

景 鹏,黄 芳,徐 刚,等. 自动驾驶支付意愿及影响因素分析[J]. 长安大学学报(自然科学版),2021,41(1):90-102.

JING Peng, HUANG Fang, XU Gang, et al. Analysis of autonomous driving payment willingness and influencing factors[J]. Journal of Chang'an University(Natural Science Edition), 2021, 41(1): 90-102.

DOI:10.19721/j.cnki.1671-8879.2021.01.010

自动驾驶支付意愿及影响因素分析

景 鹏,黄 芳,徐 刚,王 伟

(江苏大学 汽车与交通工程学院,江苏 镇江 212013)

摘 要:为推进自动驾驶产业的发展,研究决定自动驾驶技术市场化的速度和规模的支付意愿的内在机理。将融合计划行为理论与信任理论作为理论框架,依据理论框架和研究目的设计调查问卷,在镇江进行实证研究,获取有效问卷 315 份,为研究心理潜变量中影响支付意愿的关键因素提供理论和数据支撑。采用直接询问法了解公众的支付金额和购买时间。选取感知风险、感知收益、信任、感知行为控制、态度、主观规范 6 个心理潜变量,提出 13 条假设路径。采用结构方程模型验证假设路径,初步识别对支付意愿有显著影响的变量,并采用神经网络模型对其进行重要性排序,从而得出影响支付意愿的决定性因素。研究结果表明:感知行为控制、态度、感知收益、信任等心理因素对支付意愿有显著正向影响;感知风险对支付意愿有显著负向影响;感知风险和信任对支付意愿影响最显著;主观规范对支付意愿影响不显著,但其通过感知行为控制间接影响支付意愿;信任通过感知风险和感知收益间接影响支付意愿,信任对支付意愿的直接影响没有间接影响显著。受访者中,31.5%不愿意为自动驾驶汽车技术支付额外费用,44.2%愿意支付低于 20 000 元,35.3%愿意支付超过 20 000 元。约 39.4%表示会在自动驾驶汽车投入市场 3~4 年购买自动驾驶汽车。该研究结论可以为政府的自动驾驶产业政策以及自动驾驶汽车企业的营销策略提供参考。

关键词:交通工程;支付意愿;计划行为理论;自动驾驶汽车;影响因素;结构方程模型;神经网络

中图分类号:U491

文献标志码:A

文章编号:1671-8879(2021)01-0090-13

Analysis of autonomous driving payment willingness and influencing factors

JING Peng, HUANG Fang, XU Gang, WANG Wei

(School of Automobile and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu, China)

Abstract: In order to promote the development of autopilot industry, the internal mechanism of willingness to pay which determines the speed and scale of market-oriented autopilot technology was studied. By integrating the theory of planned behavior and trust theory as the theoretical framework, the questionnaire was designed according to the theoretical framework and research purpose. An empirical study was conducted in Zhenjiang, and 315 valid questionnaires were obtained to provide theoretical and data support for the study of the key factors influencing willingness to pay in psychological latent variables. The direct inquiry method was used to find

收稿日期:2020-09-17

基金项目:国家自然科学基金项目(71871107)

作者简介:景 鹏(1978-),男,江苏镇江人,教授,管理学博士,E-mail:jingpeng@ujs.edu.cn。

out the payment amount and purchase time of the public. Six potential psychological variables, namely perceived risk, perceived return, trust, perceived behavior control, attitude and subjective norm, were selected to propose 13 hypothetical paths. The structural equation model was used to verify the hypothesis path, and the variables that have significant influence on the willingness to pay were preliminarily identified. The neural network model was used to rank the importance of the variables that have significant impact on the willingness to pay. The results show that perceived behavior control, attitude, perceived income, trust and other psychological factors have a significant positive impact on willingness to pay, perceived risk has a significant negative impact on willingness to pay, perceived risk and trust have the most significant impact on willingness to pay, subjective norms have no significant impact on willingness to pay, but they indirectly affect willingness to pay through perceived behavior control, trust through perceived risk trust has no significant effect on willingness to pay. 31.5% is unwilling to pay extra for automatic driving technology, 44.2% is willing to pay less than 20 000 yuan, and 35.3% is willing to pay more than 20 000 yuan. About 39.4% say it would buy autopilot cars in the market for 3 to 4 years in the market. The conclusion can provide reference for the government's automatic driving industry policy and the marketing strategy of the auto driving enterprise. 9 tabs, 5 figs, 45 refs.

Key words: traffic engineering; willingness to pay; theory of planned behavior; autonomous vehicles; influencing factor; structural equation model (SEM); neural network

0 引言

目前世界各国的城市普遍存在因为交通所引发的安全、拥堵、环保等日益严峻的社会问题,而自动驾驶汽车为解决这些问题提供了可能。与传统汽车相比,自动驾驶汽车在优化通行能力、改善道路安全和减少废气排放等方面都具有优势^[1-3],但获得这些社会效益的前提是自动驾驶汽车大规模的商业化应用^[4]。无论是政府还是企业,只有充分认知并深刻理解公众的使用和支付意愿,才能较为准确地对这个全新的产业和市场做出判断,保障其大规模的发展对当前诸多交通和社会问题起到积极的作用,否则自动驾驶汽车预期带来的社会效益可能不能充分应对当前的各种问题^[5]。

Hanemann 对支付意愿的定义为:公众愿意为想获得的消费产品或服务愿意支付的金额,该数据通常被用来衡量公众对产品或服务的评价,公众的看法和态度在一定程度上会影响新技术的成败^[6]。本文研究中的支付意愿是公众基于对自动驾驶汽车技术的认知和态度而愿意支付费用的主观意愿。公众的接受程度对预测产品进入市场后的渗透率非常重要,尤其是考虑到自动驾驶汽车在进入市场时可能会存在较大的壁垒(潜在的高成本、安全的担忧、隐私泄露等)^[7]。因此,研究公众对自动驾驶汽车的

接受度非常必要,而支付意愿是接受度中重要的衡量指标^[8]。支付意愿能直接反映公众对产品或技术的认可度。如果公众没有认可自动驾驶技术到他们愿意支付的程度,那么他们可能会拒绝购买自动驾驶汽车^[9]。在自动驾驶车辆大规模商业化之前,公众对这种新兴交通工具的支付意愿决定了自动驾驶技术市场化的速度和规模,这显然会对自动驾驶产业的发展产生显著影响。另外,有效了解公众的支付意愿还可以为政府制定自动驾驶产业政策提供参考,为车企进行市场评估预测和优化产品定价提供依据^[10]。

虽然自动驾驶汽车为解决现有的社会问题提供了可能,但其投入市场是否会成功在一定程度上取决于公众是否愿意为该产品付费。国内外学者都非常重视支付意愿的有效评估和因素分析。自动驾驶汽车商业化进程的发展也引起了学者对影响公众支付意愿因素的实证研究。公众对自动驾驶汽车支付意愿的研究目前主要集中于美国、中国、澳大利亚、日本、法国等。通过文献分析发现,自动驾驶支付意愿的研究方向主要分为研究公众中愿意为自动驾驶汽车付费的比例、愿意额外支付金额以及支付意愿的影响因素 3 个方面。评估公众愿意为自动驾驶汽车技术额外付费的比例方面,Schoettle 等研究发现,大多数受访者不愿意为这项技术支付额外的费

用,美国、英国和澳大利亚公众不愿意支付的比例分别为 54.5%、59.8%、55.2%^[11]。Bansal 等也有类似的发现,他们发现超过 50%的受访者不愿意为自动驾驶技术付费^[12]。Kyriakidis 等则给出了不同的结论,来自 109 个国家的 5 000 名受访者中有 78%愿意为自动驾驶汽车支付一定费用,仅有 22%受访者不愿意为自动驾驶汽车付费^[13]。支付意愿因国家、地区的不同,愿意支付比例存在异质性。调查公众愿意为自动驾驶汽车支付的金额方面,Bansal 等对美国得克萨斯州奥斯汀居民进行了调查,研究发现公众愿意为全自动驾驶汽车支付约 7 000 美元、为四级自动驾驶汽车支付约 3 300 美元^[14]。Ricardo 等对美国居民进行的网络调查表明,公众愿意为半自动和全自动驾驶汽车支付的金额分别为 3 500 美元和 4 900 美元,有很多家庭不愿意为自动驾驶技术付费^[7]。Liu 等研究发现,26.3%受访者不愿意为自动驾驶技术额外付费,39.3%愿意支付少于 2 900 美元,34.3%愿意支付超过 2 900 美元^[8]。支付意愿因国家、地区的不同,支付金额也存在异质性。通过文献综述发现自动驾驶汽车虽有市场,但仍有一部分公众不愿意为该技术付费,为了更好地理解导致该异质性产生背后的因素,也有部分学者对其影响因素进行研究,已有研究考虑的社会经济因素主要有性别、年龄、收入以及曾经的驾驶经验、驾驶习惯和驾驶频率等^[8,12-13,15],而支付行为同时也受到一系列社会心理因素的制约,一些学者在考虑社会经济因素的同时也考虑了心理潜变量。Liu 等考虑感知风险、感知收益、感知恐惧、信任对支付意愿的影响^[8]。Cunningham 等考虑与自动驾驶汽车相关态度的心理因素,如感知收益、感知关心^[4]。Lu 等研究表明,使用理论模型研究心理因素对行为的影响时,可以更系统识别影响因素的重要程度,更加深入地理解行为意向的决策过程^[16]。因此,考虑心理因素对行为的影响时采用理论模型更具优势,但目前仅有杨润^[17]、Liu 等^[18]采用信任理论对支付意愿的影响因素进行研究,考虑的心理潜变量是信任、感知风险、感知收益。但其影响支付意愿的心理因素考虑得不够全面,如态度、感知行为控制、主观规范等因素没有考虑在内。以往研究鲜有结合多种理论来构建自动驾驶汽车支付意愿的理论模型。鉴于支付意愿属于行为经济学范畴,行为经济学中有许多研究和解释人类行为的经典理论,其中计划行为理论(theory of planned behavior,TPB)作为行为经济学中的经典理论已得到广泛的应用,且已经

成功应用于支付意愿的研究,如郊区公园支付意愿、减少道路污染支付意愿、新能源汽车购买意愿^[19-21],但目前还未有关于 TPB 与自动驾驶支付意愿的研究。因此,本文构建 TPB 和信任理论相结合的理论框架,研究影响中国公众对自动驾驶汽车支付意愿的因素。

预测公众行为分析的传统统计技术,如 SEM 只能检验不同变量间的线性关系,而 NN 不仅可以识别线性关系,也能识别复杂的非线性关系和非补偿关系^[22],从而弥补传统统计技术的不足,提供比线性模型更高的预测精度,目前已被广泛应用于分析预测影响行为决策的决定性因素^[23-24]。但由于神经网络的黑箱性质,不适合进行假设检验和检验因果关系。本文使用结构方程模型(structural equation modeling,SEM)和神经网络(neural network,NN)对数据进行分析,可以很好地弥补结构方程模型中的过度简化和神经网络中的过度拟合问题。因此,本文利用 SEM 首先识别出对支付意愿有显著影响的变量,再利用 NN 对 SEM 中得到的预测因子的相对重要性进行排序。

综上所述,本文基于计划行为理论和信任理论,首先构建适用于自动驾驶汽车支付意愿的研究框架,扩展了计划行为理论在自动驾驶汽车支付意愿领域的应用;其次,在前人研究的基础上加入影响支付意愿的心理潜变量,态度、感知行为控制及主观规范,使用 SEM-NN 识别变量是否对支付意愿有显著影响并对显著性影响因素的重要性进行排序;最后,了解镇江市居民对于自动驾驶汽车的支付意愿以及愿意购买的时间,从而给政府制定自动驾驶产业政策提供参考,并给车企进行市场发展预测、制定营销策略提供依据。

1 模型基础

1.1 结构方程模型

SEM 是多元统计分析的重要工具,通常用于检测观测变量与潜变量,以及潜变量与潜变量之间的相互关系。结构方程模型由测量模型和结构模型 2 个部分组成。测量模型由潜变量与观测变量组成,体现了两者之间的关系,其线性函数表达式为

$$x=\Lambda_x\xi+\delta \tag{1}$$

$$y=\Lambda_y\eta+\epsilon \tag{2}$$

式中: x 为外生测量向量; y 为内生测量向量; Λ_x 为外生测量向量 x 的因素负荷量; Λ_y 为内生测量向量 y 的因素负荷量; ξ 为外生潜在向量; η 为内生潜在

向量; δ 为外生测量向量被外生潜向量解释的误差项; ϵ 为内生测量向量被内生潜在向量解释的误差项; ξ 与 δ 不相关, η 与 ϵ 不相关, δ 与 ϵ 不相关。

结构模型是各潜变量之间关系的说明,潜变量按照因果关系可分为外因潜变量和内生潜变量,其表达式为

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \tag{3}$$

式中: B 为内在潜变量间关联的系数矩阵; Γ 为外在潜变量与内在潜变量间的回归系数矩阵; ζ 为结构方程模型中各变量的残差项,表示方程无法解释到的误差值。

1.2 神经网络

与传统的因果统计模型相比,神经网络模型能够捕捉到自变量和因变量之间的线性和非线性关系。

神经网络一般由多个结构层组成,1 个输入层、1 个或多个隐藏层、1 个输出层,如图 1 所示。通过训练学习获得的知识被储存在神经元间的连接强度中(又称为突触权重)。每层都由神经元组成,通过可调节的突触权重与下层的神经元相连。每个神经元的输入分别乘以它的突触权重并求和,然后通过非线性的激活函数(如 Sigmoid、双曲正切或反正切)再将这个信号转换成输出值。

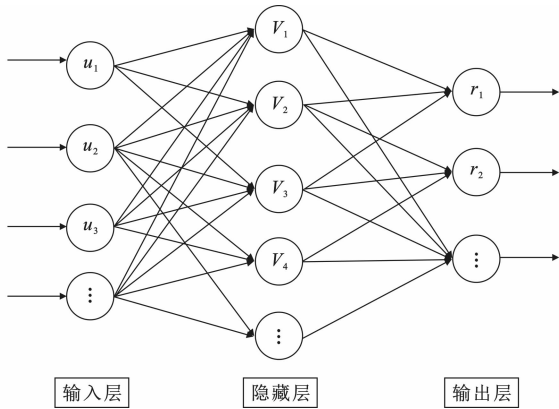


图 1 神经网络
Fig. 1 Neural network

常见的神经网络模型包括:前馈神经网络方法、递归网络、径向基函数神经网络、多层感知器神经网络。本文中为了量化预测因子与因变量之间的关系,使用多层感知器神经网络。在神经网络中选择一部分数据进行训练,其他数据用于测量训练后网络的预测精度,使用均方根误差(root mean square error, RMSE)对所建立的神经网络模型的精度进行评价, RMSE 值越低,说明预测结果越准确可靠。

2 理论框架和研究假设

2.1 理论介绍

2.1.1 计划行为理论

TPB 作为社会心理学理论,现已广泛应用于技术接受的行为分析研究。该理论是美国学者 Ajzen 于 1991 提出^[25],衍生于理性行为理论(theory of reasoned action, TRA)^[26]。

TPB 是个体行为决定因素的社会心理模型,其重点是预测和理解行为的内涵^[25]。其模型中涵盖的心理因素态度、主观规范和感知行为控制决定行为意向同时决定个体将要遵循的最终行为。态度指个体对物体、人或地方的整体评价,并对随后的意图和行为产生根本影响;主观规范代表与个体最亲近的人(家人、朋友、同事等)对其行为决策的社会影响;感知行为控制是个体对行为执行难度的感知,这取决于他在实施该行为所需的资源、时间和机会方面的可能性。

TPB 已经成功应用于分析不同领域的支付意愿。López-Mosquera 等使用 TPB 和价值规范理论研究西班牙地区公众对于郊区公园的支付意愿,结果表明,与价值信念规范模型相比,TPB 模型在解释支付意愿时具有更强的预测能力^[19]。Sánchez 等用扩展的 TPB 研究减少道路污染的支付意愿,结果表明,心理因素在减少道路污染行动中较重要,TPB 可以很好解释个人对于支付意愿的偏好^[20]。Du 等用扩展的 TPB 研究公众对新能源汽车的购买意愿^[21]。本文引入 TPB 研究影响公众对自动驾驶支付意愿的因素。

2.1.2 信任理论

自动驾驶环境下的信任普遍采用的定义是“信任是一种态度,即在不不确定和容易受伤的情况下,委托人愿意将个人利益托付给被委托人”^[27]。Siegrist 等建立了信任、感知风险、感知收益和接受度的概念模型,该概念模型中信任通过感知风险和感知收益间接作用于接受度,信任通过正向影响感知收益正向影响接受度,并通过负向影响感知风险影响接受度^[28]。

Liu 等采用信任理论研究中国公众对于自动驾驶汽车的支付意愿,结果表明,公众对自动驾驶汽车的信任对于支付意愿既起到了直接的影响,也起到了间接的影响,其中感知收益是主要中介变量^[8,17]。信任是决定使用自动驾驶汽车意向的关键性因素^[29]。本文将 TPB 和信任理论相结合,更深层次

探索影响公众对自动驾驶汽车支付意愿的关键决定性因素。

2.2 研究假设

根据本文的研究目的,将 TPB 和信任理论相结合,研究探索影响公众对自动驾驶汽车支付意愿的关键决定性因素,同时检验本文理论模型在研究自动驾驶汽车支付意愿的适用性。根据模型的变量和结构关系,提出以下 13 条假设(hypothesis, H)关系,理论框架及假设如图 2 所示。

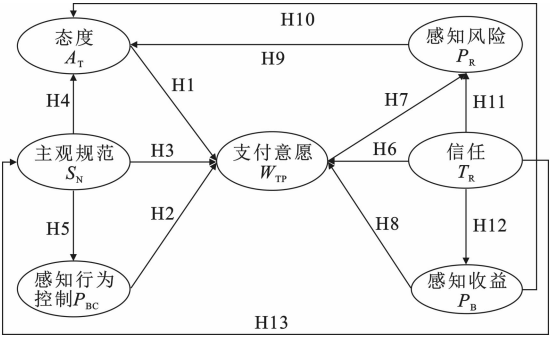


图 2 理论框架及假设示意

Fig. 2 Theoretical framework and schematic of hypothesis

支付意愿是指个体愿意为自动驾驶汽车付费的倾向,可以通过个体采取该行动的可能性来衡量。由第 2.1.1 节可知,行为意向中“态度”反映个人对某件事物或行为的积极或消极的评价,是个体对行为倾向的内在体验,也是决定行为意向的重要因素。Roselius 等指出,如果公众对一项技术有积极的态度,他们可能会有更强烈的意愿使用这项技术^[30]。主观规范指人们在面对行为选择时所感受到的社会压力或影响,研究表明,有超过一半的公众在购买汽车的决策时会受到朋友或亲戚的影响;感知行为控制指最终采取某项行动时个体所感知到的轻松或困难的程度。Ajzen 研究表明,态度越积极、主观规范越强、感知行为控制越强,个体的行为意愿就越强烈^[25]。基于上述内容,提出假设 1~3 并描述如下,这些假设是基于 Yadav 等在 2017 年采用扩展的 TPB 研究印度公众对绿色购买行为支付意愿时提出的假设^[31]。通过对这些假设的考虑,可以看出一个人的态度、主观规范、感知行为控制,可以决定他(她)的行为意愿。因此本文提出以下假设:

H1,态度对支付意愿有显著正向影响;

H2,感知行为控制对支付意愿有显著正向影响;

H3,主观规范对支付意愿有显著正向影响。

研究表明态度、主观规范和感知行为控制之间存在相互影响的关系。Oliver 等认为,TPB 理论中

变量之间的关联强度表明主观规范可能影响态度^[32]。Quintal 等也认为主观规范对态度有直接和积极的影响^[33]。这表明,当人们形成自己所要遵循的态度时会考虑别人的期望和看法。而行为的社会压力会影响人们对行为外部障碍的感知,即主观规范影响个体对行为困难或容易的感知。本文试图检验个体行为不同特征之间的另一种关系。Nail 等认为,主观规范可能先于态度(H4)和感知行为控制(H5)对绿色消费行为产生影响^[34],这一假设在 Sánchez 等研究公众对减少道路噪音污染的支付意愿时也得以证实^[20]。因此本文提出以下假设:

H4,主观规范对态度有显著正向影响;

H5,主观规范对感知行为控制有显著正向影响。

信任(trust, TR)对于任何新技术的成功推广都很重要。信任可以被定义为一个人愿意把自己置身于脆弱的位置,就技术而言,表现为对技术有积极的期望^[35]。当用户与自动驾驶之间建立信任时,他们相信汽车供应商或服务商有能力保护他们的个人信息不被滥用,且车辆在使用过程中不会出现问题。信任是人机交互的关键因素,对一项技术的信任可能会影响接受和使用该技术的意愿^[27]。公众信任是自动驾驶汽车被采用的一个关键障碍^[13-14]。Choi 等也指出,信任是决定使用自动驾驶汽车意向的关键性因素^[29]。Bansal 等研究发现,老年人不太愿意为自动驾驶汽车付钱,且更有可能因为信任问题而不愿意学习使用它们^[15]。Liu 等研究表明,信任对自动驾驶支付意愿积极显著影响^[8]。因此本文提出以下假设:

H6,信任对支付意愿有显著影响。

感知至关重要,人们的行为是思考或感知衍生的产物。感知风险可以理解为对可能的潜在损失的预期,它会对行为产生负面影响。例如,与购买相关的财务损失的感知概率越高,对购买的消极态度就越多,从而影响行为意愿。当人们感知到低成本、低风险、低投入和高收益时,通常会去追求这个选择^[36]。与技术或政策相关的利益和风险信念决定了它的可接受性^[28]。人们通过认知过程来权衡对一项技术或政策的收益和风险信念,从而决定接受或拒绝它。对于自动驾驶汽车来说,其风险和收益是并存的。在风险方面,不能很好识别或理解外界环境、系统失误、法律责任问题、存在泄露用户隐私的风险等。在收益方面包括优化通行能力、改善道路安全等。研究表明公众感知收益对自动驾驶汽车的使用意愿有正向影响,感知风险对其有负向影

响^[17-18]。感知风险和感知收益都是自动驾驶汽车支付意愿的重要预测因素^[8],感知风险和感知收益对自动驾驶汽车接受度和支付意愿有显著影响^[18]。因此本文提出以下假设:

- H7,感知风险对支付意愿有显著影响;
- H8,感知收益对支付意愿有显著影响;
- H9,感知风险对态度有显著负向影响;
- H10,感知收益对态度有显著正向影响。

信任在克服风险感知中起着核心作用^[37]。信任可以提供一定程度的主观保证,使受托人能够信守承诺,从而增加委托人从受托人那里获得预期收益的可能性。当用户建立信任时,他们相信产品供应商或服务提供商有能力保护他们的信息不会被盗取或泄露。社会信任可以降低风险感知和提高感知收益^[28]。当人们缺乏足够的知识对某项技术的风险和收益做出合理评估时,会依赖社会信任来判断风险和收益。公众对政府机构解决风险的信任,会提高感知收益,降低感知风险;而对政府机构公开诚信度的不信任,会提高感知风险,降低感知收益^[38]。Taylor 等研究用户使用信息技术时发现,主观规范受同伴和上级的影响,同伴或上级对信息技术使用信念的信任对该用户的主观规范有重要影响,如果同伴或者上级对技术供应商的态度是积极的,对同伴或者上级信任的增加就可以增强用户技术供应商的信任,进而影响用户的主观规范^[39]。因此本文提出以下假设:

- H11,信任对感知风险有显著负向影响;
- H12,信任对感知收益有显著正向影响;
- H13,信任对主观规范有显著正向影响。

3 调查方案和数据评价

3.1 调查方案

本次调查采用纸质问卷的调查方式,时间为 2019.06.20~2019.06.25,调研地点在镇江火车站,调查小组成员由硕士生 3 名、本科生 20 名组成,小组成员在调查前接受了问卷相关内容的培训,采用随机抽样方式。

问卷的第 1 部分是 14 个关于人口统计变量,第 2 部分是 30 个关于支付意愿心理潜变量、具体购买金额和购买时间等相关问题。心理潜变量问题项均采用李克特五点量表(从 1“非常不同意”~5“非常同意”),具体问题项描述见表 1,受访者依据自己的观点和态度选择。为了调查公众支付意愿,采用直接询问的方法:“假定你将买一辆新车,您愿意多花费多少钱

使您的爱车具备全自动自动驾驶汽车的功能?”对于购买时间同样采用了同样的方法:“当这项技术投入市场多少年后,您觉得购买一辆拥有自动驾驶系统的汽车合适?”受访者根据自己的实际情况进行回答。

表 1 影响支付意愿潜变量问题项描述
Tab. 1 Problem items description that affects latent variable of willingness to pay

变量	测量问题项	来源
态度	我认为自动驾驶技术付费这个想法很好	Sánchez 等 ^[20]
	我认为自动驾驶技术付费是有意义的	
	我认为自动驾驶技术付费是非常明智的	
主观规范	对我来说重要的人会认为我应当购买自动驾驶汽车	Ajzen 等 ^[25]
	对我来说重要的人 would 希望我购买自动驾驶汽车	
	那些我重视他们意见的人更愿意我购买自动驾驶汽车	
感知行为控制	如果我想买的话,我相信我能买得起自动驾驶汽车	Ajzen 等 ^[25]
	当自动驾驶汽车投入市场后,我相信我有办法买到或者租到自动驾驶汽车	
	买不买自动驾驶汽车完全取决于我自己	
信任	我认为使用自动驾驶汽车出行非常可靠	Choi 等 ^[29]
	我认为使用自动驾驶汽车出行非常安全	
	我认为使用自动驾驶汽车出行值得信赖	
感知收益	自动驾驶汽车可以缓解交通拥堵	Liu 等 ^[8]
	自动驾驶汽车可以减少交通事故	
	自动驾驶汽车可以减少排放、降低污染	
感知风险	我担心自动驾驶汽车的系统或者设备可能会出现故障	Liu 等 ^[8]
	我担心自动驾驶汽车的系统被黑客袭击	
	我担心自动驾驶汽车会因为网络安全而泄露出行者隐私	
支付意愿	我打算将来购买自动驾驶汽车	Choi 等 ^[29]
	我期望将来购买自动驾驶汽车	
	我计划将来购买自动驾驶汽车	

3.2 数据基本特征描述

本次调查一共收集到 328 份问卷,经过数据清洗得到 315 份有效问卷,有效率为 96.03%。受访者由男性(56.5%)和女性(43.5%)组成。调查对象年龄 18~62 岁(平均 28.20 岁,标准差 9.08);在所有受访者中,52.38%的人获得学士学位,6.35%的人获得硕士或博士学位。

此外,60%的受访者是单身,35.6%的受访者是学生,受访者的职业涉及多个领域(学生、教师、公司职员、公务员、自由职业者、退休人员)等。大部分受访者(70.48%)有驾照,但约 52%的受访者没有单独的驾驶经验,这其中包含了部分有驾照的人。31.5%

受访者不愿意为自动驾驶汽车技术支付额外费用,44.2%受访者愿意支付低于 20 000 元,35.3%受访者愿意支付超过 20 000 元。约有39.4%受访者表示会在自动驾驶汽车投入市场 3~4 年购买自动驾驶汽车。人口统计变量的详细描述见表 2。

表 2 样本基本特征描述性统计

变量	人口统计变量	频率/次	百分比/%
性别	1. 男性	178	56.5
	2. 女性	137	43.5
年龄	1. ≤ 20	53	16.8
	2. 21~30	167	53.1
	3. 31~40	64	20.3
	4. 41~49	23	7.3
	5. > 50	8	2.5
受教育程度	1. 初中及以下	8	2.5
	2. 高中	39	12.4
	3. 大专	83	26.3
	4. 本科	165	52.4
	5. 硕士	17	5.4
	6. 博士	3	1.0
家庭月收入/元	1. < 2000	106	33.7
	2. 2001~3500	21	6.7
	3. 3501~5000	48	15.1
	4. 5001~6500	40	12.7
	5. 6501~8000	27	8.6
	6. 8001~10000	27	8.6
	7. 10001~15000	21	6.7
	8. 15001~20000	7	2.2
	9. > 20000	18	5.7
婚姻状况	1. 已婚	126	40.0
	2. 未婚	189	60.0
职业	1. 全日制学生	112	35.6
	2. 教师	11	3.5
	3. 公司职员	116	36.8
	4. 公务员	3	1.0
	5. 自由职业者	22	6.9
	6. 退休人员	3	1.0
	7. 其他职业	48	15.2
是否有驾照	1. 有	179	56.8
	2. 没有	136	43.2
是否了解过自动驾驶汽车	1. 没有	188	59.7
	2. 有	127	40.3
自动驾驶汽车上市后多久购买	1. 一上市就购买	2	0.6
	2. 1 年以内	18	5.7
	3. 1~2 年	78	24.8
	4. 3~4 年	124	39.4
	5. 4 年以上	93	29.5

3.3 信效度检验

3.3.1 信度检验

信度是用于衡量样本数据准确性和稳定性的依据。通常采用克隆巴赫系数(Cronbach's α)和组合信度(composite reliability,CR)来评价数据的信度。Cronbach's α 值高于 0.8,则说明信度高;介于(0.7,0.8)之间,说明可接受;介于(0.6,0.7],说明基本可接受;此值小于 0.6,说明信度不够,需要重新考虑修正量表^[40]。组合信度 CR 用于检验变量之间的内部一致性,一般而言,组合信度 CR 大于 0.6 时数据的信度就可以接受^[41]。

表 3 是数据的信度检验结果。可以看出各潜变量的 Cronbach's α 系数在 0.769~0.908 之间,组合信度 CR 值都在 0.771~0.902 之间,表明每个潜变量具有较强的内部一致性,本文研究的量表可信度较高。同时,每个潜变量的测量变量的标准化因子载荷系数均高于 0.5。

表 3 心理潜变量信度检验结果

Tab. 3 Reliability test results of psychological latent variables				
变量	测量变量	载荷因子	Cronbach's α 系数	组合信度 CR 值
态度	A _{T1}	0.749	0.813	0.810
	A _{T2}	0.788		
	A _{T3}	0.761		
主观规范	S _{N1}	0.670	0.780	0.771
	S _{N2}	0.790		
	S _{N3}	0.720		
感知行为控制	P _{BC1}	0.721	0.769	0.770
	P _{BC2}	0.685		
	P _{BC3}	0.772		
信任	T _{R1}	0.886	0.869	0.872
	T _{R2}	0.753		
	T _{R3}	0.856		
感知收益	P _{B1}	0.784	0.822	0.822
	P _{B2}	0.791		
	P _{B3}	0.759		
支付意愿	W _{TP1}	0.861	0.908	0.902
	W _{TP2}	0.887		
	W _{TP3}	0.858		
感知风险	P _{R1}	0.835	0.899	0.899
	P _{R2}	0.892		
	P _{R3}	0.867		

3.3.2 效度检验

效度分析(validity)用于检验问题项设计的有效性和准确性,效度越高表明测量结果越准确。平均方差提取值(average variance extracted,AVE)

常用于检验收敛效度,当该值大于 0.5 时则表示潜变量具有较好的收敛效度。AVE 值如表 4 所示在 0.528~0.755 之间,表明可观测值可以用于解释潜在变量,数据有较强的可靠性和内部一致性,所测问题项均具有较好的收敛效度。对每个变量而言,CR 值都高于 AVE 值,进一步证明收敛效度的有效性。

区分效度用于检验各潜变量之间是否存在足够的相关性,当每个变量 AVE 值均方根大于该变量与其他潜变量之间的相关系数时,表明所有变量之间具有较好的区分效度($p<0.001$)^[41]。由表 4 可知,除 AVE 值以外所有对角线的数值均大于该变量与其他变量的相关系数,表明数据区分效度良好。

表 4 心理潜变量效度检验结果

Tab. 4 Validity test results of psychological latent variables

变量	AVE 值	态度	主观规范	感知行为控制	信任	感知收益	感知风险	支付意愿
态度	0.587	0.766						
主观规范	0.531	0.483***	0.729					
感知行为控制	0.528	0.661***	0.366***	0.727				
信任	0.695	0.713***	0.476***	0.661***	0.834			
感知收益	0.656	0.731***	0.464***	0.716***	0.662***	0.810		
感知风险	0.748	-0.619***	-0.456***	-0.554***	-0.763***	-0.526***	0.865	
支付意愿	0.755	0.717***	0.483***	0.661***	0.746***	0.702***	-0.707***	0.869

注:***表示 $p<0.001$ 水平检验显著。

表 5 模型拟合系数评估

Tab. 5 Evaluation of model fitting coefficients

指标名称	χ^2/d_f	RMSEA 值	CFI 值	GFI 值	NFI 值	IFI 值
检验临界值	<3 , <0.05	<5 , <0.08	>0.9	越接近 1 越好	>0.9	>0.9
	良好 优秀	可接受 良好				
模型参数值	2.163	0.061	0.948	0.899	0.909	0.949
是否接受	接受	接受	接受	接受	接受	接受

4.1.2 假设结果分析

本文使用结构方程模型(SEM)和数据验证假设。SEM 是以变量的协方差矩阵为基础来分析变量之间关系的一种统计方法。本文研究中态度、主观规范、感知行为控制、感知风险、信任、感知收益和支付意愿都是通过观测变量测量的潜变量,而结构方程模型能够验证模型内潜变量与潜变量之间的假设关系,所以本文用 SEM 来分析潜变量之间关系。结构方程模型和标准化路径系数 β 如图 3 所示,其中显著路径($p<0.05$)用实线表示,不显著路径用虚线表示。

4 模型和结果分析

4.1 结构方程模型分析

4.1.1 模型拟合系数评估

本文对整体结构效度进行检验,对各拟合指数进行评价。表 5 为本文选取的评价指标、各指标的合理范围以及模型的参数值。由表 5 可知:拟合优度检验卡方与自由度的比值 χ^2/d_f 为 2.163,近似误差均方根 RMSEA 为 0.061,小于 0.08,比较拟合指标(CFI)、规范拟合指标(NFI)、增量拟合指标(IFI)均超过 0.9,拟合优度指标(GFI)为 0.899,模型拟合良好;说明将计划行为理论与信任理论相结合的自动驾驶汽车支付意愿量表中的态度、感知行为控制、主观规范、信任、感知收益和感知风险这 6 个潜变量的结构效度较好。

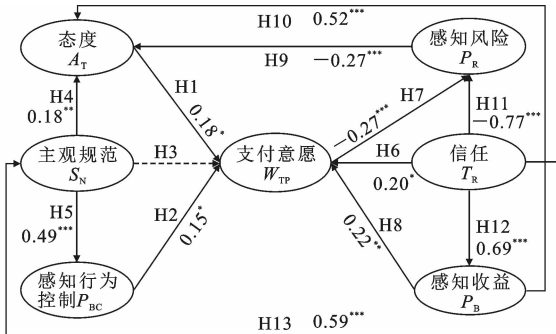


图 3 结构方程模型和标准化路径系数
Fig. 3 Structural equation model and standardization path coefficients

由图 3 可知,除主观规范→支付意愿路径外,其他假设关系均成立。态度($\beta=0.18, p<0.05$)和感知行为控制($\beta=0.15, p<0.05$)均对支付意愿有正向显著影响。主观规范正向影响态度($\beta=0.18, p<0.01$)及感知行为控制($\beta=0.49, p<0.001$)。信任($\beta=0.20, p<0.05$)对支付意愿有显著积极影响。感知风险($\beta=-0.27, p<0.001$)对支付意愿有显著负向影响,感知收益($\beta=0.22, p<0.01$)对

支付意愿有显著正向影响。

同时,感知风险对态度($\beta=-0.27, p<0.001$)呈现负向显著影响,感知收益对态度($\beta=0.52, p<0.001$)呈现正向显著影响。信任对感知风险($\beta=-0.77, p<0.001$)和感知收益($\beta=0.69, p<0.001$)分别是负向显著影响和正向显著影响。信任显著正向影响主观规范($\beta=0.59, p<0.001$)。对支付意愿而言,最显著的影响因素是感知风险,其次是感知收益和信任。假设检验结果如表 6 所示。

表 6 模型假设检验结果

Tab. 6 Test results of model hypothesis

假设	路径系数 β	是否支持?
H1,态度→支付意愿	0.18*	是
H2,感知行为控制→支付意愿	0.15*	是
H3,主观规范→支付意愿	0.06	否
H4,主观规范→态度	0.18**	是
H5,主观规范→感知行为控制	0.49***	是
H6,信任→支付意愿	0.20*	是
H7,感知风险→支付意愿	-0.27***	是
H8,感知收益→支付意愿	0.22**	是
H9,感知风险→态度	-0.27***	是
H10,感知收益→态度	0.52***	是
H11,信任→感知风险	-0.77***	是
H12,信任→感知收益	0.69***	是
H13,信任→主观规范	0.59***	是

注: *表示 $P<0.05$ 显著水平; **表示 $P<0.01$ 显著水平; ***表示 $P<0.001$ 显著水平。

使用 Bootstrap 法计算分析各潜变量对支付意愿的总影响、直接影响、间接影响,结果如表 7 所示。

表 7 支付意愿模型变量的直接影响、间接影响和总影响
Tab. 7 Direct influence, indirect influence and total influence of model variables of willingness to pay

影响关系	直接影响	间接影响	总影响	间接影响显著路径
S_N-W_{TP}		0.106*	0.106*	$S_N-P_{BC}-W_{TP}$
$P_{BC}-W_{TP}$	0.149*		0.149*	
A_T-W_{TP}	0.184		0.184	
T_R-W_{TP}	0.193*	0.539***	0.732***	$T_R-P_B-W_{TP}$; $T_R-P_R-W_{TP}$
P_B-W_{TP}	0.222*	0.096	0.317***	
P_R-W_{TP}	-0.284***	-0.050	-0.334***	

注: *表示 $P<0.05$; ***表示 $P<0.001$ 显著水平。

由表 7 可知,主观规范对支付意愿直接影响不显著,但主观规范通过感知行为控制间接影响支付意愿,标准化回归系数为 0.106,这表明亲戚或朋友的观点虽不能直接影响支付意愿,但可以通过影响主体对执行行为的意志控制或困难的感知,从而影

响支付意愿。态度直接影响支付意愿,标准化回归系数为 0.184。信任通过感知风险和感知收益间接影响支付意愿,表明信任对支付意愿的直接影响没有间接影响显著。而感知收益和感知风险对支付意愿的直接影响更显著。

4.2 人工神经网络分析

传统的线性统计技术如 SEM、多元回归分析往往不足以模拟人类决策过程的复杂性^[42],这是因其仅能够检测线性关系,会过度简化复杂的决策过程。而神经网络能识别复杂的非线性关系和非补偿关系,且神经网络模型具有很强的鲁棒性和适应性,可以提供比线性模型更高的预测精度^[43]。目前已被广泛应用于分析预测影响行为决策的决定性因素。但由于其黑箱性质,NN 方法不适合进行假设检验和检验因果关系^[22]。因此,本文将线性补偿的 SEM 与非线性非补偿的 NN 模型相补充,对影响支付意愿的因素进行探索研究。在第一阶段,使用结构方程模型确定对支付意愿有显著影响的因素;在第二阶段,将对支付意愿有显著影响的因素用作神经网络模型的输入,从而量化每个因素对支付意愿的重要性。

NN 模型中仅使用 SEM 得到的统计上对因变量有显著影响的预测因子,图 1 模型可以分解为 2 个 NN 模型,如图 4、图 5 所示。模型 1 支付意愿 NN 模型有 5 个输入(感知行为控制,信任,感知收益,感知风险,态度)和 1 个输出(支付意愿),模型 2 态度 NN 模型有 3 个输入(主观规范,感知收益,感知风险)和 1 个输出(态度)。2 个模型都有 1 个隐含层,通过 SPSS 自动生成隐藏神经元的数量。采用多层训练感知算法进行训练,为了提高训练的有效性,输入和输出均进行量纲一化^[44]。隐藏层选择 1 层,在隐藏层和输出层中,激活函数均采用 Sigmoid。采用 10 次交叉验证的方法避免模型出现

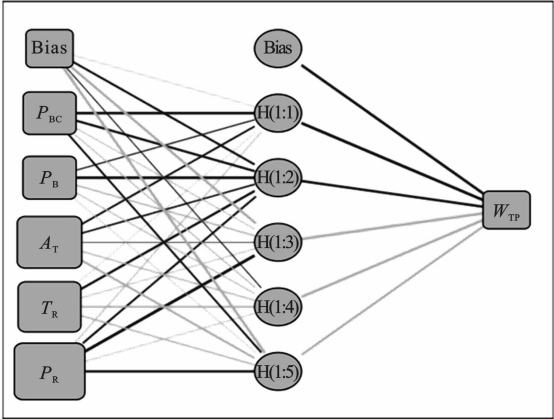


图 4 模型 1-支付意愿神经网络模型

Fig. 4 Model 1-neural network model of willingness to pay

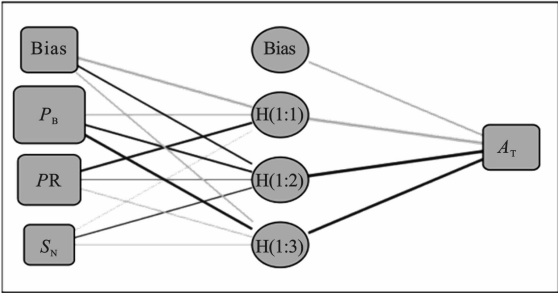


图 5 模型 2-态度神经网络模型

Fig. 5 Model 2-neural network model of attitude

过拟合问题,将 90%数据用于训练神经网络,10%数据用于测量训练后网络的预测精度。使用均方根误差 RMSE 对所建立的神经网络模型的精度进行评价,结果如表 8 所示。RMSE 值较低,说明预测结果准确可靠^[45]。

表 8 神经网络的 RMSE 值				
Tab. 8 RMSE values of neural network				
神经网络	模型 1 输入感知行为控制、态度、感知收益、感知风险、信任		模型 2 输入主观规范、感知收益、感知风险	
	训练值	测试值	训练值	测试值
1	0.132 1	0.115 6	0.142 1	0.136 6
2	0.125 7	0.105 6	0.148 8	0.130 1
3	0.130 1	0.125 4	0.140 1	0.128 2
4	0.134 4	0.114 3	0.139 5	0.133 9
5	0.130 8	0.124 8	0.147 8	0.117 8
6	0.138 2	0.131 2	0.143 4	0.126 7
7	0.135 6	0.127 8	0.146 0	0.115 4
8	0.137 5	0.132 2	0.143 3	0.130 2
9	0.132 1	0.128 9	0.140 9	0.133 4
10	0.139 9	0.113 3	0.149 6	0.136 7
平均值	0.133 6	0.121 9	0.144 4	0.128 9
标准差	0.004 3	0.009 0	0.003 7	0.007 3

表 9 神经网络敏感度分析								
Tab. 9 Neural network sensitivity analysis								
神经网络	模型 1 变量相对重要性					模型 2 变量相对重要性		
	感知行为控制	感知收益	态度	信任	感知风险	感知收益	感知风险	主观规范
1	0.159	0.184	0.178	0.222	0.258	0.525	0.334	0.141
2	0.205	0.190	0.166	0.216	0.223	0.401	0.429	0.170
3	0.284	0.078	0.221	0.089	0.328	0.508	0.375	0.117
4	0.062	0.296	0.234	0.297	0.111	0.161	0.127	0.712
5	0.145	0.189	0.241	0.160	0.265	0.456	0.311	0.234
6	0.158	0.160	0.220	0.210	0.252	0.493	0.358	0.149
7	0.099	0.186	0.224	0.245	0.245	0.478	0.346	0.177
8	0.175	0.187	0.201	0.229	0.208	0.498	0.413	0.089
9	0.254	0.164	0.185	0.237	0.160	0.499	0.355	0.146
10	0.103	0.201	0.238	0.260	0.198	0.508	0.358	0.134
平均值	0.164	0.184	0.211	0.216	0.225	0.453	0.340	0.207
归一化重要性/%	73.2	81.7	93.8	96.3	100.0	100.0	75.2	45.7

因果模型,解释了潜变量之间的关系。调查结果明确了与支付意愿相关的心理因素,并识别因素的重要性顺序。感知行为控制、态度、感知收益、信任对支付意愿有显著正向影响,感知风险对支付意愿有显著负向影响,主观规范没有显著性影响。其中影响支付意愿最显著的变量是感知风险和信任。神经网络分析的结果证实了结构方程模型中的许多发现,但重要预测因素的影响顺序略有不同。

4.3.1 支付意愿

31.5%的受访者不愿意为自动驾驶汽车技术支付额外费用,44.2%的人愿意支付低于20 000元,35.3%的人愿意支付超过20 000元。Cunningham等研究表明受访者愿意为全自动驾驶技术多支付7 200美元^[4]。Kyriakidis等研究表明,不愿意支付受访者的比例为22%^[13]。进一步表明了支付意愿的支付比例和金额因地区、文化不同存在异质性,约有39.4%的受访者表示会在自动驾驶汽车投入市场3~4年购买全自动驾驶汽车。

4.3.2 态度、感知行为控制、主观规范与支付意愿

已有研究表明,在新兴科技及环保领域,计划行为理论中的态度、感知行为控制是支付意愿的重要预测因子^[20-21],这与本文的发现具有一致性。当公众对某项技术有积极的态度和强烈的感知行为控制时,支付意愿也会受到积极正向的影响。主观规范显著影响态度和感知行为控制,验证了计划行为理论中变量之间关系。感知收益是态度的最强预测因子,因此加强公众对自动驾驶汽车的感知收益可以提高其对自动驾驶汽车正向态度的形成。此外,主观规范对自动驾驶汽车的支付意愿没有显著影响,但主观规范通过感知行为控制的中介作用间接影响支付意愿。主观规范对支付意愿没有显著影响可能是由于目前自动驾驶汽车对于大众来说相对比较陌生,多数呈现观望态度。因此需要政府和媒体加大对自动驾驶相关信息的宣传力度。

4.3.3 信任、感知风险、感知收益与支付意愿

充分的信任是自动驾驶汽车被采用的必要前提,如果公众不信任某项技术则不可能购买或使用它。信任是支付意愿的显著正向预测因子^[8]。社会信任与感知风险呈现负相关关系,因此增加信任有助于降低风险感知。增加对政府和生产企业的初始信任会减少受访者对特定风险的担忧。而感知风险可以引起公众对自动驾驶汽车产生消极的看法,通过增加信任不仅可以直接增加公众的支付意愿,还可以通过降低风险感知间接增加公众对自动驾驶汽

车的支付意愿。信任与感知收益的正相关关系表明,通过增加信任可以增强公众对感知收益的理解。

对技术或政策持有的风险或收益的信念会决定对技术或政策的接受度。感知风险和感知收益是支付意愿的显著预测因子,这与以往研究具有一致性^[8]。杨润认为与感知收益相比,感知风险并不是稳定的预测因子^[17],但本文研究发现,感知风险和感知收益都是支付意愿重要的预测因子,相比于感知收益来说,感知风险的预测能力更强。神经网络分析结果表明,感知风险是支付意愿的最强预测因子,这表明通过降低用户对风险的感知,可以极大的增强支付意愿。本文也证实信任对于支付意愿既起到了直接影响,也通过感知收益和感知风险间接影响支付意愿。

5 结 语

(1)本文首次将计划行为理论和信任理论结合探索影响公众支付意愿的关键因素,模型总体效果良好。

(2)使用SEM-NN的方法对影响因素进行识别,并将影响因素的重要性进行排序,研究发现感知风险是支付意愿的最强预测因素。这表明自动驾驶汽车企业若想提高公众的支付意愿,可通过降低公众对其的风险感知来实现,采用以下措施:企业可以充分借助各种宣传媒介,确保向公众传递的信息客观、可靠;积极开展关系营销,加强公司与公众之间的沟通;企业应树立良好的企业形象从而降低公众对风险的感知。

(3)信任显著正向影响支付意愿。汽车公司可以通过实车试验、试驾等方式,增加公众对于自动驾驶汽车的了解和认知,建立公众与车辆间的信任关系,以帮助他们提高对自动驾驶汽车的支付意愿,这对于确保未来自动驾驶汽车的成功营销非常重要。

(4)由于自动驾驶汽车还没有商业化,受访者在回答问卷中的一些问题时,没有真正的驾驶经历或有与其他道路使用者产生互动的体验,只能对未来的汽车做出想象,因此在回答问题时会存在一定局限性。

参考文献:

References:

- [1] FAGNANT D J, KOCKELMAN K. Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations[J]. Transportation Re-

- search Part A, 2015, 77: 167-181.
- [2] DHILLON B S. Human reliability and error in transportation systems[M]. Heidelberg: Springer Berlin, 2007.
- [3] BAHAMONDE-BIRKE F J, KICKHOFFER B, HEINRICH D, et al. A systemic view on autonomous vehicles: Policy aspects for a sustainable transportation planning[J]. *Disp the Planning Review*, 2018, 54(3): 12-25.
- [4] CUNNINGHAM M L, REGAN M A, LEDGER S A, et al. To buy or not to buy? Predicting willingness to pay for automated vehicles based on public opinion[J]. *Transportation Research Part F*, 2019, 65: 418-438.
- [5] UNDERWOOD P. Driver acceptance of new technology: Theory, measurement and optimisation[J]. *Ergonomics*, 2015, 58(10): 1771-1772.
- [6] HANEMANN W M. Willingness to pay and willingness to accept: How much can they differ? [J]. *American Economic Review*, 1991, 81(3): 635-647.
- [7] RICARDO A, DAZIANO M S. Are consumers willing to pay to let cars drive for them? [J]. *Transportation Research Part C*, 2017, 78(5): 150-164.
- [8] LIU P, GUO Q, REN F, et al. Willingness to pay for self-driving vehicles: Influences of demographic and psychological factors [J]. *Transportation Research Part C*, 2019, 100: 306-317.
- [9] ADELL E, VARHELYI A, NILSSON L. The definition of acceptance and acceptability[M]//MICHAEL R. Driver acceptance of new technology theory, measurement and optimization. Sweden: Lund University Publications, 2014: 11-22.
- [10] 徐迎军, 尹世久, 宋洪杰, 等. 消费者支付意愿研究综述: 以有机食品为例[J]. *营销科学学报*, 2015, 11(3): 120-138.
- XU Ying-jun, YIN Shi-jiu, SONG Hong-jie, et al. A survey of consumers, willingness to pay: Taking organic food as an example[J]. *Journal of Marketing Science*, 2015, 11(3): 120-138.
- [11] SCHOETTLE B, SIVAK M. A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the US, the UK, and Australia[R]. Detroit: University of Michigan, 2014.
- [12] BANSAL P, KOCKELMAN K M. Forecasting Americans' long-term adoption of connected and autonomous vehicle technologies[J]. *Transportation Research Part A*, 2017, 95: 49-63.
- [13] KYRIAKIDIS M, HAPPEE R, DE WINTER J C F. Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5 000 respondents [J]. *Transportation Research Part F*, 2015, 32: 127-140.
- [14] BANSAL P, KOCKELMAN K M, SINGH A. Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective[J]. *Transportation Research Part C*, 2016, 67: 1-14.
- [15] BANSAL P, KOCKELMAN K M. Are we ready to embrace connected and self-driving vehicles? A case study of Texans [J]. *Transportation*, 2018, 45(2): 641-675.
- [16] LU W H, MCKYER E L J, LEE C, et al. Perceived barriers to children's active commuting to school: A systematic review of empirical, methodological and theoretical evidence[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2014, 11(1): 1-20.
- [17] 杨 润. 高度自动与完全自动驾驶汽车的公众接受度研究[D]. 天津: 天津大学, 2018.
- YANG Run. Study on the public acceptance of highly autonomous vehicles and fully autonomous vehicles [D]. Tianjin: Tianjin University, 2018.
- [18] LIU P, YANG R, XU Z. Public acceptance of fully automated driving: Effects of social trust and risk/benefit perceptions[J]. *Risk Analysis*, 2019, 39(2): 326-341.
- [19] LÓPEZ-MOSQUERA N, SANCHEZ M. Theory of planned behavior and the value-belief-norm theory explaining willingness to pay for a suburban park[J]. *Journal of Environmental Management*, 2012, 113: 251-262.
- [20] SÁNCHEZ M, LOPEZ-MOSQUERA N, LERA-LOPEZ F, et al. An extended planned behavior model to explain the willingness to pay to reduce noise pollution in road transportation[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 177: 144-154.
- [21] DU H, LIU D, SOVACOOOL B K, et al. Who buys new energy vehicles in China? Assessing social-psychological predictors of purchasing awareness, intention, and policy[J]. *Transportation Research Part F*, 2018, 58: 56-69.
- [22] LEONG L Y, HEW T S, TAN W H, et al. Predicting the determinants of the NFC-enabled mobile credit card acceptance: A neural networks approach[J]. *Expert Systems with Applications*, 2013, 40(14): 5604-5620.
- [23] CHONG Y L. A two-staged SEM-neural network approach for understanding and predicting the determi-

- nants of M-commerce adoption[J]. *Expert Systems with Applications*, 2013, 40(4):1240-1247.
- [24] XU Y L, ZHANG W Y, BAO H J, et al. A SEM-Neural network approach to predict customers' intention to purchase battery electric vehicles in China's Zhejiang Province[J]. *Sustainability*, 2019, 11:1-19.
- [25] AJZEN I. The theory of planned behavior[J]. *Organizational Behavior & Human Decision Processes*, 1991, 50(2):179-211.
- [26] AJZEN I, FISHBEIN M. Attitude-behavior relations: A theoretical analysis and review of empirical research[J]. *Psychological Bulletin*, 1977, 84(5):888-918.
- [27] LEE J D, SEE K A. Trust in automation: Designing for appropriate reliance[J]. *Human Factors*, 2004, 46(1):50-51.
- [28] SIEGRIST M, PRICE P S. The influence of trust and perceptions of risks and benefits on the acceptance of gene technology[J]. *Risk Analysis*, 2010, 20(2):195-204.
- [29] CHOI J K, JI Y G. Investigating the importance of trust on adopting an autonomous vehicle[J]. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2015, 31(10):692-702.
- [30] ROSELIUS T. Consumer rankings of risk reduction methods[J]. *Journal of Marketing*, 1971, 35(1):56-61.
- [31] YADAV R, PATHAK G S. Determinants of consumers' green purchase behavior in a developing nation: Applying and extending the theory of planned behavior[J]. *Ecological Economics*, 2017, 134:114-122.
- [32] OLIVER R L, BEARDEN W O. Crossover effects in the theory of reasoned action: A moderating influence attempt[J]. *Journal of Consumer Research*, 1985, 12(3):324-340.
- [33] QUINTAL V A, LEE J A, SOUTAR G N. Risk, uncertainty and the theory of planned behavior: A tourism example[J]. *Tourism Management*, 2010, 31(6):797-805.
- [34] NAIR S R, LITTLE V J. Context, culture and green consumption: A new framework[J]. *Journal of International Consumer Marketing*, 2016, 28(3):1-16.
- [35] ZHANG T, TAO D, QU X, et al. The roles of initial trust and perceived risk in public's acceptance of automated vehicles[J]. *Transportation Research*, 2019, 98(1):207-220.
- [36] ZHENG Z, LIU Z, LIU C, et al. Understanding public response to a congestion charge: A random-effects ordered logit approach[J]. *Transportation Research Part A*, 2014, 70:117-134.
- [37] MC HARRISON D, CHOUDHURY V, KACMAR C. The impact of initial consumer trust on intentions to transact with a web site: A trust building model[J]. *Journal of Strategic Information Systems*, 2002, 11(3/4):297-323.
- [38] TERWEL B W, HARINCK F, ELLEMERS N, et al. Competence-based and integrity-based trust as predictors of acceptance of carbon dioxide capture and storage (CCS)[J]. *Risk Analysis*, 2009, 29(8):1129-1140.
- [39] TAYLOR S, TODD P A. Understanding information technology usage: A test of competing models[J]. *Information Systems Research*, 1995, 5:91-108.
- [40] SARSTEDT M, RINGLE C M, SMITH D, et al. Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): A useful tool for family business researchers[J]. *Journal of Family Business Strategy*, 2014, 5(1):105-115.
- [41] FORNELL C, LARCKER D F. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error[J]. *Journal of Marketing Research*, 1981, 18(1):39-50.
- [42] CHAN F T S, CHONG A Y L. A SEM-neural network approach for understanding determinants of interorganizational system standard adoption and performances[J]. *Decision Support Systems*, 2012, 54(1):621-630.
- [43] TAN W H, OOI K B, LEONG L Y, et al. Predicting the drivers of behavioral intention to use mobile learning: A hybrid SEM-neural networks approach[J]. *Computers in Human Behavior*, 2014, 36:198-213.
- [44] FRANCISCO L C, VELJKO M, ZORAN K, et al. A SEM-neural network approach for predicting antecedents of M-commerce acceptance[J]. *International Journal of Information Management*, 2017, 37(2):14-24.
- [45] SIM J J, TAN W H, WONG J C J, et al. Understanding and predicting the motivators of mobile music acceptance — A multi-stage MRA-artificial neural network approach[J]. *Telematics and Informatics*, 2014, 31(4):569-584.