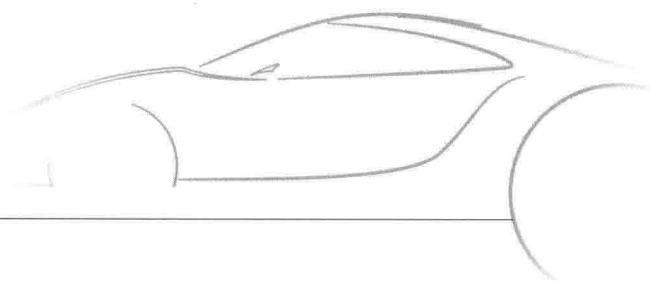


用户行为模式分析与 汽车界面设计研究

Analysis of User Behavior Patterns and
Design of Automotive Interface

李翔 陈晓鹏 著



用户行为模式分析与 汽车界面设计研究

Analysis of User Behavior Patterns and
Design of Automotive Interface

李翔 陈晓鹏 著

图书在版编目(CIP)数据

用户行为模式分析与汽车界面设计研究/李翔,陈晓鹏著. —武汉:武汉大学出版社,2016.4

ISBN 978-7-307-17732-1

I. 用… II. ①李… ②陈… III. 用户—行为模式—关系—汽车—人机界面—设计 IV. U462

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 065108 号

责任编辑:王智梅 责任校对:李孟潇 版式设计:马 佳

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 虎彩印艺股份有限公司

开本: 720 × 1000 1/16 印张: 15 字数: 215 千字 插页: 1

版次: 2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-17732-1 定价: 33.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

用户界面是人机交互的载体和方式，用户界面的设计影响着操作者对机器使用的有效性、安全性、满意度等方面的体验，早期人机界面领域的研究只局限于使机器和界面适合用户的生理特性，聚焦于提高机器的效率，充分发挥机器的性能，体现的是“以机器为中心”的设计思想。伴随着科学技术的不断提高，工业产品越来越先进，越来越复杂，尤其是现代汽车的设计和制造，它是高新科技的系统集成，人们已经开始注重人机交互中人的因素的重要性，因此产生了“以用户为中心”的设计思想。

当今汽车的设计广泛应用了各种信息技术、自动化技术甚至智能科技，汽车的功能变得越来越多，也越来越强大，用户的操作任务也越发复杂和频繁，面临的交通环境也更加困难，这些情况需要驾驶者承担更多的生理及心理负荷，因此研究者需要对汽车设计的人机界面进行不断优化，使其符合驾驶者的操作特性、心理特性、使用动机等，这就使得汽车用户界面设计研究中“人的因素”的内涵及其复杂性进一步增长。

行为模式及行为建模研究是近年来人机交互领域新的研究热点，已经建立的若干理性行为模型在人机设计和评估领域发挥着一定的功用，但在以用户为中心设计及可用性设计理论的前提下，行为模型的研究不应只局限于理性行为领域，也应开展对于非理性行为模式的研究，使行为建模能够完全适合用户的自然特性。本书以可用性设计理论为前提，结合认知科学、设计心理学、人机工效学等相关领域的知识，对汽车用户的使用及驾驶行为进行了有针对性的研究，在前人建立的理性模型基础之上，结合汽车使用和驾驶中的典型行为特征进行分析，提出了行为层次量化 GOMS (BHR-

GOMS)、并行行为层次量化 GOMS (BHR-GOMS) 两种理性行为模型, 并通过实验及数据分析对模型有效性进行了初步验证。在此基础上, 进一步从驾驶者认知思维、行为方式、出错特性等方面对汽车用户的各种非理性认知及行为进行研究, 运用行为层次和类型分析、驾驶者行为任务分析等方法, 得出汽车用户非理性行为模型构架。并以汽车用户界面中的车载导航系统为对象, 运用非理性模型知识进行设计优化, 对优化前后的界面进行了实验分析, 统计使用者操作绩效及主观满意度的属性, 并进行了数据分析, 从实验结果上可以初步验证非理性模型构架知识的有效性。

本书通过汽车行为模式研究及模型架构的建立, 为汽车人机界面设计及评估提供理论及方法支持, 它们也是智能驾驶、智能交通及先进汽车用户界面研究的重要组成部分; 还可为其他领域的人机交互问题提供参考。

目 录

第 1 章 导言	1
1.1 研究背景	1
1.2 当前研究现状	2
1.3 研究内容	5
1.4 研究意义和创新点	5
1.5 本书结构	7
第 2 章 理论基础	9
2.1 可用性设计理论	9
2.1.1 以用户为中心的设计思想	9
2.1.2 以用户为中心的设计研究案例	11
2.1.3 可用性设计理论	21
2.1.4 普遍可用性	24
2.2 以用户为中心的认知学基础	28
2.2.1 记忆	29
2.2.2 思维	32
2.2.3 理解	34
2.2.4 交流与合作	36
2.2.5 学习	37
2.2.6 用户出错	39
2.2.7 情感	42
2.3 用户模型理论	43
2.3.1 用户模型的意义与概念	43

2.3.2 用户模型研究方法	45
2.3.3 理性用户模型	47
2.3.4 非理性用户模型	57
本章小结	63
第3章 汽车人机界面交互中行为模式分析与理性模型	64
3.1 汽车人机界面	64
3.1.1 人机界面概述	64
3.1.2 汽车人机界面	65
3.2 汽车用户理性行为模型	68
3.2.1 汽车用户行为理论及模型的前期研究	68
3.2.2 驾驶行为分析	71
3.2.3 驾驶认知行为建模	74
3.2.4 驾驶行为模型	77
3.2.5 行为层次量化 GOMS (BHR-GOMS) 模型	79
3.2.6 并行驾驶认知行为建模	93
3.2.7 并行 BHR-GOMS 模型	100
3.2.8 意象语汇在汽车色彩设计中的研究与应用	118
本章小结	120
第4章 汽车人机界面交互中的非理性行为模型	121
4.1 非理性行为模型知识	121
4.1.1 非理性行为特征	121
4.1.2 非理性行为研究的发展	124
4.2 非理性用户模型理论框架	127
4.3 汽车用户非理性行为模型	137
4.3.1 汽车用户认知思维模型	138
4.3.2 汽车用户行为模型	144
4.3.3 汽车用户出错模型	153

本章小结.....	163
第 5 章 以非理性行为模型为基础的车载资讯系统	
界面设计研究.....	164
5.1 车载资讯系统	164
5.2 车载导航系统	170
5.3 车载导航系统用户非理性行为研究	172
5.3.1 驾驶者与资讯设备的交互	172
5.3.2 车载导航系统任务分析	175
5.3.3 车载导航系统用户的学习模型	176
5.3.4 心理负荷量的原理与准则	176
5.4 车用导航系统选单设计对驾驶员操作绩效影响的实验	180
本章小结.....	189
第 6 章 汽车用户行为模式与汽车界面设计.....	190
6.1 汽车用户需求	190
6.1.1 行为与需求的关系	190
6.1.2 汽车用户需求分析	191
6.2 汽车用户行为模式	194
6.2.1 汽车用户使用行为分析	194
6.2.2 汽车用户使用行为归纳	195
6.2.3 汽车用户使用行为流程分析	197
6.3 汽车界面交互设计	200
本章小结.....	212
第 7 章 总结与展望.....	213
7.1 总结	213
7.2 后续研究	215

7.3 展望	216
参考文献	219
附录	229
后记	231

第 1 章 导 言

1.1 研究背景

人和产品的信息交互借助于人机界面的作用，工程设计的主要目的是解决物与物之间关系的问题，而人机界面的设计目的是为了解决人物、人与环境、人与任务的关系问题，这些问题都结合到了“人”这个因素上。“对用户友好”的界面设计思想产生于 1984 年，反映了“人本主义”的设计概念，这是现代产品设计，包括现代汽车设计的发展方向，其主要表现在以下三方面：

(1) 人机界面设计时主要以可用性、易用性作为依据，使界面适应人的生理特性、心理特性，其结合了生理学、心理学、符号学、设计学、艺术学等多学科的知识。

(2) 把人机界面设计作为独立的专业研究领域。20 世纪 50 年代，由于在工程设计中认识到人的生理特征与机器行为的矛盾，必须使机器适应人的生理特性，由此发展了人机工程学(ergonomics)。接着在 20 世纪 60 年代，人们又发现了机器必须适应人的动作特性、知觉特性、思维特性，出现了“人机界面”概念。20 世纪 90 年代起，人机界面设计开始成为独立的研究方向。

(3) 对于人机界面的评价主要以用户操作期待作为标准，通过具体的实验方法、访谈问题、调查方法，对人机界面的可用性、易用性进行评价，这样对于人使用机器界面的绩效评估具有参考价值。

在现代汽车设计的人—车—环境系统中，人是人机界面设计研究的核心。在科技迅速提高的当今，机动车辆技术也在快速发展，

各种信息技术、自动化技术都在汽车上广泛采用，汽车的种类、功能不断细分，人们对汽车的使用率越来越高，因此，交通环境也随之变得更加复杂，驾驶员的工作越来越繁重，人机界面设计优化的必要性越来越重要，从而导致汽车人机界面设计中“人的因素”的内涵及其复杂性进一步增长。

在设计任何人机界面时，必须先搞清楚操作人员的特性，在不同人机系统中，人具有不同的功能需求和使用动机，行为模型的研究就是结合具体环境下、具体任务中人的特性的研究，是设计人机系统所需要的关于用户的知识，包括用户的需要、用户的行动特性、操作时的思维方式等。行为模型研究的发展经历了机械论时代以人的行为适应机器的行为的研究，到计算机信息技术大量采用的时代，把人脑看做“信息处理器”来研究行为模型，直到20世纪80年代“对用户友好”概念的提出，从心理学角度观察分析用户的行为，尝试建立行为模型，整个过程体现了向人性化设计转变的特征。

汽车驾驶操作系统是一种有驾驶员参与的反馈控制系统，其人机界面设计问题非常重要，其合理程度对车辆行驶的安全性，对驾驶员的身心健康、驾驶操作的舒适性及持续驾驶的工作效率等，都有重大的影响。在汽车人机界面使用中，用户建立目的动机，采集信息，对机器实施控制。这种系统速度比较高，控制系统需要一定速度的认知活动，还需要一定的体力。操作此类系统，需要考虑使机器适应人的生理及认知。

以用户为中心（UCD）的设计思想的确定、行为模型的研究方法的发展、汽车人机界面设计的复杂性及重要性，说明了通过行为模型的研究来进行汽车人机界面设计与评价是一种有效的思路。

1.2 当前研究现状

汽车人机界面的设计对于汽车的安全驾驶与使用有着重要的意义，世界上各个国家都非常重视对它的研究，其中，日本、美国和欧洲一些国家在汽车人机界面设计方面的研究走在了世界前列。日

本在此方面的研究历史由来已久，结合了工程学、计算机科学、生理学、心理学等学科，进行了综合性的科学研究，并产生了感性工学（KANSEI）这一新的研究领域^①，应用于汽车人机界面设计中。美国的研究侧重于驾驶员如何在车辆快速行驶中和车辆实现准确有效的信息交互，所以他们特别注意研究界面中仪表显示信息的易读性，以及驾驶操作中各个行为任务的相互干涉与影响，通过界面的合理设计提高易用性，降低出错率。

我国对于汽车人机界面设计的研究也非常重视，我国早已经制定了汽车标准体系，其中的多项标准都属于人机界面设计的范畴。目前，我国汽车人机界面设计的研究还多仅限于人因工学、人机工程学应用和研究，大多从人的生理尺度考虑，研究驾驶员的舒适性及驾驶安全性的基本问题。随着各行业对于人机交互的日益重视，这种面对新技术的采用，驾驶环境的更新，我们的研究还没有随之跟上，尤其是对于驾驶员内在心理特性的研究更是欠缺。符合人的生理与心理特性的界面设计才是开展全面研究的目标，汽车驾驶操作系统人机界面的优化设计与评价问题，在理论上和方法上还没有得到很好解决，需要继续进行深入研究。

近年来，新能源汽车、大数据、车联网、自动驾驶，这些在几十年前还没有的名词，正颠覆着传统的汽车产业。今天的汽车与一百年前的汽车相比，已经发生了翻天覆地的变化。汽车技术的更新换代正以难以想象的速度进行着，朝着更加舒适、智能、人性化、环保、互联的方向发展。车与车、车与人、车与环境之间的交流互动需要通过流畅和友好的人机界面来实现，而无论汽车技术、互联网科技如何发展，都需要从用户需求及特性出发，将技术合理运用于汽车，设计出安全、高效、良好体验的交通工具。

从以用户为中心的设计（UCD）思想的确立，研究者认识到

^① Mitsuo Nagamachi. Kansei Engineering: A New Ergonomic Consumer-oriented Technology for Product Development [J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 1995, 15 (1) .

要时刻把用户放在过程中的首位^①。在产品生命周期的每一个阶段，产品设计策略都要以满足用户的需求与动机为基本目的，在产品研发工程中，对于用户的理解与认识应是设计成功的首要条件，同时，设计水平的评估也应该来源于用户的信息反馈，所以人是设计与评估的核心^{②③}。20世纪80年代以来，人们开始以心理学为基础，建立用户模型，认知心理学家诺曼于1984年和1987年建立了人机对话的用户模型，以动机心理学中一个行动的4个阶段为基础，结合计算机操作系统建立的，这个理论框架提出了成果行动所必须经历的4个阶段：目的意图、计划、操作实施、评价，这是最基本的用户模型^④。迄今为止，国外建立的用户模型都是以此为基础建立的。人机界面设计中最重要就是要了解用户，用户模型的研究方法已经成为国际上人机界面设计最常用的手段，用于系统在适应用户的过程中，对用户使用信心及特征的收集，是人机界面当前和未来重要的研究方向。

用户模型主要分为：用户感知模型、用户认知模型、用户行为（任务）模型、用户出错模型、用户学习模型^⑤。用户行为模型是指用户操作使用产界面各种行动的各种过程的总和，属于理性用户模型的范畴。目前，行为模型的研究主要应用于软件界面设计之中，解决人与计算机的行为与心理交互中的相关问题，汽车人机界面设计中的行为模型研究大多采用的是理性建模的思路，比如基于

① John Karat. Evolving the Scope of User-centered Design [J]. Communications of the ACM, 1997, 40 (7) .

② Karel Vredenburg. A Survey of User-centered Design Practice [C]. Conference on Human Factors in Computing Systems, 2002.

③ 许为. 以用户为中心设计：人机工效学的机遇和挑战 [J]. 人类工效学, 2003, 9 (4) .

④ 唐纳德·诺曼. 设计心理学 [M]. 中信出版社, 2015.

⑤ 谭浩, 谭征宇. 汽车人机交互界面设计 [M]. 电子工业出版社, 2015.

Markov 决策过程 (Markov Decision Processes) 的建模^①, 而当前行为模型的研究除了考虑理性和自然因素的研究以外, 也不能忽略情感、个性、动机等非理性因素, 尤其汽车驾驶与使用是一个复杂的人机交互行为系统, 受到人的生理、心理、外部环境及社会文化因素的影响, 因此更需要完善行为模型的研究, 以开发安全、高效、易用的汽车人机界面。

1.3 研究内容

汽车界面设计者和使用者最关心的是汽车人机界面的可用性的水平, 其中, 他们最关心的问题包括:

- (1) 当前汽车人机界面交互系统中有哪些可用性问题?
- (2) 当前汽车人机界面的可用性水平怎样?
- (3) 如何改进和提高汽车人机界面的可用性水平?

其中, 问题 (1) 是如何进行汽车人机界面的定位与测试; 问题 (2) 是汽车人机界面可用性评估与度量的问题; 问题 (3) 是如何进行汽车人机界面的设计与改进。本书中我们将针对这样一些问题提出解决方法并进行讨论, 主要内容涉及以下方面:

- (1) 汽车用户理性行为模式及建模研究;
- (2) 汽车用户非理性行为模式及建模研究;
- (3) 汽车人机界面可用性评估方法研究;
- (4) 汽车用户行为模型研究应用于人机界面改良与设计。

1.4 研究意义和创新点

本书的研究目的是通过汽车用户行为模式分析, 初步建立适合于汽车使用和驾驶行为的模型架构, 可服务于汽车人机界面设计及评估、安全驾驶研究等领域, 也可为其他相关汽车工程领域的研究

^① 许骏, 李一兵. 基于 Markov 决策过程的驾驶员行为建模 [J]. 汽车工程, 2008, 30 (1) .

提供借鉴。

研究意义：

(1) 建立汽车用户行为模型架构，提升用户模型知识在汽车使用和驾驶行为研究领域的适用性。

在以用户为中心设计思想及可用性设计理论的影响下，用户模型的研究已经取得了一些成果，一些已经建立的理性用户模型在人机交互设计和评估领域发挥了一定的作用，但非理性用户模型的研究还较欠缺，而其正是提升人机界面可用性的理论基础。通过对汽车使用和驾驶行为的深入研究，从理性和非理性两个层面进行行为模式分析研究，可建立合理的、全面的汽车用户行为模型。通过这些研究，可探索用户模型研究的新方法、新途径，为用户行为建模研究领域提供参考价值。

(2) 建立了汽车人机界面设计与评估机制。

通过适合性的汽车用户认知行为建模、理性行为建模、非理性行为建模研究，对人、车、环境驾驶系统中的各要素进行相关性分析，以汽车用户行为模型为理论基础，一方面，可对汽车人机界面进行改良和设计，使汽车人机界面更加符合使用者生理和心理的自然特性，提升其可用性，减少操作出错，改善汽车使用和驾驶主观感受，提高驾驶安全性；另一方面，可依据汽车用户行为模型对现有人机界面进行评估，分析其操作绩效，提供可用性评价标准。

(3) 汽车用户行为模型分析是智能驾驶、智能交通及智能汽车界面研究的重要组成部分。

交通拥堵、安全驾驶是随着汽车广泛使用和不断发展而需要人们面临的重要问题，虽然可以通过城市道路建设及规划的改善、交通法规的有效执行，以及交通管理中新技术、新方法的推广来得到改观，但随着汽车使用的普及，传统手段能够发挥作用的空间越来越小。而驾驶行为的研究为解决这些问题提供了新的方法，通过对汽车用户认知和行为的分析研究及建立模型，在汽车和人机界面设计中合理采用各种新的计算机、多媒体、互联网、信息技术，实现智能驾驶、智能界面及智能交通的安全驾驶和行车系统，是未来汽车科技发展的目标，合理运用新科技实现驾驶行车的智能化，是以

科技和界面要适合人的自然特性为前提的，这也是汽车用户行为模型研究的意义所在。

(4) 为其他产品设计和人机交互领域提供人类行为研究参考。

对汽车用户使用和驾驶行为进行分析，建立适合性的行为模型，其研究方法和研究成果也可为航空航天、产品设计等领域的人机交互设计问题提供理论参考。飞行员、航天员面临的操作任务更加复杂，决策的时间压力更大，这就对人机界面的可用性提出了更高的要求，需要对设计的应用领域、任务系统进行有效的分析，对操作者行为和认知进行充分研究。人机交互的问题还广泛存在于其他产品设计领域，因此，行为模型的知识是使用者完成某种操作任务的相关课题中必备的研究基础，对人机对话的设计问题具有应用价值。

1.5 本书结构

本书一共分为7个章节，主要内容包括：

第1章为导言，主要介绍研究的背景、问题的由来、当前国际国内研究现状，以及本书的主要研究内容、研究的创新点及介绍本书的结构。

第2章是理论基础，主要介绍与本书研究相关的现有理论知识，包括可用性设计理论、认知科学知识、用户模型理论等。

第3章是汽车用户理性行为模式分析与建模。主要介绍汽车人机界面知识，建立汽车用户理性行为模型的基本架构，提出一种行为层次量化的理性行为模型，并通过实验验证该模型在汽车人机界面设计和绩效评估中的有效性。

第4章是汽车用户非理性行为模式分析与建模。主要介绍非理性模型相关知识，建立了汽车用户非理性行为模型架构。

第5章是汽车车载资讯系统人机界面分析研究。主要介绍通过汽车用户非理性行为模型的知识，改进车载资讯系统界面设计，并用实验证明了改进界面的绩效和主观感受性的提高，验证了非理性行为模型研究方法的有效性。

第6章是汽车用户行为模式与汽车界面设计。主要通过以用户为中心的设计研究方法对汽车用户的需求进行分析，总结归纳其行为模式及行为流程，并提出汽车界面交互设计的一般性规则。

第7章是本书的总结和后续研究方向的介绍。