

## 基于主客观数据的车载软件用户体验测评模型

苏梦月<sup>1</sup>, 范臻<sup>2,3</sup>, 唐帮备<sup>2,4</sup>, 朱明鑫<sup>2,3</sup>, 李杨<sup>1</sup>, 华锋<sup>1</sup>, 陈胜男<sup>2</sup>

(1. 中国汽车工程研究院股份有限公司, 重庆 401122; 2. 重庆文理学院 智能制造工程学院, 重庆 402160;  
3. 四川轻化工大学 机械工程学院, 四川, 宜宾 643002; 4. 陆军军医大学 生理教研室, 重庆 400038)

**摘要:** 针对车载软件易用性用户体验评价过程中其结果缺少客观定量数据支撑的问题, 提出了一种基于主客观数据的车载软件用户体验评价方法, 将目标用户体验过程中的主观心理量和客观生理量作为汽车车载软件的评价指标。招募 20 名目标用户, 使用头戴式眼动仪、手指操作轨迹跟踪分析系统和满意度量表, 采集用户在 3 款车载软件体验评价过程中的眼动数据、手指运动数据以及主观评价值。通过 D-Lab 软件和 EthoVision XT 软件对眼动和手动数据进行处理, 建立了结合心理和生理评价指标的车载软件用户体验多维综合评价模型, 并对此评价模型进行了验算, 结果表明, 车载导航软件体验评价效果最好, 车载空调软件其次, 车载媒体软件最差。

**关键词:** 车载软件; 眼动测试; 手指行为测试; 评价模型

中图分类号: TB472 文献标志码: A DOI: 10.3969/j.issn.2095-1469.2025.04.08

## A User-Experience Evaluation Model for In-Vehicle Software Based on Subjective and Objective Data

SU Mengyue<sup>1</sup>, FAN Zhen<sup>2,3</sup>, TANG Bangbei<sup>2,4</sup>, ZHU Mingxin<sup>2,3</sup>, LI Yang<sup>1</sup>,  
HUA Feng<sup>1</sup>, CHEN Shengnan<sup>2</sup>

(1. China Automotive Engineering Research Institute Co., Ltd., Chongqing 401122, China;  
2. School of Intelligent Manufacturing Engineering, Chongqing University of Arts and Sciences, Chongqing 402160, China;  
3. School of Mechanical Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Yibin 643002, Sichuan, China;  
4. Physiology Teaching and Research Section, Army Medical University, Chongqing 400038, China)

**Abstract:** To address the lack of objective and quantitative data support in the user-experience evaluation of in-vehicle software usability, the paper proposed an evaluation method that blends subjective and objective data. The subjective psychological responses and objective physiological signals captured during the user-experience evaluation were used as evaluation indices of vehicle software. Twenty target users were recruited for the study. A head-mounted eye tracker, a finger-trajectory tracking system, and a satisfaction questionnaire were used to collect the eye-movement data, finger-movement data and subjective ratings while participants evaluated three kinds of in-vehicle software. Eye-movement and hand-operation data were

收稿日期: 2024-06-17 改稿日期: 2024-07-27 网络首发日期: 2024-07-31

基金项目: 重庆市博士后研究项目特别资助(2023CQBSHTB3133); 重庆市教委科学技术研究项目(KJQN202201345); 重庆市自然科学基金项目(cstc2021jcyj-msxmX0766)

参考文献引用格式:

苏梦月, 范臻, 唐帮备, 等. 基于主客观数据的车载软件用户体验测评模型[J]. 汽车工程学报, 2025, 15(4): 508-515.

SU Mengyue, FAN Zhen, TANG Bangbei, et al. A User-Experience Evaluation Model for In-Vehicle Software Based on Subjective and Objective Data[J]. Chinese Journal of Automotive Engineering, 2025, 15(4): 508-515. (in Chinese)



processed with D-lab and EthoVision XT software, and a multi-dimensional comprehensive evaluation model combining psychological and physiological indices was established. The evaluation model was then validated. The results show that the navigation software provides the best user experience, the air-conditioning software ranks second, and the media-player software performs the worst.

**Keywords:** vehicle software; eye moving testing; finger behavior testing; evaluation model

随着智能汽车技术的不断进步，其产品功能日趋多样化，界面信息也愈发丰富，然而，由于消费者在教育背景、生活方式以及认知水平方面存在显著差异，导致用户在使用这些产品时面临日益增大的认知负荷<sup>[1]</sup>。新交互技术的引入不仅赋予了智能产品更先进的操作方式，同时也意味着用户需要再次学习以适应这些新产品<sup>[2]</sup>。在产品交互设计过程中，市场对减少用户挫折感的要求日益严格<sup>[3]</sup>。当前，产品可用性测评研究的核心集中在产品的有用性和易用性上，具体涵盖产品功能的完备性、用户与产品交互的顺畅度、产品的学习难易度以及用户满意度等多个关键指标<sup>[4-5]</sup>。这些测评指标共同构成了评价产品可用性的综合体系。在学术研究领域，产品体验评价方法主要包括公式评价法和试验评价法<sup>[6]</sup>。在公式评价法上，程永胜等<sup>[7]</sup>通过主成分分析法研究了用户对产品的感性认识。李希成等<sup>[8]</sup>运用模糊粗糙集评价法验证可定制化用户界面的适用性。HSIAO等<sup>[9]</sup>利用层次分析方法分析产品的功能属性及相关权重，来衡量产品的可用性。这种方法通过运用数学公式来计算相关指数，得到客观且量化的评价结果，然而在实际应用中，产品的舒适性、易用性等关键要素往往难以准确量化。而在试验评价法上，LASA等<sup>[10]</sup>利用眼动仪，HONG等<sup>[11]</sup>通过手指操作轨迹跟踪分析系统和满意度报告分析等方式，测试用户的生理和心理指标，来评估用户对产品的偏好，这种方法有助于削弱评估中的主观干扰，减少试验误差，从而在一定程度上提升评估的效率和准确性。

本文提出一种基于用户主客观数据的车载软件易用性评价模型，探讨车载软件易用性的科学评价方法，通过分析客观数据与其主观评价的关系，建

立了结合心理和生理评价指标的车载软件用户体验多维综合评价模型，以长城炮车载软件为测评对象进行了体验评价测试，并将试验数据代入模型进行了验证，实现了对车载软件易用性的客观评价。

## 1 车载软件用户体验评价过程

用户对产品的认知是一个复杂的信息处理流程，涵盖感官信息的接收以及大脑对信息的判断与推理<sup>[12]</sup>。心理学研究表明，人类的认知和体验本质上都具有评价性，在感知和体验某一对象时，人们会不自觉地在积极或消极的维度上作出评判<sup>[13-14]</sup>。传统的评价方法，存在主观性强、量化困难、缺乏全面性等不足，这些不足可能导致人机交互产品设计和改进过程缺乏科学性、高效性和用户导向性，影响产品的用户体验，而用户在体验车载软件时的眼动、手指运动、心理量表等客观数据能反映用户的真实感受。用户体验评价过程如图1所示。在用户与产品的交互过程中，运用手指追踪系统、眼动仪等工具，记录用户的客观行为数据，同时采用心理量表记录用户主观数据，通过深入分析这些数据与用户心理反应之间的联系，可以准确地判断用户对车载软件评价的偏好。

## 2 基于主客观数据的车载软件易用性体验评价模型

令测试车载软件集合为  $C = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_m\}$ ，被试集合为  $B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_n\}$ 。其中， $m$ 为测试车载软件数， $n$ 为被试人数集合。

### 2.1 基于用户心理量值的评价模型

传统的产品人机交互评价主要依赖于主观问卷进行事后评估。由于用户完成任务的时间通常较短，且随着时间的推移，许多用户难以清晰、准确

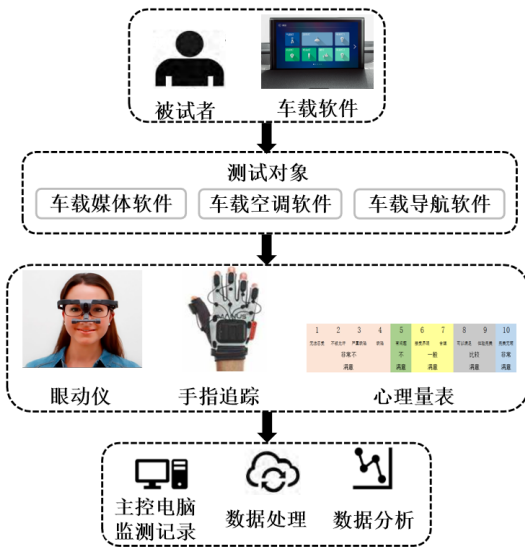


图1 车载软件用户体验评价流程

地回忆起已操作任务的细节,从而降低了测试结果的可靠性<sup>[15]</sup>。采用手指运动追踪软件实时记录用户在操作产品时的手指运动数据,同时结合用户的满意度报告,进行综合评估。这种方法能更准确地反映产品的操作性能,并提升心理量值数据的可靠性。

在此试验中,设用户 $n$ 对车载软件 $m$ 的主观评价为 $P_{nm}$ ,则用户 $\{b_1, b_2, b_3, \dots, b_n\}$ 依次对车载软件 $\{c_1, c_2, c_3, \dots, c_m\}$ 的评价矩阵为:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

车载软件 $i$ 的综合评价为:

$$p_i = \frac{p_{1i} + p_{2i} + \cdots + p_{ni}}{n} \quad (2)$$

每个车载软件的综合评价为:

$$P^T = [P_{c_1} \ P_{c_2} \ \cdots \ P_{c_m}] \quad (3)$$

## 2.2 眼动测试评价模型

人类从外界得到的信息中80%来源于视觉,眼动能反映个体对信息的选择模式,对探索认知加工心理机制至关重要<sup>[16]</sup>。眼动包括注视时间、注视次数、视线向左倾斜度、视线向右倾斜度等数据。眼动注视时间越长和注视次数越多,从显示界面提取信息越困难;视线向左倾斜度、向右倾斜度能衡量用户在显示界面的搜索量,倾斜度越大,从显示界面搜索到有效的目标信息越困难;注视时间和注

视次数是认知负荷的一个有效指标,注视时间越长和注视次数越多,说明显示界面带给用户的认知负荷越大。

设眼动数据 $E = (e_1, e_2, \dots, e_r)$ ,  $e_r$ 为 $r$ 项眼动指标,用户 $n$ 在车载软件 $m$ 体验过程中的眼动数据为 $e_{nm}$ ,则:

$$Y(b_i, c_j, E) = \begin{bmatrix} y(b_1, c_1, E) & y(b_1, c_2, E) & \cdots & y(b_1, c_m, E) \\ y(b_2, c_1, E) & y(b_2, c_2, E) & \cdots & y(b_2, c_m, E) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y(b_n, c_1, E) & y(b_n, c_2, E) & \cdots & y(b_n, c_m, E) \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中: $Y(b_i, c_j, E)$ 为被试者 $b_i$ 体验测试车载软件 $c_j$ 的各项眼动测试指标数据。

所有被试者测试车载软件 $j$ 的眼动数据综合值为:

$$y(b_{1-n}, c_j, E) = \frac{y(1, c_j, E) + y(2, c_j, E) + \cdots + y(n, c_j, E)}{n} \quad (5)$$

每个车载软件的眼动数据综合值为:

$$Y^T = [y_{c_1} \ y_{c_2} \ \cdots \ y_{c_m}] \quad (6)$$

## 2.3 手指行为测试评价模型

用户操作车载软件过程中的手指运动数据,可作为评价交互效率的重要依据<sup>[16]</sup>。手指行为数据包括手指移动距离、手指平均速度、手指平均加速度、运动中心点频率等。手指运动距离越短,操作效率越高;完成速度越快,操作效率越高。运动中点频率越大,操作效率越低。

设手指行为数据 $S = (s_1, s_2, \dots, s_h)$ ,  $s_h$ 为第 $h$ 项手指指标,用户 $n$ 在车载软件 $m$ 体验过程中的手指数据为 $s_{nm}$ ,则:

$$D(b_i, c_j, S) = \begin{bmatrix} d(b_1, c_1, S) & d(b_1, c_2, S) & \cdots & d(b_1, c_m, S) \\ d(b_2, c_1, S) & d(b_2, c_2, S) & \cdots & d(b_2, c_m, S) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d(b_n, c_1, S) & d(b_n, c_2, S) & \cdots & d(b_n, c_m, S) \end{bmatrix} \quad (7)$$

式中： $D(b_i, c_j, S)$  为被试者  $b_i$  体验测试车载软件  $c_j$  的各项手指测试指标数据。

所有被试者测试车载软件  $j$  的手指行为数据综合值为：

$$d(b_{1 \sim n}, c_j, S) = \frac{d(1, c_j, S) + d(2, c_j, S) + \dots + d(n, c_j, S)}{n} \quad (8)$$

$$Z(b_i, c_j, P, E, S) = \begin{bmatrix} z(b_1, c_1, P, E, S) & z(b_1, c_2, P, E, S) & \dots & z(b_1, c_m, P, E, S) \\ z(b_2, c_1, P, E, S) & z(b_2, c_2, P, E, S) & \dots & z(b_2, c_m, P, E, S) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ z(b_n, c_1, P, E, S) & z(b_n, c_2, P, E, S) & \dots & z(b_n, c_m, P, E, S) \end{bmatrix} \quad (10)$$

### 3 基于主客观数据的车载软件易用性体验评价试验

#### 3.1 测试对象与试验设备

以长城炮车载软件为测试对象，分别为车载媒体软件、车载空调软件、车载导航软件，如图2所示。试验设备为高清摄像机1个、Dikablis眼动仪1套、EthoVision XT运动轨迹追踪系统1套、D-Lab心理人因同步研究系统1套、主观评价量表20份。



图2 车载软件

#### 3.2 被试者组成

本次试验通过3轮筛选招募到20名用户作为被试者，男女各占一半，平均年龄为  $32 \pm 6$  岁，2年及以上驾龄。第1轮筛选进行主观判断检测，将参与过类似试验的参与者排除；第2轮将患有心理健康、生理特征缺陷的参与者排除；第3轮在试验测试时，将紧张无法正确完成试验操作的参与者排

除。取得被试者同意后，与被试者签订试验知情同意书，告知被试者试验内容与在试验中要完成的任务。

#### 2.4 结合心理和生理评价指标的车载软件用户体验综合评价模型

综合车载软件用户体验测试的心理量表、眼动数据和手动数据，其矩阵为：

#### 3.3 试验任务

在主试人员的指令下，20名被试者要依次完成试验任务，被试者根据听到的指令完成任务，可要求重复指令到听懂为止。所有被试者听到指令“开始”后再操作，操作过程中独立思考与尝试，不能询问，若经多次尝试认为无法完成也可报告“放弃”，完成后由主试人员报告“结束”，试验操作任务见表1。

表1 用户体验评价试验任务

车载软件	任务描述	操作方式
车载媒体软件	完成“媒体应用”任务，禁止语音操控	触控操作
车载空调软件	完成“空调设置”任务，禁止语音操控	触控操作
车载导航软件	完成“导航设置”任务，禁止语音操控	触控操作

#### 3.4 试验场景

被试者在入座测评车辆并调整完毕后在主试人员的帮助下佩戴设备，被试者配合主试人员完成设备校准后，保持车辆启动并在静止状态下依次完成车载软件的测评任务，试验场景如图3所示。

### 4 试验数据处理

#### 4.1 心理量表测试数据

心理量表根据用户是否易发现、理解车载软

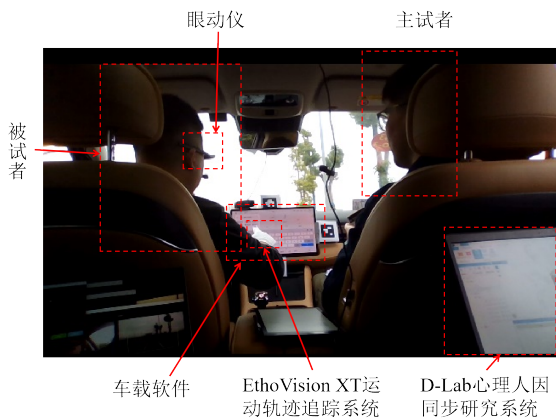


图3 试验场景

件的图标、文字、动画，以及操作次数、完成时间和整体车载软件的易用性来设计。心理量表内容见表2，满意度对应从非常不满意到非常满意，打分范围对应为1~10分。

表2 心理量表

评分	评价内容	满意度
1	无法忍受	非常不满意
2	不被允许	
3	严重缺陷	
4	缺陷	
5	有问题	不满意
6	接受缺陷	一般满意
7	合理	
8	可以满足	比较满意
9	体验完美	
10	完美无瑕	非常满意

试验结束后，被试者根据个人喜好，在尽可能短的时间内通过主观评价问卷对每一项任务进行打分，其中分数越高，表明用户对该任务人机交互的操作满意度越高。将试验数据代入式(1)~(3)，可以得到所有被试者对3款车载软件体验的综合心理量表值，见表3。

表3 车载软件用户体验综合心理评价量表

车载软件	综合心理值
1	8.55
2	8.65
3	7.65

## 4.2 眼动数据处理

利用 D-Lab 分析软件的眼动追踪模块 Eye Tracking，同时，配合 Dikablis 眼镜式眼动仪同步记录被试者完成每项任务时的眼动数据，并从中提取各项测试指标，包括注视次数  $e_1$  (counts)、注视时间  $e_2$  (s)、视线向左倾斜度  $e_3$  ( $^\circ$ )、视线向右倾斜度  $e_4$  ( $^\circ$ )。将各指标的试验数据代入式(4)~(6)，计算结果见表4。

表4 车载软件用户体验眼动数据各指标平均值

车载软件	平均注视次数/counts	平均注视时间/s	平均视线向左倾斜度/ $^\circ$	平均视线向右倾斜度/ $^\circ$
1	2.35	11.08	5.37	5.07
2	3.50	25.86	5.54	5.76
3	10.80	69.22	6.65	5.34

## 4.3 手指运动数据处理

利用 EthoVision XT 手指运动轨迹追踪软件记录被试者在完成每项任务时的手指运动数据，并从中提取各项测试指标数据，包括手指运动距离  $S_1$  (mm)、手指运动平均速度  $S_2$  (mm/s)、手指运动平均加速度  $S_3$  (mm/s<sup>2</sup>)、运动中心点频率  $S_4$  (s)。将各指标的试验数据代入式(7)~(9)，计算结果见表5。

表5 车载软件用户体验手动数据各指标平均值

车载软件	平均运动距离/mm	平均运动速度/(mm/s)	平均运动加速度/(mm/s <sup>2</sup> )	平均运动中点频率/s
1	4 192.87	140.00	15.00	27.60
2	2 868.83	135.80	11.39	23.65
3	7 992.61	158.57	3.57	56.45

## 4.4 评价模型验算

模型验算的评价对象为3款车载软件，依模型构成原理，选择心理量值、注视次数、注视时间、视线向左倾斜度、视线向右倾斜度、手指运动距离、手指运动平均速度、手指运动平均加速度、运动中心点频率共9个指标进行综合评价。评价过程为：将所有被试者的各指标平均值代入式(10)组成矩阵  $Z$  ( $3 \times 9$ )，如式(11)所示；其次，对模型

Z进行相对贴进度分析，计算各评价指标的得分，

$$Z = \begin{bmatrix} 8.55 & 2.35 & 11.08 & 5.37 & 5.07 & 4\ 192.87 & 140.00 & 15.00 & 27.60 \\ 8.65 & 3.50 & 25.86 & 5.54 & 5.76 & 28\ 683.00 & 135.80 & 11.39 & 23.65 \\ 7.65 & 10.80 & 69.22 & 6.65 & 5.34 & 7\ 992.61 & 158.57 & 3.57 & 56.45 \end{bmatrix} \quad (11)$$

### 5 试验结果——相对贴进度分析

为了全面评估并选择最佳的车载软件，本文深入分析了不同生理和心理维度指标下各车载软件的优劣。接着，在各个维度指标下进一步计算并分析车载软件的相对贴进度。记各个指标分别为：心理量值 ( $X_1$ )、注视次数 ( $Ye_1$ )、注视时间 ( $Ye_2$ )、视线向左倾斜度 ( $Ye_3$ )、视线向右倾斜度 ( $Ye_4$ )、手指运动距离 ( $Ds_1$ )、手指运动平均速度 ( $Ds_2$ )、手指运动平均加速度 ( $Ds_3$ )、运动中心点频率 ( $Ds_4$ )。

首先，计算各个评价指标的最优值和最劣值。设  $F_{ij}^+$  为最优值， $F_{ij}^-$  为最劣值，则：

$$F_{ij}^+ = \max \{ f_i(c_j) \}, i=1, 2, \dots, 9, j=1, 2, 3. \quad (12)$$

$$F_{ij}^- = \min \{ f_i(c_j) \}, i=1, 2, \dots, 9, j=1, 2, 3. \quad (13)$$

式中： $f_i$  为第  $i$  个评价维度指标； $c_j$  为第  $j$  个车载软件。

将矩阵  $Z$  数据代入式(12)和式(13)，可得到表6。

表6 各车载软件在不同维度下评价的最优值和最劣值

维度指标	C1	C2	C3	最优值	最劣值
$X_1$	8.55	8.65	7.65	8.65	7.65
$Ye_1$	2.35	3.50	10.80	10.85	2.35
$Ye_2$	11.08	25.86	69.22	69.22	11.08
$Ye_3$	5.37	5.54	6.65	6.65	5.37
$Ye_4$	5.07	5.76	5.34	5.76	5.07
$Ds_1$	4 192.87	2 868.83	7 992.61	7 992.61	2 868.83
$Ds_2$	140.00	135.80	158.57	158.57	135.80
$Ds_3$	15.00	11.39	3.57	15.00	3.57
$Ds_4$	27.60	23.65	56.45	56.45	23.65

其次，计算各车载软件评价价值到最优值和最劣值之间的距离，计算式分别为：

最终可以得到所有用户对3款车载软件评价的结果。

$$d_{ij}^+ = F_{ij}^+ - F_{ij} \quad (14)$$

$$d_{ij}^- = F_{ij} - F_{ij}^- \quad (15)$$

式中： $d_{ij}^+$  为第  $j$  个车载软件在第  $i$  个指标与最优值的距离； $d_{ij}^-$  为第  $j$  个车载软件在第  $i$  个指标与最劣值的距离； $i=1, 2, \dots, 9, j=1, 2, 3$ 。

将表6的数据代入式(14)和式(15)，可得到表7。

表7 各车载软件评价价值到最优值与最劣值的距离

维度指标	$d_{ij}^+$			$d_{ij}^-$		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3
$X_1$	0.10	0	1.00	0.90	1.00	0
$Ye_1$	8.50	7.35	0.05	0	1.15	8.45
$Ye_2$	58.14	43.36	0	0	14.78	58.14
$Ye_3$	1.28	1.11	0	0	0.17	1.28
$Ye_4$	0.69	0	0.42	0	0.69	0.27
$Ds_1$	3 799.74	5 123.78	0	1 324.04	0	5 123.78
$Ds_2$	18.57	22.77	0	4.20	0	22.77
$Ds_3$	0	3.61	11.43	11.43	7.82	0
$Ds_4$	28.85	32.80	0	3.95	0	32.80

最后，计算各车载软件评价价值与最优值的相对贴进度，作为车载软件最终评价的依据，计算式为：

$$Z_{ij} = \frac{d_{ij}^-}{d_{ij}^- + d_{ij}^+} \quad (16)$$

式中： $Z_{ij} \in [0, 1], i=1, 2, \dots, 9, j=1, 2, 3$ 。

将表7的数据代入式(16)，可得各车载软件评价价值与最优值的相对贴进度，进而对各车载软件进行排序，相对贴进度越大，体验评价结果越好。结果见表8。

由表8可知，车载软件1在手指运动平均加速度指标上排第1，在心理量值指标上取得0.90的佳绩，但在其他大部分维度指标上评分几乎为0，体验评价效果较差。

车载软件2在心理量值、视线向右倾斜度2项

表 8 各车载软件评价与最优值的相对贴近度和排序

维度指标	C1	C2	C3	排序
$X_1$	0.90	1.00	0	C2>C1>C3
$Ye_1$	0	0.14	0.99	C3>C2>C1
$Ye_2$	0	0.25	1.00	C3>C2>C1
$Ye_3$	0	0.13	1.00	C3>C2>C1
$Ye_4$	0	1.00	0.39	C2>C3>C1
$Ds_1$	0.26	0	1.00	C3>C1>C2
$Ds_2$	0.18	0	1.00	C3>C1>C2
$Ds_3$	1.00	0.68	0	C1>C2>C3
$Ds_4$	0.12	0	1.00	C3>C1>C2

指标上排第 1, 且在手指运动距离、手指运动平均速度、运动中心点频率 3 个指标上评分为 0, 但与车载软件 1 相比较, 其大部分维度指标上的评分较好。

车载软件 3 除了在心理量值、手指运动平均加速度 2 个指标上评分为 0, 在注视次数指标上取得 0.99 的好评分, 但在其他维度指标上都排第 1, 体验评价效果最好。从雷达图上可以更直接地看出用户对 3 款车载软件在不同维度指标上的评价情况, 如图 4 所示。

## 6 结论

由图 4 可知, 车载导航软件除了在视线向右倾斜度、心理量值和手指运动平均加速度 3 个维度指标上排名为第 2 和第 3, 在其他维度指标上都排第 1,

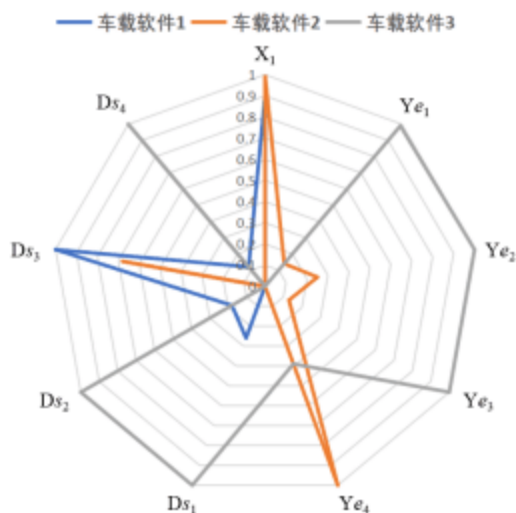


图 4 三款车载软件在不同维度指标下的雷达

用户体验评价效果最好; 其次是车载空调软件, 在多数维度指标上排第 2; 最后是车载媒体软件, 除了在手指运动平均加速度指标上排第 1, 其他大部分维度指标排第 3, 体验评价效果较差。综上所述, 车载导航软件体验评价效果最好, 车载空调软件其次, 车载媒体软件最差。

试验表明, 该模型能客观反映该类车载软件用户体验的综合评价, 为解决车载软件用户体验评价指标单一的问题, 提供了一种指标更丰富的综合评价方法。本文提出的方法也可应用于其他车载软件的易用性测评中, 对车载软件用户的体验改进具有实际的工程应用价值。

## 参考文献 (References)

- [1] DHAKECHA H. A Methodological Study of Human-Computer Interaction; A Review[J]. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 2022, 10: 195-200.
- [2] YOU Changxi, LU Jianbo, TSOTRAS P. Nonlinear Driver Parameter Estimation and Driver Steering Behavior Analysis for ADAS Using Field Test Data[J]. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 2017, 47(5): 686-699.
- [3] 徐治鹏, 冯志全, 刘慧, 等. 面向智能电视的隐式手势交互建模与算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2017, 29(2): 344-353.  
XU Zhipeng, FENG Zhiqian, LIU Hui, et al. Implicit Gesture Interaction Modeling and Algorithm for Smart TV[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2017, 29(2): 344-353. (in Chinese)
- [4] YUSOP N S M, GRUNDY J, VASA R. Reporting Usability Defects: A Systematic Literature Review[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2017, 43(9): 848-867.
- [5] SHI Yuanchun, YI Xin, LIANG Chen, et al. HCI Research and Innovation in China: A 10-Year Perspective[J]. International Journal of Human-Computer Interaction, 2024, 40(5/8): 1799-1831.
- [6] 唐帮备, 郭钢, 王凯, 等. 联合眼动和脑电的汽车工业设计用户体验评选[J]. 计算机集成制造系统, 2015, 21

- (6):1449-1459.
- TANG Bangbei, GUO Gang, WANG Kai, et al. User Experience Evaluation and Selection of Automobile Industry Design with Eye Movement and Electroencephalogram [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2015, 21(6): 1449-1459. (in Chinese)
- [7] 程永胜,徐骁琪.用户感性需求驱动下的产品造型意象设计研究[J].机械设计与制造,2023(8):247-252.
- CHENG Yongsheng, XU Xiaoqi. Research on Product-Modeling Image Design Driven by Users Perceptual Demands [J]. Machinery Design & Manufacture, 2023 (8): 247-252. (in Chinese)
- [8] 李希成,首照宇,张彤,等.基于粗糙集-FAHP的可定制化用户界面适用性评价模型[J].桂林电子科技大学学报,2018,38(4):279-284.
- LI Xicheng, SHOU Zhaoyu, ZHANG Tong, et al. Applicability Evaluation Model of Customizable User Interface Based on Rough Set-FAHP[J]. Journal of Guilin University of Electronic Technology, 2018, 38(4): 279-284. (in Chinese)
- [9] HSIAO S W, HSU C F, LEE Y T. An Online Affordance Evaluation Model for Product Design [J]. Design Studies, 2012, 33(2): 126-159.
- [10] LASA G, JUSTEL D, RETEGI A. Eyeface: A New Multimethod Tool to Evaluate the Perception of Conceptual User Experiences [J]. Computers in Human Behavior, 2015, 52: 359-363.
- [11] HONG K B, PARK Y, SUH H J. Sleep-Promoting Effects of a GABA/5-HTP Mixture: Behavioral Changes and Neuromodulation in an Invertebrate Model [J]. Life Sciences, 2016, 150: 42-49.
- [12] LÓPEZ-NAVA I H, MUÑOZ-MELENDÉZ A. Wearable Inertial Sensors for Human Motion Analysis: A Review [J]. IEEE Sensors Journal, 2016, 16(22): 7821-7834.
- [13] HUANG Y, CHEN C H, WANG I H C, et al. A Product Configuration Analysis Method for Emotional Design Using a Personal Construct Theory [J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2014, 44(1): 120-130.
- [14] 陈昊,郭钢,许娜.面向用户感知的产品概念设计理念传递效率研究[J].机械设计,2019,36(4):124-128.
- CHEN Hao, GUO Gang, XU Na. Research on Design Concept Transmit Validity of Product Concept Oriented to User Perception [J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(4): 124-128. (in Chinese)
- [15] 陈昊,唐帮备,胡果.基于肢体运动数据的智能产品可用性测评模型[J].机械设计,2020,37(5):125-129.
- CHEN Hao, TANG Bangbei, HU Guo. Availability Evaluation Model of Intelligent Products Based on Body Motion Data [J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(5): 125-129. (in Chinese)
- [16] 唐帮备,郭钢,陈胜男,等.基于客观数据的手机-汽车互联产品用户体验测评方法研究[J].包装工程,2018,39(18):90-99.
- TANG Bangbei, GUO Gang, CHEN Shengnan, et al. Evaluation Method of User Experience Towards Phone-Vehicle Interconnect Products [J]. Packaging Engineering, 2018, 39(18): 90-99. (in Chinese)

## 作者简介



唐帮备(1990-),男,重庆大足人,博士,副教授,主要研究方向为汽车智能座舱用户体验测试评价技术,电动车乘员晕动症测评与治理,驾驶疲劳、分心和异常情绪识别与调控方法。

E-mail: tangbangbei@126.com