

基于多通道信息对无人驾驶信任度提升研究

牛东方¹, 陈腾飞², 肖楚梵¹, 赵健超¹, 张翌迪¹
(1.东北大学, 沈阳 110819; 2.米兰理工大学, 米兰 20133)

摘要: **目的** 无人驾驶技术发展迅猛, 拥有广阔的市场空间前景, 而用户对无人驾驶的信任问题将成为未来技术推广的瓶颈。从用户体验角度出发, 对无人驾驶信息多通道表达方式进行研究, 使用户能更高效地获取信息, 从而提高用户对无人驾驶汽车的信任度。**方法** 通过对比分析有人驾驶和无人驾驶下的信息传递过程, 找出在信息传递中用户对无人驾驶产生信任问题的原因。基于各感官通道信息表达特点, 分析不同驾驶情景下信息传递的强度需求。运用多通道的信息表达方式, 阐明适用于具体驾驶情景的多通道组合, 并选取视听多通道作为实验对象, 验证该多通道组合信息传导对提高信任度的有效性。**结果** 视听多通道实验证明在可预设和不可预设两种驾驶情境下, 单一视觉通道表达信息对信任影响差别不明显, 而视听通道组合表达信息对信任影响差别明显, 相比可预设驾驶情境, 在不可预设驾驶情境下视听通道组合能获得更多的信任。**结论** 针对具体驾驶情景运用恰当的多通道组合表达出合理的信息强度能够有效提升无人驾驶信任度。

关键词: 无人驾驶; 多通道; 信息强度; 信任

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)06-0081-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.06.012

Improvement of Trust in Unmanned Driving Based on Multi-channels

NIU Dong-fang¹, CHEN Teng-fei², XIAO Chu-fan¹, ZHAO Jian-chao¹, ZHANG Yi-di¹
(1.Northeastern University, Shenyang 110819, China; 2.Politecnico di Milano, Milano 20133, Italy)

ABSTRACT: With rapid development and broad market prospects of unmanned driving technology, the trust of users in unmanned driving will become the bottleneck of future technology promotion. The work aims to study the multi-channel expression of unmanned driving information from the perspective of user experience, so as to enable users to obtain the information more efficiently, thus improving the trust of users in the unmanned vehicle. The comparative analysis on the information transmission process under manned and unmanned driving was conducted to find out the reason why users had a trust issue with unmanned driving. Based on the information expression characteristics of each sensory channel, the intensity requirements of information transmission under different driving scenarios were analyzed. Multi-channel information expression was used to clarify the multi-channel combination suitable for specific driving situations, and audio-visual multi-channel was selected as the experimental object to verify the effectiveness of the multi-channel combination information transmission in improving the trust. The audio-visual multi-channel experiment proved that the effect of single-visual-channel expression information on trust was not obvious under the driving situations that could and could not be preset, while the effect of audio-visual channel combination expression information on trust was obvious. Compared with the driving situation that could be preset, the audio-visual channel combination could obtain more trust under the driving situation that could not be preset. Appropriate multi-channel combination used to express reasonable information strength according to specific driving situations can effectively improve the trust in unmanned driving.

KEY WORDS: unmanned driving; multi-channels; information strength; trust

现今, 无人驾驶技术已经日趋成熟, 汽车企业、 学术研究部门都大力合作发展无人驾驶, 期待将其作

收稿日期: 2020-01-21

作者简介: 牛东方(1981—), 女, 辽宁人, 东北大学副教授, 主要研究方向为产品交互设计。

为成熟产品投入市场。谷歌无人驾驶汽车据统计已经累积超过 1 100 000 km 的行驶里程。国内百度研制的无人驾驶汽车在北京实现了综合道路环境下的自主行驶^[1]。在巨大的应用前景和业界高涨的研发热情推动下,可以预见在未来几年内,将会有成熟的无人驾驶汽车产品入市^[2]。然而最近的调查显示,超过一半的专家和公共媒体并不接受无人驾驶汽车作为日常交通工具出现在公路上。如同信任在社交关系中扮演的角色,信任度决定了人们是否乐于接受和依赖无人驾驶汽车^[3]。人们的不信任直接降低了大众对于无人驾驶汽车的接受度^[4],这是无人驾驶汽车在进行应用推广时急需解决的问题。究其原因,人类驾驶员被机器替代所导致的人机交流障碍,是影响用户对无人驾驶系统不够信任的重要原因之一^[5],因此,从用户体验角度出发,研究信息高效传递的方式对解决用户与无人驾驶汽车之间的交流障碍,提升交互界面的有效性,最终提高用户对无人驾驶的信任度,具有重要意义。

1 无人驾驶信息传递过程中产生的信任问题

相比传统的有人驾驶,无人驾驶中用户获取驾驶信息及干预汽车行驶的方式产生了很大的变化。对比两种驾驶状态,可以分析无人驾驶阻碍建立信任的原因。两大阻碍建立信任的原因见图 1。

1) 区别于有人驾驶,在无人驾驶时,用户与系统直接进行信息交换,虽然驾驶系统能高效处理驾驶状况,但在信息表达和反馈方面远无法像人一样自然流畅。人在表达信息时,能合理地组合不同的通道表达各类信息。对于无人驾驶系统,在什么情景下使用什么通道表达信息,如何组合使用多通道,都如初生婴儿一般没有概念,这使其难以像人类一样正确使用多通道表达信息,因此,也难以产生信任感。

2) 无人驾驶中,系统容易误用过强或过弱的信

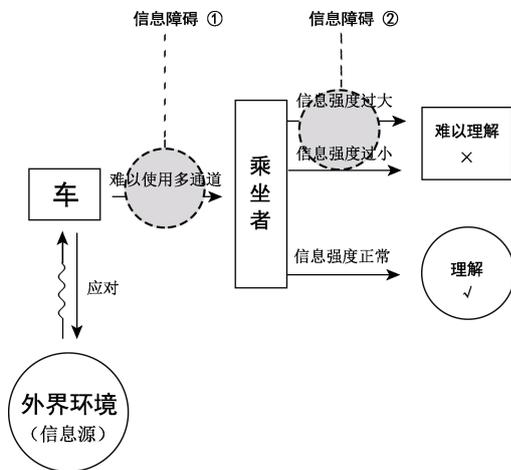


图 1 两大阻碍建立信任的原因
Fig.1 The two reasons that obstruct the establishment of trust

息强度来表达信息,从而造成理解偏差。无人驾驶最大的问题是用户不知道系统的处理状态,而系统也无法得知用户需要了解的程度。这致使需要传递的信息以错误的强度被表达,最终造成信息传递的有效性低下。人类驾驶员面对具体驾驶情景会自然地表达出相应强度的信息,因此,虽然有人驾驶中由于人为因素造成的事故的情况远高于无人驾驶,但无障碍的沟通还是会让用户更加信任有人驾驶。

运用多通道信息传导的方式建立针对具体驾驶情景的多强度信息传导模型,让无人驾驶系统学会运用多通道来解决信息强度的问题,使用户获得符合自身需求的信息表达强度,从而消除无人驾驶中的信息交流障碍。

2 多通道信息的表达强度与特点

2.1 单通道信息的表达强度与特点

人的认知通道分为触感通道、声感通道和视感通道,通过这三个系统,信息可以同时被语言信息通道和非语言信息通道接收,不同的认知系统间也相互独立,可以互不干扰并相互加强。单通道系统信息强度表达特点(见图 2)如下:(1)视感通道传递的信息最广泛,信息有效率和强度却最低;(2)听感通道传递信息普适性强,有效信息占比高,信息强度适中;(3)触感通道最简单且直接,能传递信息的强度最高。

总的来说,虽然三个通道系统功能越广泛,便可以处理更多形式的信息,但是需要大脑的干预更多,学习成本越高,处理信息的速度也会变得更慢,信息强度就会更低。

2.2 多通道信息的表达强度

日常生活中,通道并不会被独立的使用。各种感觉通道会被集成为统一的知觉^[6],这就是所谓的多通道。多通道信息更容易被理解(高效性),信息同时

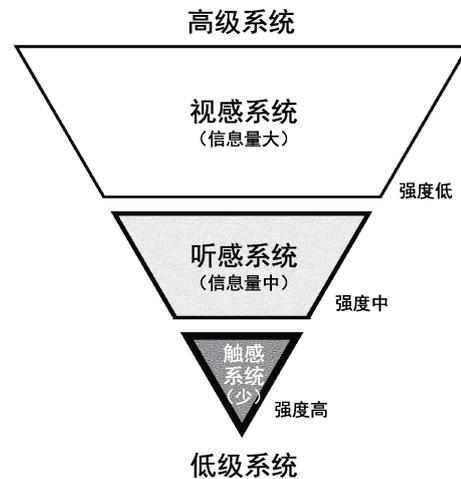


图 2 单通道系统信息强度表达特点
Fig.2 The expression characteristics of information strength of one-channel system

通过不同的通道被接受能提高信息的强度、被认知和理解的效率。由此可见，合理进行通道组合的重要性。

2.2.1 视听双通道组合

总结视听系统组合强度特性可归纳为两点。第一，视听组合可以处理几乎所有种类的信息。因为信息中有很多无用信息，各类信息之间并没有优先度，所以其信息强度低。第二，视听组合的双通道可以允许人选择性地忽视通过视感觉通道带来的信息。它还能在需要的情况下，通过听感觉通道传递必要的信息。

2.2.2 视触双通道和听触双通道组合

1) 视触组合。当视觉信息不能提供足够的信息强度和深度时，使用触觉去补足视觉信息的缺陷，会促进大脑的使用，导致意识高度集中。虽然触感可以提高视感信息的强度，补足视信息宽泛、缺乏优先度的缺点，但是需要大脑的高度参与。

2) 听触组合。听感与视感的不同是，听感本身没有视感高效，但听感信息强度本身比视感信息高。听感的优点是可以通过语言传递明确的信息，这种形式能减少人注意力的转移。对比视触组合，虽然听触组合所需的注意力低，信息明确，并且信息强度可以达到的水平高，但是信息传递效率低。

2.2.3 三通道组合

三通道需要高度的注意力，不仅不能同时对大量不同种类的信息进行处理，而且不能长时间起作用。不过其信息强度最高，它能在其他通道信息无法有效或正常工作起到关键作用，比如在危险情景下的及时反应。三通道一般用于传递简单而深刻的信息，比如握手问好等。基于信息刺激强度与注意力、大脑意识和潜意识的处理关系及多通道组合的特点，得出通道组合信息强度与信息量，见表 1^[7-8]。

3 不同驾驶情景信息强度需求分析

无人驾驶情景可以分为两大类，即可预设驾驶情景和不可预设的驾驶情景。乘坐者通过对目的地、路线、速度等驾驶条件的预设，使车辆将自身即将发生的动作提前告知乘坐者，这种通过预设一定变量就能达到理想驾驶状态的驾驶情景被定义为可预设的驾驶情景。而无法通过预设变量来完成的驾驶状况则称

表 1 通道组合信息强度与信息量
Tab.1 Information strength and information amount of multi-channels

通道组合	信息强度	信息量
视听	+	++++
视触	++	+++
听触	++++	++
三通道	++++	++

为不可预设的场景，例如受到交通拥堵等外界不可控

因素干扰的情景。不可预设情景又可继续细分为安全与不安全情景。用户在不同的情景中对信息强度的需求是不同的。情景分类及情景所需表达强度见图 3。

3.1 可预设驾驶情景中的信息表达强度

可预设驾驶情景中的信息大部分是不断重复且较为单一的，会造成用户对无人驾驶系统的反感，甚至造成信任的损失。对这些信息的处理应该为降低信息表达强度，允许用户忽视这些信息。

视感通道中，用户可以选择接受和不接受导航信息，听感是不能随人的意志所开启和关闭的，需进行一定的设置。然而越是需要即时、高效地获取道路情况信息，视感通道被占用就越发的严重^[9]。由此可见，听感通道作为辅助信息通道，在驾驶中更能起到向人传递系统自身的处理状态信息的作用。在可预设的情景中，不需要强烈的信息表达，而触感系统正是让用户记忆最深刻的信息通道，它并不适合廉价且大量的可预设情景信息，因此，在可预设的情景下，视感通道和声感通道结合的多通道信息传递是最适合的多通道组合。

3.2 安全不可预设情景中的信息表达强度

如果说可预设情景是量产、持续、廉价且大量的普遍信息，用户对此需求较低，那么不可预设信息就是用户需求较高的偶发信息。安全不可预设情景特指计划外事件会给用户带来困惑、不安全等感觉。无人驾驶系统技术可以预测并解决这种不可预设的突发状况，用户却无法得知具体情况，因此，用户对该情景下的说明信息具有很高的需求。

可预设场景的信息传递重复且频繁，它不需要过强的信息强度，并且需要使用户在熟悉无人驾驶性能后，一定程度上忽略可预设信息的存在。比如有人会选择在无人驾驶情况下睡觉，此时听感通道就应该被削弱。而不可预设情景视情况的严重程度而定，需要有一定强度的信息传递，比如急刹车后需要让惊醒的人理解当前发生的事件情况，听感与视感通道都应该保持高度活跃。

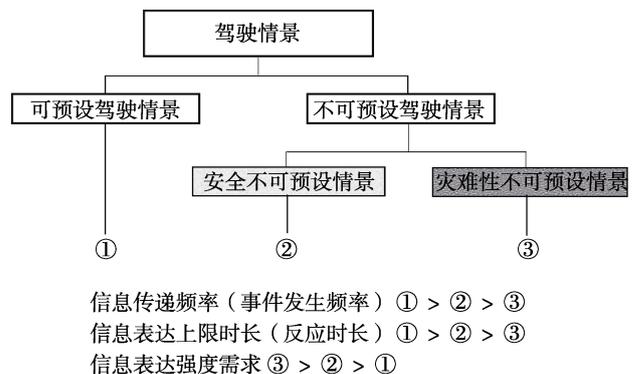


图 3 情景分类及情景所需表达强度
Fig.3 Scenario classification and expression intensity required by the scenario

3.3 不安全不可预设情景中的信息表达强度

不安全不可预设这种情况是无人驾驶系统无法有效解决的突发状况,大多会朝着发生交通事故的结果发展。此类信息不止是用户需求高的信息,更是系统必须让用户及时知晓的信息。系统即便能在极短时间内处理这样大量的信息,得出适合当前环境的解决方案,对车辆驾驶状态的修改也需要一定的时间,因此,需要让用户有紧急避险的心理准备。

短时间高度紧张的情况下,很少有用户能迅速冷静下来思考对策,系统需要惊醒用户,并使其采取避险行为,这需要很强的信息强度来激发人体自我保护的本能。这种情况下,视感通道跟听感通道都可能因为意识暂停而失去作用,毕竟两者都需要先被理解才能发挥作用,此时最简单、最强烈的触感通道的好处就得以体现。因此,在不安全不可预设的情景中需要组合触感、听感和视感。通过触感通道警告危险的来临,通过声音和图像信息传递当前人应该采取的方案。触感通道还可以通过提供压力形成一定的被动预防行为指导。例如,通过增加双肩上的压力对使用安全带的人暗示危险来临,这样还有一定的镇定效果。因为触感不能传递特别明确的意思,所以在使用时一定要谨慎地选择表达形式。

4 视听多通道实验

4.1 实验设计

期望能够通过一个小型实验,帮助分析多通道信息传递对无人驾驶信任度影响的趋势,因而选取了比较容易实现的可预设和安全不可预设情景下视听多通道作为实验对象,快速搭建了简易的实验原型。实验中设置有视频 A 为日常可预设驾驶情景,视频 B 加入了前车紧急刹车、道路拥堵等安全不可预设驾驶情景。针对两种驾驶情景提供了信息表达 1(视觉通道信息)和信息表达 2(视听多通道信息)。其中,视觉通道以图形和符号语言表现,实验视频截图见图 4,听觉通道以电子语音表现。

两种驾驶情景视频和两种信息表达方式相互组合成三组实验,实验设计见表 2。在实验 1 中,受试者在被隔离的安静环境下先后观看了 A1 视频(可预设驾驶情景+视觉单通道信息)和 A2 视频(可预设驾驶情景+视听双通道信息),以观看第一个视频的感觉为基准值,将观看第二个视频与第一个视频的感受作对比,回答问卷问题。然后,请受试者再进行第二部分实验,分别观看了 B1 视频(安全不可预设驾驶情景+视觉单通道信息)和 B2 视频(安全不可预设驾驶情景+视听双通道信息),同样按照前一部分的对比原则来回答问卷。实验 1 是想初步验证在同一驾驶情景下,单通道和多通道信息表达相对比是否会使用户产生信任差别。实验 2 采用了与实验 1 相同的实



图 4 实验视频截图

Fig.4 Snapshot of experimental video

表 2 实验设计

Tab.2 Experiment design

实验名称	实验视频	
实验 1	A1	A2
	B1	B2
实验 2	A1	B1
实验 3	A2	B2

验思路和流程,让受试者分别观看了 A1 视频和 B1 视频并进行对比,此实验目的是验证单通道信息表达在不同驾驶情景下是否会使用户产生信任差别。在实验 3 中,受试者观看并比较了 A2 视频和 B2 视频,此实验目的是验证多通道信息表达在不同驾驶情景下是否会产生信任差别。

4.2 数据处理

实验中采用调查问卷作为评价实验结果的手段。在实验问卷问题设置上,选取了已被验证的信任度量表^[10],共设八道题,每道题都将受试者的感受分别对应-3~3 的七个等级,0 值代表单个实验中观看第一次视频后的感受,第二次视频观看后的感受会与第一次进行比较,好于第一次在正值中选择,低于第一次在负值中选择,和第一次没有差别则选择 0。问卷的结果可以体现出受试者对于一组实验中两个驾驶视频的信任度差别。

为保证实验问卷结果的有效性,对实验问卷进行筛选,如果出现问卷得分全部一致,或者实验操作不当后依旧完成问卷等,则视为无效问卷。

4.3 实验结果

共有四十五人参与实验,年龄范围为 20~55 岁。将受试者分为三组,每组十五人,实验最终回收有效

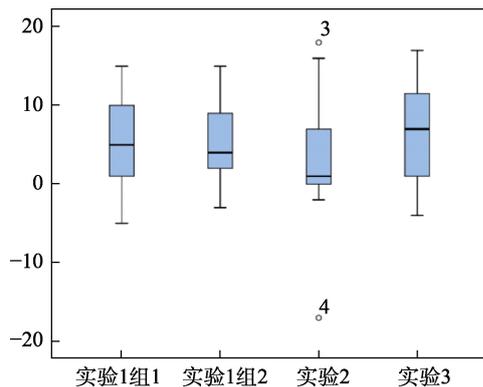


图 5 实验数据对比

Fig.5 The comparison of experimental data

问卷四十五份。当完成问卷回收后,运用数理分析软件 SPSS 进行 Mann-Whitney Test 数据分析,得出每组数据的得分区域和 P 值,验证数据是否存在普遍的正值提高,实验数据对比见图 5。

实验数据经分析后,可以得出以下结果。

1) 实验 1 中对比 A1、A2 组视频,将问卷每题得分的平均值与 0 作对比,获得 $P_1=0.004$ ($P \leq 5\%$)。对比 B1、B2 组,同理操作获得 $P_2=0.003$ ($P \leq 5\%$)。由此得出,在可预设驾驶情景和安全不可预设驾驶情景这两种情况下,视听双通道相比视觉单通道信息表达能获得更多的用户信任。

2) 实验 2 中对比 A1、B1 视频,将问卷每题得分平均数与 0 作对比,获得 $P_3=0.113$ ($P \geq 10\%$)。由此得出,视觉单通道信息表达在可预设驾驶情景和安全不可预设驾驶情景下,对用户的信任影响没有明显差别。

3) 实验 3 中对比 A2、B2 视频,将问卷每题得分平均数与 0 作对比,获得 $P_4=0.005$ ($P \leq 5\%$)。由此得出,视听双通道信息表达在可预设驾驶情景和安全不可预设驾驶情景下,对用户信任产生了明显的差异性影响。相比之下,安全不可预设情景下用户对视听双通道的信息表达更为信任。

结合以上三个实验结果,可以确定在可预设、安全不可预设驾驶情景下视听多通道信息传递对无人驾驶信任度的积极影响,尤其在更为复杂的驾驶情景下,视听多通道信息传递对信任度提升有更显著的效果,实验得到的结果符合预期。虽然实验只是选取了两种典型驾驶情景及视听两种通道组合来进行对比实验,不能完全验证论述的结论,但是可以看出多通道信息传递对多情景的无人驾驶信任度有积极的影响趋势。在未来的研究中,会补充视触、听触不同通道组合对信任度产生的影响,并更进一步分析具体的设计方法,使信息传递更高效。

5 结语

无人驾驶能大大降低事故发生率,并且有效地解决资源短缺等问题,对未来社会发展的重要性不容忽

视。提高用户对无人驾驶的信任度对无人驾驶应用推广的重要性不言而喻。经过研究,可得出以下结论:

(1) 无人驾驶无法灵活地采用信息通道和恰当地采用强度来表达信息,造成了用户与系统之间的信息交流障碍,妨碍了信任度的建立;(2) 可预设、安全不可预设、不安全不可预设三种驾驶情景下的信息表达强度具有明显差异性,不同驾驶情景需要相适配的多通道组合来进行信息表达;(3) 简易视听多通道实验结果表明,针对具体驾驶情景运用视听多通道组合恰当地表达出合理的信息强度,对提升无人驾驶信任度有积极影响。该研究从用户体验角度考虑,为无人驾驶交互界面设计提供了思路。在未来的研究中,会更加专注于多通道信息表达方式在各种驾驶情景中对无人驾驶用户体验的影响,在交互设计方向,努力推进无人驾驶的推广应用。

参考文献:

- [1] 王丽娜. 蓄势待发的无人驾驶汽车[J]. 科技导报, 2016, 34(6): 8.
WANG Li-na. Prepared Autonomous Vehicles[J]. Science & Technology Review, 2016, 34(6): 8.
- [2] 黄武陵. 无人驾驶汽车带来的交通便利[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2016, 16(6): 6-8.
HUANG Wu-ling. The Convenient Transportation Based on Autonomous Vehicles[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2016, 16(6): 6-8.
- [3] CHOI J, JI Y. Investigating the Importance of Trust on Adopting an Autonomous Vehicle[J]. International Journal of Human-Computer Interaction, 2015, 31(10): 692-702.
- [4] STORMONT D P. Analyzing Human Trust of Autonomous Systems in Hazardous Environments. Proc. of the Human Implications of Human-Robot[C]. Chicago: Interaction Workshop at AAAI, 2008.
- [5] LEE J, KIM K J, LEE S, et al. Can Autonomous Vehicles Be Safe and Trustworthy? Effects of Appearance and Autonomy of Unmanned Driving Systems[J]. International Journal of Human-Computer Interaction, 2015, 31(10): 682-691.
- [6] GHAZANFAR A A, MAIER J X, HOFFMAN K L, et al. Multisensory Integration of Dynamic Faces and Voices in Rhesus Monkey Auditory Cortex[J]. Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience, 2005, 25(20): 5004-5012.
- [7] DEHAENE S, CHANGEUX J, NACCACHE L, et al. Conscious, Preconscious, and Subliminal Processing: a Testable Taxonomy[J]. Opinion Trends in Cognitive Sciences, 2006, 10(5): 204-211.
- [8] TREUE S. Visual Attention: the Where, What, How and Why of Saliency[J]. Current Opinion in Neurobiology, 2003, 13(4): 428-432.
- [9] WETHERELL A. Short-term Memory for Verbal and Graphic Route Information[J]. Proceedings of the Human Factors & Ergonomics Society Annual Meeting, 1979, 23(1): 464-468.
- [10] JIAN J, BISANTZ A M, DRURY C G, et al. Foundations for an Empirically Determined Scale of Trust in Automated Systems[J]. International Journal of Cognitive Ergonomics, 2000, 4(1): 53-71.