

应用于智慧物流服务的无人驾驶车产品设计

冉蓓¹, 覃京燕²

(1.华南理工大学, 广州 510006; 2.北京科技大学, 北京 100083)

摘要: **目的** 探讨在人工智能、大数据、万物互联网络等技术支撑条件之下的, 应用于智慧物流场景的无人驾驶车产品设计方法。**方法** 在智慧物流技术架构的基础上构建以无人驾驶车驱动的智慧物流服务技术架构, 分析无人驾驶车作为服务媒介和服务参与者构建的物流服务场景以及无人驾驶车的行为和目的, 在此基础上进行无人驾驶车产品设计。**结果** 无人驾驶车产品设计的主要任务是功能设计和表征设计。通过视图模型构建无人驾驶车的功能、内容和通道逻辑关系模型, 使用参数化产品设计方法进行无人驾驶车表征设计。**结论** 本研究为在其他服务场景中的无人驾驶车产品设计提供了设计理论和方法参考, 启发以无人驾驶车为媒介的智能产品服务系统设计理论与实践研究。

关键词: 无人驾驶车产品设计; 智慧物流; 服务/产品工程; 参数化产品设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)06-0037-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.06.006

Product Design of Autonomous Vehicles Applied to Intelligent Logistics Services

RAN Bei¹, QIN Jing-yan²

(1.South China University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2.University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: The propose is to explore the product design methods of Driverless Vehicles applied to intelligent logistics scenarios under the technical support conditions of artificial intelligence, big data, and Internet of Everything. On the basis of the intelligent logistics technology architecture, the paper analyzes the logistics service scenarios constructed by Driverless Vehicle as a service medium and service participants, as well as the behavior and purpose of Driverless Vehicle, and designs the Driverless Vehicle. The main task of product design of Driverless Vehicles is function design and characterization design. The logical relationship model of the function, content and channel of Driverless Vehicles is constructed through the view model, and Parametric Product Design methods is used for the characterization design of Driverless Vehicles. This research provides design theory and methods reference for product design of Driverless Vehicles in other service scenarios, and inspires the theory and practice of intelligent product service system design using Driverless Vehicles as the medium.

KEY WORDS: product design of Driverless Vehicles; intelligent logistics; service/product engineering; parametric product design

在人工智能、大数据、物联网、智能传感器等技术飞速发展的背景下, 无人驾驶车拓展了人类移动性的内涵与外延^[1]。随着无人驾驶技术的日益成熟, 相关政策法规的日益完善, 无人驾驶车产品设

计的场景逐渐从乘用车领域向社会智能服务领域拓展。智慧物流服务是人工智能技术率先落地应用的社会服务场景, 人工智能引领的新一代信息技术推动了智慧物流的产生和发展。本研究针对人工智

收稿日期: 2021-01-22

基金项目: 广州市哲学社会科学发展“十三五”规划 2019 年度课题 (2019GZGJ15)

作者简介: 冉蓓 (1983—), 女, 天津人, 硕士, 华南理工大学设计学院讲师, 主要从事人工智能与创新设计研究。

通信作者: 覃京燕 (1976—), 女, 四川人, 博士, 北京科技大学教授, 主要研究方向为交互设计、信息设计以及大数据的信息可视化等。

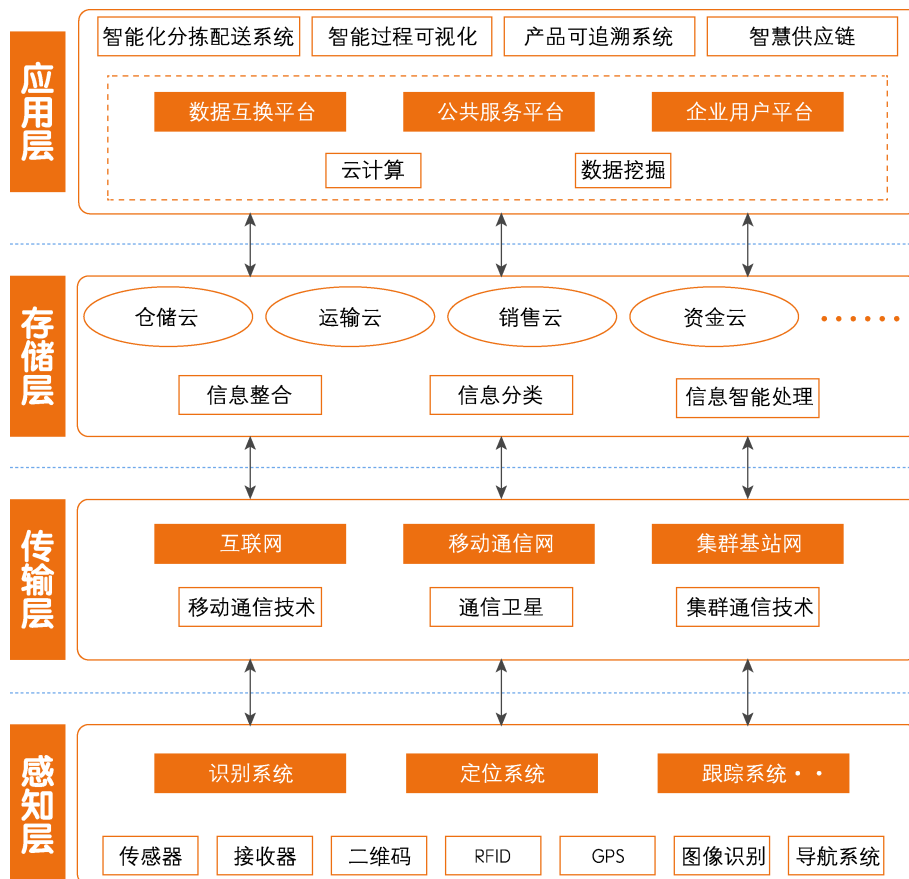


图 1 智慧物流服务技术架构
Fig.1 Technical framework of intelligent logistics service

能与智能交通系统、交通大数据、物联网与人车交互技术支持下的无人驾驶车产品设计进行研究,以期应对国家战略转型下的设计理论研究,提供设计实践与方法借鉴。

1 智慧物流

1.1 智慧物流的涵义

智慧物流(Intelligent Logistics)是指以互联网为依托,广泛应用物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术。将信息技术、网络技术与物流行业深度融合,提升物流服务分析决策和智能执行的能力,提升物流系统的智能化、自动化水平^[2]。智慧物流的概念是从 IBM 提出的“智慧供应链”理念延伸而来的。人工智能、大数据等技术是智慧物流服务实施的技术基础,智慧物流系统具备了感知、学习、推理、判断的能力。智慧物流整合了物联网、传感网和互联网资源与技术,实现对物流服务全程的自动化、可视化、可控化、智能化、网络化管理,提高物流资源的利用率和生产力水平^[3]。从供需平衡角度出发,“为供需双方提供最大化的经济效益、最佳的服务体验”是智慧物流服务的最终目的,最大化地利用物流资源是智慧物流的本质。

1.2 智慧物流服务技术架构

智慧物流服务的技术架构包括感知层、传输层、存储层和应用层,见图 1^[4]。感知层利用识别系统、定位系统和跟踪系统,实时获取物在流通过程中产生的数据信息。传输层利用互联网、移动通信网、集群基站网等网络通信技术,及时有效地地传输数据信息。存储层对数据信息进行管理,形成仓储云、运输云、销售云、资金云等,通过智能算法对数据信息进行处理。应用层将处理过的数据信息应用于智慧物流服务的方方面面,为用户提供良好的、个性化的物流服务体验。

2 无人驾驶车在智慧物流服务中的应用

无人驾驶汽车(Driverless Vehicles, DV)是一种智能化的汽车,主要通过车载计算机系统感知车辆周围环境,获取道路、周围车辆、障碍物、交通灯等信息,通过车载移动网络即时获取路况,自动规划行车路线并控制车辆到达预定目的地^[5]。无人驾驶车将人类驾驶员从传统的“人一车一路”闭环的驾驶环境中释放出来^[6]。美国汽车工程师学会和美国高速公路安全管理局依据人类驾驶员的注意力从动态驾驶任务(Dynamic Driving Task, DDT)中释放出来的程

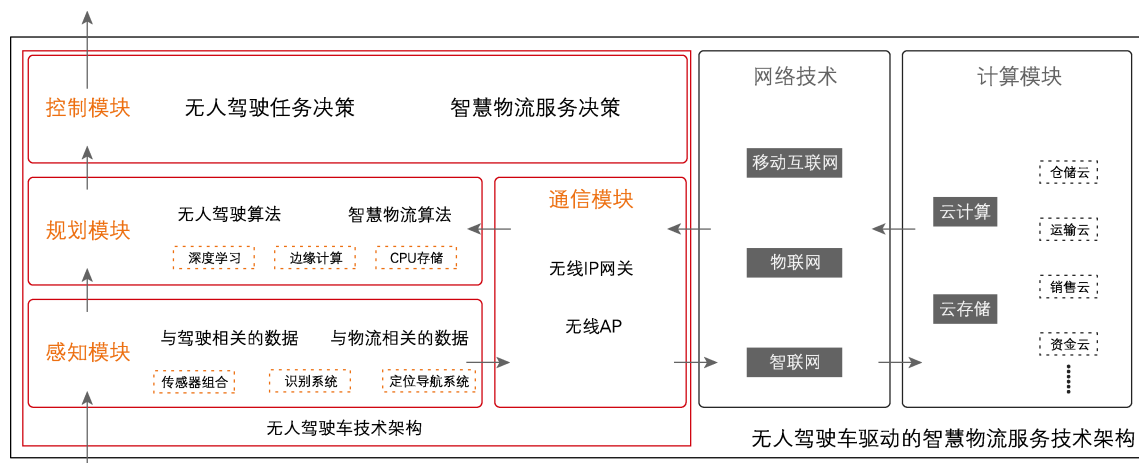


图 2 以无人驾驶车驱动的智慧物流服务技术架构

Fig.2 Technical framework of intelligent logistics service driven by driverless vehicles

度对无人驾驶车进行分级，共分为 L0~L5 六个等级。L0 级为完全不具备自动化驾驶能力、由人类驾驶员驾驶的汽车。L5 级为实现完全自动化驾驶的汽车，可以将人类驾驶员从驾驶任务中完全解放出来^[7]。

从本质上讲，无人驾驶车属于智能化移动机器人。无人驾驶系统是集环境感知、行为决策、运动规划与自主控制等多项功能于一体的综合智能系统，涉及机械、控制、传感器技术、信号处理、模式识别、人工智能和计算机技术等多学科知识^[8]。无人驾驶车具备感知能力、通信能力、计算能力和决策能力。在智慧物流场景中，无人驾驶车驱动了智慧物流服务的运行，是智慧物流的智能化产品服务媒介。无人驾驶车具有移动性，丰富了在智慧物流服务实施过程中感知、传输、存储和应用数据的途径^[9]。

2.1 无人驾驶车驱动的智慧物流服务技术架构

无人驾驶车驱动了社会化智能服务的运行，无人驾驶车驱动的社会服务系统技术架构与无人驾驶车的服务内容相关。在乘用车服务场景中，无人驾驶车的主要服务内容是执行驾驶任务。在智慧物流服务场景中，无人驾驶车的服务内容围绕着无人驾驶任务和智慧物流服务展开。无人驾驶车驱动的智慧物流服务技术架构包含四大模块，即感知模块、规划模块、通信模块和控制模块，与智慧物流服务技术架构中的感知层、传输层、存储层和应用层相映射，见图 2。无人驾驶车的感知模块通过多种传感器的融合实现对环境信息和车身信息的采集和预处理^[10]。感知模块是无人驾驶车从外部环境中采集信息，并从中获得驾驶任务和服务知识的途径。无人驾驶车藉由感知模块具备了感知情境、生产数据的能力。无人驾驶车的规划模块具备深度学习、图像处理和智能计算能力，对感知模块获取的信息数据基础进行处理，规划无人驾驶车的行为实现智能决策^[11]。网联技术的本质就是协同，通过通信模块无人驾驶车与社会服务系统联通。通信模块令无人驾驶车具备了网络连接能力，车与车

(V2V)、车与人(V2P)、车与路(V2R)、车与设施(V2I)、车与网络(V2N)以及车与云(V2C)联结在一起，实现了“车联万物”(Vehicle to X, V2X)。“群智创新”是多个个体、主体按照既定原则组织起来，围绕特定目的进行的创新活动^[12]。每辆无人驾驶车都参与到产生数据、计算数据、分析数据、传输数据中，云存储、云计算技术对无人驾驶车收集来的数据进行计算分析，实现无人驾驶车的“群智创新”模式。藉由控制模块，无人驾驶车具备了行为能力，无人驾驶车的控制模块类似于人类的行为系统，目的是将规划好的行为变现，例如无人驾驶车避让行人等行为。

2.2 应用于智慧物流服务的无人驾驶车设计案例

智慧物流服务是无人驾驶车应用的重要社会服务领域。无人驾驶车在“无人不在”“无处不在”和“无时不在”3个维度上优化了智慧物流服务的用户体验。无人驾驶车是连接物理空间和数字空间的物流服务媒介，更及时、更广泛地将服务提供者和服务使用者紧密联结，实现无人不在；无人驾驶车是提供基于位置技术的移动服务媒介，使得智慧物流服务无处不在；无人驾驶车不同于真实人类，可以实现 24 h 不打烊，便于用户有效利用碎片化时间享受智慧物流服务。亚马逊、京东、腾讯、美国联邦快递、瑞士邮政、法国雷诺等互联网、物流、车企行业巨头均着眼于无人驾驶技术在物流服务场景中的应用。如 STARSHIP 公司推出了餐饮配送无人驾驶车，可以提供 6 km 范围内的物流即时交付服务。用户可以通过手机 APP 订购商品，并对整个物流配送过程进行监控，见图 3。

在物流服务实施过程中，无人驾驶车通过雷达、超声波、GPS 等传感器技术感知环境数据，感知发生当下空间中的信息数据，通过车载 CPU 算法对数据信息计算分析，用以无人驾驶车在服务实施过程中进行决策和预测。具备数据能力、计算能力和决策能力的无人驾驶车作为独立的“智能体”与外部环境发生主动交互，构建了无人驾驶车创新模式，需要在无人

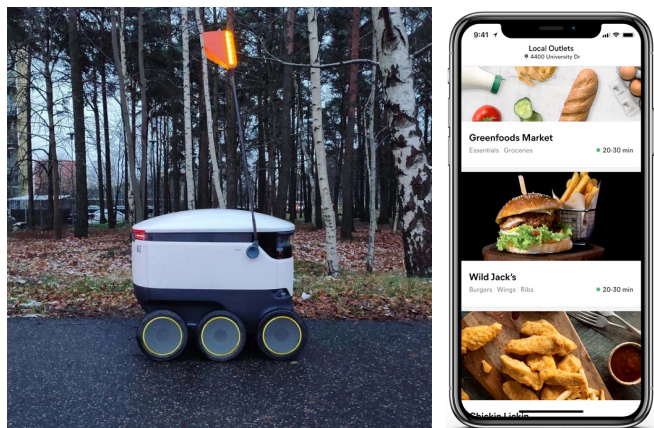


图3 STARSHIP 无人配送车
Fig.3 STARSHIP driveless delivery robot



图4 新石器无人驾驶车
Fig.4 Neolix driverless vehicles

自动驾驶挖掘的用户生产内容(UGC)基础上进行无人驾驶车产品设计^[13]。无人驾驶车产品设计是以用户为中心的设计创新方法和策略,基于用户中心视角,构建从物理空间到云平台的智能产品服务系统,实现物理空间中的产品开发和服务落地^[14]。投放在广州海心沙亚运公园的新石器无人驾驶车主要用于在公园、景区售卖饮料、纪念品等,见图4。公园和景区的道路环境相对简单,以步行的游客为主。无人驾驶车通过激光雷达、摄像头、超声波雷达感知路况环境,避让行人,通过前后的传感器组合感知游客通过手势表达的购买意愿后,行驶至游客面前。游客通过车载货箱的展示窗和车载屏幕了解物品信息,在触摸屏幕上完成选择商品、购买商品,最后取走商品。无人驾驶车会根据商品库存量,及时自行返回补货点进行补货。零售无人驾驶车在行驶和售卖过程中,对景区的人流数据进行采集,规划预测无人驾驶车在景区的售卖路线。零售无人驾驶车在与行人、游客之间的,发生在当下的、在地的存在性(Social Presence)交互形式中挖掘用户生产内容(UGC),需要针对用户生产内容进行无人驾驶车产品设计^[15]。

3 无人驾驶车产品设计内容分析

无人驾驶车产品设计的内容要依托于智慧物流服务设计的需求。服务设计的本体属性是关注人、物、行为、环境、社会之间关系的系统设计。服务设计的目的在于为用户创造有用、好用的服务,营造良好的体验,传递积极的价值^[16]。服务参与者、行动、目的、场景、媒介是服务设计的基本要素^[17]。无人驾驶车是智慧物流服务的主要媒介和利益相关者,驱动了服务场景的构建,无人驾驶车的行为和目的是无人驾驶车产品设计的设计内容。

3.1 无人驾驶车作为服务媒介要素

无人驾驶车搭载传感器、车载CPU、车载移动网络,具备了数据生产采集能力,数据计算、分析和

学习能力,数据联结通信能力。无人驾驶车通过车载多重传感器进行基于自动驾驶任务和智慧物流服务的数据生产和采集,通过车载自动驾驶和物流服务算法对数据进行计算、分析,通过以无人驾驶车为媒介的智慧物流互联网、物联网和互联网实现了数据的联结应用。无人驾驶车具有感知智能、运算智能和认知智能,是智慧物流服务中的数据生产采集媒介、数据计算分析媒介和数据应用执行媒介。

3.2 无人驾驶车作为服务参与者要素

通过对无人驾驶车作为媒介、无人驾驶车构建的场景以及无人驾驶车行为和目的的研究,分析智慧物流服务中的服务参与者。无人驾驶车作为人工智能体可以替代人类智能独立完成驾驶任务和部分物流服务,无人驾驶车也是系统中的服务参与者要素。服务参与者从3个维度与智慧物流服务发生交互关系,系统中有3个层次的服务参与者,即参与执行的人、参与行动的人和参与互动的人。参与执行的人是与智慧物流服务直接发生“操控”关系的服务参与者,执行的目的是满足用户功能需求,例如,货物的收件人开启无人驾驶车,无人驾驶车躲避行人等;参与行动的人是与智慧物流服务发生“行动”交互关系的服务参与者,行动的目的是构建信息交互关系;参与活动的人是与智慧物流服务发生服务“活动”关系,活动的目的是实现服务价值和意义。

3.3 无人驾驶车构建服务场景

无人驾驶车作为智慧物流的服务媒介和服务参与者,参与了3种社会生态系统形式的构建,即“个体”、“群体”和“社会系统”^[18]。无人驾驶车参与构建了“个体”化、“群体”化和“系统”化智慧物流服务场景,实现了以无人驾驶车驱动的智慧物流系统的“云端协同”、“信息协同”和“知识联结”。

3.4 无人驾驶车的行为和目的

无人驾驶车是智慧物流服务的数据生产采集媒

介、数据计算分析媒介和数据应用执行媒介，参与构建了“个体”化、“群体”化和“系统”化场景。在不同场景中，无人驾驶车设计的行为和目的的维度不同。行为分为操控（Operation）、行动（Action）、活动（Activity）3 个层次，与之相对应的目的的 3 个层次为执行目的（Motor-goals）、行动目的（Do-goals）和活动目的（Be-goals）^[19]。无人驾驶车作为数据生产采集媒介，在“个体”化的场景中执行“操控”层次的行为，以实现“执行目的”；无人驾驶车作为数据计算分析媒介，在“群体”化的场景中执行“行动”层次的行为，以实现“行动目的”；无人驾驶车作为数据联结应用媒介，在“系统”化的场景中执行“活动”层次的行为，以实现“活动目的”。

4 无人驾驶车产品设计方法研究

无人驾驶车产品设计的主要任务是功能设计和表征设计。无人驾驶车作为主要的物流服务媒介和服务参与者，与其他服务的参与者以及外部环境之间产生了涉及驾驶任务和物流任务的功能需求。无人驾驶车产品设计方法主要研究如何确定以满足上述需求为目的的无人驾驶车产品功能规格，并在此基础上进行无人驾驶车表征设计。

4.1 无人驾驶车功能需求分析

日本学者 Sakao、Shimomura 在服务工程（Service Engineering）的基础上提出了服务/产品工程（Service/Product Engineering, SPE）概念^[20]。在服务/产品工程中，产品被视为服务的组成要素，服务被视为包含产品的系统。服务/产品工程中将“服务”定义为“服务提供者”（Provider）使“服务接受者”（Receiver）从一种状态转变到其所期望的另一种状态的活动，活动的内容和渠道都是实现服务的手段^[21]。

服务提供者所期望的服务接受者的状态变化用“接受者状态变化参数”（Receiver State Parameters, RSPs）表达。“接受者状态变化参数”是由服务接受者的价值需求驱动的，一系列“接受者状态变化参数”构成了无人驾驶车产品设计的价值需求。

服务/产品工程领域视图模型的原理见图 5。该结构表达了功能、服务内容和通道之间的关系结构。最顶端是由“目标接受者状态变化参数”表达的需求，最底端是产品功能规格所体现的服务提供者表现。无人驾驶车作为智慧物流服务的媒介，通过构建无人驾驶车产品设计视图模型（见图 6），分析无人驾驶车的功能、物流服务内容和物流通道，在此基础上获得无人驾驶车产品功能规格。

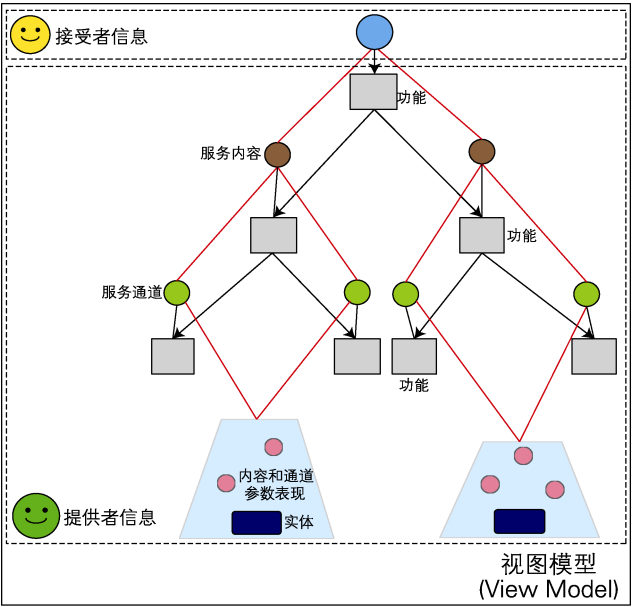


图 5 视图模型原理
Fig.5 View model principle

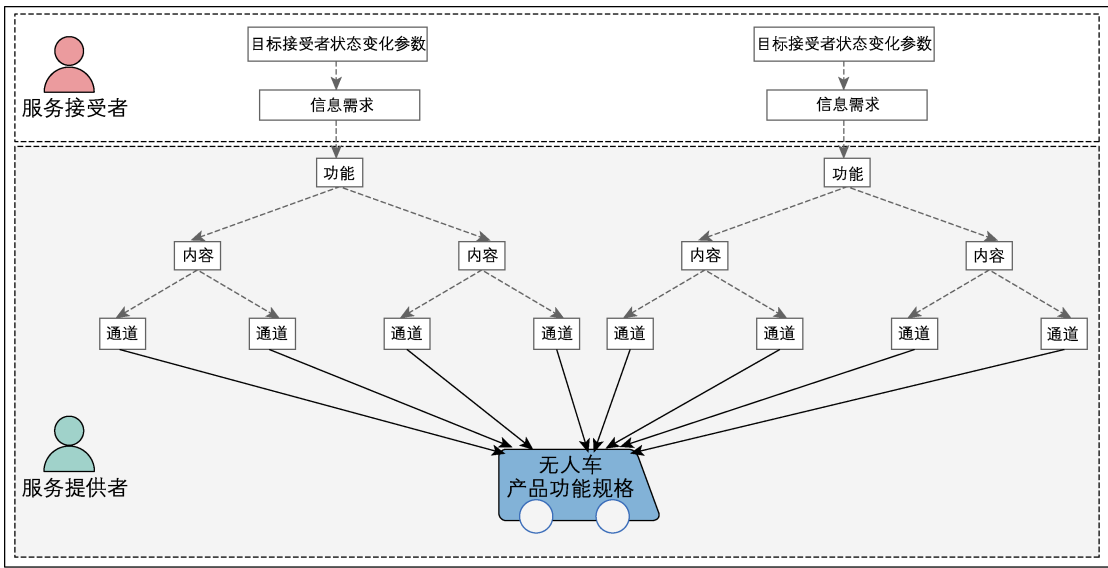


图 6 无人驾驶车产品设计视图模型
Fig.6 View model of driverless vehicles product design

4.2 无人驾驶车表征设计方法

无人驾驶车产品表征作为一种视觉感知客体而存在,不仅包含了视觉信息,同时也是语义和知识的载体^[22]。通过参数化产品设计、精益设计和敏捷交互,推演出无人驾驶车产品设计开发的过程,通过从低保真原型向高保真原型的迭代测试和设计优化,不断提升、达成无人驾驶车产品设计的可用性评测目标和用户体验评测目标。通过无人驾驶车功能需求分析,定义了无人驾驶车产品应该具备的功能、内容和通道。通过参数化产品设计方法对无人驾驶车进行表征设计。

参数化产品设计是把影响设计结果的主要因素视为设计参数,并将这些因素用某种逻辑关系串联到一起,产生具有全新设计表现形式的设计方法^[23-25]。体验化、共享化是体验经济时代的设计趋势,满足用户个性化、多样化需求的产品设计将成为主流^[26]。参数化产品设计解决了工业化大批量生产下的产品同质化与用户需求个性化、多样化之间的矛盾。逻辑精准性、同步可视性、调节性及推导性是参数化产品设计的优势^[27]。参数化产品设计通过参数之间的关联性和逻辑性产生了对设计创意的约束,驱动产品功能设计、尺寸设计和造型设计。参数化产品设计为无人驾驶车产品设计提供了全新的设计思维和设计方法,无人驾驶车产品设计是由服务体验和交互驱动的参数化产品设计^[28]。在无人驾驶车参数化产品设计中,要将影响因素参数化和建立参数之间的关系,以及依据参数因素和设计参数之间的关系建立参数化产品功能规格原型。通过视图模型将内容、通道和功能对无人驾驶车设计结果的影响因素参数化,构建表达参数之间关联关系和逻辑关系的模型。利用参数化模型的造型思维,构建与其影响因素及属性相关联的外观模型,进行无人驾驶车表征设计。

以应用于大型办公楼内配送的腾讯微派 3.0 无人

驾驶车为例,用户的个性化需求和楼宇内的多样化场景都是影响无人驾驶车设计结果的影响因素,识别这些影响因素以及内在关联关系、逻辑关系,量化生成参数化模型,在参数化模型基础上进行无人驾驶车造型设计。为了适用于不同场景和不同用户群体,可以任意调整设计参数以获得不同肌理、形态的无人驾驶车表征设计,提高了设计效率,实现了个性化设计,见图 7^[29-30]。

以雷诺研发的应用于智慧城市无人驾驶车——EZ-PRO 为例。EZ-PRO 无人驾驶车应用于城市不同使用场景中,例如“最后 1 km 配送”、移动咖啡馆、货物运输、载人运输等。EZ-PRO 无人驾驶车产品设计使用了参数化设计方法,由两个模块组成,分别是基础驾驶模块和针对场景开发的服务模块。每辆 EZ-PRO 无人驾驶车都配有相同的驾驶底座模块,依据不同服务场景中的影响因素进行无人驾驶车表征设计了,见图 8—10。

4.3 无人驾驶车产品设计案例分析

2019 年 Robomart 开始与 Stop&Shop 连锁超市合作,在美国大波士顿地区投放了无人驾驶车移动超市,见图 11。用户在手机端下载 Robomart APP 之后,选取想要购买的商品类别,然后点击“需求”键之后,系



图 7 腾讯微派 3.0 无人驾驶车
Fig.7 Tencent Weipai 3.0 driverless delivery robot



图 8 雷诺 EZ-PRO 无人驾驶车
Fig.8 Renault EZ-PRO driverless vehicles

统会为用户自动匹配距离最近的 Robomart 无人驾驶车，几分钟之后抵达用户所在位置，为用户提供“上门销售服务”。Robomart 无人驾驶车车载货仓内装载了蔬菜、水果、方便，每个商品上都有 RFID 标签，用户取走打算购买的商品后关上车门，Robomart 无



图 9 EZ-PRO 货物运输
Fig.9 Renault EZ-PRO logistics driverless vehicles



图 10 EZ-PRO 移动咖啡馆
Fig.10 EZ-PRO mobile cafe shop

人驾驶车通过射频识别技术识别商品上的 RFID 标签，自动抓取用户购买商品的种类和价格，生成购物清单发送至用户 Robomart APP，自动从用户事先绑定的 Robomart APP 账户中扣取费用，省去了用户手动支付的环节。与传统实体店零售、电商零售的区别在于，Robomart 无人驾驶车将购买频率较高的商品进行仓储前置，当用户呼叫附近的 Robomart 无人驾驶车的时候，购买可能性高的商品就已经在用户附近了，仓储前置大大缩短了“最后 1 km 配送”的时间，提升了用户的购买体验。使用视图模型对无人驾驶车的功能需求，以及功能内容和通道进行分析，见图 12。例如，顾客在选购商品的时候需要获知商品的信息，因此需要无人驾驶车具有显示商品信息的功能，需要显示的内容为商品的名称、销售价格等，是通过车内置物架上的显示器显示的，表征设计见图 13。



图 11 Robomart 无人驾驶移动超市
Fig.11 Robomart driverless vehicles supermarket

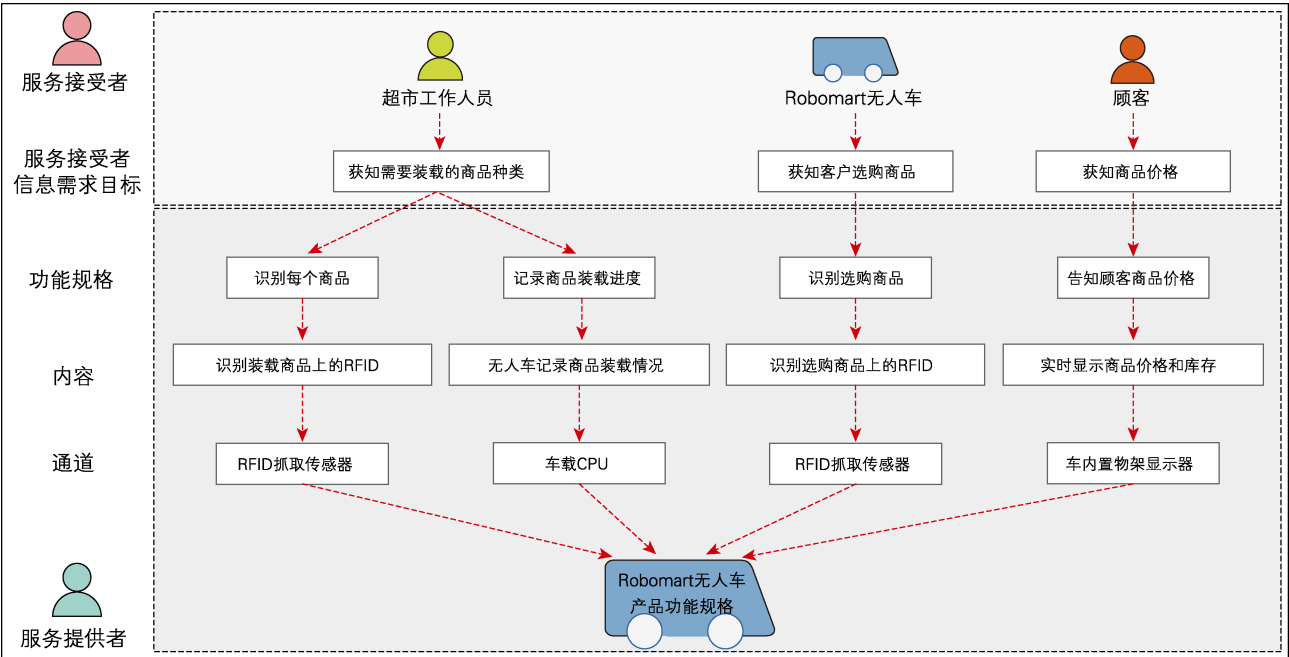


图 12 Robomart 无人驾驶车产品设计视图模型
Fig.12 View model of Driverless Vehicles supermarket product design



图 13 Robomart 无人驾驶移动超市货架设计
Fig.13 Shelf design of driverless vehicles supermarket

5 结语

智慧物流是无人驾驶车率先实现应用的社会服务场景。无人驾驶车的感知模块、规划模块、通信模块和控制模块丰富了智慧物流服务中感知、传输、存储和应用数据的途径,驱动了物流服务场景的构建。无人驾驶车产品设计的的主要任务是无人驾驶车功能设计和表征设计。通过视图模型将内容、通道和功能影响无人驾驶车设计结果的影响因素参数化,构建表达参数之间关联关系和逻辑关系的模型。使用参数化产品设计方法,构建与无人驾驶车设计影响因素及属性相关联的外观模型,进行无人驾驶车表征设计。

国内外无人驾驶技术的发展历经百年,无人驾驶车研发的焦点已经从最开始的通信技术向智能服务系统领域拓展。谷歌、特斯拉、百度、腾讯、阿里巴巴等均着眼于以无人驾驶车驱动的智能交通系统的研发。2020 年席卷全球的新型冠状肺炎疫情,引发了对非接触式服务的需求,催生了许多全新的无人驾驶车在社会服务领域中应用的场景。在即将到来的 2022 年北京冬奥会,将会有 20 多款无人驾驶车亮相,为冬奥会的顺利进行保驾护航,无人驾驶车被越来越广泛地应用到社会服务中。本研究不仅可以为在其他服务场景中的无人驾驶车产品设计提供设计理论和方法参考,还可以启发以无人驾驶车为媒介的智能产品服务系统设计理论与实践研究。

参考文献:

- [1] 覃京燕,冉蓓.智慧物流场景下无人驾驶车的产品服务系统设计[J].装饰,2019(11):8-33.
QIN Jing-yan. RAN Bei. Product-service System Design for Autonomous Vehicles in the Scenarios of Intelligent Logistics [J]. Zhuangshi, 2019(11): 28-33.
- [2] 王继祥.物联网发展推动中国智慧物流变革[J].物流技术与应用,2010,15(6):30-35.
WANG Ji-xiang. The development of the Internet of Things promotes the transformation of Smart Logistics of China [J]. Logistics & Material Handling, 2010, 15(6): 30-35.
- [3] 李芷巍.高端物流探索与研究[J].中国流通经济,2008,22(12):20-23.
LI Du-wei. Explore and Research on the High End Logistics[J]. China Business and Market, 2008, 22(12): 20-23.
- [4] 王谦,李江凤.基于物联网管理模式的智慧物流模式构建[J].中国市场,2014(50):79-82.
WANG Qian, LI Jiang-feng. The Construction of Smart Logistics Model based on the Internet of Things Management Model[J]. China Market, 2014(50): 79-82.
- [5] 穆康乐.无人驾驶汽车发展现状及未来展望[J].电子技术与软件工程,2017(21):112-114.
MU Kang-le. Development Status and Future Prospects of Autonomous Vehicles[J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2017(21): 112-114.
- [6] 谭浩,孙家豪.基于语义分析下汽车无人驾驶和自动驾驶用户体验研究[J].包装工程,2016,37(14):58-62.
TAN Hao, SUN Jia-hao. Different UX between Automatic Cars and Driverless Cars[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(14): 58-62.
- [7] Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles[EB/OL]. (2016-01-16)[2020-12-25]. https://www.sae.org/standards/content/j3016_201609/. 2019.6.10.
- [8] 杜明博.基于人类驾驶行为的无人驾驶车辆行为决策与运动规划方法研究[D].合肥:中国科学技术大学,2016.
DU Ming-bo. Research on Behavioral Decision Making and Motion Planning Methods of Autonomous Vehicle Based on Human Driving Behavior[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2016.
- [9] SHI W, ALAWIEH M, LI X, et al. Algorithm and Hardware Implementation for Visual Perception. System in Autonomous Vehicle: A Survey[J]. Integration, the VLSI Journal, 2017, 59: 148-156.
- [10] 陈龙.城市环境下无人驾驶智能车感知系统若干关键技术研究[D].武汉:武汉大学,2013.
CHEN Long. Key Technologies of Perception System for Unmanned Autonomous Vehicle in Urban Environments[D]. Wuhan: Wuhan University, 2013.
- [11] 倪继平.基于机器学习的无人驾驶技术研究[J].计算机与网络,2018,4(6):68-70.
NI Ji-ping. Research of Driverless Technology Based on Machine Learning[J]. Computer & Network, 2018, 4(6): 68-70.
- [12] 罗仕鉴.群智创新:人工智能2.0时代的新兴创新范式[J].包装工程,2020,41(6):50-56.
LUO Shi-jian. Crowd Intelligence Innovation: a New Innovation Paradigm in the AI 2.0 Era[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(6): 50-56.
- [13] 覃京燕,郝泽宇.无人驾驶车多种空间人类移动性交互设计研究[J].包装工程,2018,39(14):70-76.
QIN Jing-yan, HAO Ze-yu. Autonomous Vehicle Interaction Design Method Based on Human Mobility in Cyb-

- erspace and Information Space[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(14): 70-76.
- [14] CHANG Dan-ni, GU Zhen-yu, LI Fan, et al. A User-centric Smart Product-service System Development Approach: A Case Study on Medication Management for the Elderly[J]. Advanced Engineering Informatics, 2019(42): 91-100.
- [15] 覃京燕. 量子思维对人工智能、大数据、万联网语境下的交互设计影响研究[J]. 装饰, 2018(10): 35-39.
- QIN Jing-yan. Research on the Impaction of Quantum Thinking on Interaction Design in the Context of AI, Big Data and Internet of Everything[J]. Zhuangshi, 2018(10): 35-39.
- [16] 辛向阳, 曹建中. 服务设计驱动公共实务管理及组织创新[J]. 设计, 2014(5): 124-128.
- XIN Xiang-yang, CAO Jian-zhong. Service Design Drives Innovation of Public Affairs Management and its Organization[J]. Design, 2014(5): 124-128.
- [17] 曹建中, 辛向阳. 服务设计五要素——基于戏剧“五位一体”理论的研究[J]. 创意与设计, 2018(2): 59-64.
- CAO Jian-zhong, XIN Xiang-yang. The Five Elements of Service Design: Exploration Based on the Theory of Dramatistic Pentad[J]. Creation and Design, 2018(2): 59-64.
- [18] 唐啸. 参与式设计视角下的社会创新研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2017.
- TANG Xiao. The Social Innovation Research: A Concept of Participatory[D]. Changsha: Hunan. University, 2017.
- [19] WRIGHT B R E, CARVER C S, SCHEIER M F. On the Self-regulation of Behavior[J]. Contemporary Sociology, 2000, 29(2): 386.
- [20] SAKAO T, SHIMOMURA Y, SUNDIN E, et al. Modeling Design Objects in CAD System for Service/Product Engineering[J]. Computer-Aided Design, 2009, 41(3): 197-213.
- [21] KOMOTO H, TOMIYAMA T. Integration of a Service CAD and a Life Cycle Simulator[J]. CIRP. Annals – Manufacturing Technology, 2008, 57(1): 9-12.
- [22] 周文治, 赵江洪. 工程驱动的汽车造型特征设计[J]. 包装工程, 2017, 38(12): 141-144.
- ZHOU Wen-zhi, ZHAO Jiang-hong. The Automobile Styling Feature Design Driven by Engineering[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(12): 141-144.
- [23] 卞京. 产品造型设计的参数化探讨[D]. 杭州: 中国美术学院, 2012.
- BIAN Jing. Parametric Investigation of the Product Modeling Design[D]. Hangzhou: China. Academy of Art, 2012.
- [24] 孟祥旭, 徐延宁. 参数化设计研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002(11): 1086-1090.
- MENG Xiong-xu, XU Yan-ning. A Survey of the Research Works on Parametric Design[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics. 2002(11): 1086-1090.
- [25] OXMAN R. Thinking Difference: Theories and Models of Parametric Design Thinking[J]. Design. Studies, 2017, 52: 4-39.
- [26] 赵凯. 基于个性化产品定制的参数化设计系统研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2009.
- ZHAO Kai. Research of Three-dimensional Parametric Design System Based on Personalized Products Customization[D]. Shenyang: Northeastern University, 2009.
- [27] 宋健. 个性化需求下的产品参数化设计方法理论研究[J]. 家具与室内装饰, 2018(5): 18-19.
- SONG Jian. Theoretical Research on Product Parametric Design Methods under Individual Demand[J]. Furniture and Interior Decoration, 2018(5): 18-19.
- [28] 汪沙娜. 基于参数化驱动的产品造型设计应用研究[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 100-104.
- WANG Sha-na. The Application of Product Modeling Design Based on Parametric Drive[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 100-104.
- [29] 王珂, 刘莹, 王子健. 产品设计应用 3D 打印技术的教学初探[J]. 西北美术, 2016, 35(3): 44-48.
- WANG Ke, LIU Ying, WANG Zi-jian. Preliminary Studies on Application of 3D Printing. Technology on Product Design Teaching[J]. North West Fine Arts, 2016, 35(3): 44-48.
- [30] 王男, 蒋小曼. 基于参数化理论模型的车架造型设计[J]. 工业设计, 2018(7): 159-160.
- WANF Nan, JIANG Xiao-man. Design of Bicycle Frame Modeling Based on Parametric Theoretical Model[J]. Industrial Design, 2018(7): 159-160.