

基于因子分析的智能手机语音系统设计评估体系

李豪^{1,2}, 侯文军^{1,2}, 陈筱琳^{1,2}

(1.北京邮电大学, 北京 100876; 2.北京邮电大学 网络系统与网络文化北京重点实验室, 北京 100876)

摘要: **目的** 探索智能手机语音系统任务的设计元素对智能语音交互体验的影响, 研究全面性更高、通用性更强的智能语音系统设计评估体系。**方法** 以用户调研和可用性测试为基础, 使用因子分析的方法对智能手机语音系统每个任务的设计元素按贡献量进行分类, 再通过聚类分析将各个任务的因子分析结果进行综合, 得到智能手机语音系统全局的设计元素体系。**结论** 因子分析能够定量的分析在单个语音交互任务中设计元素的贡献情况, 并将大量的设计元素总结为少量的具有代表性的因子。聚类分析能够综合因子分析结果中元素类的亲疏关系, 得到涵盖各个任务的设计元素之间的亲疏程度, 从而获得智能手机语音系统全局的设计体系。研究智能手机语音系统的设计评估体系能够帮助设计人员在设计语音产品时更容易把握设计效果, 也能够用于评估智能语音系统设计方案的可行性。

关键词: 语音交互; 智能语音系统; 设计元素; 因子分析; 聚类分析

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)16-0042-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.16.008

Evaluation System of Smart Phone Voice System Design Based on Factor Analysis

LI Hao^{1,2}, HOU Wen-jun^{1,2}, CHEN Xiao-lin^{1,2}

(1.Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China; 2.Beijing Key Laboratory of Network Culture, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the influence of design elements of the smart phone voice system task on the interactive experience of intelligent voice, and study the design evaluation system of intelligent voice system with higher comprehensiveness and stronger versatility. On the basis of user investigation and usability testing, the factor analysis was conducted to classify the design elements of each task in smart phone voice system according to its contribution, and then the results of factor analysis of each task were combined by cluster analysis to get the global design element system of the smart phone voice system. Factor analysis can quantitatively analyze the contribution of design elements in a single voice interaction task and sum up a large number of design elements as a small number of representative factors. The cluster analysis can synthesize the relationship between the elements in the results of the factor analysis, and get the degree of familiarity between the design elements that cover the various tasks, so as to obtain the global design system of the smart phone voice system. The study on the design evaluation system of smart phone voice system can help designers more easily grasp the design effect when they design voice products, and can also be used to evaluate the feasibility of design scheme of intelligent voice system.

KEY WORDS: voice interaction; intelligent voice system; design elements; factor analysis; cluster analysis

智能语音交互作为人工智能的重要形式之一, 是人工智能领域研究的重要分支。在 2011 年苹果公司推出 Siri 语音助手后, 智能语音系统获得了整个互联

网行业的关注, 随后微软推出了 Cortana, 谷歌推出了 Google Now, 亚马逊推出了 Alexa, 后者更是极大地促进了智能语音产品的发展。在中国, 科大讯飞、

收稿日期: 2018-06-05

作者简介: 李豪 (1992—), 男, 河南人, 北京邮电大学硕士生, 主攻人机交互与用户体验设计。

通信作者: 侯文军 (1963—), 女, 山西人, 北京邮电大学教授, 主要研究方向为人机交互和智能设计。

百度、搜狗等公司的语音交互技术也非常先进，为中文智能语音系统作出了巨大的贡献^[1]。在语音交互技术快速发展的背景下，智能语音系统体验设计的发展却很不明朗，目前大多使用技术开发的标准作为衡量依据，而语音系统设计上还没有形成一套成熟的、完整的规则，导致智能语音系统在设计和改进时，设计人员往往难以预料设计效果和改进影响^[2-3]。为了探索智能手机语音系统的设计元素对用户体验的影响情况，提出一套完整性更高、适应面更广的设计体系。本文基于智能手机语音系统常用任务，设计了有针对性的用户可用性测试，收集了用户对语音系统元素的评分数据。通过因子分析和聚类分析，归纳出智能手机语音系统设计元素的指标类，并应用指标体系对智能手机的语音系统提出了对应的设计建议。研究的成果能够在设计智能手机语音交互产品时提供有价值的参考。

1 研究基础

1.1 主流智能手机语音系统的特征

目前，智能手机搭载的智能语音系统主要分为两类：嵌入式语音系统和语音 APP 产品。前者较有代表性的是苹果公司的 Siri 和华为的小 E，Siri 和小 E 的定位更倾向于智能手机的语音控制系统，从对话到控制显得十分全面，用户只需要说出唤醒指令或者长按 home 键，就能启动智能语音系统，并细致的控制手机的大多数功能，效率极高。Siri 和小 E 的角色设定更像是私人助理，执行能力出色，一丝不苟，但是对话往往平铺直叙，缺乏幽默感。嵌入手机系统的智能语音系统的语音识别和语义识别能力都是更出色的，即时不连接网络的情况下，仍然有一定的识别能力和容错能力，能够满足拨打电话、设定闹钟、系统设置等简单任务。嵌入式智能语音系统通常在用户引导和协同帮助方面考虑的更加全面，使用体验往往更好。而语音 APP 产品具有代表性的是微软的 Cortana 和百度的 Duer，其角色更倾向于语音聊天机器人，均使用了年轻女性的语音形象，对话过程比较轻松活泼，能够根据对话的不同状态回复不同的反馈信息，交流的自然程度和多样性较为出色。Cortana 和 Duer 的角色定位更像是个小女孩，以朋友的身份与用户聊天，但是由于 APP 本身的形式限制，语音产品对手机系统的控制力不强。APP 形式的智能语音产品各有特色，聊天能力突出，但必须保证网络的畅通才能获得不错的体验，不联网状态下几乎无法进行操作。

1.2 智能语音交互系统的研究现状

从 1952 年开始经历半个多世纪，语音识别技术经历了由小词汇量、孤立词识别到大词汇量、非特定人连续语音识别的飞跃。在 2011 年，苹果公司发布搭载了智能语音助手 Siri 的 iPhone 手机，智能语音

系统从此被大众所关注。目前，在智能语音系统领域的学术研究中，多数研究集中在较为单一的领域和固定的场景模式中。例如，智能电视语音系统方面，赵良福，张定京，付光涛等人将语音系统软件分为应用层、框架层、执行环境层、组件层、内核层进行分析研究，并进行了相关流程的测试^[4]；智能语音教育方面，MPuertoPaule-Ruiz 等人，提出了一套设计评估方法，其主要评价的指标有：效率、自然对话、多通道的反馈、逻辑性、容错性等，评价体系较为简单^[5]。在嵌入式语音交互系统的研究中，张立和李瑞峰等人基于服务型语音机器人，阐述了语音识别系统从 PC 平台转移到嵌入式设备的技术应用和语音交互性能^[6]；语音调度方面，杨柳青等人以调度任务为基础，设计并测试了语音识别模块，其主要评价指标是识别准确率^[7]；技术评估方面，李敏等人阐述了语音识别的技术应用和声学模型，并给出了关键词检测的信度、效度的评价指标^[8]；语音系统交互方面，叶子等人通过文献综述和理论分析，提出了语音交互应当从操作层、功能层和情感层 3 个方面考虑，提出了可以尝试通过减少界面操作、提升语音识别技术、提供错误机制和反馈机制来提升语音交互的个方面体验^[9]。在智能语音机器人的研究中，卢天增等人基于安卓系统，在设计研发语音系统时，主要考虑了逻辑的完整性，系统的简洁性^[10]。智能家居的虚拟机器人的研究方面，杜坤坤等人基于情感模型的研究，指出了智能系统应当具有情感的弥散性，并且能够及时地更新情感状态^[2]。

当前学术研究多为特定情境下的局部研究，而对整个智能语音系统下的全局研究较为缺乏。本文的研究基于智能手机的语音系统，面向手机智能语音系统常用任务的设计元素进行较为全面的研究，有助于设计师了解用户对语音系统设计元素的关注情况，并且更准确地把控各个设计元素对智能语音系统整体的影响。

1.3 研究方法的应用

因子分析的基本目的就是用少数几个因子去描述多个指标或因素之间的联系，即将相关比较密切的几个变量归在同一类，每一类就成为一个因子，用较少的几个因子反映原指标的大部分信息。运用这种研究方法，可以定量地找出影响智能语音系统的主要因素是哪些，以及它们的影响能力。

因子分析的研究方法在许多领域评价指标建设研究中应用广泛。杨路明、武亚娜等人在对 P2P 平台运营质量评价方面的研究使用了因子分析，分析得出了指标体系中贡献量最大的因素^[11]。邵坤、温艳等人智能制造能力的研究中，使用了因子分析提取出主要影响因素^[12]。刘艳等人明星微博营销的研究中，使用因子分析分析和聚类分析获得了代言人的综合得分和类群^[13]。杨争坚等人对跨境电子商务评价指

标体系的研究中使用了因子分析的方法,归纳出5个最跨境电子商务发展有重要影响的指标^[14]。王莉莉、杨硕等人对南京市体育消费行为的研究中,使用了因子分析对影响应诉进行研究,提出了相关的改善策略和设施建议^[15]。

可以看出,本文使用的研究方法在许多领域的评价指标建设的文献中都有所应用,并且取得了良好的研究效果。说明该方法能够很有效地分析影响因素指标,建立评价指标体系。

2 智能手机语音系统的功能分析

2.1 智能手机语音系统的常用功能

选取常用任务来源于一项622份问卷的调研实验。首先,使用专家走查的方式,提取目前主流的3个智能手机语音系统的所有功能,这些功能都是智能手机语音系统的推荐功能。通过问卷多选的方式,让用户选择经常使用的智能语音系统任务,调研得出语音系统的常用功能有13项:打电话、发短信、设定闹钟、查询信息(天气、股票、新闻等)、系统设置、播放音乐、管理日程、管理备忘录、打车(出行)、查询地理位置、查找周边美食、调用APP以及APP的深度操作。这13项任务的使用频率均高于每周一次,并且13个常用任务均在试验用的智能语音系统的推荐列表上。本文选取的常用功能能够覆盖绝大多数用户的常用操作,并且这些任务所涉及的技术也都较为成熟完备,各个智能手机的语音系统均有相关功能,基于这些任务得出的研究成果具有代表性。

2.2 用户完成语音系统任务的交互方式

用户在语音操作时,会依据不同的任务使用不同的说话方式^[16]。在执行比较简短、固定的任务时,用户往往倾向于一次性将信息输入^[2],见图1。此时用户对智能手机语音系统反馈结果的期望也较为明确,即执行操作。例如打电话任务,用户一般会说“给XXX打电话”,而非分多次说完,对系统反馈的预期也非常明确,即拨打电话。这要求智能语音系统快速理解用户的命令意图,并高效执行操作。此外,这类任务一般对成功率和稳定性的要求比较高,比如打电话任务,如果智能语音系统不能够在绝大多数情况下正确拨打,用户就会认为语音助手的功能不够完善^[3]。



图1 用户倾向一次就完成简单任务
Fig.1 Users tending to complete simple tasks at once

对于比较复杂的任务,用户不仅需要输入更多的控制命令,还需要输入相关内容,此时用户更倾向于分多次进行操作,将相关信息分类后一步步的输入,见图2。此时用户对语音助手的期望也比较模糊,如果智能语音系统的反馈与用户的期望相符,用户的满意度就会很高^[3],如果不符,用户可能会尝试其他的输入方式。此类语音交互方式更像人与人之间的对话交流,比如发微信,用户一共需要告诉语音助手3个内容:发微信、发送对象、消息内容,其中“发微信”调起任务,之后“发送对象”和“消息内容”两者之间的输入顺序是能够调换的。



图2 用户倾向多次完成复杂任务
Fig.2 Users tending to complete complex tasks for multiple times

用户在使用智能手机语音系统完成不同的任务时,会根据不同的任务类型,采用不同的策略,因此,智能语音系统的设计也应当根据不同的任务有不同的侧重,来满足用户使用不同策略时的体验。这就需要一套比较全面的语音交互设计体系了,设计师能够对设计进行预判和侧重,让设计效果更有侧重点。

3 实验设计及数据处理

3.1 实验设计及收集

由于语音交互方式的特殊性,为了避免调研时发布任务的干扰和引导,本实验的测试方式为“看图说话”,即提供给用户任务操作结果的截图,让用户完全理解了任务之后进行语音操作,见图3。用户如果操作成功,允许多次体验,如果操作失败,允许反复尝试。邀请用户操作的任务是上文中提出的13个典型任务。测试环境在经过布置的实验室中进行,测试使用的设备是iPhone 7Plus,系统是iOS10.3.2,测试时保证网络畅通。实验时全程为用户录音,以保证后续实验处理的可靠性。

针对每个任务,进行了11个维度的调研,见表1。这11项指标在现有的研究文献中均有相关的实践,来源于技术评估标准和设计测试标准,具有一定的可靠性和研究价值。

本实验对13个常用任务下的11项指标进行了用户评分,在用户完全体验了相关任务操作后,进行5点量表打分。0分代表非常不重要,表示用户并不关心这个方面的元素,语音系统是否有该方面的呈现,都不会影响用户的体验;5分代表非常重要,表示用



图 3 用户测试示意
Fig.3 Schematic diagram of user test

表 1 语音系统设计元素
Tab.1 Voice system design elements

编号	指标	指标含义
1	用户意图 ^[2,4]	智能语音系统对任务情境的判断能力
2	效率 ^[5,6-8]	智能语音系统完成任务的流畅程度
3	成功率 ^[2,6,8]	智能语音系统完成任务的稳定程度
4	协同能力 ^[2,6,9]	智能语音系统调用相关功能的能力
5	引导能力 ^[2,9]	智能语音系统的辅助能力
6	逻辑能力 ^[4,5,10]	智能语音系统对上下文的理解能力
7	灵活性 ^[2,4]	智能语音系统对不同输入方式的适应能力
8	合理性 ^[2,6]	智能语音系统反馈结果的合理程度
9	容错性 ^[4-6]	智能语音系统对错误的承受能力
10	自然程度 ^[2,5,9]	智能语音系统在交流过程中给用户的感受
11	多通道反馈 ^[5]	智能语音系统提供多种反馈方式的能力

户对这个方面的元素很重视，语音系统如果缺少这个方面的呈现，用户就会表现出不满。本次实验一共邀请用户 35 人，经过清洗，获得有效实验数据 34 份。

3.2 按任务因子分析处理

实验数据使用 SPSS 24 进行处理，通过 Alpha 信度系数法进行信度检验，信度系数均在 0~1 之间，达到了有效的信度标准。通过 KMO 样本测度和巴利特球形检验，所有 13 个任务的 KMO 值均大于 0.7，说

明该实验适合做因子分析，效度可以接受。

以打电话任务为例，通过计算主成分分析，得到的结果见表 2。

通过表 2 可以看到，因子分析的前 4 个特征值均大于 1，并且经过旋转分析后，累计方差贡献率达到 72.999%，说明前 4 个因子变量综合蕴含了原始数据 11 个变量所能表达的足够信息，因此选取 4 个公共因子。

针对打电话任务的因子分析，得到设计元素的指标体系，见表 3。

表 2 打电话任务因子分析结果
Tab.2 Analysis results of telephone task

成份	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累计	总计	方差百分比	累计	总计	方差百分比	累计
1	4.205	38.226	38.226	4.205	38.226	38.226	2.375	21.593	21.593
2	1.581	14.377	52.603	1.581	14.377	52.603	2.245	20.405	41.998
3	1.221	11.097	63.701	1.221	11.097	63.701	1.786	16.235	58.233
4	1.023	9.299	72.999	1.023	9.299	72.999	1.624	14.766	72.999
5	0.816	7.420	80.420						
6	0.578	5.253	85.673						
7	0.499	4.537	90.210						
8	0.417	3.791	94.000						
9	0.301	2.733	96.733						
10	0.213	1.934	98.667						
11	0.147	1.333	100.000						

注：提取方法为主成分分析；因子分析结果为 $F=0.21593F_1+0.20405F_2+0.16235F_3+0.14766F_4$

表3 打电话任务因子分析结果
Tab.3 Analysis results of telephone task

目标层	准则层	指标层	因子权重	
打电话任务	第一因子	用户意图	21.593%	
		效率		
		成功率		
	第二因子	自然对话	20.405%	
		多通道反馈		
	第三因子	合理性	16.235%	
		灵活性		
		容错性		
	第四因子	协同能力	14.766%	
		逻辑能力		
			引导能力	

通过表3可以看到,因子分析将设计元素按照贡献量进行了分类,用户意图、效率、成功率对打电话任务的使用体验贡献率为21.6%,自然对话、多通道反馈的贡献率是20.4%,合理性、灵活性、容错性和协同能力的贡献率是16.2%,逻辑能力和引导能力的贡献率是14.7%。这说明在打电话这个任务上,用户最为关心用户意图、绩效以及自然对话、多通道反馈这两方面,也就是说用户最看重是否总能快速拨打正确的电话,其次是合理性、灵活性、容错性和协同能力以及逻辑能力和引导能力这两个方面,这说明用户很希望语音系统能够很好地控制打电话应用。

基于这样的分析思路,对余下12项语音交互任务进行分析,得到不同任务的设计元素贡献率分类,见表4。

表4 其他任务因子分析结果
Tab.4 Analysis results of others tasks

目标层	指标层	因子权重
发短信	用户意图、成功率、效率、自然对话	24.807%
	多通道反馈、协同能力、合理性	22.581%
	灵活性、逻辑能力、引导能力、容错性	17.113%
设定闹钟	引导能力、自然对话、逻辑能力、合理性、灵活性、多通道反馈、容错性	33.385%
	成功率、效率、用户意图、协同能力	26.677%
播放音乐	逻辑能力、多通道反馈、自然对话、引导能力、灵活性	27.100%
	用户意图、效率、成功率、	23.739%
	合理性、容错性、协同能力	21.998%
打开APP	自然对话、逻辑能力、引导能力、多通道反馈、灵活性	31.676%
	成功率、效率、用户意图、协同能力	24.081%
	合理性、容错性	16.439%
出行	效率、成功率、用户意图、灵活性、引导能力	26.748%
	协同能力、合理性、容错性、多通道反馈	24.427%
	逻辑能力、自然对话	21.614%
地理位置搜索	引导能力、容错性、合理性、灵活性	26.615%
	成功率、效率、协同能力	25.348%
	多通道反馈、逻辑能力、自然对话、用户意图	22.892%
系统设置	逻辑能力、引导能力、自然对话、协同能力、灵活性	27.350%
	效率、用户意图、成功率	26.507%
	合理性、多通道反馈、容错性	20.613%
管理日程	合理性、容错性、自然对话、灵活性、多通道反馈、引导能力、逻辑能力	35.200%
	用户意图、成功率、效率、协同能力	28.120%
管理备忘录	自然对话、引导能力、多通道反馈、合理性、逻辑能力、容错性、灵活性	38.182%
	效率、成功率、用户意图、协同能力	31.078%
查询信息	合理性、自然对话、容错性、引导能力、逻辑能力、多通道反馈	30.911%
	效率、用户意图、成功率、协同能力、灵活性	30.863%
APP深度操作	容错性、引导能力、合理性、逻辑能力、多通道反馈、自然对话、灵活性	39.726%
	用户意图、效率、成功率、协同能力	27.317%
查找美食	成功率、效率、用户意图、协同能力、容错性、引导能力	34.100%
	灵活性、逻辑能力、自然对话、合理性、多通道反馈	32.532%

3.3 设计评估体系

3.3.1 聚类分析

13 个常用任务的因子分析结果是聚类的体现，

使用 IBM 的 EZSort 工具把 13 个常用任务的因子分析经过进行综合聚类，不同元素按照亲疏关系进行划分，结果见图 4。

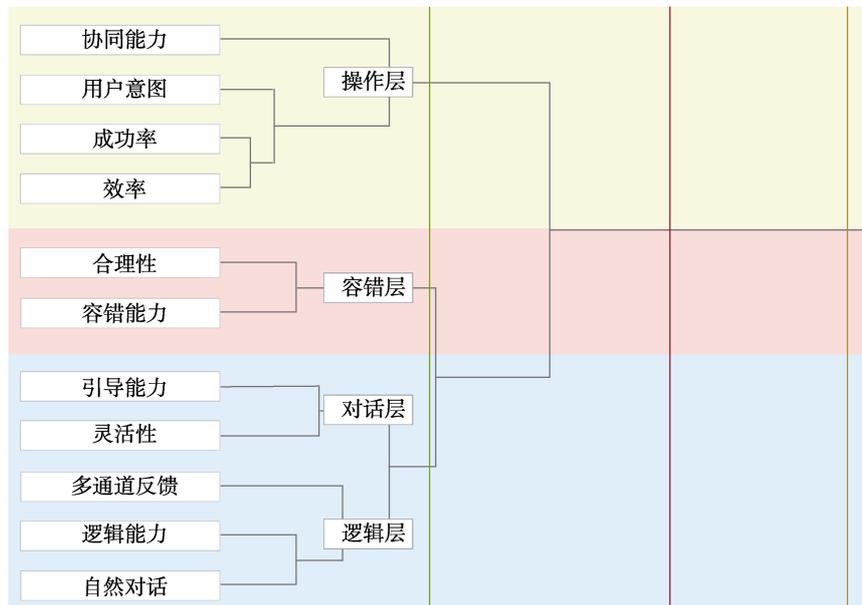


图 4 语音系统设计元素的聚类分析

Fig.4 Cluster analysis of the design elements of voice system

3.3.2 研究结论

本文提出的智能手机语音系统设计评估体系分为 4 个层次：操作层、对话层、逻辑层和容错层。操作层包含用户意图识别、成功率、效率和协同能力，用户使用智能手机语音系统时，比较关心智能手机语音系统是否能够识别出自己的意图，能否快速有效的完成任务，以及智能语音系统能否恰当的调用智能手机的相关功能。这在单次语音交互的任务中体现尤为明显，也是智能手机语音系统最基本的设计要求。

容错层包含合理性和容错能力，用户关心的另一方面是智能手机语音系统反馈的合理程度以及对错误的处理能力，当出现错误时，用户往往会独立的考虑出错的情况。

对话层包含引导能力和灵活性，用户使用智能手机进行多轮语音交互操作时，关心智能语音系统能否有效的引导用户操作、是否支持不同的输入语句，反馈的形式是否多样等。在复杂任务的体验设计上，更应当注意这些方面的体现。

逻辑层包含逻辑能力、自然对话和多通道反馈，用户在进行多轮语音交互操作时，也同样关心智能手机语音系统能否理解语句之间的逻辑联系，对话过程是否自然以及反馈是否恰当到位。

3.3.3 设计及应用建议

1) 应当优先考虑意图识别和任务绩效。从研究

结果来看，用户对智能手机语音系统的使用意图判断和绩效的要求较高。在每个任务中，这些指标都占据了较多的贡献量。智能语音系统交互不同于传统界面交互，语音系统不会过多的使用视觉界面，导致用户难以预测操作流程。设计智能语音交互产品时，优先考虑用户意图和绩效，可以用召回率和识别率等产品数据衡量，对智能语音系统识别的绩效可以使用任务的完成率和任务时间方面的指标来衡量。

2) 给用户较强的控制感。用户对智能语音系统控制设备的能力也要求较高，尤其是倾向于一次性完成的简单任务。在传统的界面交互时，有明确的任务流程，用户在操作过程中会有掌控全局的感觉，而语音交互也应当营造这样的掌控感。在设计时可以通过声音、图形界面、振动等多种形式的反馈让用户感受到操作，用户输入的每一句指令都应当有恰到好处的操作结果。

3) 不要限制用户的输入方式，但可以加以引导。智能语音系统的引导能力和灵活性联系紧密。对于语音识别来说，固定句式的识别是最为稳定有效的，但是用户会使用多种形式的说话方式进行输入。在语音交互产品设计时，虽然不能限制用户的输入方式，但是可以进行必要的引导和暗示，让用户按照规范的句式输入。

4) 增强语音系统的逻辑能力，能够提升对话的自然程度。智能语音系统的逻辑能力和自然对话联系

紧密。在设计语音交互产品时,很多时候在强调语音对话的自然程度。通过增强智能语音系统的逻辑能力能够很好地提升语音交互的自然性。智能语音系统逻辑能力的优化可以通过增加交互轮次,容错性能,反馈形式等方面来体现。

5) 单独考虑出错的情况。智能语音系统的容错性和合理性联系紧密,但和其他元素关系不大。语音交互相较于界面交互具有不稳定性的特点,是一种高效率、高错误率的交互方式。用户不论在进行什么样的任务都会考虑出错的情况,因此应当将出错时的情况分离出来进行单独处理。在语音交互产品设计时,可以将出错看作一个独立的情境来设计。

4 研究成果

智能手机的语音交互系统作为手机人机交互的重要扩展形式,是多通道交互的重要方式之一,也是人工智能的重要入口。已成为各个手机品牌重要的突破点和创新点。本文通过构建智能手机语音交互系统设计元素体系,明确了语音系统设计的元素类;采用可用性测试的方式对智能语音系统进行了调查,应用因子分析方法对设计元素进行体系化分析,从而对语音交互产品的设计上提出了一些有参考价值的设计建议。本文认为,智能手机语音交互系统设计体系是一项多指标的、动态的复杂体系,仅凭主观推断和单一数据判断的结论,是不够全面的,必须以科学合理的研究方法加以研究分析,智能手机语音系统设计评估体系见图5。



图5 智能手机语音系统设计评估体系

Fig.5 Smart phone voice system design evaluation system

5 结语

智能手机语音系统的设计体系分为4个层次:操作层、对话层、逻辑层和容错层。其中,操作层包含用户意图识别、成功率、效率和协同能力;容错层包含合理性和容错能力;对话层包含引导能力和灵活

性;逻辑层包含逻辑能力、自然对话和多通道反馈。在智能手机语音交互产品设计时,应当优先考虑意图识别和任务绩效,给用户较强的操控感,引导但不限制用户的输入方式,加强语音系统的逻辑能力,独立的考虑出错的情况。根据本文结论看,智能手机语音交互系统设计目标需要明确,通过把握容易衡量和设计的元素来影响提升难以把控的元素,从而解决语音交互产品设计的瓶颈问题,全面提升语音交互产品的用户体验水平,促进智能手机语音交互产品的发展。

参考文献:

- [1] 袁彬,肖波,侯玉华,等. 移动智能终端语音交互技术现状及发展趋势[J]. 信息通信技术, 2014(2): 39—43.
YUAN Bin, XIAO Bo, HOU Yu-hua, et al. The Status Quo and Development Trend of Mobile Interactive Terminal Voice Interaction Technology[J]. Information and Communications Technology, 2014(2): 39—43.
- [2] 杜坤坤. 面向智能家居的虚拟人机交互方法与技术的研究[D]. 北京: 北京科技大学, 2014.
DU Kun-kun. Research on the Method and Technology of Virtual Human-machine Interaction for Smart Home[D]. Beijing: Beijing University of Science and Technology, 2014.
- [3] 何升帆, 罗成. 基于智能移动终端的语音车载信息系统的设计研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
HE Sheng-fan, LUO Cheng. Design and Research of Voice Vehicle Information System Based on Intelligent Mobile Terminal[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2014.
- [4] 赵良福, 张定京, 付光涛. 语音交互技术在智能电视操作系统中的实现[J]. 广播科学研究院, 2014(7).
ZHAO Liang-fu, ZHANG Ding-jing, FU Guang-tao. Voice Interactive Technology in the Smart TV Operating System[J]. Academy of Broadcasting Science, 2014(7).
- [5] MPUERTO P R. Voice Interactive Learning: a Framework and Evaluation[C]. ITiCSE'13, 2013.
- [6] 张立, 李瑞峰. 服务机器人中嵌入式语音识别交互系统的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
ZHANG Li, LI Rui-feng. Research on Embedded Voice Recognition Interactive System in Service Robots[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2006.
- [7] 杨柳青. 语音人机交互及其在智能调度中的应用[D]. 济南: 山东大学, 2013.
YANG Liu-qing. Voice Man-Machine Interaction and Its Application in Intelligent Scheduling[D]. Jinan: Shandong University, 2013.
- [8] 李敏. 基于语音关键词检测的人机交互研究[D]. 北京: 北京科技大学, 2016.
LI Min. Research on Human-Computer Interaction Based on Speech Keyword Detection[D]. Beijing: Beijing University of Science and Technology, 2016.
- [9] 叶子. 人机语音交互存在的问题研究[J]. 中国传媒大

- 学学报, 2017(8): 31—32.
- YE Zi. Research on the Problems of Man-machine Voice Interaction[J]. Journal of Communication University of China, 2017(8): 31—32.
- [10] 卢天增, 殷波. 基于 Android 的智能机器人的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- LU Tian-zeng, YIN Bo. The Research of Intelligent Robot Based on Android[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015.
- [11] 杨路明, 武亚娜, 黄淑珍. 基于因子分析的 P2P 平台运营质量评价研究[J]. 科学探索, 2017(10).
- YANG Lu-ming, WU Ya-na, HUANG Shu-zhen. Research on Operation Quality Evaluation of P2P Platform Based on Factor Analysis[J]. Scientific Exploration, 2017(10).
- [12] 邵坤, 温艳. 基于因子分析法的智能制造能力综合评价研究[J]. 物流科技, 2017(7).
- SHAO Kun, WEN Yan. Comprehensive Evaluation of Intelligent Manufacturing Capability Based on Factor Analysis[J]. Logistics Technology, 2017(7).
- [13] 刘艳. 基于主成分分析和聚类分析的明星用户微博营销分析[J]. 营销策略, 2018(2).
- LIU Yan. Micro-blog User Marketing Analysis Based on Principal Component Analysis and Cluster Analysis[J]. Marketing Strategy, 2018(2).
- [14] 杨争坚, 郑碧霞, 杨立帆. 基于因子分析的跨境电子商务评价指标体系研究[J]. 财贸经济, 2014(9).
- YANG Zheng-jian, ZHENG Bi-xia, YANG Li-fan. Research on Cross Border E-commerce Evaluation Index System Based on Factor Analysis[J]. Finance and Trade Economics, 2014(9).
- [15] 王莉莉, 杨硕. 基于因子分析的南京市大学生体育消费行为影响因素研究[J]. 体育科技, 2018(2).
- WANG Li-li, YANG Shuo. Based on Factor Analysis, the Influencing Factors of College Students' Sports Consumption Behavior in Nanjing[J]. Sports Technology, 2018(2).
- [16] 顾亚平, 张学军. 基于智能语音交互技术的智慧语音助理系统实现[D]. 南京: 南京大学, 2015.
- GU Ya-ping, ZHANG Xue-jun. Intelligent Voice Assistant System Based on Intelligent Voice Interaction Technology[D]. Nanjing: Nanjing University, 2015.