, BYRNE M D, et al. An integrated theory of the mind[J]. *Psychological review*, 2004, 111(4):1036-1060.
- [33] FU X L, CAI L H, LIU Y, et al. A computational cognition model of perception, memory, and judgment[J]. *Science in china series f: information sciences*, 2014, 57(3):1-15.
- [34] 周国梅, 傅小兰. 分布式认知:一种新的认知观点[J]. *心理科学进展*, 2002, 10(2):147-153.
- [35] SALVUCCI D D. Modeling driver behavior in a cognitive architecture[J]. *Human factors*, 2006, 48(2):362-380.
- [36] LIANG Y L, REYES M L, LEE J D. Real-time detection of driver cognitive distraction using support vector machines[J]. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, 2007, 8(2):340-350.
- [37] HARBLUK J L, NOY Y I, EIZENMAN M. The impact of cognitive distraction on driver visual behaviour and vehicle control[R]. [s.l.:s.n.], 2002, 73-75.
- [38] LIANG Y L, LEE J D. A hybrid bayesian network approach to detect driver cognitive distraction[J]. *Transportation research part C: emerging technologies*, 2014, 38:146-155.
- [39] RAPOPORT M J, NAGLIE G, WEEGAR K, et al. The relationship between cognitive performance, perceptions of driving comfort and abilities, and self-reported driving restrictions among healthy older drivers[J]. *Accident analysis & prevention*, 2013, 61: 288-295.
- [40] CAMPBELL F W, ROBSON J G. Application of Fourier analysis to the visibility of gratings[J]. *The journal of physiology*, 1968, 197(3):551-566.
- [41] SOWDEN P T, SCHYNS P G. Channel surfing in the visual brain[J]. *Trends in cognitive sciences*, 2006, 10(12):538-545.
- [42] STRAYER D L, COOPER J M, TURRILL J, et al. Measuring cognitive distraction in the automobile[EB/OL]. (2012-11-12)[2018-11-04].<https://trid.>

- trb.org/view/1252566.
- [43] REIMER B, MEHLER B, WANG Y, et al. A field study on the impact of variations in short-term memory demands on drivers' visual attention and driving performance across three age groups[J]. *Human factors*, 2012, 54(3):454-468.
- [44] WOOD W, RÜNGER D. Psychology of habit[J]. *Annual review of psychology*, 2016, 67(1):289-314.
- [45] PATTEN C J D, KIRCHER A, ÖSTLUND J, et al. Driver experience and cognitive workload in different traffic environments[J]. *Accident analysis & prevention*, 2006, 38(5):887-894.
- [46] ANSTEY K J, WOOD J. Chronological age and age-related cognitive deficits are associated with an increase in multiple types of driving errors in late life[J]. *Neuropsychology*, 2011, 25(5):613-621.
- [47] AW A, RASCLE M. Resurrection of "second order" models of traffic flow[J]. *SIAM journal on applied mathematics*, 2000, 60(3):916-938.
- [48] ZHANG H M. A non-equilibrium traffic model devoid of gas-like behavior[J]. *Transportation research part B: methodological*, 2002, 36(3):275-290.
- [49] JIANG R, WU Q S, ZHU Z J. A new continuum model for traffic flow and numerical tests[J]. *Transportation research part B: methodological*, 2002, 36(5):405-419.
- [50] GE H X, DAI S Q, XUE Y, et al. Stabilization analysis and modified Korteweg - de Vries equation in a cooperative driving system [J]. *Physical review e*, 2005, 71(6):066119.
- [51] PENG G H, CAI X H, LIU C Q, et al. A new lattice model of traffic flow with the consideration of the driver's forecast effects[J]. *Physics letters A*, 2011, 375(22):2153-2157.
- [52] WANG H, MAO T L, WANG Z Q. Modeling interactions in continuum traffic [C]//*Proceedings of the IEEE Virtual Reality. Minneapolis:IEEE*, 2014: 123-124.
- [53] SEWALL J, WILKIE D, MERRELL P, et al. Continuum traffic simulation[J]. *Computer graphics forum*, 2010, 29(2):439-448.
- [54] TREUILLE A, COOPER S, POPOVIC Z. Continuum crowds[J]. *ACM transactions on graphics*, 2006, 25(3):1160-1168.
- [55] HELBING D, FARKAS I J, VICSEK T. Simulating dynamical features of escape panic[J]. *Nature*, 2000, 407(6803):487-490.
- [56] XU M L, WU Y P, LV P, et al. MiSFM: On combination of mutual information and social force model towards simulating crowd evacuation [J]. *Neurocomputing*, 2015, 168:529-537.
- [57] SEWALL J, WILKIE D, LIN M C. Interactive hybrid simulation of large-scale traffic[J]. *ACM transactions on graphics*, 2011, 30(6):135.
- [58] CHAO Q W, DENG Z G, JIN X G. Vehicle-pedestrian interaction for mixed traffic simulation[J]. *Computer animation and virtual worlds*, 2015, 26(3/4):405-412.
- [59] XU M L, WANG H, CHU S L, et al. Traffic simulation and visual verification in smog[J]. *ACM transactions on intelligent systems and technology*, 2019, 10(1):1-17.
- [60] GARCIA-DORADO I, ALIAGA D G, UKKUSURI S V. Designing large-scale interactive traffic animations for urban modeling [J]. *Computer graphics forum*, 2014, 33(2):411-420.
- [61] WANG H, XU M L, ZHU F B, et al. Shadow traffic: a unified model for abnormal traffic behavior simulation [J]. *Computers & graphics*, 2018, 70:235-241.
- [62] ZHAO D L, YANG L Z, LI J. Exit dynamics of occupant evacuation in an emergency[J]. *Physica A-statistical mechanics and its applications*, 2006, 363(2):501-511.
- [63] SHEN J J, JIN X G. Detailed traffic animation for urban road networks[J]. *Graphical models*, 2012, 74(5):265-282.
- [64] WANG H, MAO T L, KANG X C, et al. An all-in-one efficient lane-changing model for virtual traffic[J]. *Computer animation and Virtual worlds*, 2014, 25(3/4):383-391.
- [65] BEST A, NARANG S, BARBER D, et al. AutoVi: Autonomous vehicle planning with dynamic maneuvers and traffic constraints [J]. *Proceedings of IEEE/RSJ international intelligent robots and systems*. 2017: 2629-2636.
- [66] CHAO Q W, DENG Z G, REN J P, et al. Realistic data-driven traffic flow animation using texture synthesis[J]. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 2018, 24(2):1167-1178.
- [67] CHEN Y P, WANG J K, LI J, et al. LiDAR-Video driving dataset: learning driving policies effectively [C] //*Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Salt Lake City: IEEE, 2018:5870-5878.
- [68] BI H, MAO T L, WANG Z Q, et al. A data-driven model for lane-changing in traffic simulation [C]//*Proceedings of the Symposium on Computer Animation*. Busan: Eurographics Association, 2016:149-158.

- [69] SEWALL J, VAN DEN BERG J, LIN M C, et al. Virtualized traffic: reconstructing traffic flows from discrete spatiotemporal data[J]. IEEE transactions on visualization and computer graphics, 2011, 17(1):26-37.
- [70] YANG X, SU W, DENG J, et al. Real traffic data-driven animation simulation[C]// Proceedings of the Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry. Kobe:ACM, 2015: 93-99.
- [71] WILKIE D, SEWALL J, LIN M. Flow reconstruction for data-driven traffic animation[J]. ACM transactions on graphics, 2013, 32(4):89.
- [72] CHAO Q W, SHEN J J, JIN X G. Video-based personalized traffic learning[J]. Graphical models, 2013, 75(6):305-317.
- [73] LU X Q, WANG Z H, XU M L, et al. A personality model for animating heterogeneous traffic behaviors[J]. Computer animation and virtual worlds, 2014, 25(3-4):361-371.
- [74] XU W, YAO W, ZHAO H J, et al. A vehicle model for micro-traffic simulation in dynamic urban scenarios[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation. Shanghai: IEEE, 2011: 2267-2274.
- [75] LU X Q, CHEN W Z, XU M L, et al. AA-FVDM: An accident-avoidance full velocity difference model for animating realistic street-level traffic in rural scenes[J]. Computer animation and virtual worlds, 2014, 25(1):83-97.
- [76] LEUTZBACH W. Introduction to the theory of traffic flow[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1988.
- [77] POSSANI-ESPINOSA A, GUTIERREZ-GARCIA J O, VARGAS GORDILLO I. Determining personality traits of racing game players using the open racing car simulator: toward believable virtual drivers[J]. Computer animation and virtual worlds, 2017, 28(2):e1722.
- [78] HOLLAN J, HUTCHINS E, KIRSH D. Distributed cognition: toward a new foundation for human-computer interaction research[J]. ACM transactions on computer-human interaction, 2000, 7(2):174-196.

Survey of Psychology Based Traffic Simulation

WANG Hua¹, HE Xiaoyu¹, XU Jing², XU Mingliang³, HUO Erfu⁴, LI Guanfeng⁵, JIN Baohua¹

(1.School of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China; 2. Zhengzhou University Library, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 3.School of Information Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 4.Henan Chemical Industry Research Institute Company, Zhengzhou 450052, China; 5.Seventh Thirteen Institute of China Ship Building Industry Corporation, Zhengzhou 450015, China)

Abstract: Traffic simulation was an important part of crowd simulations. It was a key point to model drivers' psychological cognitive decision-making processes to realize a realistic traffic simulation. This paper provided a survey of traffic simulation based on traffic psychology. A detailed description of the traffic psychology and traffic simulation was presented. The traffic simulation based on traffic psychology introduced the principles, advantages and drawbacks were examined. Finally, some open research areas and possible future directions were pointed out.

Key words: traffic psychology; traffic simulation; cognitive processing