

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2024.03.015

孙丽璐, 张袁籽妍, 赵娟, 等. 有限理性决策理论下驾驶信息过载研究及应用 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2024, 46(3): 168-177.

有限理性决策理论下驾驶信息过载研究及应用

孙丽璐¹, 张袁籽妍², 赵娟¹, 谢静茹³,
邱金龙³, 周帆², 赵辉³1. 重庆理工大学 管理学院, 重庆 400054; 2. 重庆理工大学 经济金融学院, 重庆 400054;
3. 陆军特色医学中心军事交通伤防治研究室, 重庆 400042

摘要: 随着汽车网联化和智能化的发展, 汽车驾驶过程面临着车内外多源信息过载的影响, 这可能会产生交通安全问题。驾驶信息过载包含感知、认知和决策等复杂神经机制。在知识、时间和精力有限的情况下, 当驾驶员处于庞大、繁杂、多变环境中排查信息对象并进行决策时, 决策都是在有限度的理性条件下进行, 且常带有主观因素, 这是有限理性决策理论的基本原理。汽车工业界基于有限理性决策理论, 根据人的特性研究了 AR-HUD 控制驾驶信息过载的汽车驾驶辅助技术以及 OLED 车载显示的应用, 驾驶员在面临信息过载时可快速筛选关键信息, 做出正确驾驶决策, 以此来提升驾驶的安全性。本文通过综述国内外学者在驾驶信息过载原因、生理心理机制以及控制驾驶信息过载的技术和装备等方面的研究成果, 为安全驾驶、汽车智能化发展的产学研结合提供參考。

关键词: 信息过载; 有限理性决策理论; 智能驾驶辅助设备;

驾驶安全

中图分类号: TP212.6; U491.6⁺1

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2024)03-0168-10

Research and Application of Driving Information Overload Based on Bounded Rational Decision Theory

SUN Lilu¹, ZHANG Yuanziyan², ZHAO Juan¹,
XIE Jingru³, QIU Jinlong³, ZHOU Fan², ZHAO Hui³1. School of Management, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China;
2. School of Economics and Finance, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China;
3. Military Traffic Injury Prevention Laboratory, Army Specialty Medical Center, Chongqing, 400042, China

收稿日期: 2023-05-21

基金项目: 重庆市在渝院士牵头科技创新引导专项(cstc2019yszx-jscxX0002).

作者简介: 孙丽璐, 博士, 教授, 主要从事管理心理学、劳动经济学研究。

通信作者: 赵辉, 研究员。

Abstract: With the development of automotive networking and intelligence, driving is facing the exposure of multiple sources of information both inside and outside vehicle, that may lead to traffic safety issues. Driving information overload involves complex neural mechanisms such as perception, cognition, and decision. Bounded rationality decision-making refers to with limited knowledge, time, and energy, the drivers are facing a huge, complicated, and changeable environment, when they check information objects and make decisions, the decision making is carried out under limited rational conditions, often with subjective factors. Based on the bounded rationality decision theory, the automotive industry has studied the vehicle driving assistance technology of AR-HUD to control driving information overload and use of OLED display according to the characteristics of human beings, in order to realize quickly screening key information and making correct driving decisions by drivers when facing information overload, so as to achieve the goal of improving driving safety. This paper aims to provide reference for the combination of industry and academia on driving safety and automotive intelligence development by summarizing the research achievements in the causes, physiological mechanisms, and technologies and equipment for controlling driving information overload.

Key words: information overload; bounded rational decision theory; intelligent driving aid device; driving safety

汽车产业高速发展的时代背景下,新能源化、智能化、网联化必将成为推动汽车产业发展的技术革命。智能网联汽车与交通系统、能源体系、城市运转、社会生活紧密结合,是一项集智慧城市、智慧交通和智能服务于一体的国家级系统工程,肩负着中国经济战略转型、重点突破和构建未来创新型社会的重要使命。在汽车产业新能源化、智能化、网联化发展的大方向下,车辆安全的需求被重新梳理和定义^[1]。随着汽车智能化、网联化对功能安全与预期功能安全的要求不断提高^[2-3],作为汽车三大永恒主题之一的“安全”将面临更多的机遇与挑战。然而,汽车网联化和智能化使驾驶员面临车内、车外多源信息的影响,信息时代在带来便捷高效的同时,潜在可用信息量过大,反而会成为及时、快速处理有效信息的障碍^[4],甚至可能因驾驶信息过载及驾驶员注意力分散而引起负面效应,最终引发道路交通事故。因此,本文对驾驶信息过载原因及其生理心理机制,驾驶信息过载控制技术及其车载装备,以及相关领域研究进展进行综述介绍,以期为汽车人机交互与人因安全的发展提供参考。

1 驾驶信息过载原因概述

数字信息时代,生活中各个场景下可获得的信息量往往远超所需^[5]。“信息过载”被定义为全媒体数字信息时代的主要表现形式,由于人类的思维过程表现为搜索或串行处理,并在同一时段内考虑的问题有限,限制了人们的注意广度以及知识和信息获得的速度和存量^[6]。各个行业受益于信息更加快捷高效的同时,也受到了信息过载带来的负面影响^[7],汽车驾驶也不例外。

数字信息、驾驶系统和驾驶员特征,是导致驾驶信息过载的主要因素^[8]。驾驶员在行驶途中不可避免地会接触到大量信息^[9-10]。研究发现,复杂的交通标志牌带来的驾驶信息过载,可能降低驾驶员的路况敏感度,会给驾驶安全带来不利影响^[11]。调查还显示,驾驶途中为获取道路交通标识信息,驾驶员将分散三分之一的注意力^[12]。但驾驶员对单个交通标志的注视时间有限,信息量过多会增加驾驶员对标志的搜索和辨认时间,导致驾驶员的视线较长时间偏离路况,最终给行车安全带来危害^[13]。

早期研究表明,信息数量、信息质量之间存在“倒U型”关系——随着接收信息数量的增加,对人真正有用的信息质量先增后降^[14]。驾驶信息过载主要来自于路标多样复杂、道路车辆和辅路岔路过多、驾驶员电子设备干扰、汽车广播和音乐等带来的影响。统计得出,驾驶员在驾驶过程中约有60%接打手机、90%

听音乐、95%低头查看导航的情况出现^[15]，均在一定程度上引起驾车主体注意力的分散转移、信息回避等负面行为^[5]。总体上，接收较少或常量信息的受试者的决策表现好于信息过载下的受试者^[16]。

人类抓取信息的重点是“快速获取必要的信息”，而不应当是花费大量时间不断地“删减”信息数据库或识别错误信息^[17]。驾驶途中 80%的信息源自视觉^[18]。在陌生路段，驾驶员的路线选择主要来自视觉接收的道路名称、方向等信息，容易给驾驶员造成以视觉来源为主的信息过载^[11]。尽管人类本身的信息搜集能力、信息处理能力、信息计算能力有限，但是人类的智慧本身就在于创造和借用工具，能够利用工具收集信息并计算以克服复杂环境的不利。用发展的眼光来看待，工具可以协助人们向无限接近完全理性地发展。例如在驾驶领域，智能车载设备的使用，帮助人们尽量多地收集外部环境中的信息，极大提升了人对环境的认知和把握能力^[19]。

2 驾驶信息过载的神经机制

人脑是一个复杂而强大的器官，约包含 1 000 亿个神经元，各神经元组成的集合构成大脑思维模式识别的基本单元^[20]。驾驶作为一项复杂的多活动任务，主要基于认知活动支配进行，需要多脑区参与完成，有着复杂的神经机制^[21]。

汽车驾驶是复杂的生理心理过程，其过程模型如图 1 所示。在驾驶过程中，首先通过视觉、听觉、触觉和本体等感官系统感知外部信息，然后通过知觉、记忆、判断和决策等认知功能对感知信息进行处理，最后通过执行进行驾驶操作。驾驶过程中的顶叶、额叶、辅助运动区、扣带回等脑区激活程度明显^[22]，并且驾驶环境复杂、信息多变，需要驾驶员的注意力高度集中。此时，大脑中由目标导向和刺激驱动的背侧额顶叶神经网络和颞顶联合区被高度激活。人在驾驶过程中，自身的感知器官会感知不同界面信息并反馈到中枢神经系统，随后再由中枢神经系统对信号做出分析、判断及相关处理，并做出必要的驾驶操作，以便维持车辆正常驾驶^[23]。

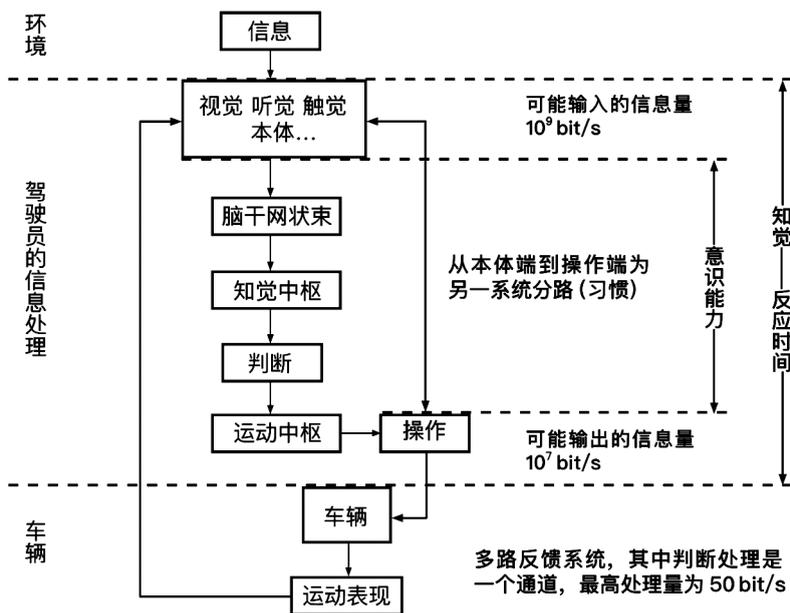


图 1 汽车驾驶控制模型

具体来看，对交通标志、街边广告、接听电话等子任务增加时，大脑的注意网络激活程度提高，额下回和颞上回等执行任务的区域活动增强；负责错误检测和控制不必要运动的扣带回和亚肺叶激活率增加；而负责空间感知的顶叶区域的激活率降低^[24]。例如，当驾驶员识别交通标志文字信息时，大脑中的视觉系统（词形）、语音系统和语义系统负责共同参与^[25]。非驾驶状态下的词汇识别过程中，个体全神贯注于该任务，而交通标志信息识别中，驾驶员必须在动态地执行其他关键任务（例如操纵方向盘）的同时，完成较高

难度的动态文字信息识别^[26]。

3 控制驾驶信息过载的有限理性决策理论

西蒙最早于1955年“A behavioral model of rational choice”一文中提出“有限理性”的概念,批判了过去以法约尔为代表的古典决策理论所提倡的完全理性人假设,并提出有限理性决策理论。该理论采用实证研究对实际的决策过程进行描述和分析,又被称为描述决策理论^[27],即不再将实际决策过程中的人简单假设为完全理性人。尤其是在当前信息过载的数字时代,简单理性人假设通常是说不通的,需要根据实际情况对决策人所处的决策情形进行分析。例如,在驾驶场景下,基于有限理性决策理论和驾驶员的实际决策环境,需对其信息过载的程度及影响进行判断和干预。

由于人脑的知觉范围和记忆系统有限,从达尔文生物进化论中,西蒙找到了有限理性的生物学基础;同时,心理学界也有力地指出并论证了进化论与行为理性之间的高度相似。正如西蒙所说:“人类理性是在心理环境的限度之内起作用的”^[28]。他对此进行了更为细致的论证,随后提出了处理信息过载的方法,让决策者在找到满意的解决方案后停止搜索,并认识到可用时间和资源的有限性,其核心观点概括为:①决策主体人的知识、时间和精力有限;②决策环境庞大、繁杂且多变;③决策者在排查信息对象并进行决策时,往往带有主观感性因素,很难完全客观公正。西蒙认为人具备单纯的认知及反应能力,之所以进行复杂的举动或社会活动,是因为其身处复杂的环境,因此决策者不可能做出最优的选择,即个人或企业的决策都在有限度的理性条件下进行^[29]。Savolainen指出,数字时代的信息过载是与其他相关问题结合的“共同产物”^[30]。Murayama等学者通过实验得出,在控制年龄、性别、收入等变量后,信息过载和人类的快速决策表现之间存在显著负相关^[16]。个人和组织都会在数字时代的信息过载中面临挑战——学习或工作任务负荷重、行动分散和时间不足等^[31]。1956年,Miller通过实验得出人的短时记忆容量是5~9个单信息段。心理学认为,当超量信息涌入时,人们有限的认知资源被过量地消耗和占用,给其他任务的操作带来困难,导致大脑的适应功能下降^[32]。1994年,方齐云简述完全理性与最优决策的困难时,探讨了关于人类的大脑神经机制^[33],即人们很难在有限时间内做出所谓最优的决策,从而引出西蒙的理性限制因素讨论^[34],应采用适当的方法改善人类大脑自身的信息认知缺陷。

无结构或无逻辑的信息呈模糊的“碎片化”特点,容易令人陷入丧失掌控的状态,造成紧张和困扰^[35]。所以,当大量信息需要接收时,人们会选择主动限制大脑接收的信息数量,减少负荷信息充斥头脑的不适感,以求最大化识记信息的策略。随着信息过载的常态化,人类常接触到比自己大脑实际短效记忆容量更多的信息,但我们对自己选择或者大脑究竟能记住多少信息的能力却知之甚少^[16]。可供选择的选项越多,信息搜索耗费的反应时间越长^[36];同时,外部环境对个人情感、认知、态度、行为等多层面产生影响,在驾驶场景下,会导致驾驶员产生疲惫倦怠、急躁烦闷等不良情绪^[37]。过去的理性决策者能够考虑到所有信息,而面对现在海量信息的智能驾驶时代,这将不再现实^[38]。当前信息过载下的驾驶决策条件符合西蒙的有限理性决策理论。

4 驾驶信息过载控制技术及应用

技术发展离不开相关理论支撑。从理论和技术应用的相辅相成、相互促进角度来看,西蒙提出有限理性决策理论,其“理性决策”的前提是能够考虑到所有道路及驾驶信息,而面对现在海量、复杂信息的智能驾驶时代,这将很难达到。因此,当前信息过载下的驾驶决策所处的客观情形符合有限理性决策理论所述的基本要点,该理论的实践与智能驾驶辅助系统的实际搭载相结合,与解决现实中的新时代汽车应用技术的方向紧密相关。如前所述,驾驶途中接收到的信息大部分源于视觉(如视觉接收道路名称、频繁低头查看导航、路标多样复杂、岔路辅路多等),所以驾驶信息过载主要以视觉为主,并随着接收信息数量的增加,对驾驶员真正有用的信息质量先增后降(接收信息数量与质量的

“倒 U 型”理论)。为了控制汽车驾驶信息过载,基于有限理性决策理论的汽车驾驶辅助技术被广泛研究,一些视觉辅助系统被应用于汽车。

4.1 从 HUD 到 AR-HUD

平视显示(Head Up Display, HUD)作为一项以视觉为主的辅助驾驶技术,承接仪表盘的部分功能,最初应用于军用飞机,置于飞行员视野前方和仪表信息投射区域的头盔目镜上,可有效提升态势感知力。汽车搭载 HUD 可有效减少驾驶员因低头查看仪表导致的视线偏离前方道路的情况^[39]。车载 HUD(图 2)减少了驾驶员耗费在读取车载信息的视觉、认知和动作上的时间,保障驾驶安全,据统计可减少 25% 的车辆碰撞^[40]。

增强现实技术(Augment Reality, AR)是以普通的虚拟现实技术为基础,产生的一种新型人机交互技术^[41],在显示内容和形式上,将复杂多样的信息条理化、直观化,将路况、地图等虚拟信息和行人通过路口等真实物体信息叠加。HUD 与 AR 相结合,使汽车同时搭载自然显示、人工显示 2 种方式的智能辅助设备^[42]。表 1 列举了目前市面上几种车型的 AR-HUD 舱内显示交互方案。



图 2 传统 HUD 显示效果

表 1 AR-HUD 舱内显示交互

交互模式	车型	显示交互设计方案
AR-HUD+小型信息交互屏	理想 L9	理想 L9 驾驶舱设计中,驾驶位取消传统仪表,转而使用大面积的 AR-HUD 和方向盘上的触控交互小屏
	沃尔沃	沃尔沃汽车座舱概念图设计中,驾驶位同样取消传统仪表,使用大面积的 HUD 和方向盘上的触控交互小屏
AR-HUD+自然交互	奔驰 MBUX、长安 UNI-K 等	面向 L3 级别自动驾驶的智能交互方式,包括语音、手势、眼球跟踪、AR-HUD 交互界面的组合,业内领先的车企已经开始布局
AR-HUD+元宇宙入口	飞凡 R7	飞凡 R7 搭载的华为 AR-HUD 系统可通过 AR 技术将地图 POI 信息与实景进行叠加

AR-HUD 正引领座舱显示的新模式,成为人与车交互的桥梁。借助高级辅助驾驶系统(Advanced Driver Assistant System, ADAS)的卫星定位、多种雷达、摄像头等传感器,感知、识别外部物体和环境,实时处理投影与现实的互相“增强”^[43],实现驾驶情景虚实结合、实时交互的驾驶体验(图 3)。

AR-HUD 辅助驾驶的实际流程如图 4 所示,针对不同驾驶情景,搭载 AR-HUD 可有效改善驾驶员因俯视导航、其他车载娱乐信息等而导致的注意力分散^[44]。同时,虚拟影像不完全遮挡现实场景,可使该系统有效降



图 3 AR-HUD 车载显示效果

低驾驶信息过载和碰撞风险, 保障驾驶安全^[43]. 研究表明, AR-HUD 主要从“注视区间、决策时间、驾驶行为”3 方面提高驾驶安全水平. 应用该技术, 驾驶员注视区间更集中于 AR-HUD 所覆盖的安全驾驶注视区域. AR-HUD 驾驶辅助系统能有效缩短驾驶员在不同驾驶情况下(尤其是在夜间、雨雪天气等低能见度情况下)的感知和决策时间. 例如, 开启 AR-HUD 的实验组, 驾驶员平均反应时间为 1.97 s, 相比于对照组的 2.85 s, 缩短了 0.88 s. 配备 AR-HUD 驾驶辅助系统, 在面临信息过载时有助于改善、纠正驾驶员的驾驶判断和行为, 在低能见度条件下尤为显著^[45], 这对未来汽车辅助驾驶、定位导航等系统的发展都有驱动作用^[18]. 例如, 搭载 AR-HUD 等辅助驾驶设备的汽车, 会对驾驶员在驾驶过程中“稳定注视区间、缩短决策时间、改善驾驶行为”3 方面产生极大影响, 并进一步积极干预驾驶决策和驾驶安全. 辅助驾驶技术赋予了载运工具新功能, 可大幅降低驾乘人员的脑力、体力方面的劳动强度, 可有效解决人脑的有限理性决策瓶颈问题, 有助于缓解疲劳驾驶、提升驾驶运行的安全性及效能.

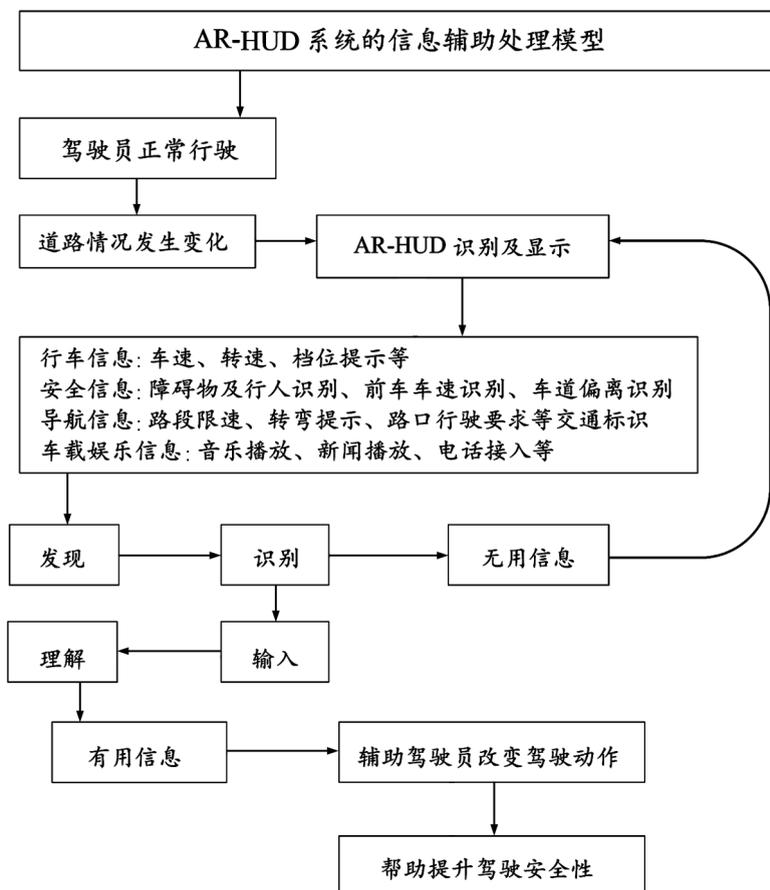


图 4 AR-HUD 驾驶信息处理及决策辅助模型

4.2 透明 OLED 显示

透明 OLED 显示屏由于仅有 2 层超薄模组结构, 能有效突破传统显示屏的播放形态, 因此拓宽了其应用范围^[46]. 同时, 高分辨、低能耗、轻重量、无辐射等优势, 使其无论被应用在车载显示还是其他领域, 都能创造不同于过去的崭新体验^[47].

从技术属性来说, OLED 显示屏采用柔性衬底和盖板, 不会像传统显示的玻璃盖板一样当受到外力冲击时容易破碎, 安全等级进一步提升. 同时, 由于“自发光显示技术”的应用使得屏幕在黑暗模式下功耗更低, 能有效节能, 作为透明 OLED 屏幕最重大的差异化突破, 在多种透明屏幕技术中相对成熟. 在驾驶领域(图 5), 搭载透明 OLED 自发光像素, 无需背光, 显示图文内容的同时还能观看屏幕后方实景. 尤其是在夜间无灯光的路上驾驶时, OLED 车载显示低亮高对比的特性, 可以避免眩光性失明, 护眼并且更有利于驾驶安全.



a. 凯迪拉克凯雷德(OLED车载显示由LG提供)



b. 梅赛德斯奔驰S级(OLED车载显示由LG提供)



c. 蔚来ET7(OLED车载显示由京东方提供)



d. 梅赛德斯奔驰EQS(OLED车载显示由LG提供)



e. 飞凡R7(OLED车载显示由京东方提供)



f. LGD 34英寸OLED车载显示

图 5 汽车 OLED 柔性屏搭载实景

研究指出,2020年车载OLED显示屏渗透率不足0.6%,但预计2026年将达到2%~4%,主要应用于高端汽车的中控及仪表显示,其出货量将稳定增长,市场规模有序扩大(图6),从2020年4200万美元,发展至2026年4.5亿美元.与车载液晶显示相比,OLED物料清单组成更加简单,如果采用COE结构,还可以去除偏光片.随着驱动芯片、材料等物料成本持续下降,性能、寿命等不断改善,OLED显示的竞争力将明显提升.届时,驾驶领域有可能像智能手机、IT设备等领域一样,逐渐从液晶显示向OLED显示转换.车与万物互联的时代到来,汽车座舱大屏和多屏化、多形态、智能化要求提升,OLED显示的优势将更加凸显,有望几年内占据高端车载显示市场半壁江山.

4.3 理论与应用结合

西蒙的有限理性决策理论与驾驶辅助系统相结合,为新时代汽车应用技术的发展指明了方向.同时,驾驶决策的优化是实现高级辅助驾驶、自动驾驶等需要攻克的难题之一.为降低驾驶场景的复杂性,突破单纯人脑决策的有限理性,基于智能辅助驾驶系统的搭载,使用智能决策设备辅助代替单纯人脑决策的方法已经引起学术界和产业界的关注.

传统车载显示屏导致视线偏离道路,干扰驾驶员意识,影响驾驶安全,随着车载智能化技术进步,透明OLED显示屏使前挡风玻璃呈现出导航、路况、车况等应用场景^[48].AR-HUD和透明OLED的结合使车内场景交互从平面向空间发展,并与座舱内外传感器、摄像头等器件配合,将实现透明屏幕显示的AR/MR(混合现实)效果,呈现出比传统HUD面积更大、更细节化与多样化的视觉效果和情景转换.

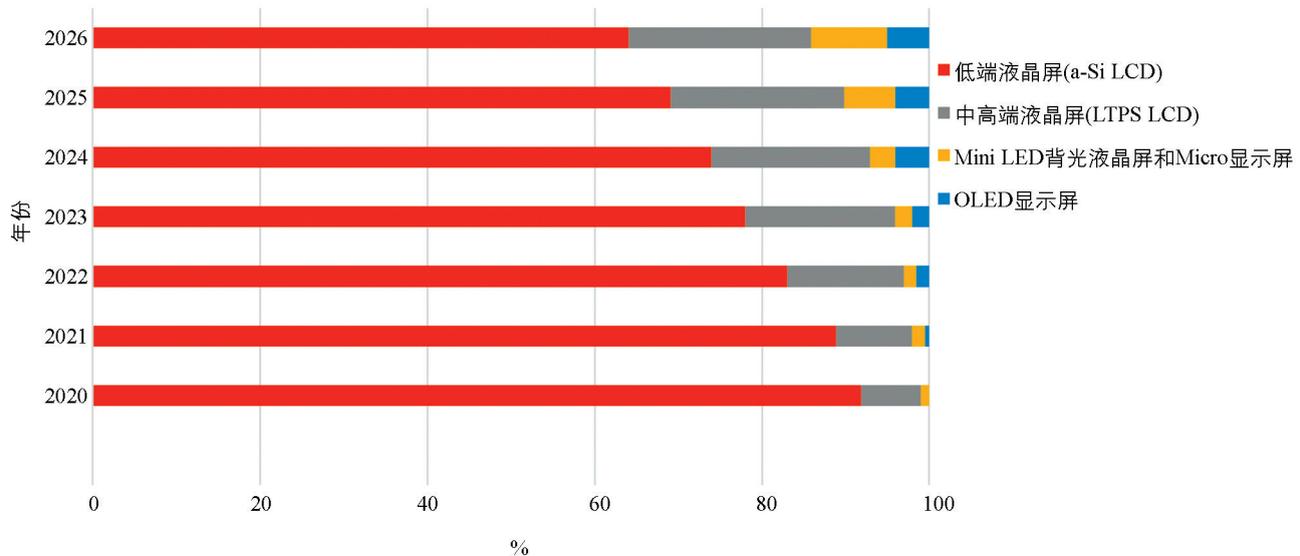


图6 全球车载显示器(分技术)渗透率预测

AR/MR作为视觉技术为主、传感器及智能情景建构为辅的车载技术,使传统汽车驾驶舱内完全真实的驾乘场景结合了虚拟情景^[49]。AR-HUD或“AR/MR魔窗”将作为信息交互、辅助驾驶等交互界面的核心^[50],能有效帮助驾驶员疏解信息过载,从而保障驾驶安全。

“以屏为界”到“全景界面”具有划时代的意义。如今以AR-HUD为代表的智能车载元设备完善了自动驾驶、V2X(Vehicle to Everything,车与万物互联)等系统,通过车载系统的高性能计算,使得驾乘人员感官、肢体与车辆交互更加顺畅。透明OLED显示屏可以呈现更多样、更复杂的内容^[43],AR-HUD和透明OLED的结合在交通场景中将扮演着越发重要的角色^[51],通过控制驾驶员视觉信息过载,在保证驾驶安全等方面实现“1+1>2”的效果。

5 总结与展望

数字时代背景下,信息过载的根本原因主要是由无法有效过滤、传输和接收海量信息中的有效信息所致。驾驶层面,信息过载仍是未来汽车设计系统过程中需要解决的问题之一,应依据驾驶员的需求,充分利用技术及车载装备来辅助驾驶员快速筛选信息、提升信息质量。但相关技术研究仍存在局限性,有必要结合数字信息化、人车交互和心理学等进行跨学科研究,研究驾驶员情绪、驾驶决策信息处理和驾乘环境之间的相互作用。基于科技的发展与探索,使驾驶员在不同的任务和驾乘环境中更好地处理信息过载所带来的负面影响,以科技护航驾驶安全,降低交通事故的发生率。

基于西蒙的有限理性决策理论,在未来面对驾驶信息过载的问题时,搭载AR-HUD和透明OLED显示屏结合的驾驶辅助设备,能以视觉、听觉等形式,使驾驶员收集、筛选并处理信息的速度得到提高,优化驾驶体验,减轻信息过载给驾驶安全带来的负面影响,从而有效保障驾驶安全。这2项新技术在智能辅助驾驶领域还将持续引领未来智能车载装备的发展,值得相关学者的进一步关注和研究。另外,基于有限理性决策的影响因素,辅助驾驶系统的搭载及其数据记录可用于进一步开发数据驱动方法的数据集,这将会极大地影响并改善决策效能,因此自动辅助驾驶技术的发展将会是未来载运工具的核心竞争点。

参考文献:

- [1] 周青,姬佩君,黄毅,等.未来交通事故场景中乘员智能保护的挑战与机遇[J].汽车安全与节能学报,2017,8(4):333-350.
- [2] 张云,李茹,焦伟赞,等.自动驾驶功能安全标准化研究[J].中国标准化,2020(11):109-112.
- [3] 李波,付越,王兆,等.中国功能安全(Functional Safety)和预期功能安全(SOTIF)技术和标准体系研究及进展[J].中

国汽车, 2020(7): 34-39.

- [4] NIU G F, YAO L S, TIAN Y, et al. Information Overload and the Intention to Reduce SNS Usage: The Mediating Roles of Negative Social Comparison and Fatigue [J]. *Current Psychology*, 2022, 41(8): 5212-5219.
- [5] 代宝, 罗蕊, 续杨晓雪. 社交媒体倦怠: 含义、前因及后果 [J]. *现代情报*, 2019, 39(9): 142-150.
- [6] 陈琼, 宋士杰, 赵宇翔. 突发公共卫生事件中信息过载对用户信息规避行为的影响: 基于 COVID-19 信息疫情的实证研究 [J]. *情报资料工作*, 2020, 41(3): 76-88.
- [7] BRANDENBERG G, OZIMEK P, BIERHOFF H W, et al. The Relation between Use Intensity of Private and Professional SNS, Social Comparison, Self-Esteem, and Depressive Tendencies in the Light of Self-Regulation [J]. *Behaviour & Information Technology*, 2019, 38(6): 578-591.
- [8] APPEL H, GERLACH A L, CRUSIUS J. The Interplay between Facebook Use, Social Comparison, Envy, and Depression [J]. *Current Opinion in Psychology*, 2016(9): 44-49.
- [9] FOX J, VENDEMIAM A. Selective Self-Presentation and Social Comparison through Photographs on Social Networking Sites [J]. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 2016, 19(10): 593-600.
- [10] KLEEMANS M, DAALMANS S, CARBAAT I, et al. Picture Perfect: The Direct Effect of Manipulated Instagram Photos on Body Image in Adolescent Girls [J]. *Media Psychology*, 2018, 21(1): 93-110.
- [11] 赵淑婷. 城市主干路交通标志密度阈值研究 [J]. *智能城市*, 2018, 4(9): 103-104.
- [12] 关伟. 驾驶员对交通标志的视觉信息认知过程实验研究 [D]. 北京: 北京工业大学, 2014.
- [13] 华启迪, 陈松灵. 道路交通事故发生机理分析及应用研究 [J]. *山东交通科技*, 2008(1): 72-74, 83.
- [14] JACOBY J, SPELLER D E, KOHN C A. Brand Choice Behavior as a Function of Information Load [J]. *Journal of Marketing Research*, 1974, 11(1): 63-69.
- [15] 周晓. AR-HUD 辅助驾驶系统对驾驶行为影响的研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2018.
- [16] MURAYAMA K, BLAKE A B, KERR T, et al. When Enough Is Not Enough: Information Overload and Metacognitive Decisions to Stop Studying Information [J]. *Journal of Experimental Psychology Learning, Memory, and Cognition*, 2016, 42(6): 914-924.
- [17] ACKOFF R. *Management Misinformation Systems [M]//Information Technology in a Democracy*. Massachusetts: Harvard University Press, 1971: 264-271.
- [18] 王兴, 秦齐. 车载平视显示技术 [J]. *电光与控制*, 2014, 21(1): 55-58.
- [19] 刘乔. “大数据”背景下对有限理性决策理论的重新思考 [J]. *未来与发展*, 2019, 43(11): 42-45.
- [20] 孙晓舟. 基于脑网络的疲劳驾驶神经机制研究 [D]. 天津: 天津职业技术师范大学, 2019.
- [21] CUENEN A, JONGEN E M M, BRIJS T, et al. Effect of a Working Memory Training on Aspects of Cognitive Ability and Driving Ability of Older Drivers: Merits of an Adaptive Training over a Non-Adaptive Training [J]. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2016, 42: 15-27.
- [22] CHOI M H, KIM H S, YOON H J, et al. Increase in Brain Activation Due to Sub-Tasks during Driving: fMRI Study Using New MR-Compatible Driving Simulator [J]. *Journal of Physiological Anthropology*, 2017, 36(1): 1-12.
- [23] CHUANG C H, CAO Z H, KING J T, et al. Brain Electrodynamics and Hemodynamic Signatures Against Fatigue during Driving [J]. *Frontiers in Neuroscience*, 2018, 12: 181.
- [24] MITCHELL M. Considering a New Framework for Designing Public Safety ‘Filler’ Messages on Highway Variable-Messsage Signs: Applying the Behavior Change Wheel [J]. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, 2011, 22(4): 63-72.
- [25] 王小娟, 舒华, 杨剑峰. 大脑视觉词形区及其在阅读神经网络中的作用 [J]. *心理科学进展*, 2010, 18(8): 1199-1207.
- [26] 李昊泽, 常若松, 隋雪. 交通标志中文字信息的识别及其神经机制 [J]. *人类工效学*, 2020, 26(5): 74-79, 86.
- [27] 于博. “完全理性”、“有限理性”和“生态理性”——三种决策理论模式的融合与发展 [J]. *现代管理科学*, 2014(10): 54-56.
- [28] 周菲. 有限理性说对决策行为学的贡献 [J]. *管理世界*, 1996(3): 216-217.
- [29] 吴新林. 有限理性建模与若干满意决策理论问题研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2014.

- [30] SAVOLAINEN R. Filtering and Withdrawing: Strategies for Coping with Information Overload in Everyday Contexts [J]. Journal of Information Science, 2007, 33(5): 611-621.
- [31] BAWDEN D, ROBINSON L. The Dark Side of Information: Overload, Anxiety and Other Paradoxes and Pathologies [J]. Journal of Information Science, 2009, 35(2): 180-191.
- [32] 夏新朋. 社交媒体倦怠因素研究: 用户错失焦虑(FoMO)的中介作用 [D]. 上海: 上海师范大学, 2021.
- [33] 方齐云. 完全理性还是有限理性——N·A·西蒙满意决策论介评 [J]. 经济评论, 1994(4): 39-43.
- [34] SIMON H A. Rational Choice and the Structure of the Environment [J]. Psychological Review, 1956, 63(2): 129-138.
- [35] 汪新建. 超量信息带来的普遍焦虑如何应对 [J]. 人民论坛, 2021(S1): 138-140.
- [36] 刘鲁川, 张冰倩, 李旭. 社交媒体信息过载、功能过载与用户焦虑情绪的关系: 一项实验研究 [J]. 信息资源管理学报, 2019, 9(2): 66-76.
- [37] 蔺丰奇, 刘益. 信息过载问题研究述评 [J]. 情报理论与实践, 2007, 30(5): 710-714.
- [38] ETZIONI A. Humble Decision-Making Theory [J]. Public Management Review, 2014(5): 611-619.
- [39] LIU Y C, WEN M H. Comparison of Head-up Display (HUD) Vs. Head-down Display (HDD): Driving Performance of Commercial Vehicle Operators in Taiwan [J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2004, 61(5): 679-697.
- [40] HIBBERD D L, JAMSON S L, CARSTEN O M J. Managing In-Vehicle Distractions: Evidence from the Psychological Refractory Period Paradigm [C] // Proceedings of the 2nd International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. Pittsburgh, Pennsylvania. New York: ACM, 2010: 4-11.
- [41] 吴帆, 张亮. 增强现实技术发展及应用综述 [J]. 电脑知识与技术, 2012, 8(34): 8319-8325.
- [42] HWANG Y, PARK B J, KIM K H. The Effects of Augmented-Reality Head-up Display System on the Perception of Precautionary Situation [C] // 2015 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC). Jeju, Korea (South). IEEE, 2015: 1146-1148.
- [43] 徐瀚祺, 宫承波. 交通场景的沉浸式传播探究——以 AR-HUD 和透明 OLED 屏幕等透明显示设备技术的应用为例 [J]. 新闻爱好者, 2021(8): 37-41.
- [44] 刘姗姗. 抢滩 AR-HUD 新赛道, 一数科技按下快进键 [J]. 经营者(汽车商业评论), 2021(2): 172-175.
- [45] 张艺凡. 基于 AR-HUD 的人机界面交互设计及实验测试 [J]. 科学技术创新, 2021(35): 60-63.
- [46] 李伟章. 透明 OLED 显示发展现状及技术分析 [J]. 科技创新与应用, 2020(8): 135-136, 139.
- [47] 李松, 宋长德, 吕秀宾, 等. 一种基于透明 OLED 显示屏的新型飞机 HUD 系统: 201820586384.3 [P]. 2018-12-18.
- [48] 陈昕炜, 唐冠东, 张学伟. 汽车玻璃的交互界面设计探究 [J]. 工业设计研究, 2018: 14-21.
- [49] 刘宏, 周婷. 场景化时空: 一种理解当今社会的结构性视角 [J]. 现代传播(中国传媒大学学报), 2020, 42(8): 27-32.
- [50] 孔少华. 从 Immersion 到 Flow experience: “沉浸式传播”的再认识 [J]. 首都师范大学学报(社会科学版), 2019(4): 74-83.
- [51] 李沁. 媒介化生存: 沉浸传播的理论与实践 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2019.

责任编辑 汤振金

柳剑