

基于语义分析下汽车无人驾驶和自动驾驶用户体验研究

谭浩¹, 孙家豪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** 以无人驾驶汽车和自动驾驶汽车为研究对象, 针对不同的驾驶任务进行用户体验分析。**方法** 利用语义分析法获取用户认知信息, 将用户口语报告编码后进行定量分析。**结果** 得出在主驾驶任务中, 自动驾驶汽车用户体验高于无人驾驶汽车, 而在次级驾驶任务中, 无人驾驶汽车用户体验优于自动驾驶汽车。**结论** 在进行主驾驶任务中, 用户对自己驾驶操作更加拥有信心, 而对无人驾驶汽车存在明显的不信任感。人们在自动驾驶汽车的同时打电话、听音乐或操控导航, 会分散注意力从而影响驾驶操作, 导致无法安心驾驶, 影响生命安全; 而在驾驶无人车时, 人们通常觉得可以放心操作次级任务而不会影响驾驶安全, 从而拥有良好的用户体验。

关键词: 无人驾驶; 自动驾驶; 语义分析; 用户体验

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)14-0058-05

Different UX between Automatic Cars and Driverless Cars

TAN Hao¹, SUN Jia-hao²

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

ABSTRACT: The study researches the automatic cars and driverless cars, and analyzes the user experience in line with the different driving tasks. The information of user awareness could be achieved by means of semantic analysis, and then quantitative analysis was carried out as soon as the verbal report of users was coded. In primary driving tasks, the user experience of self-driving car was superior to the one of driverless cars. However, in secondary driving tasks, the user experience of driverless cars was better than the one of automatic cars. Users operations in primary driving task gain confidences to themselves, and the distrusts of unmanned car is obvious. People often use mobile phone, listen to music, or manipulate the GPS while driving a car, which would be distractions to affect driving operation and it will lead to the situation that the driver can't drive in peace and affect the safety of life. However, under unmanned driving mode, people usually feel safe operation of secondary task without affecting driving safety, thus it always has good user experience.

KEY WORDS: unmanned; autonomous driving; semantic analysis; user experience

无人驾驶汽车是一种智能化汽车, 它和自动驾驶汽车最重要的区别就是它将驾驶员从传统的“人一车一路”闭环的环境中脱离出去, 利用车载传感

器感知车辆周围环境, 再通过车内计算系统分析所感知的路况, 控制车辆的速度和转向, 实现车辆的无人驾驶。随着无人驾驶汽车的发展、科学技术的

收稿日期: 2016-03-20

基金项目: 国家科技支撑计划(2015BAH22F01); 国家自然科学基金项目(61402159、60903090); 湖南省社会科学基金项目(2010YBA054); 汽车车身先进设计制造国家重点实验室自主课题; 湖南大学青年教师成长计划项目资助

作者简介: 谭浩(1977—), 男, 四川人, 博士, 湖南大学副教授, 主要从事汽车设计、人机交互和设计方法方面的研究。

成熟和消费者对无人驾驶的需求的增长与变化，用户的驾驶体验在无人驾驶汽车开发过程中起到越来越重要的作用。已有研究指出人们的年龄、性别和是否有使用 ADAS（高级辅助驾驶系统）经验，都会影响使用无人驾驶汽车的用户体验和用户接受程度^[1]。然而用户从自动驾驶转向无人驾驶的过程中，在不同的驾驶任务中用户驾驶体验是否会出现重大的改变，成为了无人驾驶汽车产品策略和设计研究日益重要的目标。

1 无人驾驶汽车

为了更好地完成驾驶任务，越来越多的车辆配备了先进的驾驶员辅助系统（ADAS），增加了自动化汽车的特定的驾驶功能。根据美国高速公路安全管理局关于不同自动程度汽车的分级制度，分为了五级，即 No-Automation, Function-specific Automation, Combined Function Automation, Limited Self-Driving Automation 和 Limited Self-Driving Automation^[2]。当自动驾驶汽车发展出属于自己的独立智能时，将改变汽车和驾驶员之间的相互关系。之前的决策由驾驶员单独决定变成驾驶员和汽车之间共同决策。为了更好地完成驾驶任务，驾驶员会放弃和丧失一部分自动驾驶控制权，让驾驶系统来进行操作。这时候，驾驶系统的用户体验就尤为重要了，因为在驾驶的过程中一个微小的错误就会带来致命的后果。在对无人驾驶汽车的用户体验研究中，用户对无人车完成驾驶任务基本拥有积极的态度。Brookhuis 和 Waard^[3]与公交车驾驶者进行了关于测试 Phileas 的驾驶模拟器研究，它结合了公共交通车辆总线，有轨电车和地铁的特点。实验中用户被要求使用手动挡行驶既定路线的一部分，并随时可以用自动切换的模式从手动驾驶到半自动驾驶或全自动驾驶。结果表明，平均 55% 路线的用户使用了全自动驾驶，在工作中他们更喜欢全自动驾驶。但在另一方面，自动驾驶会导致资讯娱乐功能的增多，同时就存在用户对无人驾驶汽车信任和可靠性的问题，因为驾驶者的驾驶技能会退化，所以在必要的时候需要提高驾驶者的操纵感，合理分配汽车自动化程度。还有研究表明，全自动化的汽车比踏板自动化的汽车更为智能。另外，驾驶员在踏板自动化的情况下，使用触摸交互比使用声音交互更容易紧张。使用声音交互的驾驶员比使用触摸交互的驾

员犯错更少^[4]。

2 驾驶任务

汽车驾驶是一个多层次任务，驾驶员需要在计划层、策略层和操作层 3 个层次上确定驾驶的策略和具体行动^[5]，计划层主要是用户旅途的计划和目标，策略层则集中于策略的选择和决策，而操作层就是针对汽车的具体操作。

在驾驶行为中一般都包含着各种不同的任务，它包括主驾驶任务：速度控制^[6]、避撞控制^[7]和转向控制等方面，主驾驶任务就是保持驾驶正常行驶和监控道路危险^[8]。驾驶（车内）次任务，亦可称作次要任务、二级任务等，如收听广播、使用移动电话、看地图、照顾小孩、与乘客交谈、调控车内设施等^[9]。驾驶次任务通常被看作是相对于主驾驶任务而言，与驾驶无关或不直接相关的其他任务。这些任务会在不同程度上占用驾驶员的视觉资源、认知资源和动作资源，分散驾驶员的注意力^[9]。

3 实验设计

实验构造了无人驾驶汽车和自动驾驶汽车两种虚拟驾驶车辆模型，自动驾驶车辆模型是利用传统控制方式（踏板、方向盘、档位）模拟在 3D Instructor 2 中模拟控制汽车的加速和转向，自动驾驶汽车模型见图 1。无人驾驶汽车模型见图 2，参考了谷歌无人汽车驾驶方式，利用 3D Instructor 2 录制了一段汽车行驶的视频，在实验过程中用户在构建的场景中通过观看预制驾驶视频，来感受无人驾驶汽车的驾驶体验，在行驶过程中用户不需要对主驾驶任务进行任何操作，只需在 3D Instructor 2 软件中使用相同的驾驶场景，要求用户在不同的车辆模型中，从相同地点出发到达同一目的地，在行驶过程中需要完成主驾驶任务（速度控制、避撞控制和转向控制）和次级驾驶任务（使用音乐播放器和接听电话），并在测试中记录用户的同时性口语报告。在完成测试后，针对这 2 两种驾驶模型完成情况进行追溯性口语报告。

3.1 用户口语报告的编程方法

实验获得了大量用户原始口语报告后，根据《马氏文通读本》将口语报告中的形容词分为表示主观



图1 自动驾驶汽车模型

Fig.1 The simulator mock of automatic cars



图2 无人驾驶汽车模型

Fig.2 The simulator mock of driverless cars

情绪好、意义积极的积极类形容词和表示主观情绪不好、意义消极的消极类形容词进行区分^[10]。利用正面形容词和负面形容词来判别用户在不同情景下的体验；程度副词分为4级，且这4个级别分别为“极”、“高”、“中”、“低”，程度副词分级见表1^[11]。按照李特量表分级规则，将程度副词分为8个等级，正性程度的即为“极”为4，“高”为3，“中”为2，“低”为1。负性程度的即为“极”为-4，“高”为-3，“中”为-2，“低”为-1。没有表明态度的介于正负性最低量级之间，取0。

表1 程度副词分级
Tab.1 Grading of adverbs of degree

程度副词分级	论文中副词评级
极	最, 最为, 太, 极, 极为, 极度, 极端, 至, 至为, 顶, 过, 过于, 过分, 分外, 万分
高	更, 更加, 更为, 更其, 越, 越发, 备加, 愈, 愈加, 愈发, 愈为, 愈益, 越加, 格外, 益发, 还, 很, 挺, 怪, 老, 非常, 特别, 相当, 十分, 好, 好不, 甚, 甚为, 颇, 颇为, 异常, 深为, 满, 蛮, 够, 多, 多么, 殊特, 大, 大为, 何等, 尤其, 无比, 尤为, 不胜
中	较, 比较, 较比, 还, 不大, 不太, 不很, 不甚
低	稍, 稍稍, 稍微, 稍为, 稍许, 略, 略略, 略微, 略为, 些微, 多少, 有点, 不胜

制定原始口语报告提取的编码规则分为直接提取、情境提取、虚拟语境提取和事件描述提取4种方式。

直接提取, 包括对形容词、程度副词的提取。对句中明确出现的形容词、程度副词直接进行提取, 以判断被试者对于某一目标对象的态度或感受。例如, “开车的时候做任何事情是比较危险的, 包括我刚才转弯的时候操控这个东西(手势音乐播放器)

走偏了, 就跑到马路边上了。”(“无人驾驶)比我开的好一些我觉得, 还挺好的。包括转弯这种都挺好的, 我感觉还挺安全的。”“好慢呀!”提取形容词“危险”, “好”, “安全”, “慢”;程度副词“比较”, “一些”, “挺”, “好”。

情境提取, 针对被试者进行模拟测试的过程中即时反馈的语句里未出现形容词的情况, 对于偏口语化的感叹语句和疑问语句, 通过回顾测试录像, 综合考虑被试者所处的实物场景、语言环境及语气强弱, 对被试者的态度和感受进行判断。将输入信息转换为以形容词为主导的表现形式。例如, “哎呦, 吓死了!”(无人车加速情境);“哇!怎么办?”(无人车避撞时进行操作)。提取形容词“害怕的”(针对无人车加速), “迷惑的”(针对避撞);程度副词“很”。

虚拟语境提取, 在被试者所处的语义情境中, 针对被试者的语句中未出现形容词的情况, 通过被试者的假设、比较、建议和期望, 对被试者对当下环境和现有目标对象的态度或感受进行判断, 并转换为以形容词为主导的表现形式。例如, “或者(无人驾驶)加一种机制, 特别是直线行驶, 路上没有车, 我希望快一点。如果它能识别的话, 能自动驾驶就好了。”“当我在空旷的路面上专心地开车, 没有其他的任务操作的时候, 我会觉得自己驾驶可能更有乐趣一点。”提取形容词“慢”(针对路况良好的直线行驶), “无趣的”;程度副词“有点”。

事件描述提取, 在被试者所处的语义情境中, 针对被试者的语句中未出现形容词的情况, 通过被试者对于测试过程中事件的描述, 综合考虑被试者在当时情境中的动作及心理活动, 对被试者对目标对象或事件的态度或感受进行判断, 并转换为以形容词为主导的表现形式。例如, “就是我在驾驶可能车多或者是转向(的情况), 遇到了很多来往的车辆, 我就下意识地去避免操作那个(手势音乐播放器), 尽量把心思放在驾驶这一块。”提取形容词“分心的”(针对音乐播放器)。

3.2 口语报告处理方法

根据上诉的编码规则, 将主驾驶任务(速度控制、避撞控制、转向控制)、次级任务(使用音乐播放器和接听电话)提取出的词语, 按照统计学方法进行处理。将形容词按照用户体验的正面倾向和负面倾向将其归类, 即若形容词表现的是相对愉悦

的用户体验（如好、轻松），则将其词性判别为正，反之若该形容词表达了相对恶劣的用户体验（如紧张、担心），则将其词性判别为负。再将被试者对某项测试评价中词性一致且词义相近的形容词（如担心、害怕）进行归类统计，得到每一类形容词出现的次数 n 。按照上文所提出的程度副词分级量表，将每个形容词所对应的程度副词分为极、高、中、低 4 个级别，每个级别所代表的权重值 a 为 4, 3, 2, 1。这样，根据公式：

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m (n_i \cdot a_i) \quad (1)$$

其中： $N = \sum_{i=1}^m n_i$ ，为同一词性的形容词中某类

形容词所有分级出现的总次数； n_i 代表某类形容词某个分级出现的次数； a_i 代表该分级所代表的权重值； m 为 4（代表 4 个不同的权重值）； E 为用户对于该项任务体验评价的加权平均值。

在统计中发现，在同样情境（无人或有人）的不同任务下，并不是所有人都对该项任务的体验进行了评分，因此，为了在最后的的数据中体现出这样的情况，还需要引入一个可信系数 α 。在本项测试中，定义可信系数：

$$\alpha = \frac{a}{M} \quad (2)$$

其中： a 为对某项任务进行评价的被试人员的数量； M 为参加测试的总人数。

最后，所得到的对某种情境下某一任务完成度的整体评分 Q 为：

$$Q = \alpha \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m (n_i \cdot a_i) \quad (3)$$

根据公式（3），可以分别得到无人驾驶汽车和自动驾驶汽车各项任务体验的正面整体评分和负面整体评分。将不同驾驶情境下相同任务正面和负面的得分情况分别进行比较，计算出他们之间的倍数关系，并计算出他们之间的差值与得分空间 4 的比值。通过这个比值，可以较为直观地看出被试者对于两种驾驶模式的评价差距。利用两者得到的正负向评分建立 2×2 的四联表，计算出理论值，利用 CHISQ.TEST 函数计算 p 值。

4 实验结果

无人驾驶汽车和自动驾驶汽车实验结果对比见

图 3。

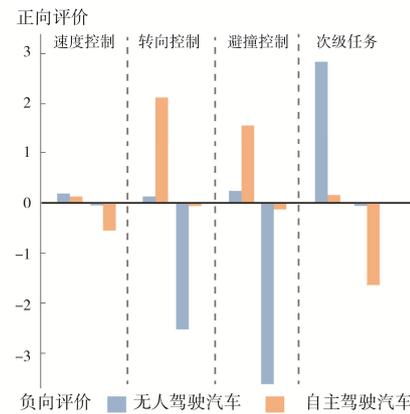


图 3 实验结果对比

Fig.3 Comparison of study results

4.1 主驾驶任务

在速度控制中，无人驾驶汽车可信任度的正面评价为 0.231，负面评价为 0.068；自动驾驶汽车的对应值分别为 0.154 和 0.527。 p 值=0.96753>0.05，因此就此任务而言，无人驾驶汽车和自动驾驶汽车的体验没有显著性差异。在避撞控制中，无人驾驶汽车情况下可信任度的正面评价为 0.288，负面评价为 3.647；自动驾驶汽车的对应值分别为 1.615 和 0.154。 p 值=0.04913<0.05，因此就此任务而言，无人驾驶汽车和自动驾驶汽车的体验具有显著性差异。

在转向控制中，无人驾驶汽车情况下可信任度的正面评价为 0.154，负面评价为 2.548；自动驾驶汽车的对应值分别为 2.154 和 0.77， p 值=0.04413<0.05，因此就此任务而言，无人驾驶汽车和自动驾驶汽车的体验具有显著性差异。

4.2 次级驾驶任务（使用音乐播放器和接听电话）

无人驾驶汽车情况下，可信任度的正面评价为 2.778，负面评价为 0.077；自动驾驶汽车的对应值分别为 0.167 和 1.790。 p 值=0.0496<0.05，无人驾驶汽车和自动驾驶汽车的体验具有显著性差异。

5 结语

实验结果强调了无人驾驶汽车和自动驾驶汽车在针对不同的驾驶任务时，会有不同的用户体验。在主驾驶任务中，对于速度控制而言，无人驾驶汽车与自动驾驶汽车的用户体验基本相同，而在避撞控制和转向控制中，无人驾驶汽车的用户体验明显

低于自动驾驶汽车。在进行主驾驶任务中用户对自己驾驶操作更加有信心,而对无人驾驶汽车存在明显的不信任感。相反的,对次级任务而言,无人驾驶汽车和自动驾驶汽车的体验也具有显著性差异,但是无人驾驶汽车的体验远好于自动驾驶汽车。人们在驾驶汽车的同时打电话、听音乐或操控导航,会分散注意力从而影响驾驶操作,导致无法安心驾驶,影响生命安全;而在无人驾驶汽车时,人们通常觉得可以放心操作次级任务而不会影响驾驶安全,从而拥有良好的用户体验。

在不同的自动化水平中,在处理不同的驾驶任务时,系统能高度适应用户的需求,使他拥有一个愉快和良好的驾驶体验,这将是汽车工业的一个目标。在未来的工作中,将进一步研究是哪些因素导致用户对自动驾驶和无人驾驶拥有不同的体验,针对这些因素可以做进一步的优化设计使司机拥有更好的用户体验。

参考文献:

- [1] RODEL C, STADLER S, MESCHTSCHERJAKOV A, et al. Towards Autonomous Cars: the Effect of Autonomy Levels on Acceptance and User Experience[C]. Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, 2014.
- [2] Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicle[EB/OL]. http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated_Vehicles_Policy.pdf.
- [3] BROOKHUIS K, WAARD D D. The Consequences of Automation for Driver Behaviour and Acceptance[J]. Proceedings of the International Ergonomics Association, 2006.
- [4] LEE K J, JOO Y K, NASS C. Partially Intelligent Automobiles and Driving Experience at the Moment of System Transition[C]. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2014.
- [5] MICHON J A. A Critical View of Driver Behavior Models: What Do We Know, What Should We Do[M]. Human Behavior and Traffic Safety, 1985.
- [6] KIM H M, DICKERSON J, KOSKO B. Fuzzy Throttle and Brake Control for Platoons of Smart Cars[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996, 84(3): 209—234.
- [7] DING H, LIH X. Fuzzy Avoidance Control Strategy for Redundant Manipulators[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 1999(12): 513—521.
- [8] WICKENS C D, LEE J D, LIU Y, et al. Introduction to Human Factors Engineering[J]. 1998.
- [9] 王颖. 基于人机交互仿真的驾驶次任务研究[D]. 北京: 清华大学, 2009.
WANG Ying. In-vehicle Secondary Task Study Based on Human-machine Interactive Simulation[D]. Beijing: Tsinghua University, 2009.
- [10] 吕叔湘. 《马氏文通》读本[M]. 上海: 上海世纪出版集团, 2000.
LYU Shu-xiang. "Ma Shiwentong" Reader[M]. Shanghai: Shanghai Century Publishing Group, 2000.
- [11] 陈颖. 简论程度副词的程度等级[J]. 牡丹江师范学院学报(哲学社会科学版), 2008(1): 59—62.
CHEN Ying. Research Degree Adverbs of Degree Level[J]. Journal of Mudanjiang Normal College (Philosophy and Social Sciences), 2008 (1): 59—62.