

基于改进 FMEA 的适老化智能药盒交互设计研究

李正军, 白朔

(沈阳航空航天大学 设计艺术学院, 沈阳 110136)

摘要: **目的** 基于适老化智能药盒交互失效模式的数据, 对智能药盒的交互模式进行优化设计, 提升交互体验, 有效降低交互差错率。**方法** 首先, 成立改进 FMEA 专家小组进行系统性人因错误减少和预测方法分析 (Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach, SHERPA); 其次, 构建智能药盒交互失误预防模型, 然后对适老化智能药盒交互设计进行改进失效模式与效应分析 (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA); 最后, 针对需要改进的失效模式对智能药盒进行设计优化。**结果** 实验结果显示“实证对象”存在诸多交互失效模式, 对相应交互失效模式进行优化, 可有效提升老年人操作智能药盒的交互体验。**结论** 运用改进 FMEA 的方法, 可以具体量化适老化智能药盒交互失效模式数据, 对应失效模式数据的智能药盒交互优化设计, 是可行有效的, 能够有效降低老年人的用药风险, 此方法可为产品交互设计研究提供新的方法路径。

关键词: 适老化智能药盒; 改进 FMEA; 失效模式; 交互体验; 设计优化

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)08-0225-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.08.024

Interactive Design of Elderly-oriented Smart Medicine Box Based on Improved FMEA

LI Zheng-jun, BAI Shuo

(School of Design and Art, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

ABSTRACT: The work aims to optimize the interaction mode of smart medicine box based on the data of interaction failure mode of the elderly-oriented smart medicine box, to improve the interactive experience and effectively reduce the interaction error rate. Firstly, an expert group for improving FMEA was established to carry out SHERPA (Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach) analysis and build an interaction error prevention model for smart medicine box. Then, the FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) was conducted for the interactive design of the elderly-oriented smart medicine box. Finally, the smart medicine box was designed and optimized according to the failure mode required to be improved. According to the experimental results, there were many interaction failure modes in the "empirical object". Optimizing the corresponding interaction failure mode could effectively improve the interactive experience of the elderly in operating the smart medicine box. With the improved FMEA method, the interaction failure mode data of the elderly-oriented smart medicine box can be specifically quantified. The interactive optimization design of the smart medicine box corresponding to the failure mode data is feasible and effective, and can effectively reduce the risk of drug use for the elderly. This method provides a new method for the interactive design research of product.

KEY WORDS: elderly-oriented smart medicine box; improved FMEA; failure mode; interactive experience; design optimization

根据国家统计局数据显示^[1], 自 2013 年以来, 我国 60 岁以上老年人口数量急剧增加, 截至 2019 年

末, 我国老年人口数量达到 25 388 万人, 相较于 2018 年底, 老年人口增加约 439 万, 表明我国正步入老龄

收稿日期: 2022-11-08

作者简介: 李正军 (1969—), 男, 教授, 主要研究方向为设计创新与管理。

通信作者: 白朔 (1995—), 男, 硕士生, 主攻工业设计、用户体验。

化社会。随着增龄、衰老、疾病的影响,老年人生活自理能力将逐渐衰退,按生活自理水平可分为自理老人、介助老人和介护老人^[2]。服药安全管理相关研究学者共识指出^[3],中国老人人均患病率较高,服药种类较多。其中介助老人和介护老人能够在护理人帮助下进行长期服药,而自理老人在没有他人帮助下,因其记忆力下降,自我管理能力强,其服药依从性依旧不容乐观。因此,设计一款适合自理老人使用的智能药盒,为其减轻服药差错,对自理老人的日常生活提供帮助显得尤为重要。本研究针对自理老人服药依从性差的问题,提出基于改进失效模式与效应分析的方法,研究适老化智能药盒交互设计差错率。通过现售智能药盒的调查、比较,选择一款适老化智能药盒,对其进行改进 FMEA 分析,获取操作失效模式数据,以此构建智能药盒交互失误预防模型,对需要改进的失效模式进行优化,并对优化后的智能药盒进行改进 FMEA 验证,以提高老年人服药依从性。

1 相关概念及文献综述

1.1 相关概念

改进 FMEA 的概念。改进 FMEA 是一门事前预防的定性分析技术,是产品全生命周期系统中预防问题发生的工具^[4],是传统 FMEA 理论模型的深化。改进 FMEA 的概念是韩亚娟、尹纯、彭运芳等学者提出并实际应用^[5]。是针对传统 FMEA 的失效探测度 (Detection, D); 失效频度 (Occurrence, O); 失效严重度 (Severity, S) 的计算模型进行优化改进。将“容忍度区域”概念引入到 FMEA 中,通过容忍度区域概念与 FMEA 相结合,运用指数风险优先数 (Exponential risk priority number, $E_{\text{ERP}}N$),从而使最终获得失效模式的结果更加客观。改进 FMEA 的指数风险优先数模型: $E_{\text{ERP}}N = 3^{W_s \times (S-S')} + 3^{W_o \times (O-O')} + 3^{W_d \times (D-D')}$ 其中 W_s 、 W_o 、 W_d 分别为 S 、 O 、 D 的对应权重; S 、 O 、 D 取值分别为用户实际感知服务总和的平均数,最终结果取整数; S' 、 O' 、 D' 代表用户恰能够接受服务的临界值 (容忍区域与不能容忍区域的临界值),取值分别为用户恰能够接受服务总和的平均数,最终结果取整数。本研究采用改进 FMEA 方法研究适老化智能药盒的交互设计,运用指数风险优先数计算方法,构建适老化智能药盒交互失误预防模型,获得客观的适老化智能药盒交互失效模式数据,依此优化设计出一款适合老年人使用的智能药盒。

适老化智能药盒的概念。智能药盒是指通过物联网技术实现远程综合提醒服务,同时具备全自动配药功能的药物容器^[6]。它能够根据患者的服药种类、天数、数量、频次等为患者自动分配每次应服的药量并对服药人和护理人进行综合提醒,从而最大限度地减轻患者的服药负担。适老化智能药盒的核心是指将适

老化设计理念融入智能药盒中,实现老年人与适老化产品之间的易辨识性和易操作性^[7]。智能药盒能有效地管理老人吃药的问题,方便老人独立使用,增强人机的交互性^[8]。本研究通过对现有适老化智能药盒的交互进行设计优化,来提升老年人操作智能药盒的交互体验感。

交互设计的概念。交互设计是第四次工业革命以来,在计算机与人工智能全面应用的背景下,产品系统人机操作互动关系的设计,关注信息识别与操作系统的构建、识别、体验、效率。交互设计从人与产品的交互关系发现问题,并开展系统性的设计,致力于提供完整的产品解决方案。本研究聚焦于自理老人操作智能药盒“硬件+软件”交互过程中产生的失效模式,并对其交互设计优化。

1.2 相关文献研究综述

通过文献检索与相关性整理,基于改进 FMEA 的适老化智能药盒交互设计的相关研究主要集中在以下 2 个方面。

1) 改进 FMEA 应用现状研究。王颖、王润周等^[9]分析图书馆人因设计中相同的风险优先数值的不同 S 、 O 、 D 组合可能导致潜在失效模式未被识别的原因,运用改进 FMEA 方法,对比了传统风险优先数和改进风险优先数的计算结果,验证改进 FMEA 分析更可靠。

2) 智能药盒设计相关研究。目前智能药盒的相关研究主要集中在智能药盒的功能优化^[10]、智能药盒系统的深度开发^[11]、智能药盒的用户体验与交互设计等方面。智能药盒的用户体验与交互设计方面的研究集中在交互界面的设计、交互方式的改进、用户体验的提升等方面^[12-14]。综上相关文献研究综述显示,改进 FMEA 应用到适老化智能药盒交互设计的研究具有一定的可行性与创新性。

2 研究方法

将基于改进 FMEA 的适老化智能药盒交互设计的研究方法归纳为 4 个阶段 (见图 1)。

2.1 SHERPA 分析

成立改进 FMEA 专家小组,依据专家小组的指导,选取一款针对老年人设计的智能药盒作为本次研究的实证对象。为了获取老年被试者操作智能药盒的具体失效模式数据,运用 SHERPA 分析。层次任务分析 (Hierarchical Task Analysis, HTA) 和差错分类^[15-16]是 SHERPA 的主要内容。HTA 是以任务层级进行划分,绘制被分析对象全过程任务步骤流程图;差错分类是 HTA 分析过程中出现差错的归类依据 (见表 1)。针对作为实证对象的智能药盒,探讨智能药盒的主要任务是否适用于老年人,绘制智能药盒

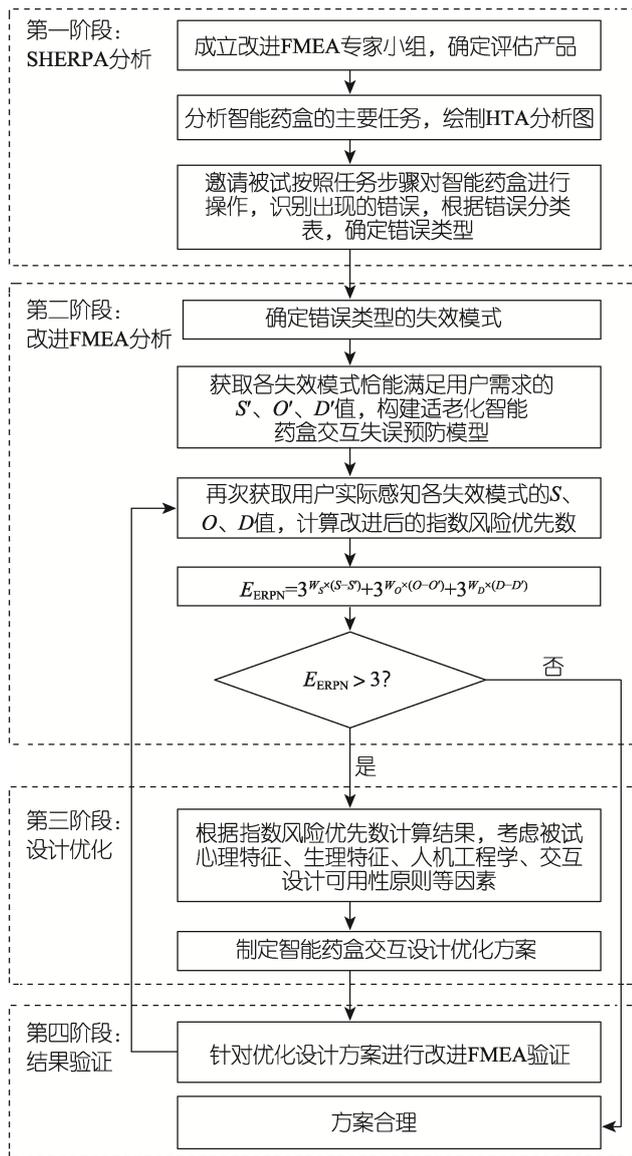


图 1 研究方法全过程
Fig.1 Whole process of research method

的 HTA 图, 对“被试者”进行实验, 将出现差错的过程按表 1 进行统计, 获取实验中出现的错误类型。

2.2 改进 FMEA 分析

根据 SHERPA 分析的被试者实验数据统计量表进行改进 FMEA 分析。首先, 依据标准改进 FMEA 评分表^[18]构建交互失效的严重度、频度、探测度评分表(见表 2); 其次, 根据交互失效的严重度、频度、探测度评分表与 SHERPA 分析结合, 依据被试者的实验数据统计量表, 评估出各个错误类型的失效模式及其失效模式的 S 、 O 、 D 数值; 最后, 运用改进 FMEA 的指数风险优先数计算模型, 获得失效模式的风险程度。

指数风险优先数计算模型, 如公式 (1):

$$E_{ERPN} = 3^{W_s \times (S - S')} + 3^{W_o \times (O - O')} + 3^{W_d \times (D - D')} \quad (1)$$

其中 W_s 、 W_o 、 W_d 分别为 S 、 O 、 D 的对应权

表 1 差错分类^[17]
Tab.1 Error classification^[17]

错误类型	编码	错误描述
动作	A1	操作过程太长/太短
	A2	操作不当
	A3	操作方向错误
	A4	操作太多/太少
	A5	操作位置位移/位偏
	A6	操作正确, 对象错误
	A7	操作错误, 对象正确
	A8	操作省略或遗漏
	A9	操作未完成
	A10	操作错误, 对象错误
检查	C1	检查省略或遗漏
	C2	检查未完成, 检查不完全
	C3	检查正确, 对象错误
	C4	检查错误, 对象正确
	C5	检查不适当
	C6	检查错误, 对象错误
信息检索	R1	信息未获得, 没有得到信息
	R2	得到错误的信息
	R3	信息检索不完全
信息交流	I1	信息未获得
	I2	传递错误的信息
	I3	信息不完全
选择	S1	漏选, 选择省略
	S2	错选

重, 改进 FMEA 专家小组运用熵权法并结合 S 、 O 、 D 之间的线性影响, 进行综合评价获得对应权重, $W_s=0.45$ 、 $W_o=0.35$ 、 $W_d=0.2$; S 、 O 、 D 取值分别为用户实际感知服务总和的平均数, 最终结果取整数(实际数据是改进 FMEA 专家小组和被试者共同对交互失效模式各项测评的平均数); S' 、 O' 、 D' 代表用户恰能够接受服务的临界值(容忍区域与不能容忍区域的临界值), 取值分别为用户恰能够接受服务总和的平均数, 最终结果取整数(实际数据是被试者能够接受的各项失效模式实验数据总和的平均数)。

当 $E_{ERPN} = 3$ 时, 显示交互体验处于容忍区域与无法容忍区域临界状态, 表明交互体验达到用户接受的最低状态; 当 $E_{ERPN} \leq 3$ 时, 显示“被试者”能够容忍当前智能药盒的交互设计; 当 $E_{ERPN} > 3$ 时, 显示“被试者”不能容忍当前智能药盒的交互设计。

2.3 设计优化

根据改进 FMEA 分析, 对 FMEA 表中所有 $E_{ERPN} > 3$ 智能药盒的交互失效模式, 系统地分析老年人视力、听力、运动、心理、记忆等认知障碍, 量化失效后果及原因, 对应层次任务 HTA 图的交互形式

表2 交互失效的严重度、频度、探测度评分表
Tab.2 Severity, occurrence and detection score of interaction failure

分数	严重度 (S)	频度 (O) /%	探测度 (D)
10	严重级别很高,潜在失效模式影响安全运行时无预警	失效概率 ≥ 50	不可能找出交互失效的起因
9	严重级别很高,潜在失效模式影响安全运行时有预警	失效概率 20	只有很极少可能性找出交互失效的起因
8	产品无法正常使用(丧失基本功能)	失效概率 10	只有极少可能性找出交互失效的起因
7	产品能够正常使用,但舒适性方面有所下降,顾客满意度很差	失效概率 5	有很少可能性找出交互失效的起因
6	产品能够正常使用,但舒适性方面有所下降,顾客满意度一般	失效概率 2	有较少可能性找出交互失效的起因
5	产品能够正常使用,但舒适性方面有所下降,顾客满意度良好	失效概率 1	有中等可能性找出交互失效的起因
4	75%的用户能发现产品缺陷	失效概率 0.5	有较多可能性找出交互失效的起因
3	50%的用户能发现产品缺陷	失效概率 0.2	有很多可能性找出交互失效的起因
2	25%的用户能发现产品缺陷	失效概率 0.1	有非常多的可能性找出交互失效的起因
1	产品缺陷可忽略不计	失效概率 <0.1	能够找出交互失效的起因

及内容进行优化设计,有效降低交互失效模式的 E_{ERP} 值,提高交互理想度。

2.4 结果验证

将设计优化后的智能药盒方案,重新代入改进FMEA的 E_{ERP} 计算模型,进行实验验证,如果优化后的交互失效模式 $E_{ERP} \leq 3$,方案优化有效;如果优化后的交互失效模式仍然 $E_{ERP} > 3$,需要进一步优化,直到指标达到要求为止。

3 实证研究与优化

3.1 实验对象与被试者的确定

产品实证对象的选择。通过现售智能药盒的调查分析(见表3),比较选择一款适老化智能药盒,本实验选择河北盛世天听电子科技有限公司设计的“爱晖健康管家智能药盒”(见图2)进行改进FMEA的产品交互测试,获取其交互失效模式,并对其进行设

计优化,实现产品升级。

被试者的选择。实验被试者的选取范围(见表4):被试者人数权衡确定原则,本实验依据实验难度,被试者的采样难度,有效数据准确性要求综合权衡,最终确定100人作为被试者;年龄段全面覆盖原则,按照6个年龄段(60~64岁、65~69岁、70~74岁、75~79岁、80~84岁、 ≥ 85 岁)全面覆盖;老年人认知障碍全面覆盖原则,视力障碍、听力障碍、运动障碍、心理障碍、记忆障碍、无障碍全覆盖。

3.2 适老化智能药盒的SHERPA分析

本研究由5位老人、1位工业设计师、1位交互设计师,1位高校设计学科教授、1位医生组成改进FMEA专家小组。对“爱晖健康管家”进行SHERPA分析,以便获取老年用户使用智能药盒时所产生的错误类型。“爱晖健康管家”的主要任务有加药、退药、调药、服药、设置5种功能(见图3)。分别对5种功能进行层次任务分析,层次任务分析子系统数字代

表3 智能药盒的案例分析
Tab.3 Case analysis of smart medicine box

序号	类型	品牌	功能特点
1	便携式小容量智能药盒	Hipee	便携式小容量智能药盒内置3~4个药品分隔仓,能够储存满足一天服药频次的药物
2		康言	
3		Memo Box	
4	满足7天服药量的智能药盒	巨焯科技	满足7天服药量的智能药盒内置7个以上药品分隔仓,能够储存满足一周服药频次的药物
5		Pillgo	
6		PillDrill	
7	全自动配药智能药盒	爱晖健康管家	全自动配药智能药盒内置8个以上药品分隔仓,能够储存满足15天服药频次的药物具备综合提醒技术(语音、灯光、屏幕、APP、微信、短信、电话、人工)可以收录患者的电子病历,为患者建立详尽准确的电子健康档案
8		HERO	
9		Lumma	



图 2 爱晖健康管家
Fig.2 Aihui Health Housekeeper

表 4 实验被试者的随机抽样统计表
Tab.4 Statistics of random samples of experimental subjects

年龄段/岁	人数	障碍类型	人数
60~64	33	无障碍	43
65~69	28	听力障碍	16
70~74	22	视力损害	14
75~79	9	运动障碍	6
80~84	5	心理障碍	12
≥85	3	记忆障碍	9

码由“1、……”“2、……”“3、……”“4、……”“5、……”分别代表加药、退药、调药、服药、设置等 5 种功能的四层级代码系统, 便于交互失效的统

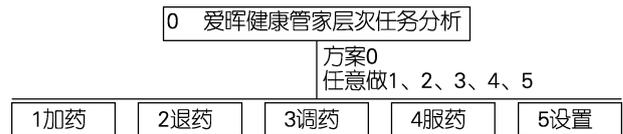


图 3 爱晖健康管家主要任务分析
Fig.3 Main task analysis of Aihui Health Housekeeper

计, 以加药功能为例 (见图 4)。

根据 SHERPA 的分析流程, 邀请被试者对 5 种功能的 HTA 步骤依次操作, 并将实验中出现错误的步骤记录下来, 结合表 1 分析获得错误类型。本实验中共产生了与表 1 相对应的 10 种错误类型, 分别是 A8、I1、A4、S1、A2、A1、S2、R2、A9、C1。

3.3 适老化智能药盒的改进 FMEA 分析

对“爱晖健康管家”5 种功能中所产生的 10 种错误类型进行改进 FMEA 分析。

首先, 通过实验获取“爱晖健康管家”潜在失效模式的临界值 S' 、 O' 、 D' 。具体实验步骤如下: 由改进 FMEA 专家小组分析确定各错误类型的潜在失效模式→邀请被试者对“爱晖健康管家”交互失效模式理想的与合适的(合适的指容忍区域与不能容忍区域的临界值) S 、 O 、 D 值进行评分→获得合适的 S 、 O 、 D 平均数→确定其临界值 S' 、 O' 、 D' 。通过实

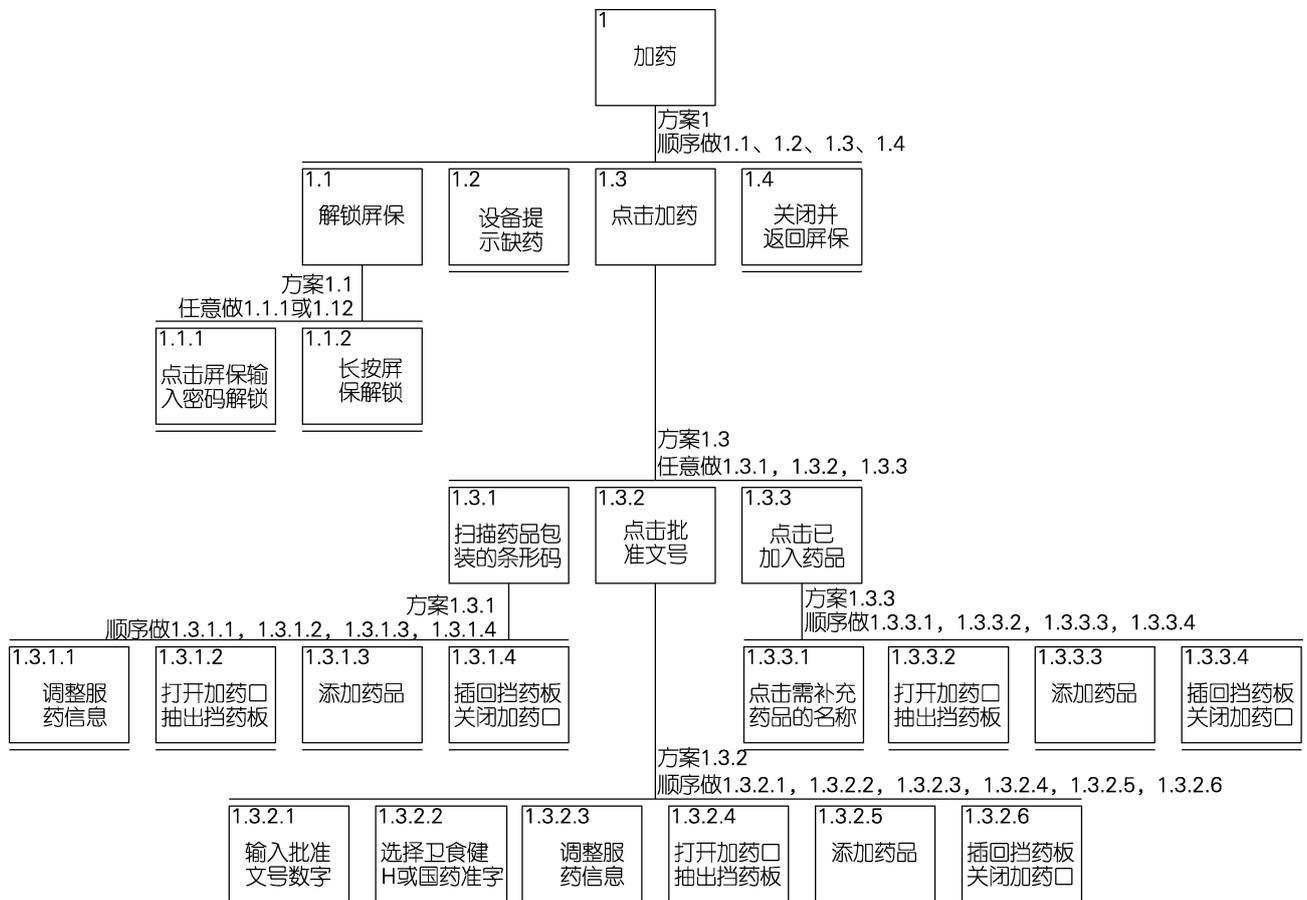


图 4 加药功能层次任务分析
Fig.4 Hierarchical task analysis for dosing function

验数据评价分析,合适的 S 、 O 、 D 平均数值分别是, $S=5.77$ 、 $O=4.81$ 、 $D=4.50$,理想的 S 、 O 、 D 均为1,依据改进FMEA的要求对合适的 S 、 O 、 D 平均数值四舍五入取整数,获得“爱晖健康管家”潜在失效模式的容忍临界值分别是, $S'=6$ 、 $O'=5$ 、 $D'=5$ (见表5)。

其次,构建适老化智能药盒交互失误预防模型。将潜在失效模式的临界值($S'=6$ 、 $O'=5$ 、 $D'=5$)、权重值($W_s=0.45$ 、 $W_o=0.35$ 、 $W_d=0.2$),分别代入指数风险优先数计算模型式(1),构建适老化智能药盒交互失误预防模型,如式(2)所示:

$$E_{\text{ERP}} = 3^{0.45 \times (S-6)} + 3^{0.35 \times (O-5)} + 3^{0.2 \times (D-5)} \quad (2)$$

最后, E_{ERP} 计算与交互失效模式分析。结合“爱晖健康管家”的SHERPA分析,通过被试者的交互失效模式实验,统计错误类型及潜在失效模式,并结合专家经验与SPSS分析,获得潜在失效模式的严重

度(S)、频度(O)、探测度(D)实际感知平均数值。结合式(2)计算 E_{ERP} 值,统计 $E_{\text{ERP}} > 3$ 的交互失效模式,分析失效后果与原因,依据分析结果对“爱晖健康管家”失效模式进行设计优化,提高老年人的交互体验(见表6)。

3.4 适老化智能药盒的交互设计优化

针对实验中发现的10种错误类型及其对应的26种潜在失效模式制定优化措施,对智能药盒的屏幕尺寸、导航与界面布局、图标、界面层级、按键、文字进行合理的设计优化,见图5。

1)针对错误类型A8及其失效模式,分析其失效后果及原因(智能药盒屏幕尺寸为4.3寸触控屏,触控屏尺寸过小导致老年人操作智能药盒触控屏时频繁出现误触),对智能药盒触控屏尺寸进行优化,优化后的触控屏采取老年人容易接受的ipad9.7寸触控屏(见图5a)。

表5 爱晖健康管家交互失效容忍区域临界值统计分析

Tab.5 Statistical analysis of critical value in interaction failure tolerance area of Aihui Health Housekeeper

任务步骤	错误类型	潜在失效模式	严重度(S)		频度(O)		探测度(D)	
			理想的	合适的	理想的	合适的	理想的	合适的
1.1.1	A8	触控笔遗失	1	6	1	5	1	5
1.2	I1	看不懂缺药图标	1	6	1	4	1	3
1.3.1.1	A4	调整服药信息操作太多	1	6	1	4	1	5
1.3.2	S1	批准文号按键布局不合理	1	6	1	5	1	4
1.3.2.1	A2	输入错误数字	1	6	1	5	1	6
1.3.2.2	A1	输入批准文号操作过程太长	1	6	1	5	1	6
1.3.3.1	S2	界面布局不合理	1	5	1	5	1	4
1.4	S1	寻找返回键效率低	1	6	1	4	1	3
2.2.2	S2	界面布局不合理	1	5	1	5	1	3
4.2.1	R2	得到错误信息	1	6	1	5	1	4
4.2.1.2	A2	输入错误数字	1	6	1	5	1	6
4.2.1.3	A1	操作过程太长	1	6	1	5	1	5
4.2.2	A9	点击按键困难	1	6	1	5	1	5
4.2.2.1	A4	调整时间操作太多	1	5	1	5	1	5
4.2.4.1	C1	切换时段按钮不易识别	1	6	1	5	1	4
4.2.4.2	A4	查看处方操作太多	1	6	1	5	1	5
5.2.1	A9	点击按键困难	1	6	1	5	1	5
5.2.1.2	A9	点击按键困难	1	5	1	5	1	5
5.2.2.1	S1	寻找新增按键效率低	1	6	1	5	1	4
5.2.2.5	A1	操作过程太长	1	6	1	5	1	5
5.2.2.6	A1	操作过程太长	1	6	1	5	1	5
5.2.2.8	I1	看不懂切换图标	1	6	1	4	1	3
5.2.4.2	A4	输入WI-FI名称操作太多	1	6	1	5	1	5
5.2.6.1	A9	点击音量加减按键困难	1	5	1	5	1	4
5.2.7.1	A9	点击亮度加减按键困难	1	5	1	5	1	4
5.2.9	S1	寻找返回键效率低	1	6	1	4	1	4
平均值			5.77		4.81		4.50	

表 6 爱晖健康管家的改进 FMEA 分析表
Tab.6 Improved FMEA analysis of Aihui Health Housekeeper

任务步骤	错误类型	潜在失效模式	用户实际感知			E_{ERP}	潜在失效后果	潜在失效原因
			严重度 (S)	频度 (O)	探测度 (D)			
1.1.1	A8	触控笔遗失	7	5	3	3.28	手指操作易造成误触	4.3 寸 (1 寸 ≈ 3.33 cm) 触控屏尺寸过小
1.2	I1	看不懂缺药图标	8	6	8	6.09	未能及时补充药品	加药提醒不明显
1.3.1.1	A4	调整服药信息操作太多	7	6	4	3.91	造成老年人抵触	跳转界面设计不合理
1.3.2	S1	批准文号按键布局不合理	7	6	6	4.35	寻找目标按键效率低	界面布局不合理
1.3.2.1	A2	输入错误数字	7	8	3	5.45	导致误触	键盘尺寸太小
1.3.2.2	A1	输入批准文号操作过程太长	6	8	4	4.97	造成老年人急躁	流程设计不合理
1.3.3.1	S2	界面布局不合理	6	6	5	3.47	错选	选项设计不合理
1.4	S1	寻找返回键效率低	8	6	6	5.40	设备无法返回屏保	导航设计不合理
2.2.2	S2	界面布局不合理	7	6	6	4.35	错选	选项设计不合理
4.2.1	R2	得到错误信息	7	7	5	4.80	造成老年人困惑	名称错误
4.2.1.2	A2	输入错误数字	7	8	3	5.45	导致误触	键盘尺寸太小
4.2.1.3	A1	操作过程太长	6	7	3	3.80	造成老年人急躁	流程设计不合理
4.2.2	A9	点击按键困难	7	7	3	4.44	无法完成后续操作	按键尺寸过小
4.2.2.1	A4	调整时间操作太多	7	7	3	4.44	造成老年人抵触	跳转界面设计不合理
4.2.4.1	C1	切换时段按钮不易识别	8	8	6	7.10	检查省略或遗漏	切换图标设计不合理
4.2.4.2	A4	查看处方操作太多	7	5	4	3.44	造成老年人抵触	跳转界面设计不合理
5.2.1	A9	点击按键困难	7	7	4	4.60	无法完成后续操作	按键尺寸过小
5.2.1.2	A9	点击按键困难	6	7	4	3.96	无法完成后续操作	按键尺寸过小
5.2.2.1	S1	寻找新增按键效率低	7	7	6	5.04	用户易漏选新增护理人	新增按键布局不合理
5.2.2.5	A1	操作过程太长	6	8	3	4.81	造成老年人急躁	流程设计不合理
5.2.2.6	A1	操作过程太长	6	6	3	3.11	造成老年人急躁	流程设计不合理
5.2.2.8	I1	看不懂切换图标	7	6	8	5.04	未能切换其他护理人	切换图标设计不合理
5.2.4.2	A4	输入 WI-FI 名称操作太多	7	7	4	4.60	造成老年人抵触	WI-FI 名称复杂输入困难
5.2.6.1	A9	点击加减音量图标困难	6	8	3	4.81	无法完成后续操作	加减音量按键尺寸太小
5.2.7.1	A9	点击加减亮度图标困难	6	8	3	4.81	无法完成后续操作	加减亮度按键尺寸太小
5.2.9	S1	寻找返回键效率低	8	6	7	5.71	设备无法返回上一界面	导航设计不合理

2) 针对错误类型 S1、S2 及其失效模式, 分析其失效后果及原因(潜在失效模式集中在导航及按键漏选、选择省略或错选方面), 依据人眼视觉运动规律(从左到右, 从上到下)进行优化, 将导航设计为左侧导航加横向卡片的形式, 并通过 12 栅格响应式布局方法对界面布局合理设计(见图 5b); 依据高对比度的色彩更易识别信息, 因此采用深灰色作为背景色, 白色作为弹窗和呼出界面前景色, 部分饱和度适中、明度较高的彩色作为导航按键和功能按键的辅助色。

3) 针对错误类型 I1 及其失效模式, 分析其失效后果及原因(潜在失效模式分别为老年人看不懂缺药提示图标和切换按键图标), 针对看不懂缺药图标, 将智能药盒缺药提示图标优化为具有引导功能的弹窗来提示设备药品不足(见图 5c); 针对看不懂切换按键图标, 对切换功能进行分析, 其功能主要为切换需提示的护理人用户的服药状态, 据此优化措施是: 将切换图标设计为文字图标并将文字内容选用提示

二字(见图 5d)。

4) 针对错误类型 A4、A1 及其失效模式, 分析其失效后果及原因(潜在失效模式集中在界面操作太多和界面操作过程太长方面), 据此设计优化, 将界面层级进行压缩, 重新设计界面流程, 使其简化(见图 5e)。

5) 针对错误类型 A2、A9 及其失效模式, 分析其失效后果及原因(其潜在失效原因集中在由按键、键盘尺寸设计过小, 从而导致的操作无法继续进行或操作不当), 据此制定优化措施, 将按键最小尺寸设计为 96 px × 64 px, 并通过不同明度的单色, 对标题按键、选中按键、非选中按键及置灰按键加以区分(见图 5f)。

6) 针对错误类型 R2 及其失效模式, 分析其失效后果及原因(其潜在失效模式为得到错误文字信息), 针对暂停/开始图标的文字信息错误进行修正, 将文字变更为暂停服药, 并制定界面的文字规范, 字体选



图5 爱晖健康管家优化后外观及部分界面

Fig.5 Appearance and part of interface of Aihui Health Housekeeper after optimization

用微软雅黑加粗、字号最小采用 24 px (见图 5g)。

7) 针对错误类型 C1 及其失效模式, 分析其失效后果及原因(其潜在失效模式为切换时段按键不易识别), 针对切换时段按钮重新进行设计, 将不同服药时间设置为按键, 让用户直接点击不同服药时间按键来查看不同时段处方信息(见图 5h)。

3.5 优化后的结果验证

以原被试者对优化后的设计方案进行验证实验, 评价分析其交互体验潜在失效模式实际感知的 S 、 O 、 D 数值, 发现所有潜在失效模式 $E_{ERP} \leq 3$, 证明优化有效(见表 7)。

表 7 爱晖健康管家失效模式优化措施的验证分析

Tab.7 Validation and analysis of failure mode optimization measures of Aihui Health Housekeeper

任务步骤	错误类型	优化措施	严重度 (S)	频度 (O)	探测度 (D)	E_{ERP}
1.1.1	A8	采用 9.7 寸触控屏	3	2	3	1.19
1.2	I1	弹窗提醒老年人加药	4	2	2	1.20
1.3.1.1	A4	采用 12 栅格法对界面重新布局, 增加按键选中和非选中状态	5	4	4	2.09
1.3.2	S1	二级导航采用卡片方式并进行合理的色彩搭配	5	4	3	1.94
1.3.2.1	A2	依据人机工程学对键盘尺寸重新设计	4	3	4	1.64
1.3.2.2	A1	将呼出界面合并为一页	3	3	2	1.21
1.3.3.1	S2	采用 12 栅格法对界面重新布局	4	4	4	1.86
1.4	S1	一级导航采用左侧导航方式固定悬停, 将返回按键变更为主页	2	2	3	1.10
2.2.2	S2	采用 12 栅格法对界面重新布局	4	4	4	1.86
4.2.1	R2	变更按键名称为暂停服药	4	3	2	1.35
4.2.1.2	A2	依据人机工程学对键盘尺寸重新设计	3	2	3	1.19
4.2.1.3	A1	删除多余呼出界面	2	1	2	0.87

续表 7

任务 步骤	错误 类型	优化措施	严重度 (S)	频度 (O)	探测度 (D)	E_{ERP}
4.2.2	A9	依据人机工程学对按键尺寸重新设计	5	3	4	1.88
4.2.2.1	A4	上下滑动选择时间	4	4	3	1.70
4.2.4.1	C1	将图标按键改为文字按键	5	4	4	2.09
4.2.4.2	A4	上下滑动查看处方信息	3	3	3	1.33
5.2.1	A9	依据人机工程学对按键尺寸重新设计	5	3	3	1.72
5.2.1.2	A9	依据人机工程学对按键尺寸重新设计	4	3	2	1.35
5.2.2.1	S1	对界面重新布局	4	2	3	1.33
5.2.2.5	A1	删除多余呼出界面	2	2	2	0.97
5.2.2.6	A1	删除多余呼出界面	3	2	2	1.06
5.2.2.8	I1	将图标按键改为文字按键	5	3	2	1.59
5.2.4.2	A4	选择搜索到的 WI-FI 名称	4	4	3	1.70
5.2.6.1	A9	左右滑动控制音量大小	4	2	2	1.20
5.2.7.1	A9	左右滑动控制亮度大小	4	2	2	1.20
5.2.9	S1	二级导航采用卡片方式并进行合理的色彩搭配, 删除返回键	3	3	4	1.49

4 结语

本文是基于改进 FMEA 进行的适老化智能药盒交互设计研究。首先选择“爱晖健康管家”适老化智能药盒, 随机抽样 100 位 60 岁以上的老人作为实验被试者, 运用改进 FMEA 的方法对适老化智能药盒交互潜在失效模式进行实验, 分析实验结果的 E_{ERP} 值, 统计 $E_{ERP} > 3$ 的交互失效模式, 分析失效后果与原因, 依据分析结果对“爱晖健康管家”失效模式进行设计优化, 并对设计优化结果进行验证。研究结果显示, 将改进 FMEA 方法运用到适老化智能药盒交互的优化设计领域, 研究有效。可以有效提高交互效率, 有效降低交互差错率, 降低老年人用药风险, 同时提升产品的交互体验, 为产品交互设计研究提供新的方法路径。

参考文献:

- [1] 项鑫, 王乙. 中国人口老龄化现状、特点、原因及对策[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(18): 4149-4152.
XIANG Xin, WANG Yi. The Present Situation, Characteristics, Causes and Countermeasures of Population Aging in China[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2021, 41(18): 4149-4152.
- [2] 杜昊峰. 适老化理念下养老机构户外公共空间改造研究——以桂林市夕阳红养老中心为例[D]. 桂林: 广西师范大学, 2021.
DU Hao-feng. Research on the Transformation of Outdoor Public Space in Pension Institutions under the Concept of Aging— Taking the Sunset Red Pension Center in Guilin as an Example[D]. Guilin: Guangxi Normal University, 2021.
- [3] 高月, 张艳, 单岩, 等. 老年慢性病患者用药依从性评估工具的研究进展[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(17): 3858-3861.
GAO Yue, ZHANG Yan, SHAN Yan, et al. Research Progress of Drug Compliance Assessment Tools for Elderly Patients with Chronic Diseases[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2021, 41(17): 3858-3861.
- [4] OUYANG Lin-han, CHE Yu-shuai, YAN Ling, et al. Multiple Perspectives on Analyzing Risk Factors in FMEA[J]. Computers in Industry, 2022, 141: 103712.
- [5] 韩亚娟, 尹纯, 彭运芳, 等. 基于 FMEA 的网购服务失误预防模型[J]. 工业工程与管理, 2017, 22(5): 114-119.
HAN Ya-juan, YIN Chun, PENG Yun-fang, et al. Research on Failure Prevention Model of Online Shopping Service Based on FMEA[J]. Industrial Engineering and Management, 2017, 22(5): 114-119.
- [6] 陈秀萍, 费玲, 杨雯洁, 等. 智能药盒的设计和应用[J]. 护理与康复, 2021, 20(8): 98-99.
CHEN Xiu-ping, FEI Ling, YANG Wen-jie, et al. Design and Application of Intelligent Medicine Box[J]. Journal of Nursing and Rehabilitation, 2021, 20(8): 98-99.
- [7] 程永胜, 徐骁琪, 李波, 等. 适老化产品设计属性及策略[J]. 福建工程学院学报, 2022, 20(1): 89-95.
CHENG Yong-sheng, XU Xiao-qi, LI Bo, et al. Design Attributes and Strategies of Elderly-Oriented Products[J]. Journal of Fujian University of Technology, 2022, 20(1): 89-95.
- [8] 王妮莎. 智能药盒交互概念设计报告[J]. 电子制作, 2013(20): 180.
WANG Ni-sha. Report on Interactive Conceptual Design of Intelligent Medicine Box[J]. Practical Electronics, 2013(20): 180.

(下转第 252 页)