

doi: 10.19562/j.chinasae.qcgc.2024.01.003

基于情境引擎的车载导航交互设计研究

马钧^{1,2}, 柏玥²

(1. 同济大学汽车学院, 上海 200092; 2. 同济大学设计创意学院, 上海 200092)

[摘要] 针对车载导航模式单一、无法根据情境差异动态改变交互策略导致用户体验不足的问题, 本文提出了一种支持根据不同情境自适应车载导航交互策略的情境引擎模型。结合以用户为中心的设计流程(UCD)与情境感知理论, 定义了汽车人机交互情境, 并通过对典型驾驶用户进行跟车调研, 提取关键情境要素, 阐述了导航情境下情境引擎模型的自适应交互策略及原理, 将用户对不同信息的需求程度映射至交互表现层的详细程度。进行了贴合驾驶员不同需求层级的导航HMI信息框架梳理与组件设计, 对两个典型导航使用情境进行了交互界面设计与分析。结果表明, 情境引擎能对各驾驶情境下的驾驶员需求进行自适应交互, 可为智能座舱驾驶交互体验的优化与研发提供借鉴。

关键词: 人车交互; 车载导航; 情境感知; 界面设计

Context-Engine-Based Interaction Design of In-Vehicle Navigation

Ma Jun^{1,2} & Bai Yue²

1. School of Automotive Studies, Tongji University, Shanghai 200092;

2. College of Design and Innovation, Tongji University, Shanghai 200092

[Abstract] For the problems of single mode of car navigation interaction, inability to dynamically change interaction strategies according to contextual differences, and inadequate user experience, a context engine model that supports adaptive car navigation interaction strategies based on different contextual situations is proposed in this paper. Combining the user-centered design (UCD) and context awareness theory, automotive human-computer interaction contexts are defined, and key contextual elements are extracted through follow-up surveys of typical drivers. The adaptive interaction strategies and principles of the context engine model in navigation contexts are elaborated, and users' different information needs are mapped to the detailed level of interaction performance at the presentation layer. The navigation HMI information frameworks and components that fit the different levels of driver needs are summarized and designed for interface design and analysis of two typical navigation application scenarios. The results show that the context engine can adaptively interact with driver's needs in various driving situations, providing a reference for optimizing and developing intelligent cockpit driving interaction experiences.

Keywords: human-vehicle interaction; in-vehicle navigation; context awareness; interface design

前言

车载导航系统(vehicle navigation system, VNS)是智能座舱生态中驾驶员最常用的功能模块之一。相较于移动导航, 车载导航具有稳定的信号、车机数

据的支持以及多通道交互等优势。然而, 当前的车载导航模式固定单一, 无法根据驾驶员的认知水平和驾驶情境的变化动态调整导航交互, 导致了导航交互信息的冗余或不足, 增加了驾驶安全风险, 降低了驾驶体验的舒适度。因此, 车载导航交互设计的核心问题是如何提供恰当满足驾驶员在当前驾驶情

原稿收到日期为 2023 年 03 月 31 日, 修改稿收到日期为 2023 年 06 月 12 日。

通信作者: 马钧, 教授, E-mail: majun_tongji@foxmail.com。

境下的认知需求的导航交互信息,分析不同情境下驾驶员的导航需求,辅助其高效准确地完成驾驶操作。为解决上述问题,车载系统须具备情境感知能力,独立检测、识别、分析和执行活动,以适应不断变化的任务和环境状态。因此,通过情境感知提供对驾驶情境的自适应交互信息是优化车载导航交互的重要研究方向。

情境感知(context awareness, CA)的主流定义由 Dey 在 2000 年提出^[1],即能够利用用户的情境信息给用户适合当时人物、时间、位置、活动的信息或服务。情境感知是汽车智能化的重要步骤^[2],最早集中于技术视角,包括驾驶环境描述^[3]、系统推理^[4]、系统预测^[5]等,用于完成智能化车机系统的推理和构建。近年来,情境感知通过与设计学、人因与认知心理学等结合,被用于提升驾乘人员体验,满足其个性化需求。罗仕鉴等^[6]提出了用户体验设计的情境维度,分别是问题情境、求解情境、结果情境,并构建了基于 UED 的人机交互情境模型,通过情境树来描述系统功能间的逻辑关系。梁峭等^[2]针对车载智能交互情境下的汽车内室设计要素进行了研究,将情境感知结合空间回归、行为升级及品牌强化,提出了汽车内室体验设计框架。Baltrunas 等^[7]基于情境感知理论构建了考虑用户对情境因素决策的影响与评估的移动车载音乐推荐系统。

目前,一些研究将情境信息用于开发设计自适应人机交互界面,使其成为情境感知的热门应用领域。自适应人车交互界面可以根据需要自动调整信息交互方式,其运用的情境信息主要包括驾驶员数据、车机数据、环境数据等客观数据。Ulahannan 等^[8]通过分析驾驶员在自动驾驶车辆中的注视行为以在自适应界面优先显示重要信息,避免认知超载。Hu 等^[9]使用马尔可夫链探索驾驶员的注视转变,以识别驾驶员在不同条件下不同路段的需求,并结合视觉轨迹结果,在雾区前提醒驾驶员限速变化。部分研究在客观情境数据的基础上,引入了人因与认知心理学相关的数据分析方法。Gomma 等^[10]分析了心理负荷和知觉负荷对心理生理维度的影响,提出基于机器学习的车内交互双重任务场景中心理和知觉负荷估计框架,使用非侵入传感器针对用户行为和驾驶条件开发了个性化的实时自适应车载界面。当前,自适应决策的数据来源都比较单一,尚未有研究综合考虑驾驶场景下完整的情境信息。

总体而言,目前人车交互的情境因素数量庞大,难以组合出典型情境,且多关注车辆与环境,缺乏对

用户情境的研究与分析,导致对用户体验的提升效果有限。同时,强调用户体验的设计领域对情境的研究主要集中在情境交互理论框架,难以将情境框架融入系统实际工作流程中,导致人车交互终端无法根据动态变化的情境信息自适应改变交互形式。

针对以上问题,本文提出了情境引擎模型,将驾驶员需求融入情境感知与自适应决策框架中,实现根据动态情境自适应变化的车载导航交互。首先,将机器的情境感知和驾驶员的情境认知统一到有机情境系统中的情境定义,提取关键情境要素,分析影响驾驶员对每种信息类型的需求差异;其次,提出情境引擎理论模型,探索情境中人-车-环的信息流动与映射关系,制定自适应交互决策规则;最后,输出自适应用户情境意识水平的车载导航 HMI 交互内容与形式,将汽车情境感知技术转化为驾驶者所需服务。

1 汽车人机交互情境研究

1.1 情境概述

1.1.1 汽车领域的情境

汽车人机交互的情境是一个包含人-车-环的有机系统整体。驾驶员在驾驶过程中,系统中的各主体之间都存在信息传达关系,如车辆本身信息、车辆与环境信息、车辆与车辆间信息、车辆与其他交互载体信息以及人与车辆交互信息等。汽车的情境定义通常按来源划分,主要的 3 个情境分类分别对应人-车-环的 3 个维度,即:用户情境、车辆情境、环境情境。此外,在一些研究^[11-12]中,汽车的情境分类还包括任务情境,包括如超车、变道、转向等的驾驶任务与如打电话、听音乐等的非驾驶任务;时空情境,包括如 GPS 坐标、用户行动轨迹等时间地点信息。对情境感知的内容分类有助于了解不同情境下系统的信息处理过程。

1.1.2 设计领域的情境

设计学科中的情境也被定义为共同表征某种情况的一组信息的集合,由某人、某时、某环境、该环境下具体的需求共同组成^[13]。与汽车或计算机领域不同的是,设计情境强调以用户为中心,期望产品或设备可以以适当的交互方式呈现来满足用户的需求,人的需求变化对情境变化有重要影响。在设计学领域,以用户为中心的设计(user-centered design, UCD)将用户的需求和参与作为共同设计开发过程的中心,以提高用户接受度。根据 ISO 9241—210,

UCD是一个迭代设计过程,包括4个阶段:理解和定义使用情境、定义用户需求、产生满足这些要求的设计解决方案和评估。在汽车人机交互领域中,智能座舱的设计体验应以用户需求为出发点,将设计领域的情境知识融入到功能服务的提供中。这样可以提高驾乘人员与车内系统交互的体验,从而更好地满足用户的需求。因此,智能座舱交互设计需要根据驾乘人员不同的认知水平、驾驶技术等,分析其个性化需求,并利用情境知识来提高人机交互的效果。

表1 以用户为中心的汽车人机交互情境

情境分类	定义	相关数据
用户情境	基于驾驶员的生活习惯、经验偏好,反映其心理水平和生理能力的信息	视力、血压、心跳、眼动数据;职业、年龄、性别、受教育程度等;驾龄、历史行程、常走路线等
车辆情境	车机当前自身的状态信息	车速、转速、油/电量、水温、总里程等活动进程、能耗、通道占用情况等
环境情境	驾驶员驾驶过程中所处外部环境的物理信息	能见度、湿度、光线强度等道路障碍、路标、车流量;车道、路口;时间、GPS坐标;交通法律法规、文化背景等
任务情境	驾驶员在汽车上执行驾驶任务和非驾驶任务的行动过程及效果信息	目的地、路线;变道、转弯、超车、停车等
需求情境	驾驶员在当前驾驶情境下所需的各类信息和其情境意识水平的差距	由其他情境数据推理得到

用户情境用于描述不同驾驶员的差异化特征,影响其对于驾驶情境反应的认知和操作资源分配。车辆情境描述车机当前自身的状态信息,是车载智能产品相较于移动端的优势。环境情境是用户情境认知的主要信息来源,也是影响其决策行为与交互方式的重要客观因素。任务情境描述用户在汽车上所执行任务的目标与行为,包括驾驶任务和非驾驶任务。需求情境是以用户为中心的汽车人机交互情境的核心,描述驾驶员完成当前任务所需知识和其对车辆与环境情境的认知结果的信息差,是客观情境数据经过推理融合后的高层次特征,使系统能根据差异化的情境自适应选择合适的交互方式。需要指出的是,需求情境的具体内容与用户的目标及任务强相关,因此应结合具体的功能服务进行设计,本文以汽车导航服务为例,将驾驶员在使用导航引导时的信息需求分为路线指引、目标车道、驾驶任务、交通状况、安全提示5类。

以上5个情境共同构成了以用户为中心的汽车人机交互情境,各情境之间相互影响,持续动态地发生交互并传递信息。提取各类情境下的重要特征,探究情境间的关系,是将情境信息解析转化为有用知识的研究重点。

1.2 以用户为中心的汽车人机交互情境

1.2.1 情境定义

汽车人机交互情境是人-车-环系统下复杂有机的整体,为了使车内系统交互更加贴合不同驾驶情境下的驾乘人员需求,可通过结合多学科背景下的情境概念,将设计学中以用户为中心的研究方法引入汽车人机交互情境研究中,以增强系统对用户需求的计算和感知能力。以用户为中心的汽车人机交互情境包括用户情境、车辆情境、环境情境、任务情境、需求情境,如表1所示。

1.2.2 情境要素提取

人机交互中的情境期望能描述用户的当前状态,但部分信息往往难以直接从情境数据中获取,如用户执行任务时的意图、目标、需求等,导致设计的知识成果难以被工程化地融入车载智能系统的工作流程中。在此,引入情境要素(context components)概念^[14],即指从原始情境信息提取的可被量化的、最常用的情境高级特征,可构成当前情境信息的量化模型,用于决定哪种交互方式最适合用户当前需求的信息。给初始的情境数据赋予具体的语义并产生更高级别的知识,由此将情境信息转化为更有用的知识。

面临复杂的驾驶情境,由于用户主体的驾驶经验和认知水平等方面存在较大差异,选择典型的研究对象,才能提炼出用户在驾驶情境中的行为特征,发现差异性的信息需求。本文在驾驶经验维度上分别选取新手用户(驾龄1年以下)、中间用户(驾龄1-10年)、专家用户(驾龄10年以上)各1位作为研究对象;在认知水平维度上通过令被测者完成特定驾驶任务,并完成3D-SART^[15]量表自评的基础上,分别选取认知水平为较低、中等、较高的各1位驾驶员作为研究对象。

对6位研究对象,首先采用实际跟车调研的方法,对典型用户的驾驶操作过程中影响其驾驶效果与体验的情境要素进行分析提取,观察最真实的用户操作与需求反馈,保证数据的直接性、真实性;然后,针对不同情境维度对跟车用户进行后续访谈,侧重于导航信息需求的挖掘,补充遗漏信息。

经过对跟车与访谈结果的分析,新手用户面临的驾驶情境问题最多,因其驾驶经验不足,在面对复杂的车辆与环境情境信息时容易出现认知资源紧缺的情况,需要导航交互提供更丰富详细的任务指引与车道提示信息,以降低在复杂情境下执行驾驶任务的认知成本;中间用户已具备一定的处理复杂驾驶情境的综合能力,代表大多数用户的普遍驾驶情境;专家用户具备较强的情境意识水平,能顺利应对

各类复杂路口和车道状况,额外的信息需求较低。认知水平较低的用户在具备一定驾驶经验的条件下,在熟悉情境下的驾驶表现较好,但在面对陌生情境时对导航的反应时间更长,当导航信息过多时,容易出现理解错误导航信息的情况,需要导航交互提供更针对性的指引;认知水平中等的用户能通过导航引导顺利完成大部分驾驶任务,但对于复杂路口或车道,仍需要导航持续提供详细提示;认知水平较高的用户在陌生或复杂道路也能快速准确地理解导航信息,导航交互应在用户学习类似情况后降低引导强度。

通过以上对典型用户使用导航的驾驶情境分析,提取影响驾驶员驾驶体验与效果差异化的典型情境要素,按情境分类梳理,如表2所示。

表2 导航驾驶情境下的情境要素

情境分类	情境要素	定义	表示
用户情境	路线熟悉度	驾驶员对某段路线的熟悉程度	低 中 高
	驾驶熟练度	驾驶员对驾驶行为的熟练度	
	驾驶风格	驾驶员的个人驾驶节奏,由谨慎到激进的程度	
车辆情境	行驶速度	车辆当前的行驶速度及趋势	
	通道占用	除导航外其他应用程序对多通道的占用程度	
环境情境	车道复杂度	当前路段车道数量及规整度	
	路口复杂度	当前路口通道数量及其规整	
	交通复杂度	当前路段交通标识数量及其明晰程度	
	能见度	当前路段能见距离,受雾、雨等影响	
	通畅度	当前路段车流量、堵塞程度	
任务情境	及时性	驾驶员做出驾驶任务所需要的反应速度	
	准确性	驾驶员驾驶行为符合导航期望行为的比例	
需求情境	路线指引	从出发地到目的地的路线与方位指引信息	
	目标车道	当前可走的正确车道信息	
	驾驶任务	当前(及下一个)驾驶操作任务指引信息	
	交通状况	实时路面交通状况展示信息	
	安全提示	关于驾驶安全的提示信息	

以上根据典型驾驶情境调研提取的情境要素,是基于用户需求视角对原始情境数据分析融合的结果,能描述更具差异性和典型性的汽车人机交互情境,为后续汽车智能系统基于情境感知选择自适应交互形式奠定理论基础。

2 面向导航驾驶情境下的情境引擎

2.1 情境感知与情境认知概述

2.1.1 情境感知

车载智能系统在感知情境时需要进行复杂的信

息处理。该处理过程通常包括3个步骤:情境数据采集、情境推理与融合、功能出发与服务应用,如图1所示。传感器和软件数据采集实时获得各种情境信息,处理器将情境信息进行解析、转化、推理和融合,产生更高级别的知识,为初始的情境数据赋予具体的语义,交互界面将感知和推理结果呈现给用户,并提供各种信息和服务,如导航服务、信息服务、警示提醒和辅助驾驶等。

汽车智能系统的情境感知过程旨在采集、处理和应用情境信息,将处理结果呈现给驾驶员或乘客,从而引发他们的认知过程,进而做出决策和行为反

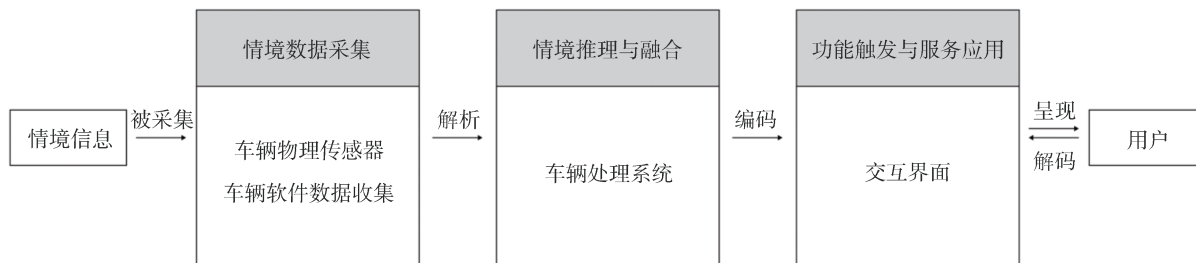


图1 汽车情境感知过程

应。以上过程由系统情境感知过程转换为用户的情境认知过程,完成了驾驶情境下人-机-环境情境信息的传达。

2.1.2 情境认知

情境认知(situated cognitive, SC)是决策和执行阶段的前提,强调用户基于当前情境意识水平,生成对此情境下任务或系统的决策判断,并最终输出相应行为动作执行。遗漏必要信息是大部分用户情境认知发生错误的主要原因,导致用户情境认知错误更多的原因是来自于用户对信息的遗忘或未及时捕捉到关键信息^[16]。

因此,为满足驾驶员在汽车人机交互情境下的需求,即使汽车情境感知结果与驾驶员情境认知水平相适应,使交互界面提供的信息符合用户心智模型,包括补齐驾驶员在处理当前车辆与环境情境时遗漏的知识信息,以及减少超过其认知需求的冗余信息。人车交互界面提供的信息量及其表现形式将成为影响用户情境意识水平高低、情境认知正确与否的关键。

2.2 情境引擎理论模型

驾驶员与车载信息产生交互行为的过程始终在动态的驾驶情境下发生与进行,不同的情境变化促使产生不同的用户信息需求。因此,在特定情境下提供自适应的特定交互信息,是满足用户当下情境核心信息需求的关键,有利于实现自然人车交互过程。

本文基于以人为中心的设计方法,融合情境感知与情境认知的信息传达原理,提出人车交互情境引擎理论模型,如图2所示。情境引擎将UCD设计的四阶段进入汽车情境感知过程中,将车机收集到的车辆、环境、用户情境数据进行高维度要素提取,结合外部情境要素与用户情境认知水平进行综合分析,拆解驾驶员需求,并将各维度需求映射至车载交互系统的表现内容及形式,实现根据用户驾驶情境

自适应选择信息交互方式的功能体验。

用户、车辆、环境、任务、需求情境的情境要素的选取如表2所示。与人车环相对应的用户、车辆、环境情境是系统获取情境数据的来源和主要交互对象。用户情境选取路线熟悉度、驾驶熟练度、驾驶风格3个要素来描述司机间关于驾驶经验和认知水平的差异化特征;车辆情境选取行驶速度、通道占用2个要素来完善情境引擎决策规则,其影响驾驶员对于导航信息的反应时间与敏感度;环境情境选取5个要素来表示外部情况,其中车道复杂度、路口复杂度、交通复杂度描述车辆所处的道路信息,能见度、通畅度描述随时间变化的动态因素,如大雾、拥堵等现象。各情境要素作为描述不同情境的高维语义信息,是情境引擎进行自适应决策时用于计算与推理的可量化变量。

情境引擎的4个阶段是一个随情境变化不断迭代循环的过程。以车载导航交互为例,在理解和定义使用情境阶段,外部车辆与环境情境决定了当前驾驶任务的复杂程度,驾驶员对外部情境进行基于用户情境(自身能力、经验、记忆等)的认知,认知结果表现为驾驶员情境意识水平高低。在定义用户需求阶段,结合外部情境复杂程度与驾驶员当前认知水平,计算两者间驾驶员的认知信息差,得到其当前在各维度上的导航信息需求程度。在产生满足需求的设计解决方案阶段,交互系统将需求情境的各维度需求层级映射至对应功能组件的交互形式,为驾驶员提供符合其实际情境需求的交互信息,并影响其对任务的决策与执行效果。在评估阶段,驾驶员在任务情境下对于驾驶任务的决策与执行质量反馈至交互系统,调整交互系统与需求情境间映射规则,使情境引擎在不断迭代中更加贴合驾驶员的实际需求。

2.3 情境引擎自适应决策流程

人车交互情境引擎基于汽车情境感知框架,使

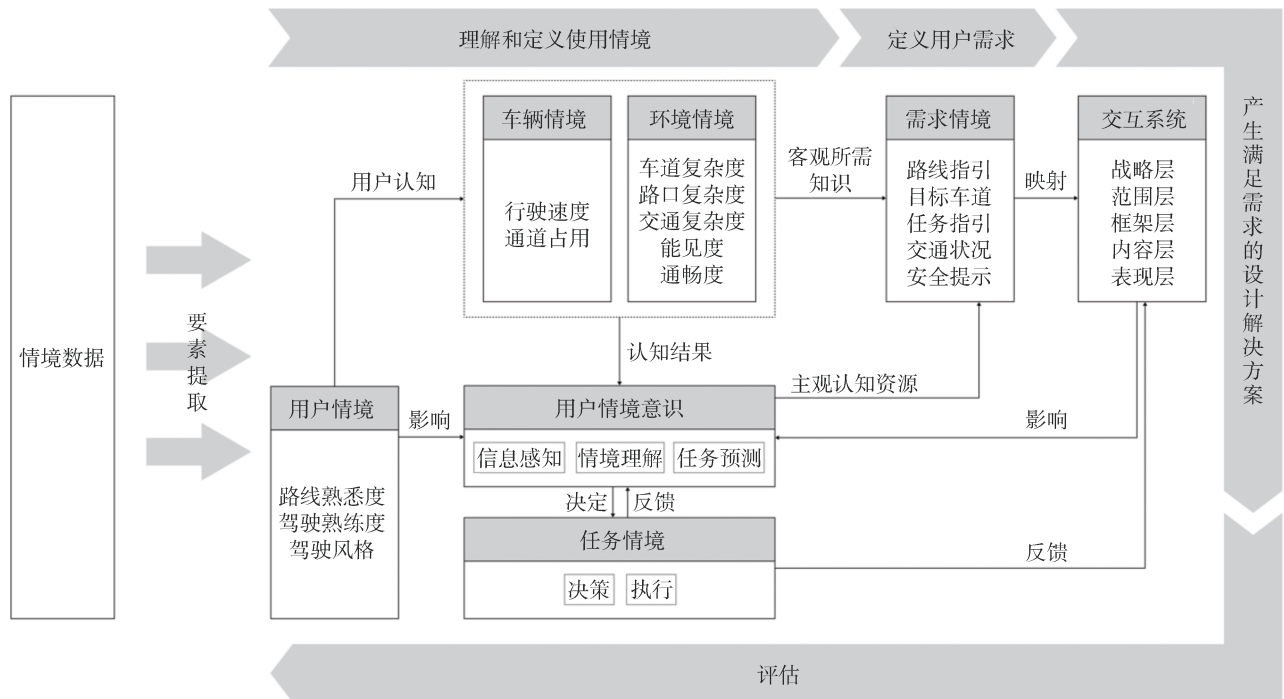


图2 面向导航驾驶情境下的人车交互情境引擎模型

用情境要素描述情境数据的高维语义信息,引入需求情境,将需求程度映射至交互组件内容与形式的详细程度,达到自适应决策交互方式的目的。情境引擎自适应决策流程如图3所示。

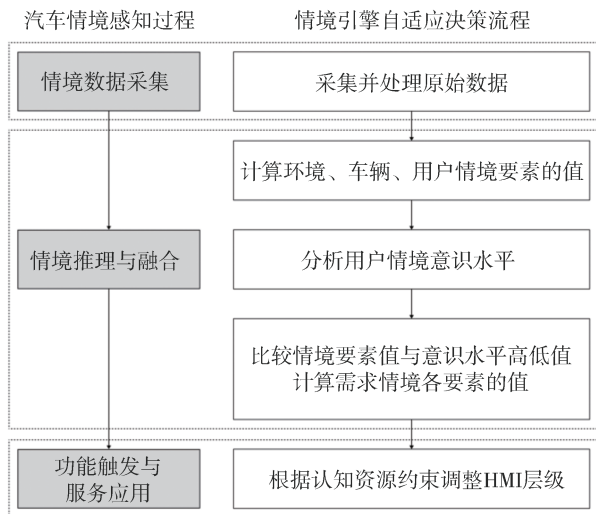


图3 情境引擎自适应决策流程

首先,情境引擎获取用户、车辆、环境的客观原始情境数据,如用户的驾驶年龄、车辆的行驶速度、当前车道数量等。通过当前原始情境数据推理各情境要素的量化值(低/中/高)。然后,结合情境数据分

析用户当前的情境意识水平,驾驶员的情境意识水平可能随驾驶过程动态变化,在实际场景中,情境意识水平由系统记录并分析驾驶员的任务操作数据和生理指标得到。下一步骤是结合专家知识,利用情境要素值与意识水平值计算需求情境各要素的值,以导航需求情境为例,计算规则如表3所示,其中“低”记-1分,“中”记0分,“高”记1分。需求情境要素意在强调车辆、环境情境与用户情境间情境要素的差值关系,以解决车载导航的核心问题,补充缺失信息,去除冗余信息。在规则中,与人有关的情境意识变量与其他外部环境变量的重要程度相同。外部情境要素变化的值可以累加,以体现真实场景下多样的外部环境变化对导航需求的重要影响。最后,根据各需求情境要素值自适应调整汽车人机交互界面(HMI)对应部件内容与形式的详细程度层级,映射规则如表4所示。

表3 导航各需求情境要素计算规则

需求情境要素	计算规则
路线指引	路线熟悉度-意识水平
目标车道	路口复杂度/2+车道复杂度+功能占用-意识水平
任务指引	路口复杂度+通道占用+行驶速度-路线熟悉度-驾驶熟练度-意识水平
交通状况	-能见度+交通复杂度-意识水平
安全提示	-能见度+(驾驶风格+行驶速度)/2-意识水平

表4 需求情境要素与HMI详细层级映射

需求情境要素值	对应HMI信息详细层级
≤ -1	简洁
$-1 < 0 < 1$	正常
≥ 1	详细

规则: 当有3个以上需求情境要素值 ≥ 1 时,选择值最高的3个调整对应HMI映射至详细(若值相等,优先级为:目标车道>路线指引>任务指引>安全提示>交通状况)

驾驶员的认知资源是有限的,对导航刺激的加工需要占用认知资源,刺激或加工越复杂,占用的认知资源越多。在需求情境要素与HMI详细层级映射的环节,遵循“更详细的层级将占用更多的认知资源,详细层级的HMI部件不超过3个”这一原则,增加认知资源约束规则:当有3个以上需求情境要素值 ≥ 1 时,存在认知资源抢占风险,选择值最高的3个情境需求要素映射调整至“详细”层级(若值相等,按优先级选择要素)。通过该规则,可以将导航刺激聚焦,保证驾驶员的认知资源能分配至当前情境下最重要的情境要素上(如车道提示等)。

待用户和HMI交互并做出驾驶决策和行为后,即完成了一次情境引擎的信息传达与循环。用户任务情境的及时性和准确性将影响系统对用户情境和需求情境的分析计算,以随时更新迭代,使系统随用户驾驶表现自适应调整交互策略。

3 基于情境引擎的导航交互设计

3.1 基于情境的车载导航信息架构

车载导航不仅能合理规划最佳路线,且能辅助驾驶员更高效、安全地完成驾驶任务。本文选择车载导航的中控屏通道进行基于情境引擎的自适应交互设计,说明情境引擎如何根据不同的情境信息自适应驾驶员需求,改变HMI交互策略,提升用户体验。

基于情境的车载导航的信息架构如图4所示,

分为常驻信息与动态信息。常驻信息指信息表现形式不会随情境变化改变的界面部件,包括路况概览、车辆信息、行程信息。路况概览以缩略图形式展现全局路程,提示用户当前所处进程。车辆信息指自车实时数据,如当前时速、发动机转速、油量/电量等。行程信息包括预计到达时间、剩余时间、剩余距离等。动态信息指信息详细程度与表现形式会随情境变化而自适应改变的界面部件,与情境引擎中的需求情境形成映射关系,包括路线地图、目标车道、任务指引、交通状况、安全提示。路线地图指行程的宏观路线、方位和方向指示,帮助用户对全局路线的感知与把控,与局部任务无关。目标车道指当前道路车道分布,提示用户当前可走的车道。任务指引指用户有多重操作选择时,引导用户进行正确操作的信息。交通状况指实时交规与路况信息提示,提示用户前方路段的电子眼、拥堵情况等信息。安全提示指安全类(危险路段提示)与温馨提示类信息,提醒用户规避风险,安全驾驶。

3.2 导航界面组件库设计

驾驶员对车载导航的信息需求随情境改变而产生差异。在用户情境意识水平较低,难以应对复杂的车辆与环境情境时,导航系统应提升对应具体需求的信息详细程度与提示强度,补充用户遗忘或未及时捕捉到的关键信息;在用户情境意识水平较高,或外部情境较为简单时,导航系统可降低对应的信息提示强度,防止信息过载造成打扰。因此,对展示同类信息的交互部件进行详细层级分级设计,能满足用户在差异化情境下对该类信息不同程度的需求。基于需求情境5个情境要素及车载导航信息类型映射,设计导航信息交互组件库,如表5所示。详细层级的划分标准是信息细节的丰富程度。更详细的层级提供更多帮助驾驶者理解当前驾驶情境的细节,更简洁的层级则提供更简化或基本的信息。例如,路线地图在“简洁”层级只包含从起点到终点的路线总览及主要道路名称,提供宏观的信息参考;在

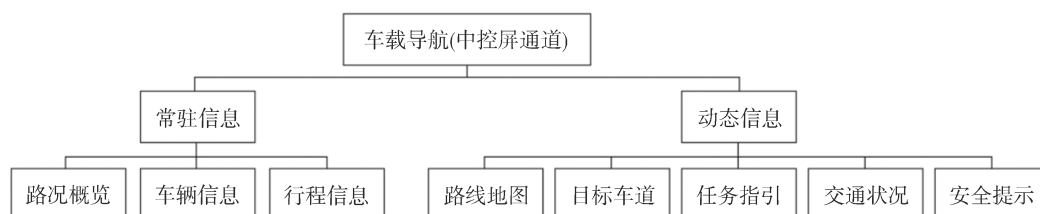


图4 车载导航信息架构(中控屏通道)

“详细”层级则聚焦到当前道路,包含道路形态、车道等更多细节。

4 应用案例

4.1 界面原型设计

在使用导航的人-车-环驾驶情境中,系统对于情境的感知及驾驶员对情境的认知最终通过导航交互界面进行融合,因此,导航交互界面是系统自适应用户需求并最终呈现载体,用户对驾驶情境的差异化需求在界面对应信息模块的不同详细程度中得到满足。本文选取两个典型驾驶情境进行导航信息交互界面设计,以展示情境引擎中由情境信息至交互自适应策略的转化过程。第一个情境为新驾驶员准备通过匝道下高速,需要变道,车速较快,匝道入口易和辅路混淆,容易错过变道时机;第二个情境为老驾驶员听着音乐行驶至一个未曾走过的大型十字路口,路口的车道较多,但总体来说驾驶任务不难。根据情境引擎自适应决策流程,计算两个情境的情境要素值并分析用户情境意识水平,然后根据表3规则计算得到各维度的需求程度,最后映射至界面

各信息部件的对应展示层级,如图5所示。

第一个情境自适应交互策略的界面视觉呈现如图6所示。在当前情境下,高车速缩短了新驾驶员的反映时间,且辅路与匝道的区分信息无法被其高效理解,导致了新驾驶员当前情境意识水平较低,经过系统分析,需要更详细的路线指引、目标车道、任务指引。在图6上图中,导航交互策略选择采用最详细层级的目标车道信息,展示更清晰的推荐车道与变道提示,减少驾驶员认知成本,防止其遗漏变道的重要信息。图6下图是假设驾驶员错过匝道口的情况,对用户进行更加详细的安全提示,在告知用户系统在重新规划路线的同时,提醒用户勿做出急停或倒车的行为。

第二个情境自适应交互策略的界面视觉呈现如图7所示。此时虽然用户的听觉通道被音乐占用,且驾驶路线为新路线,但因其驾驶经验丰富,情境意识水平高,自适应交互决策为不需要增加提示额外信息,还可降低任务指引和交通状况的展示详细程度,保持导航的简洁与宁静,提升用户沉浸式听歌用车体验。

从两个情境案例可看出,情境引擎可有效感知

表5 导航界面信息交互组件库

信息类型	详细层级		
	简洁	正常	详细
路线地图			
目标车道			
任务指引			
交通状况			
安全提示			

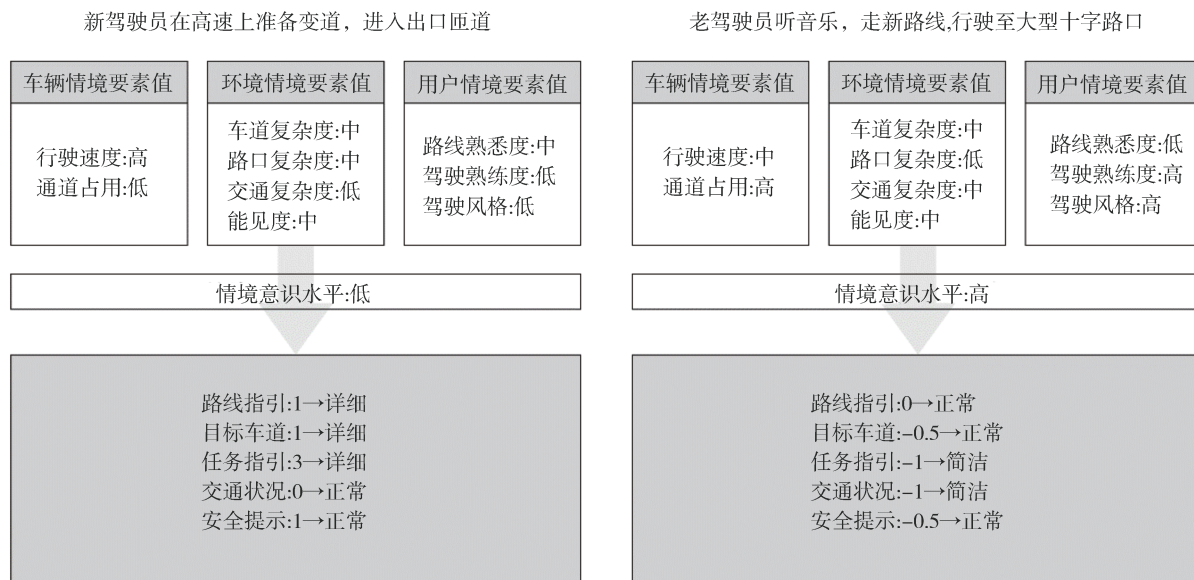


图5 两个案例的情境引擎应用过程



图6 新手驾驶员下高速导航交互界面

用户、车辆、环境的差异化要素,基于情境引擎的导航自适应交互策略可结合具体情境分析用户不同维度的信息需求,并映射至导航信息交互界面中,通过与用户的信息交互,提供适应其意识水平与实际需求的交互与信息,提升驾驶任务的完成度和驾驶体验的满意度。



图7 老驾驶员听歌走新路导航交互界面

4.2 可用性测试

实验旨在通过可用性测试来验证基于情境引擎的车载导航交互对于提升驾驶员驾驶效率、驾驶准确性和用户体验的作用。基于以上两个原型案例,本文扩充了10个常见道路类型的基于情境引擎的车载导航原型设计,10个道路类型包括十字路口右转、环岛、长距离直行、长实线变道、上匝道、汇入主路、驶出主路、下匝道、特殊车道左转、多岔路口。实验对象为3位新手用户(1年以内驾驶经验)和3位专家用户(10年以上驾驶经验)。实验以标准化的普通导航界面作为对照组,以基于情境引擎设计的原型界面作为实验组。为了模拟驾驶员在驾驶过程中同时观察路况和使用导航的情景,将各导航界面及其对应的实景路况制作成视频。

在实验中,被测者将分别观看按随机顺序排列

的对照组和实验组的各10个视频,并在理解当前驾驶任务后按下按键,口述接下来的驾驶操作,由测试员记录其每个驾驶任务反应时间与操作的准确率。随后,被测者将填写SUS(system usability scale)用户满意度测试量表^[17],以评估他们对于导航界面的满意程度。测试结果如表6所示,样本编号1-3为新手用户,样本编号4-6为专家用户。

表6 可用性测试结果

样本编号	实验组			对照组		
	平均反应时间	操作准确率	SUS满意度	平均反应时间	操作准确率	SUS满意度
1	2.73 s	100%	97.5	3.58 s	90%	90.0
2	1.98 s	100%	95.0	3.14 s	80%	90.0
3	2.09 s	90%	97.5	2.96 s	80%	92.5
4	2.02 s	100%	90.0	2.05 s	100%	82.5
5	2.24 s	100%	95.0	2.21 s	90%	87.5
6	2.35 s	100%	92.5	3.07 s	100%	75.0

根据实验结果,相对于使用普通导航(对照组),被测者对基于情境引擎的导航系统展示的交互信息有更短的反应时间和更高的操作准确率。这表明本文设计的车载导航系统在认知效率和准确度方面优于现有导航系统。基于情境引擎的导航系统通过自适应展示驾驶员在不同情境下所需的导航信息,更好地被驾驶员理解,从而提高驾驶员的情境意识水平和驾驶操作准确率。此外,被测者对导航系统的满意度也得到提升。实验结果验证了基于情境引擎的车载导航系统通过自适应地满足驾驶员在不同情境下的导航信息需求,能够提升驾驶员的驾驶效率与准确性,以优化驾驶体验和提升驾驶安全性。

5 结论

本文将以用户为中心的设计研究方法引入汽车情境感知领域研究中,从用户需求出发,定义了汽车人机交互的5类情境,并依托典型用户跟车调研进行了关键情境要素提取,分析原始情境数据的高维语义学特征,同时基于系统情境感知与用户情境认知理论构建了面向导航驾驶情境下的情境引擎理论模型,实现由情境到需求的自适应交互决策过程。将情境引擎模型应用于车载导航的交互信息界面设计中,基于车载导航信息架构设计交互组件库,将需求层级映射至提示信息展示层级,并通过两个典型情境进行设计应用。结果表明:该情境引擎模型能

够有效转化情境信息,为自适应驾驶员需求的交互方式提供决策依据。未来研究方向可侧重于如何从原始情境数据中提取更有差异性与代表性的情境要素,使描述的情境更具典型性,以及通过人工智能或专家知识探究各需求情境要素值的计算方式或推导规则,使系统能从复杂多变的情境中感知用户需求,从而推广至各车载产品应用中,提升人车交互用户体验。

参考文献

- [1] DEY A K. Providing architectural support for building context-aware applications [D]. USA: Georgia Institute of Technology, 2000.
- [2] 梁峭,李然. 智能交互情境下汽车内室体验设计[J]. 包装工程, 2019, 40(22): 112-118.
LIANG Q, LI R. Vehicle interior experience design in the context of intelligent interaction [J]. Package Engineering, 2019, 40(22): 112-118.
- [3] SUN J, ZHANG Y, HE K. Providing context-awareness in the smart car environment [C]. 2010 10th IEEE International Conference on Computer and Information Technology, 2010: 13-19.
- [4] 罗威. 智能汽车空间中情境感知的主动信息服务[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
LUO W. Context-aware information service in smart car space [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2008.
- [5] HELMHOLZ P, ZIESMANN E, ROBRA-BISSANTZ S. Context-awareness in the car: prediction, evaluation and usage of route trajectories [C]. Design Science at the Intersection of Physical and Virtual Design: 8th International Conference, DESRIST 2013, Helsinki, Finland, June 11-12, 2013. Proceedings 8. Springer Berlin Heidelberg, 2013: 412-419.
- [6] 罗仕鉴,朱上上,应放天,等. 手机界面中基于情境的用户体验设计[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(2): 239-248.
LUO S J, ZHU S S, YING F T, et al. Scenario-based user experience design in mobile phone interface [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16(2): 239-248.
- [7] BALTRUNAS L, KAMINSKAS M, LUDWIG B, et al. InCarMusic: context-aware music recommendations in a car [C]. HUEMER C, SETZER T. E-Commerce and Web Technologies. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011: 89-100.
- [8] ULAHANNAN A, THOMPSON S, JENNINGS P, et al. Using glance behavior to inform the design of adaptive HMI for partially automated vehicles [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2022, 23(5): 4877-4892.
- [9] HU D, YANG X, ZHAO X, et al. Method of HMI optimization design based on fixation transition characteristics and visual attention trajectory: a driver simulator study [J]. International Journal of Automotive Technology, 2022, 23(4): 1127-1140.
- [10] GOMAA A, ALLES A, MEISER E, et al. What's on your

- mind? a mental and perceptual load estimation framework towards adaptive in-vehicle interaction while driving[C]. Proceedings of the 14th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2022: 215-225.
- [11] 文晗. 基于情境感知的汽车人机交互界面设计研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2016.
- WEN H. Study on automotive human machine interface design based on context awareness[D]. Changsha: Hunan University, 2016.
- [12] 李坤刚. 基于情境感知的车载HUD安全提示信息界面设计研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2020.
- LI K G. Research on interface design of vehicle hud safety information based on context awareness[D]. Beijing: China University of Mining and Technology, 2020.
- [13] 柳冠中, D M. 事理学论纲——概述[J]. 设计, 2013(9): 114-115.
- LIU G Z, D M. An outline of science of affairs[J]. Design, 2013(9): 114-115.
- [14] FREES S. Context-driven interaction in immersive virtual environments[J]. Virtual Reality, 2010, 14(4): 277-290.
- [15] TAYLOR R M. Situational awareness rating technique (SART): the development of a tool for aircrew systems design[M]//Situational Awareness. Routledge, 2011.
- [16] ENDSLEY M R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems[J]. Human Factors, 1995, 37: 32-64.
- [17] BROOKE J. SUS: a quick and dirty usability scale[J]. Usability Eval. Ind., 1995, 189.

(上接第8页)

- [8] BRUCE X B, LIU Y, ZHANG X, et al. Mmnet: a model-based multimodal network for human action recognition in rgb-d videos[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2022, 45(3): 3522-3538.
- [9] WEYERS P, SCHIEBENER D, KUMMERT A. Action and object interaction recognition for driver activity classification[C]. 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), 2019: 4336-4341.
- [10] TAN M, LE Q. Efficientnet: rethinking model scaling for convolutional neural networks[C]. International Conference on Machine Learning. PMLR, 2019: 6105-6114.
- [11] YAN S, XIONG Y, LIN D. Spatial temporal graph convolutional networks for skeleton-based action recognition[C]. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2018, 32(1).
- [12] CARREIRA J, ZISSERMAN A. Quo vadis, action recognition? a new model and the kinetics dataset[C]. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2017: 6299-6308.
- [13] LI M, CHEN S, ZHAO Y, et al. Dynamic multiscale graph neural networks for 3D skeleton based human motion prediction[C]. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2020: 214-223.
- [14] TAN M, LE Q. Efficientnet: rethinking model scaling for convolutional neural networks[C]. International Conference on Machine Learning. PMLR, 2019: 6105-6114.
- [15] WOO S, PARK J, LEE J Y, et al. Cbam: convolutional block attention module[C]. Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV), 2018: 3-19.
- [16] MARTIN M, ROITBERG A, HAURILET M, et al. Drive&act: a multi-modal dataset for fine-grained driver behavior recognition in autonomous vehicles[C]. Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, 2019: 2801-2810.
- [17] QIU Z, YAO T, MEI T. Learning spatio-temporal representation with pseudo-3D residual networks[C]. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2017: 5533-5541.
- [18] TRAN D, BOURDEV L, FERGUS R, et al. Learning spatiotemporal features with 3D convolutional networks[C]. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2015: 4489-4497.

(上接第17页)

- [18] 杨龙海, 张春, 仇晓赞, 等. 冰雪条件下中国驾驶员跟驰行为及模型研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2020, 20(6): 145-155.
- YANG L H, ZHANG C, QIU X Y, et al. Car-following behavior and model of Chinese drivers under snow and ice conditions[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2020, 20(6): 145-155.
- [19] 马小龙, 余强, 刘建蓓, 等. 基于无人机视频拍摄的高速公路小型车换道行为特性[J]. 中国公路学报, 2020, 33(6): 95-105.
- MA X L, YU Q, LIU J B, et al. Analysis of lane change behavior of passenger cars on the freeway using UAVs[J]. China Journal of Highway and Transport, 2020, 33(6): 95-105.