

基于流程特征的用户安全驾驶移交体验

陈圳濠¹, 谭浩²

(1.湖南大学 汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 长沙 410082;

2.湖南大学 设计艺术学院, 长沙 410082)

摘要: **目的** 探索流程特征在智能汽车驾驶移交任务中的应用, 提升用户驾驶移交操作的安全体验。**方法** 基于绿野仙踪方法, 选取五十一位驾驶用户进行实验, 以用户安全感知理论为基础, 通过定性和定量方法, 评价基于不同流程的移交激活、速度调节、确认操作等动作对用户驾驶移交体验的影响, 对关键安全感知因素进行提取分析, 提出基于流程特征的移交操作设计策略。**结论** 不同流程特征下的移交操作设计对用户的安全感知有影响, 在高紧急情境中, 用户对速度调节有较高的操作负担, 因此在移交操作设计中需要降低它给用户带来的影响; 在低紧急情境中, 用户对确认操作作为操作结束点的普遍安全感知较强, 因此未来在移交体验的结束节点应让用户充分理解移交过程。验证流程特征对用户体验带来的影响, 为相关从业人员提供了新的观察视角。

关键词: 流程特征; 顺序效应; 子交互序列; 安全感知; 驾驶移交; 用户体验; 人机交互

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)02-0050-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.02.008

Driver Handover Safety Experience Based on Process Characteristics

CHEN Zhen-hao¹, TAN Hao²

(1.State Key Laboratory of Advanced Design and Manufacture for Vehicle Body, Hunan University, Changsha 410082, China; 2.School of Design, Hunan University, Changsha 410082, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the application of process characteristics in the handover task of intelligent vehicle and improve the safety experience of user driving handover operation. With the wizard of OZ method, 51 users were selected for the experiment. Based on the user safety perception theory, qualitative and quantitative methods were used to evaluate the influence of actions such as transfer activation, speed selection and confirmation based on different processes on the user's handover experience. The key safety perception factors were extracted and analyzed, and the handover operation design strategy based on process characteristics was proposed. Handover operation under different process characteristics has influence on user's safety perception. In the high emergency situation, the user has a high operational burden on speed selection, so it is necessary to reduce the impact on the user in the design of handover operation. In the low emergency situation, the user has a strong general safety perception of confirming action at the end point of the process. Therefore, the end of handover experience in the future should allow the user to fully understand the handover process. The impact of process characteristics on user experience is verified, which provides a new perspective for relevant practitioners.

KEY WORDS: process relationship; sequence effect; short interaction sequence; safety perception; handover; user experience; human-computer interaction

收稿日期: 2019-11-05

作者简介: 陈圳濠 (1995—), 男, 广东人, 湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室硕士生, 主攻智能交互与用户体验。

通信作者: 谭浩 (1977—), 男, 四川人, 博士, 湖南大学设计艺术学院教授、博士生导师, 主要研究方向为工业设计与智能交互。

随着智能汽车自动化等级的提高,驾驶员将越来越多的控制权移交给汽车,未来甚至可能出现控制权丧失的情形。控制权的减少或丧失,会对用户的安全感知和情绪造成负面影响^[1]。通过分析流程特征在驾驶移交任务中的运用,得出相应的操作设计策略,增强用户在驾驶移交任务中的安全感知,提升自动驾驶体验。在人工智能时代,控制权的移交设计将成为未来智能汽车人机关系的核心。

1 交互要素下的流程特征研究

流程特征包含单线程 (Sequential) 和多线程 (Concurrent) 两种形式,单线程是指按时间顺序依次显示的对象或进行的交互动作,多线程是指同时出现的对象或进行的交互动作,主要研究交互动作的不同流程和行为顺序对用户交互体验的影响。韩国林琬庚等人引入交互属性定义,是为了通过具体方式分解交互特性,以此描述动态且无形的交互品质,流程特征便属于此类^[2]。湖南大学谭浩在该领域通过特征提取的实验方法,得到了交互特征的定义、描述及其和用户体验的关系,并在具体的设计实例中进行了应用,其中交互特征包含流程特征,流程特征下的单线程与多线程关系见图 1^[3]。主要围绕流程特征下的单线程关系进行研究,包含子交互序列和顺序研究两部分内容。

1.1 子交互序列

通过对复杂的交互任务进行拆解,可以得知交互任务是由一系列子交互序列组成的,用户对每个子交

互序列产生不同的用户体验。过去,用户体验相关研究只针对开始和结束的体验节点进行研究,忽略其动态且连续变化的过程,在单一时间点进行体验评估,难以全面了解全流程体验过程,任务开始/结束体验评估 VS 子交互序列体验评估见图 2。因此,未来的相关研究需要考虑交互任务的不同子交互序列对用户的影响,它包含有限数量的面向目标的步骤,并有明确的动作起点和终点,此外,子交互序列的数量不固定,取决于任务类型、任务复杂程度以及完成任务所需要的时间^[4]。

1.2 顺序研究

心理学领域的相关研究表明,子交互序列的顺序效应可以影响人们对体验的回顾性评价,用户对体验的记忆并非与实际体验一致。已知首因效应、近因效应和峰终效应会影响人们对体验的记忆。首因效应是指体验初始时刻对用户的过度加权影响。近因效应和峰终效应是指终止 (结束) 或最强烈 (峰值) 时刻对用户的过度加权影响^[5]。心理学家丹尼尔·卡恩曼等人在此基础上进一步发现,在一般负面体验结束时,增加积极体验可以改善用户的整体主观评价^[6]。也就是说,人们的记忆通常对事件的持续时间不敏感,而是集中在接近结束的体验上。

心理学领域的相关研究已经证明顺序效应对用户体验的影响,但是在人机交互领域的相关研究还比较少,如果在交互领域中可以验证顺序效应对界面设计的重要影响,这将为设计人员提供更多机会,如通过改变交互元素的顺序来影响用户对交互体验的记

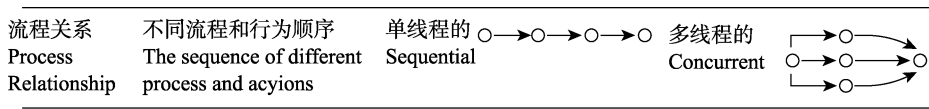


图 1 流程特征下的单线程与多线程关系

Fig.1 Relationship of sequential and concurrent action based on the process characteristics

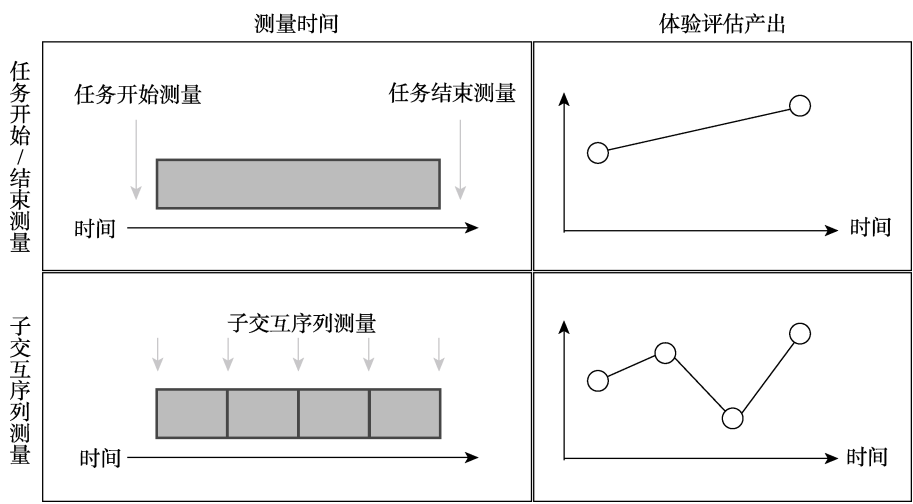


图 2 任务开始/结束体验评估 VS 子交互序列体验评估

Fig.2 Pre/post task UX evaluation VS short interaction sequences UX evaluation

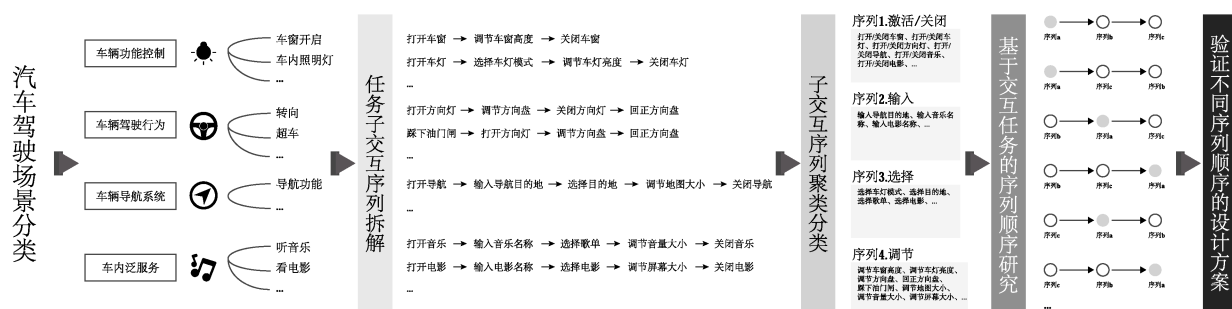


图3 项目研究流程概览

Fig.3 Overview of project research process

忆。因此,本文引入流程特征,在驾驶移交操作中验证子交互序列的顺序效应对人机交互体验的影响,为设计者带来新颖的研究视角。

2 流程特征在驾驶移交操作的运用

汽车和驾驶员之间的控制权转换是自动驾驶场景下重要的交互内容,它可以从移交和接管两个方面进行阐述,移交指驾驶员将汽车控制权转交给汽车系统,接管指汽车系统把控制权转交给驾驶员^[7]。Alexander 等人通过文献综述的方法,梳理出了驾驶移交的三种形式:主动移交(Active Transition),指用户主动执行移交激活操作;半主动移交(Semi-active Transition),指系统先发起移交请求,需要用户进行确认/取消操作;被动移交(Passive Transition),指系统检测到汽车需要进行移交操作并直接执行。通过分析以上驾驶移交形式可以得知,移交激活和确认操作是移交任务中的关键操作。这里将主要研究驾驶过程中的主动移交形式。

英国南安普敦大学工程与环境学院交通研究小组,定义了车内信息系统的三种主要交互操作:选择、输入和调节^[8]。湖南大学智能设计与交互体验实验室正在进行的智能汽车交互研究项目中,对一百九十五个车内场景进行了子交互序列拆解,并进行了分类梳理,验证了该分类的正确性,并且补充了激活/关闭序列,最后对以上子交互序列的顺序进行了研究,得出了基于特定交互任务的设计方案。项目研究流程概览见图3。

基于以上研究,围绕移交任务下的关键操作,设置三个子交互序列:移交激活、速度调节、确认操作。移交激活指的是驾驶员产生移交意图,通过激活相关控件准备移交控制权;速度调节指驾驶员对移交后的汽车速度进行选择;确认操作指驾驶员确定将汽车控制权移交给汽车的确定性指令,同时也可以取消移交执行。在得出以上关键子交互序列后,基于流程特征的顺序应用,针对以上子交互序列存在的排列形式,在驾车场景中进行验证,得到用户偏好的三种不同流

程的移交操作:移交激活-速度调节-确认操作、移交激活-确认操作-速度调节、速度调节-移交激活-确认操作,并对其进行用户安全感知方面的验证。

3 驾驶移交的安全评估

用户安全感知被定义为用户认为使用某个系统会影响自身生命安全的程度,这包括在车内时,判断当前司机的驾驶技术相对于有经验的司机所能带给自己的安全感,这对用户是至关重要的,因为用户将通过驾驶时使用的信息技术,来评估与自身安全相关的潜在影响,这将改变用户的行为意图^[9],尤其在驾驶移交场景下,用户安全感知体验直接关系到用户移交控制权的意愿。

随着社会技术的兴起,行为科学家不断改进和完善技术接受模型,以此更准确地衡量用户的行为意图。1985年,戴维斯开发了技术验收模型(TAM),1991年亚吉提出了计划行为理论(TPB),文卡塔斯等人在2003年提出了整合型科技接受模式理论(UTAUT),这些理论大部分基于桌面计算机环境,直到奥斯瓦尔德等人提出了汽车技术接受度模型(CTAM),考虑驾驶环境中的动态安全感知问题,该理论才开始被运用在实际驾驶环境中。汽车技术可接受度研究模型见图4。在环境安全感知领域,费希尔和纳萨尔等人基于阿普尔顿的环境避难理论,提出了前景(感知总体环境)、避难(感知环境可逃逸)和隐蔽(感知环境可藏匿)三类影响安全感的因素^[10],

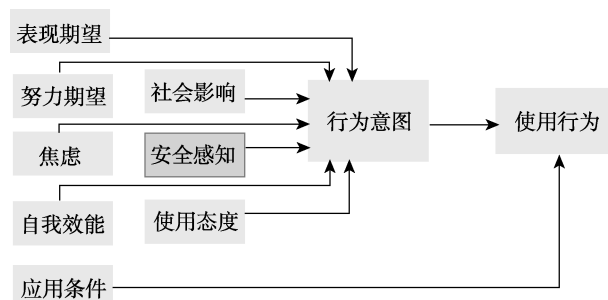


图4 汽车技术可接受度研究模型

Fig.4 Acceptance research model of vehicle technology

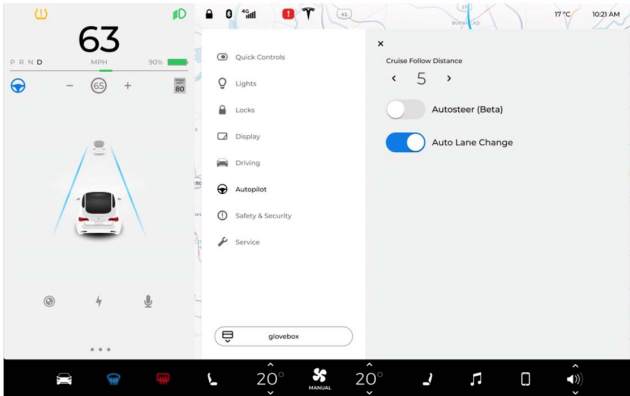


图 5 特斯拉 Model 3 自动变道界面
Fig.5 Automatic lane change interface of Tesla Model 3

本文也考虑了该领域对车内用户安全感知的影响。

基于心理学领域已经证明了的流程特征对用户体验的影响，加上用户安全感知作为驾驶移交场景下的关键体验要素，将研究流程特征对移交场景下的用户安全感知体验存在的影响，进行以下实验。

4 实验

4.1 被试与实验环境设备

根据国际汽车工程协会(SAE)新修订版的 J3016 (TM)《标准道路机动车驾驶自动化系统分类与定义》，L3-L5 级别的智能汽车是能够执行完整动态驾驶任务的自动驾驶汽车^[11]，因此人们常说的自动驾驶系统(ADS)，通常是指 L3 级别以上的汽车系统，虽然该级别的汽车还没有被大规模应用在实际生活中，但是作为探索性研究，本文将针对 L3 级别的智能汽车进行研究。

斯坦福大学 Key Jung Lee 等人在丰田安全研究中心的资助下，研究屏幕触控和语音控制两种模式下的用户驾驶移交体验^[12]。特斯拉 Model 3 自动变道界面使用了屏幕触控，通过点击屏幕上的 Auto Lane Change 进行移交激活，开启自动变道功能，特斯拉 Model 3 自动变道界面见图 5^[13]。综上研究，设置了基于屏幕触控的移交操作方式。

实验总共邀请了五十一位被试，其中二十九位男性，二十二位女性，年龄涵盖 19~43 岁，被试实际驾龄涵盖 1~23 年，平均在三年以上，其中三名用户因为不能适应模拟驾驶器，中途终止实验，因此有效样本为四十八份。

实验环境为室内实验环境，主要设备有：模拟驾驶系统，用于被试在实验过程中的模拟驾驶，并且设备布置严格按照 H-Point 的相关参数进行；挡风玻璃，让用户具备更强的驾驶临场感；Apple iPad 一部，固定在方向盘右侧，用于模拟用户驾驶移交操作，并在实验情境中进行音乐播放；手机一台，用于向被试拨打电话；键盘一个，在用户移交后，由控制人员进行

驾驶控制，模拟自动驾驶过程；摄像机一台，用于实验过程记录。

4.2 实验控制变量

4.2.1 实验情境

Keating (1982 年) 对于紧急程度依据时间进行划分，将两类车内典型事件归类为两种紧急程度：高紧急程度，即提醒通知（电话接入）；低紧急程度，即播放媒体（播放用户喜欢的音乐）^[14]。

实验根据自动驾驶条件下的用户移交操作，设置了两项目标任务。在高紧急情境下，用户先以 30 km/h 的时速在城市道路直行 2 km，主试会通过绿野仙踪方法（ Wizard of OZ ）^[15]，通过模拟打电话给被试，模拟电话接入的真实场景，然后被试进行驾驶移交操作，将驾驶控制权移交给汽车后接听电话；在低紧急情境下，则将电话接入的触发条件改为用户想要播放音乐，主动移交控制权。所有过程均模拟用户在真实驾驶环境中的移交操作。

4.2.2 驾驶移交操作设计

选择驾驶移交任务中的移交激活、速度调节和确认操作共三个关键子交互序列，进行不同顺序的组合共形成六种实验方案，筛除以确认操作为开始的两个无效方案及一个重复方案，并在高紧急情境和低紧急情境中进行研究。三种流程顺序×两种实验情境，共形成 A~F 六种实验方案，见图 6。

4.3 实验因变量

被试对安全感知体验的主观评分：在实验过程中，要求被试对驾驶移交操作的安全感知进行主观评分，量表采用 CTAM 原则及环境安全感知领域的安全感知标准，在此基础上，为了获得其他相关影响因素，实验问卷增加了存在感、用户满意度、信任感等维度进行主观评价。实验问卷内容见表 1。

评分方法为李克特五点量表计分法（ 5 分表示非常符合， 3 分表示一般， 1 分表示非常不符合）。

表 1 实验问卷内容	
Tab.1 Experimental questionnaire	
序号	问卷内容
S ₁	使用这个流程是安全的
S ₂	使用这个流程不会分散我开车的注意力
S ₃	我认为使用这个流程解救了我
S ₄	使用这个流程可以降低事故风险
S ₅	你可以看到驾驶移交的过程是合适的
S ₆	恶意系统隐藏在该环境中的可能性很小
S ₇	在紧急情况下，逃离该环境的可能性很大
S ₈	系统恶意把你困在这种环境中会很难
S ₉	你能感受汽车系统的存在
S ₁₀	您非常满意该操作流程
S ₁₁	您非常信任该操作流程



图 6 实验方案
Fig.6 Experimental scheme

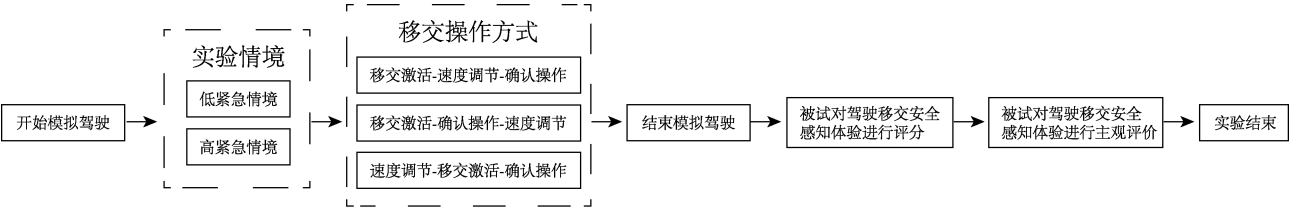


图 7 实验流程
Fig.7 Experimental process

表 2 用户主观评分均值
Tab.2 Subjective rating mean of user

实验情境	高紧急情境			低紧急情境		
实验方案	A (Means)	B (Means)	C (Means)	D (Means)	E (Means)	F (Means)
操作顺序	移交激活-速度 调节-确认操作	移交激活-确认 操作-速度调节	速度调节-移交 激活-确认操作	移交激活-速度 调节-确认操作	移交激活-确认 操作-速度调节	速度调节-移交 激活-确认操作
安全感知/分	2.60	4.01	2.54	2.41	3.47	3.94
存在感/分	2.70	3.88	2.42	2.30	3.61	3.93
满意度/分	2.72	3.98	2.43	2.41	3.36	3.91
信任度/分	2.46	3.93	2.57	2.45	3.49	3.89

4.4 实验方法及流程

实验流程见图 7，被试须在高紧急和低紧急两种实验情境下，使用三种流程特征下的移交操作，完成驾驶移交任务。

在每一次实验结束后被试需要填写李克特五点计分量表，对该次实验中安全感知的体验进行评分。评分结束后再进入下一轮实验，以此类推，直至完成所有实验。

5 实验结果

5.1 数据分析

测量用户安全感知的条目一共有八个（S₁~S₈），

经过可靠性检验，具有较高的内在一致性(Cronbach’s $\alpha=0.819$)，同时列出每一个特定条目与其他条目汇总的 Pearson 相关系数表，最小值为 0.472，均大于 0.3，因此所有条目均有效。

基于高紧急和低紧急两种驾驶情境，用户对驾驶移交操作的安全感知、存在感、满意度和信任度的主观评分均值，见表 2。

5.2 高紧急情境下的驾驶移交主观评分

对高紧急情境下的用户主观评分数据进行方差齐性检验，得到安全感知（ $p=0.107$ ）、存在感（ $p=0.653$ ）、满意度（ $p=0.181$ ）和信任度（ $p=0.027$ ）的检验值，均大于 0.05，因此对其进行单因素方差分析，发现流程特征对移交操作的用户安全感知

($F=34.58$, $p<0.001$)、存在感($F=17.11$, $p<0.001$)、满意度($F=13.79$, $p<0.001$)、信任度($F=12.08$, $p<0.001$)均效应显著。高紧急情境下的驾驶移交主观评分见图8。实验A和实验B在安全感知评分上有明显差异($p<0.001$);实验C和实验B在安全感知评分上有明显差异($p<0.001$);实验A和实验C在安全感知评分上则无明显差异($p=0.239>0.05$)。

5.3 低紧急情境下的驾驶移交主观评分

对低紧急情境下的用户主观评分数据进行方差齐性检验,得到安全感知的检验值 $p=0.443$,大于0.05,而存在感($p=0.014$)、满意度($p=0.003$)和信任度($p=0.014$)的检验值均小于0.05,因此对安全感知维度进行单因素方差分析,发现流程特征对移交操作的用户安全感知效应显著($F=93.11$, $p<0.001$)。低紧急情境下的驾驶移交主观评分见图9。实验D、实验E和实验F两两之间在安全感知评分上有明显差异($p<0.001$)。

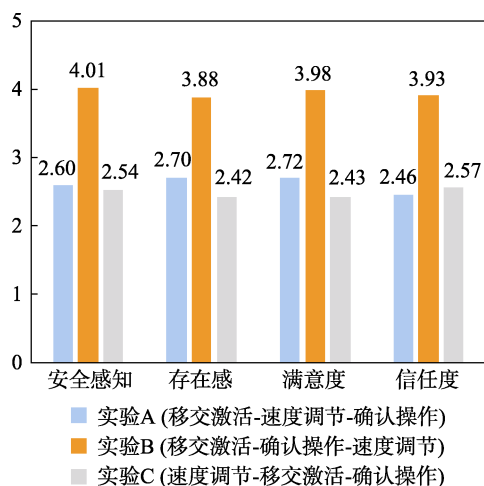


图8 高紧急情境下的驾驶移交主观评分
Fig.8 Subjective rating for driving handover in high emergency situations

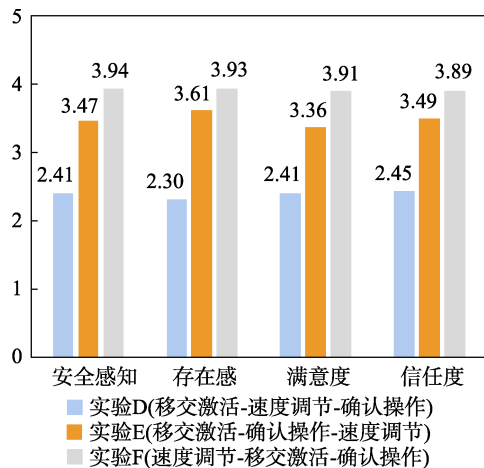


图9 低紧急情境下的驾驶移交主观评分
Fig.9 Subjective rating for driving handover in low emergency situations

6 实验结论

在高紧急情境下,用户对实验B(移交激活-确认操作-速度调节)的安全感知及其他指标评价最高,经过用户口语报告数据处理,发现用户对速度调节的动作产生较高的操作负荷,倾向于完成当前较紧急的任务,希望在快速地将控制权移交给汽车后,再对移交速度进行选择,大部分用户还希望在移交控制权后,系统以默认速度进行行驶,从而减少选择速度的步骤。

在低紧急情境下,用户对实验F(速度调节-移交激活-确认操作)的安全感知及其他指标评价最高,用户没有受紧急事件的干扰,可以有更多的时间思考并选择移交后的汽车速度,在最后一步出现的确认选择操作的动作,会让用户产生更高的安全感,因为用户能对汽车控制权移交的过程进行感知。

由分析数据可知,用户对移交过程产生较高安全感的同时,也会增加对智能系统存在的认知,如果用户感觉系统是一个看不到的黑盒子,安全感知会降低很多,更高的安全感知会使用户对系统产生更高的信任感和满意度,因此,在未来量产的自动驾驶汽车中,需要加强移交操作的用户安全感知设计。

基于不同驾驶情境,移交操作可以基于流程特征进行设计,给用户带来更高安全感,未来的交互界面是灵活多变的并且具备用户可适应性,汽车系统可以检测事件触发,基于不同情境为用户提供个性化的交互界面,产生更好的人机交互体验。

7 结语

一味地追求智能技术的发展,忽略相关体验要素的研究,会使智能汽车的发展失衡。用户追求新技术带来的智能、效率感受的同时,也会更加关注安全性本身,尤其是安全感知带来的主要影响。总的来说,这项研究提供了新的发现,在交互任务中,子交互序列的不同排序会对用户体验和用户偏好产生重大影响,因此需要讨论流程特征在交互过程中的作用,包括讨论如何利用流程特征设计出合适的交互方案,以及制定该研究方向的进一步议程。研究表明,在交互设计中考虑流程特征可以为改善交互系统中的用户体验提供新的机会,并为研究用户体验和可用性的设计师及研究人员提供新的观察视角。

参考文献:

- [1] 百度—湖南大学智能设计与交互体验联合创新实验室. 智能汽车人机交互设计趋势白皮书(2018) [EB/OL]. (2018-10-30) [2019-12-30]. <http://design.hnu.edu.cn/info/1032/4644.htm>.
Baidu and Intelligent Design and Interactive Experience of Hunan University Joint Innovation Laboratory. Smart Car White Paper on Human-computer Interaction Design Trends(2018) [EB/OL]. (2018-10-30)[2019-12-30].

- http://design.hnu.edu.cn/info/1032/4644.htm.
- [2] LIM Y, LEE S S, KIM D. Interactivity Attributes for Expression-oriented Interaction Design[J]. *International Journal of Design*, 2011, 5(3): 113-128.
 - [3] 谭浩, 李薇, 吴永萌. 交互特征研究与设计应用[J]. *湖南大学学报(社会科学版)*, 2015(2): 155-160.
TAN Hao, LI Wei, WU Yong-meng. Interactive Feature Research and Design Application[J]. *Journal of Hunan University (Social Science Edition)*, 2015(2): 155-160.
 - [4] WIMMER B, WÖCKL B, LEITNER M, et al. Measuring the Dynamics of User Experience in Short Interaction Sequences[J]. *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-computer Interaction Extending Boundaries*, 2010(7): 825.
 - [5] COCKBURN A, QUINN P, GUTWIN C. The Effects of Interaction Sequencing on User Experience and Preference[J]. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2017, 108: 89-104.
 - [6] FREDRICKSON B L, KAHNEMAN D. Duration Neglect in Retrospective Evaluations of Affective Episodes[J]. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1993, 65(1): 45-55.
 - [7] MIRNIG A G, GÄRTNER M, LAMINGER A, et al. Control Transition Interfaces in Semiautonomous Vehicles: a Categorization Framework and Literature Analysis[C]. *Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, ACM, 2017.
 - [8] HARVEY C, STANTON N A, PICKERING C A, et al. To Twist or Poke? A Method for Identifying Usability Issues with the Rotary Controller and Touch Screen for Control of In-vehicle Information Systems[J]. *Ergonomics*, 2011, 54(7): 609-625.
 - [9] OSSWALD S, WURHOFFER D, SANDRA T, et al. Predicting Information Technology Usage in the Car: towards a Car Technology Acceptance Model[C]. *Automotive UI '12: Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 2012.
 - [10] RIJSWIJK L. Safety in the Eye of the Beholder: Individual Susceptibility to Safety Related Characteristics of Nocturnal Urban Scenes[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2016, 45: 103-115.
 - [11] On-Road Automated Driving (ORAD) Committee. J3016_201806, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles[S]. SAE International in United States, 2018.
 - [12] LEE K J, JOO Y K, NASS C. Partially Intelligent Automobiles and Driving Experience at the Moment of System Transition[C]. *Acm Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, 2014.
 - [13] 特斯拉. 特斯拉 Model 3 自动变道界面[EB/OL]. <https://www.tesla.cn/model3>.
 - [14] KEATING J P. The Myth of Panic[J]. *Fire Journal*, 1982, 147: 57-61.
 - [15] GREEN P, WEI H L. The Rapid Development of User Interfaces: Experience with the Wizard of OZ Method[J]. *Human Factors & Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings*, 1985, 29(5): 470-474.

(上接第 12 页)

- Zebras Don't Sleep. Luban, The Application for Graphic Design Generation Engine[EB/OL]. (2018-04-26)[2019-12-13]. <https://yq.aliyun.com/articles/585381>.
- [36] 杨焕. 数据与设计的融合——大数据分析导出用户需求洞察的创新路径研究[J]. *装饰*, 2019(5): 100-103.
YANG Huan. The Integration of Data and Design: the Innovation Path Research of User Requirement Insight through Big Data Analysis[J]. *Zhuangshi*, 2019(5): 100-103.
 - [37] 王娜, 龙影. 基于用户体验的社会化标注系统评价体系研究[J]. *情报科学*, 2019, 37(6): 42-48.
WANG Na, LONG Ying. Evaluation System of Socialized Tagging System Based on User Experience[J]. *Information Science*, 2019, 37(6): 42-48.
 - [38] 郭美君. 基于大数据分析的用户体验设计[J]. *艺术百家*, 2013(S1): 183-184.
GUO Mei-jun. User Experience Design Based upon Grand Digital Analysis[J]. *Hundred Schools in Arts*, 2013(S1): 183-184.
 - [39] 马世龙, 乌尼日其其格, 李小平. 大数据与深度学习综述[J]. *智能系统学报*, 2016, 11(6): 728-742.
MA Shi-long, WUNIRI Q, LI Xiao-ping. Review on Deep Learning with Big Data: Stat of the Art and Development[J]. *CAAI Transactions on Intelligent Systems*, 2016, 11(6): 728-742.
 - [40] 覃京燕. 审美意识对人工智能与创新设计的影响研究[J]. *包装工程*, 2019, 40(4): 59-71.
QIN Jing-yan. Impact of Aesthetic Consciousness on Artificial Intelligence and Innovation Design[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(4): 59-71.
 - [41] 陈伟宏, 安吉尧, 李仁发, 等. 深度学习认知计算综述[J]. *自动化学报*, 2017(11): 21-32.
CHEN Wei-hong, AN Ji-yao, LI Ren-fa, et al. Review on Deep-learning-based Cognitive Computing[J]. *Acta Automatica Sinica*, 2017(11): 21-32.
 - [42] 董超, 毕晓君. 认知计算的发展综述[J]. *电子世界*, 2014(15): 200-201.
DONG Chao, BI Xiao-jun. Review on Developments of Cognitive Computing[J]. *Electronics World*, 2014(15): 200-201.
 - [43] 孟小峰, 李勇, 祝建华. 社会计算: 大数据时代的机遇与挑战[J]. *计算机研究与发展*, 2013(12): 5-13.
MENG Xiao-feng, LI Yong, ZHU Jian-hua. Social Computing in the Era of Big Data: Opportunities and Challenges[J]. *Journal of Computer Research and Development*, 2013(12): 5-13.
 - [44] 程学旗, 靳小龙, 王元卓, 等. 大数据系统和分析技术综述[J]. *软件学报*, 2014(9): 1889-1908.
CHENG Xue-qi, JIN Xiao-long, WANG Yuan-zhuo, et al. Survey on Big Data System and Analytic Technology[J]. *Journal of Software*, 2014(9): 1889-1908.