

基于熵权和灰关联的老年人信息终端界面布局评价研究

吕帅, 李永锋

(江苏师范大学, 江苏 徐州 221116)

摘要: **目的** 为了优化现有信息终端界面设计, 提升老年用户的体验。**方法** 首先运用基本用例对信息终端的任务过程进行描述; 接着以老年人自身需求为出发点, 从结构、任务、认知 3 个层面构建老年人信息终端界面布局评价体系; 其次通过设计调研制作出实验样本, 邀请老年人进行界面布局评价实验; 然后根据评价实验结果, 采用熵权法对评价体系中每个评价指标进行权重分配; 最后结合灰色关联分析法将实验结果转化为灰色关联度, 通过比较灰色关联度的大小, 从而确定最优方案。以银行 ATM 机作为研究案例, 结果表明所提出的方法具有较高适用性。**结论** 通过基于熵权法和灰色关联分析法的信息终端界面布局评价模型, 可以量化老年人的用户偏好, 有效地对老年人信息终端界面布局进行评价, 对界面布局优化有一定指导意义。

关键词: 用户体验; 界面布局; 熵权法; 灰色关联分析法; 老年用户

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)02-0128-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.02.015

Layout Evaluation of Information Terminal Interface for the Elderly Based on Entropy Weight Method and Grey Relational Analysis

LYU Shuai, LI Yong-feng

(Jiangsu Normal University, Jiangsu Xuzhou 221116, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the interface design of current information terminals and enhance user experience for the elderly. First of all, information terminal processes were described with essential use cases. Based on the needs of the elderly, the evaluation system of information terminal interface layout for the elderly was constructed from structure, task and cognition. Then, the test samples were made according to the design research, an interface layout evaluation test for the elderly was conducted. Next, based on the results of the interface layout evaluation test, entropy weight method was used to determine the relative weight of evaluation indexes of the evaluation system. Finally, the test results were transformed into grey relational degree through the grey relational analysis, and the best scheme was determined by comparing grey relational degree. In this study, ATMs of the bank were taken as a case study, the results proved the applicability of the proposed method. Through the evaluation model of information terminal interface layout based on the entropy weight method and the grey correlation analysis method, the user preferences of the elderly can be quantified. It can effectively evaluate the interface layout of information terminals for the elderly, and has certain guiding significance for interface layout optimization.

KEY WORDS: user experience; interface layout; entropy weight method; grey relational analysis; the elderly

我国已经进入老龄化社会, 老龄人口数量将在未来 30 年里呈逐渐上升的趋势, 直至本世纪中叶, 我

国老龄人口将达到峰值, 届时我国将成为老龄人口较多的国家之一^[1]。科学技术的发展使信息终端成为了

收稿日期: 2022-08-11

基金项目: 江苏师范大学研究生科研项目创新计划项目 (2021XKT0352)

作者简介: 吕帅 (1997—), 男, 硕士生, 主攻人机交互和界面设计。

通信作者: 李永锋 (1979—), 男, 副教授, 博士, 主要研究方向为产品设计、人机交互、感性工学等。

人们生活的一部分,但是老年用户在使用时,仍然存在着许多可用性问题,尤其在界面布局方面,老年人的认知能力和学习能力远不如年轻人^[2],过于复杂的界面布局将阻碍老年人执行相关任务,使其在操作时往往需要其他人的帮助,甚至抗拒使用。

针对信息终端的界面设计研究,国内外学者主要致力于两个方面:一是通过用户对界面的使用情况和主观感受进行分析,提出改进的设计方案,如 Zahabi 等^[3]基于用户认知模型,对信息终端进行任务分析,制定了界面改进策略; Quinn 等^[4]通过实验预测操作或纠正用户输入来帮助用户,为界面设计改良提供依据,这类研究从用户的认知角度展开,研究结果往往会受到用户主观认知的影响。二是利用算法或客观的界面评价指标对界面布局进行设计,如叶坤武等^[5]构建基于视觉注意力分配的布局模型,对飞机驾驶舱人机界面布局进行优化; Diego-Mas 等^[6]通过收集在界面使用过程中的眼球追踪和鼠标移动数据,从而确立最佳的界面布局,这类研究基于算法或客观指标,提出了理想的界面布局方案,但研究结果缺乏对用户心理诉求的考虑。

老年人作为社会大众所需要关怀的群体,为其提供良好的用户体验是至关重要的。目前许多研究以老年人为对象,探讨了界面设计中的可用性问题,如 Wildenbos 等^[7]通过实验总结了老年人移动医疗 APP 界面的可用性问题,为设计出满足老年人需求的移动医疗 APP 提供建议; 窦金花等^[8]基于情景理论研究,分析了老年人智能家居语音界面,为设计实践指明了方向; 李永锋^[9]等采用失效模式与效应分析对老年人汽车界面的操作流程进行评估归纳,提升了老年人使用汽车界面的满意度。

上述研究表明,在基于算法或客观指标的信息终端界面布局研究中,对老年用户的生理和心理需求涉及较少,并且很少有专门针对老年人的信息终端界面布局评价方法,将老年人模糊的情感需求进行量化。因此,本研究将采用主客观评价的方式,提出一种老年人信息终端界面布局评价模型,将熵权法计算所得的指标权重纳入到灰色关联分析法中进行决策评价,得到最佳的设计方案。该评价方法通过分析老年人的用户偏好,决策出满足老年人需求的信息终端界面布局,为老年人信息终端界面布局设计优化提供了理论依据。

1 理论背景

1.1 界面布局

多样化的界面布局使信息获取的方式变得多元化,通过设计将信息在有限的空间中进行有效排列,让用户能够迅速找到所需要的内容是界面布局设计的目的。合理的界面布局元素组合可以满足用户的审

美需求,让用户专注于任务本身,提高交互效率^[10]。界面布局反映了文本和视觉化的空间安排,无序的界面布局会导致许多问题,包括搜索时间长、决策延迟、对主要任务的关注度降低等,设计人员应将重要信息放置于用户容易察觉的位置,缩短用户对信息获取的时间,减少人为的失误及任务过程中产生的认知负荷,界面布局决定了信息呈现的位置、复杂性和一致性,并影响用户对信息强度的感受^[11]。

1.2 灰色关联分析方法

灰色关联分析法常用于分析具有较高灰性的信息,通过已经获取的使用信息,完成对不确定性系统的剖析、建模以及监控。灰色关联分析法整合了两个关键领域,首先是系统,试图将多种组成部分或子系统综合集成为一个具有整体功能的系统,其次是隐含在自然或人造系统中的灰色或不确定性水平,探讨数据不准确、不精确的定性问题^[12]。灰色关联分析法适用于处理信息模糊、不清楚的状况^[13],即使是少量且离散的小样本数据也同样适用。然而,初始的灰色关联分析法在进行灰色关联度整合时,一般采用加权平均法或专家赋权的方式计算指标权重,使最终结果存在一定主观因素。

1.3 熵权法

由于认知的局限性和社会环境的复杂性,决策者在进行评价时很难获得准确的信息^[14],熵权法则有效地解决了这种问题,其根据决策矩阵对模糊变量的不确定性进行测量^[15],能够客观地计算不同因素的权重,提供接近真实客观的评估结果,为决策者提供决策依据。因此,可以通过计算评价方案中各指标的熵值,分析各指标在决策过程中所能传递决策信息的程度。本研究将熵权法引用到灰色关联分析法中,可以有效避免灰色关联分析法中存在的主观因素,增加评价结果的真实性。

2 研究方法

本研究结合熵权法和灰色关联分析法对信息终端界面布局进行分析,寻找符合老年用户认知的最佳方案。整个研究过程分为 6 个阶段,分别是产品任务的基本用例描述、老年人界面布局评价体系构建、界面布局评价实验、基于熵权法的界面布局评价指标权重分析、界面布局评价实验的灰色关联度分析和确定最优方案,研究框架见图 1。

2.1 产品任务的基本用例描述

用例被定义为软件功能的简化概述^[16],它克服了传统场景法对于宏观问题和结构的掩盖,以叙述的形式描述了一个完整、定义良好的交互过程。本研究对现有的信息终端进行任务分析,列出所有子任务,归

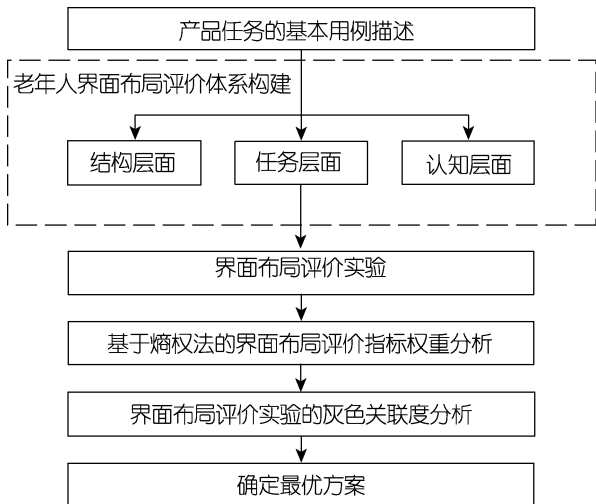


图1 研究框架
Fig.1 Research framework

纳出现有信息终端的主要任务，再以用户意图为基础，对主要任务进行抽象化表述，建立完整的基本用例模型。

2.2 老年人界面布局评价体系建设

随着年龄的增长，老年人的身体机能逐渐衰退，通常会出现注意力不够集中、容易遗忘、理解能力下降等问题^[17]，大量的界面信息和复杂的操作流程会影响老年人的情感体验。对于结构布局而言，老年人情感体验的好坏影响着其行为决策和使用意愿，组织合理的结构布局能够聚集老年人的注意力，增强界面操作过程中的舒适度，便于界面信息的阅读与理解^[18]；对于任务效率而言，简单易懂的界面操作流程会增加老年人使用过程中的自信心，通过识别操作流程来弥补记忆遗忘的缺陷，有助于提升任务的成功率^[19]；对于认知理解而言，老年人由于认知能力的退化，其对界面空间和信息的理解能力会随之减弱，界面设计应符合老年人的认知特点，减少老年人在使用过程中产生的认知负荷^[20]。因此，本研究将基于结构布局、任务效率和认知理解，构建老年人界面布局评价体系，兼顾评价指标的独立性与全面性，收集了结构布局、任务效率和认知理解3个方面的12个指标。

2.2.1 结构层面

良好的界面布局空间结构设计，不仅可以通过信息的摆放来引导用户，使之专注于自身所需完成的任务，还有利于对整个界面信息的阅读，提升用户体验。本研究在文献^[21]的基础上提出4个界面布局度量指标。

2.2.1.1 平衡度

本研究采用平衡度测量界面空间元素的质量，通过计算界面空间左右、上下元素的总质量差，衡量整体界面是否达到视觉平衡状态，见式(1) — (2)。

$$D_{b,a} = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{|w_L - w_R|}{\max(|w_L|, |w_R|)} + \frac{|w_T - w_B|}{\max(|w_T|, |w_B|)} \right) \quad (1)$$

$$w_j = \sum_i^{n_j} a_{ij} d_{ij} \quad (2)$$

式中： j 为L、R、T、B，其分别表示信息界面空间的左、右、上、下； a_{ij} 表示界面元素*i*在*j*部分的面积； d_{ij} 表示界面元素*i*的中心线与界面空间中心线的距离； n_j 表示某一部分包含的元素数。

2.2.1.2 经济度

经济度探讨了界面元素尺度的差异性程度，即使用最少的界面元素向用户传达所需的信息，见式(3)。

$$D_{e,c} = 1 - \frac{n_{size}}{n} \quad (3)$$

式中： n_{size} 是不同尺度大小的数量； n 是界面中元素的数量。

2.2.1.3 密集度

密集度探讨了界面中元素的松紧程度，通过计算实际界面中元素的密度与最优界面中元素密度的差异，衡量界面布局的简洁程度，见式(4)。

$$D_{d,e} = 1 - 2 \times \left| 0.5 - \frac{\sum_i^n a_i}{a_{frame}} \right| \quad (4)$$

式中： a_i 和 a_{frame} 是物件*i*和界面的面积； n 表示界面中的所有物件数，对于用户界面，最优屏幕密集度水平为50%^[21]。

2.2.1.4 比例美度

比例美度量化了界面元素和布局的视觉效果，通过计算元素和布局的长宽比，使其与传统的美学比例进行对比，界面元素和布局越趋于最优比例，则越能够吸引人的注意力，见式(5) — (11)。

$$D_{p,r} = \frac{|P_{object} + P_{layout}|}{2} \quad (5)$$

$$P_{object} = \frac{1}{n} \sum_i^n \left(1 - \frac{\min(|t_j - t_i|, j = sq, r2, gr, r3, ds)}{0.5} \right) \quad (6)$$

$$P_{layout} = 1 - \frac{\min(|t_j - t_{layout}|, j = sq, r2, gr, r3, ds)}{0.5} \quad (7)$$

$$t_i = \begin{cases} r_i & r_i \leq 1 \\ \frac{1}{r_i} & r_i > 1 \end{cases} \quad (8)$$

$$r_i = \frac{h_i}{b_i} \quad (9)$$

$$t_{layout} = \begin{cases} r_{layout} & r_{layout} \leq 1 \\ \frac{1}{r_{layout}} & r_{layout} > 1 \end{cases} \quad (10)$$

$$r_{layout} = \frac{h_{layout}}{b_{layout}} \quad (11)$$

式中: P_{object} 表示物体比例间的差异, P_{layout} 是布局比例间的差异; b_i 和 h_i 分别是物体 i 的宽和高, b_{layout} 和 h_{layout} 分别表示布局的宽和高; t_j 是形状 j 的比例; $\{t_{sq}, t_{r2}, t_{gr}, t_{r3}, t_{ds}\} = \{1/1, 1/1.414, 1/1.618, 1/1.732, 1/2\}$ 。

2.2.2 任务层面

为了全方位地对老年人信息终端界面布局进行分析, 本研究引用 Constantine 等^[22]所提出的基本效率、任务符合度、任务可见度和任务时间对任务执行过程进行度量, 进一步得到符合老年人使用的信息终端界面。

2.2.2.1 基本效率

基本效率探究了用户界面操作流程与基本用例模型中理想描述的联系。基本用例表述是一个理想情况, 实际交互情况越趋于基本用例表述, 则操作的效率将极大提高, 见式 (12)。

$$T_{ee} = 100 \times \frac{S_{essential}}{S_{enacted}} \quad (12)$$

式中: $S_{essential}$ 表示基本用例表述中用户操作步骤数; $S_{enacted}$ 表示一个具体的用户界面设计上完成用例所需执行步骤数。

2.2.2.2 任务符合度

任务符合度通过衡量任务难度与每个任务使用频率的相互匹配程度, 对任务进行分级, 评估使用频率较高的任务是否简单高效, 以方便用户操作使用, 见式 (13)。

$$T_{tc} = 100 \times \frac{2D}{N(N-1)} \quad (13)$$

式中: D 表示按照执行长度正确排列的任务对数目与未正确排列的任务对数目之差; N 表示所排序的任务数。

2.2.2.3 任务可见度

任务可见度准确地向用户展示了完成某个任务, 用户所必须了解或需要使用的的相关内容, 它衡量了组件功能可见性与完成给定的一个 (或一组) 任务所需能力之间的吻合度, 见式 (14)。

$$T_{iv} = 100 \times \left(\frac{1}{S_{total}} \times \sum_{\forall i} U_i \right) \quad (14)$$

式中: S_{total} 表示完成用例需要执行的步骤总数; U_i 表示执行步骤 i 所具有的可见性 (0 到 1 之间)。

2.2.3 认知层面

为深入优化老年人信息终端界面布局设计, 衡量老年人从界面布局中获取完整有效信息的程度, 提升老年人信息终端界面的用户体验, 基于 Hassenzahl^[23]所总结的界面度量指标, 本研究增加简单的、可理解的、清楚的和满意的 4 个主观指标, 对老年人使用过程中的主观感受进行度量。

整合上述 3 个层面的主客观指标, 构建老年人界面布局评价体系, 见图 2。

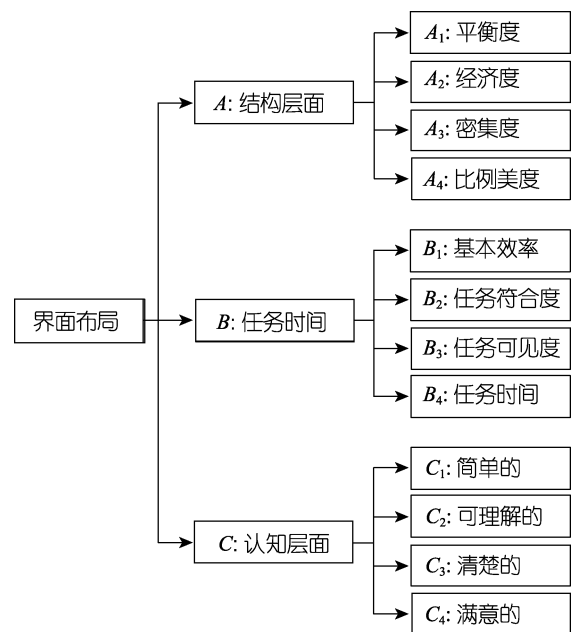


图 2 老年人界面布局评价体系
Fig.2 Interface layout evaluation system of information terminal for the elderly

2.3 界面布局评价实验

本研究以老年人的实际需求为基础, 使用焦点小组法分析整个信息终端界面的服务流程, 结合基本用例模型和通用设计原则, 从老年人的认知角度出发, 得到老年人信息终端界面的相关设计规范, 最后参考已有的终端界面, 选择其中具有代表性的方案, 在此基础上, 不考虑色彩的影响, 按照相关设计规范制作实验样本。

实验样本制作完成后, 本研究邀请老年被试者在实验样本上执行使用频率较高的任务, 根据构建的界面布局评价体系, 采用 7 阶 Likert 量表的问卷形式对其中的主观指标进行评价, 其中 1 表示非常不同意, 7 表示非常同意。

2.4 基于熵权法的界面布局评价指标权重分析

本研究采用熵权法计算老年人界面布局评价体系中指标的相对权重, 以排除主观赋权的干扰, 保证实验结果的可靠性。具体有以下 4 个步骤。

第 1 步, 根据界面布局评价实验结果构建原始数据矩阵, 然后将其进行正规化处理, 对于界面布局评价体系中具有望大特性的指标使用式 (15), 望小特性的指标使用式 (16), 望目特性的指标使用式 (17)。

$$c'_{ij} = \frac{\max_j \{c_{ij}\} - c_{ij}}{\max_j \{c_{ij}\} - \min_j \{c_{ij}\}} \quad (15)$$

$$c'_{ij} = \frac{c_{ij} - \min_j \{c_{ij}\}}{\max_j \{c_{ij}\} - \min_j \{c_{ij}\}} \quad (16)$$

$$c'_{ij} = 1 - \frac{|c_{ij} - OB|}{\max_j \{\max\{c_{ij}\} - OB, OB - \min\{c_{ij}\}\}} \quad (17)$$

式中, c_{ij} 表示第 i 方案中第 j 个评价指标的原始评估值。

第 2 步, 计算各评价指标的特征比重, 见式 (18)。

$$H_{ij} = \frac{c'_{ij}}{\sum_{i=1}^m c'_{ij}} \quad (18)$$

式中, m 为备选方案总数。

第 3 步, 计算各指标的熵值 e_j , 见式 (19)。

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m H_{ij} \ln H_{ij}, \quad 0 \leq e_j \leq 1 \quad (19)$$

第 4 步, 计算出指标间的相对客观权重 v_j , 见式 (20)。

$$v_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (20)$$

式中: n 为评价指标总数。

2.5 界面布局评价实验的灰色关联度分析

对实验结果进行灰色关联分析, 包括以下 5 个步骤:

第 1 步, 根据方案的序号, 定义界面布局评价实验的结果为序列 X_i , 见式 (21), 其中 i 为方案的序号, $X_i(k)$ 表示第 k 个指标的初始评估值。

$$X_i = [X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(k)], i = 1, 2, \dots, n \quad (21)$$

第 2 步, 对相关序列进行无量纲化处理, 将其转化为数量级相同的序列, 见式 (22) — (23)。

$$f(X_i(k)) = \frac{X_i(k)}{X_i} \quad (22)$$

$$\overline{X_i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_i(k) \quad (23)$$

第 3 步, 依据指标望大特性、望小特性和望目特性, 从序列中筛选出最佳值, 将其组成参考序列 X_0 。

第 4 步, 求出灰色关联系数, 见式 (24)。

$$\zeta_{0i}(k) = \frac{\min_{i \in N} \min_{k \in K} |X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_{i \in N} \max_{k \in K} |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_{i \in N} \max_{k \in K} |X_0(k) - X_i(k)|} \quad (24)$$

其中, ρ 为分辨系数, 其值通常取 0.5。

第 5 步, 结合熵权法所得到的指标相对客观权重 v_j , 求出灰色关联度 g_i , 见式 (25)。

$$g_i = \sum_{j=1}^n v_j \zeta_{0i}(k) \quad (25)$$

2.6 确定最优方案

对各方案的灰色关联度大小进行比较, 灰色关联度越大, 则对应的方案越接近理想方案, 以此为依据确定最优方案。

3 案例研究

ATM 机 (Automatic Teller Machine) 作为一种公共服务设施在生活中被广泛应用, 许多学者对其展开了相关的研究^[24-27]。在“互联网+”“智慧养老”的时代背景下, 为了能够更好地给老年用户带来良好的体验, 本研究选择银行 ATM 机作为案例展开进一步分析。

3.1 ATM 机任务的基本用例描述

在银行 ATM 机的使用环境下, 本研究对老年人操作界面的过程进行了任务分析, 考虑到各功能的使用频率和普遍性, 选择了使用频率较高的 3 个任务作为测试任务, 分别是取现金、查看余额和转账, 然后对 3 个测试任务进行抽象化表达, 明确用户和系统的交互过程, 得到 3 个任务的基本用例, 见表 1—3。

表 1 取现金基本用例

Tab.1 Essential use case of withdrawal

用户意图	系统职责
展示个人身份	验证身份信息
选择	给出交易选项
收取现金	吐出现金

表 2 查看余额基本用例

Tab.2 Essential use case of checking the balance

用户意图	系统职责
展示个人身份	验证身份信息
选择	给出交易选项
	显示余额

表 3 转账基本用例

Tab.3 Essential use case of transferring accounts

用户意图	系统职责
展示个人身份	验证身份信息
选择	给出交易选项
	转账成功

3.2 老年人 ATM 机界面布局评价体系的构建

本研究结合文献[21]、Constantine 和 Hassenzahl 所提出的界面度量指标, 对图 2 的老年人界面布局评价体系进行信度测量, 结果显示 Cronbach's α 信度系数为 0.814, 具有较高信度, 即该评价体系可用于老年人 ATM 机界面布局评价实验。

3.3 ATM 机界面布局评价实验

本研究使用焦点小组法分析终端系统场景下的用户行为, 对徐州市内的 ATM 机界面进行调研, 最终选定 5 款 ATM 机界面为样本原型。在对样本原型的改良过程中, 本研究从老年人的生理和心理的需求出发, 遵循一致性原则, 保持整体界面布局的简洁清晰, 突出服务功能聚焦老年人的注意力, 使其专注于任务本身, 避免使用过多的图标、特殊符号和中英文的信息呈现方式增加老年人的认知负担。根据老年人认知习惯和基本用例模型, 对界面导航系统进行了简化, 以提供功能选择的形式减少信息的输入, 正确引导老年人进行相关业务办理, 给予老年人自然流畅的操作体验, 以此缓解使用过程中产生的负面情绪, 消除对未知技术的恐惧感。此外, 为忽略颜色、银行名称等对界面布局实验的影响, 本研究对信息界面进行了相应处理, 制作出 5 款典型的实验样本, 见图 3。

本研究邀请 52 名老年人作为被试者, 其中男 26 名, 女 26 名, 年龄为 60~68 岁, 平均年龄为 62.7 岁, 矫正后视力为 0.8 以上, 无色盲、色弱问题, 被邀请的老年被试者都有着 1 年以上的 ATM 机使用经验。为模拟真实的使用情景, 实验在安静的环境下进行, 选取使用较频繁的取现金、查看余额和转账作为测试任务。实验前参照任务用例和基本用例模型, 研究人员为老年被试者展示了相关的操作流程, 每位被试者以自己最为舒适的姿势, 对智能设备上的 ATM 界面

进行操作体验。实验的样本被随机化处理, 以此平衡实验过程中产生的练习效应, 实验结束后, 要求被试者对 ATM 机的界面布局进行主观评价。最后, 结合公式 (1) — (14) 所计算的客观评价价值, 界面布局评价实验的结果, 见表 4。

3.4 评价指标的权重分析

根据 ATM 机界面布局评价实验结果, 首先通过式 (15) — (17) 将原始数据评估矩阵进行正规化处理, 得到正规化决策矩阵, 其中密集度属于望目特性的指标, 任务时间属于望小特性的指标, 其余的指标都属于望大特性指标; 其次由式 (18) 计算出各评价指标的指标比重值; 再次由式 (19) 得到各评价指标的熵值; 最后依据式 (20) 求出评价指标的相对权重 v_j , 结果见表 5。

3.5 实验结果的灰色关联分析

通过式 (21) 将表 4 的界面布局实验结果转化为比较序列, 根据式 (22) 和式 (23) 对比较序列进行处理, 得到无量纲化后的比较序列, 再依据评价指标的特征属性, 从无量纲化序列中筛选出最优值, 将其定义为参考序列。然后依据式 (24) 分别求出 5 款老年人 ATM 机界面布局方案的灰色关联系数, 见表 6。

最后结合熵权法求得的布局评价指标权重 v_j , 依据式 (25) 分别计算 5 款设计方案的灰色关联度 g_i , 结果见表 7。

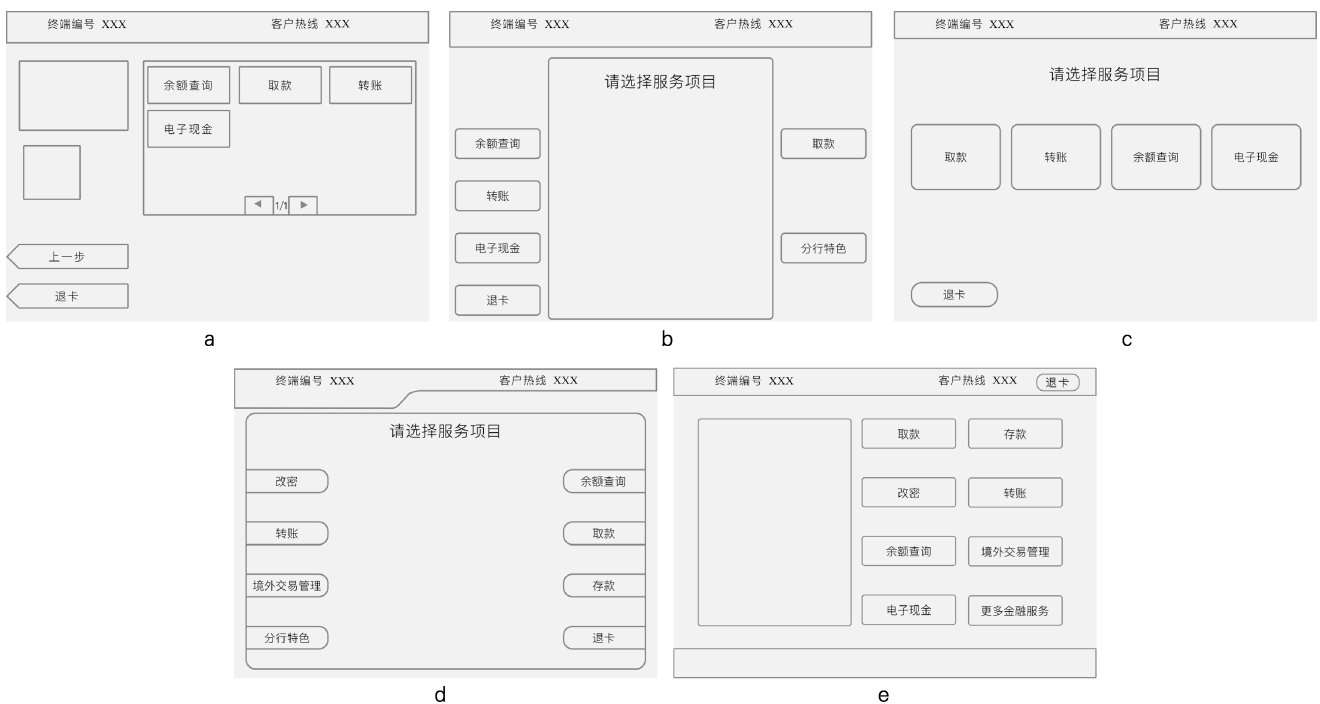


图 3 老年人 ATM 机界面布局实验样本
Fig.3 Samples of interface layout experiment of ATM for the elderly

表4 老年人ATM机界面布局实验结果
Tab.4 Results of interface layout experiment of ATM for the elderly

	结构层面				任务层面				认知层面			
	A_1	A_2	A_3	A_4	B_1	B_2	B_3	B_4	C_1	C_2	C_3	C_4
S_1	0.555	0.170	0.920	0.805	0.237	0.400	0.473	230	4.135	4.577	4.923	4.962
S_2	0.705	0.635	0.632	0.783	0.237	0.200	0.460	170	5.019	3.635	4.308	4.481
S_3	0.457	0.429	0.602	0.816	0.265	0.520	0.435	152	5.962	5.769	6.077	6.269
S_4	0.950	0	0.160	0.784	0.207	0.470	0.486	187	5.731	5.673	6.019	6.135
S_5	0.767	0.730	0.840	0.748	0.285	0.290	0.451	200	4.269	4.981	5.019	5.231

表5 老年人ATM机界面布局评价指标权重
Tab.5 Weight of interface layout evaluation index of ATM for the elderly

	A_1	A_2	A_3	A_4	B_1	B_2	B_3	B_4	C_1	C_2	C_3	C_4
v_j	0.090	0.086	0.086	0.068	0.079	0.080	0.079	0.073	0.116	0.070	0.084	0.089

表6 老年人ATM机界面布局方案灰色关联系数
Tab.6 Grey relational coefficient of interface layout scheme of ATM for the elderly

	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4	ζ_5
A_1	0.601	0.709	0.547	1.000	0.765
A_2	0.395	0.777	0.548	0.333	1.000
A_3	0.616	0.945	1.000	0.536	0.628
A_4	0.983	0.951	1.000	0.953	0.905
B_1	0.811	0.811	0.912	0.726	1.000
B_2	0.731	0.505	1.000	0.867	0.587
B_3	0.967	0.936	0.882	1.000	0.916
B_4	0.655	0.892	1.000	0.809	0.756
C_1	0.698	0.818	1.000	0.948	0.714
C_2	0.776	0.660	1.000	0.977	0.840
C_3	0.793	0.714	1.000	0.987	0.806
C_4	0.776	0.717	1.000	0.971	0.814

表7 老年人ATM机界面布局方案灰色关联度
Tab.7 Grey relational degree of interface layout scheme of ATM for the elderly

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
g_i	0.726	0.785	0.904	0.842	0.810

3.6 最优方案的确定

通过分析表7的统计结果,发现方案3的灰色关联度最高,属于最优方案;然后是方案4和方案5,有着较好的用户体验;最后是方案2和方案1,整体的评价较低,难以受到用户的青睐。

4 讨论

在上述方案中,方案3展示出了最高的可用性。通过分析样本布局可发现,方案3的界面布局较为简

单,其所展示的服务功能较少且集中,缩短了筛选服务功能的时间,有助于提升任务成功的效率,符合Nielsen启发式原则中的最小化设计原则,减少了无关或极少用的信息对老年人的干扰。同时较大的元素尺寸能够吸引老年人的注意力,在操作时更容易辨别出服务功能,方便老年人尽快达到使用目的。

其次,方案4采用左右对称的界面布局设计,将较多的元素进行有序排列,在视觉层面达到了平衡和谐,减少了老年人在使用过程中产生的认知负荷,有着较高的可用性。此外,方案5的整体界面布局同样合理规范,但是任务流程中最重要的“退卡”这一功能选项被放置到了界面的边界,可视性被大大降低,以致老年人在实验过程中找不到退卡选项或忘记退卡。最后,在剩余的2个样本中,方案1界面元素布局混乱,缺乏良好的视觉观感,不利于用户阅读,而方案2在老年人进行操作时,提供了让人产生疑惑的反馈选项,这与可用性原则中使用用户熟悉的语言的基本原则背道而驰,以致在认知层面得分整体最低。

研究表明,为了更加有效地对老年人信息终端界面布局进行优化,在设计过程中应该注意以下3点。

- 1) 减少使用频率较低或者几乎没有使用的功能服务,保持界面布局的简单性。
- 2) 使用较大尺寸的界面元素,方便老年人识别使用。
- 3) 将使用频率较高的功能摆放到能吸引老年人注意力的位置上,优化功能布局的排序,提升功能的可见性。

5 结语

本研究将熵权法和灰色关联分析法相结合,提出了老年人信息终端界面布局的评价模型,该模型采用

熵权法对评价指标进行客观赋值, 排除了评价过程中的主观因素, 在此基础上利用灰色关联分析法整合离散的实验数据, 通过比较灰色关联度的大小进行决策评价。通过实例证明, 本研究提出的评价模型能够决策出适合于老年人使用的信息终端界面, 为老年人信息终端界面布局改良提供理论支撑, 该评价模型同样适用于其他信息终端, 但评价指标需根据实际情况进行修正。后续研究可选择老年人使用频率较高的医疗自助服务终端、手机界面等, 更加有针对性地探讨颜色、图标等其他因素的影响, 以提升老年人的用户体验。

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] LAWRY S, POPOVIC V, BLACKLER A, et al. Age, Familiarity, and Intuitive Use: An Empirical Investigation[J]. Applied Ergonomics, 2019, 74: 74-84.
- [3] ZAHABI M, KABER D. Identification of Task Demands and Usability Issues in Police Use of Mobile Computing Terminals[J]. Applied Ergonomics, 2018, 66: 161-171.
- [4] QUINN P, COCKBURN A. Loss Aversion and Preferences in Interaction[J]. Human-Computer Interaction, 2020, 35(2): 143-190.
- [5] 叶坤武, 包涵, 魏思东. 基于视觉注意力分配的飞机驾驶舱人机界面布局优化[J]. 南京航空航天大学学报, 2018, 50(3): 416-421.
YE Kun-wu, BAO Han, WEI Si-dong. Layout Optimization for Aircraft Cockpit Man-Machine Interface Based on Visual Attention Distribution[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2018, 50(3): 416-421.
- [6] DIEGO-MAS J A, GARZON-LEAL D, POVEDA-BAUTISTA R, et al. User-Interfaces Layout Optimization Using Eye-Tracking, Mouse Movements and Genetic Algorithms[J]. Applied Ergonomics, 2019, 78: 197-209.
- [7] WILDENBOS G A. Mobile Health for Older Adult Patients: Using an Aging Barriers Framework to Classify Usability Problems[J]. International Journal of Medical Informatics, 2019, 124: 68-77.
- [8] 窦金花, 齐若璇. 基于情境分析的适老化智能家居产品语音用户界面设计策略研究[J]. 包装工程, 2021, 42(16): 202-210.
DOU Jin-hua, QI Ruo-xuan. Elderly-Adaptability Voice User Interface Design Strategy of Smart Home Products Based on Context Analysis[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(16): 202-210.
- [9] 李永锋, 陈则言. 基于FMEA和FTA的老年人汽车人机界面交互设计研究[J]. 包装工程, 2021, 42(6): 98-105.
LI Yong-feng, CHEN Ze-yan. Research on Automobile Human Machine Interface Interaction Design of the Elderly Based on FMEA and FTA[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(6): 98-105.
- [10] LI Ya-ying, SONG Fang-hao, LIU Yan, et al. Relevance of Emotional Conflict and Gender Differences in the Cognitive Tasks of Digital Interface Layouts Using NIRS Technology[J]. IEEE Access, 9: 17382-17391.
- [11] 吕健, 孙玮伯, 潘伟杰, 等. 基于认知特性的信息界面布局美度评价[J]. 包装工程, 2019, 40(18): 220-226.
LYU Jian, SUN Wei-bo, PAN Wei-jie, et al. Evaluation of Information Interface Layout Beauty Based on Cognitive Characteristics[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(18): 220-226.
- [12] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2017.
LIU Si-feng. Grey System Theory and Its Application[M]. 8th ed. Beijing: Science Press, 2017.
- [13] SUN Gui-dong, GUAN Xin, YI Xiao, et al. Grey Relational Analysis between Hesitant Fuzzy Sets with Applications to Pattern Recognition[J]. Expert Systems With Applications, 2018, 92: 521-532.
- [14] YUAN Jia-hang, LUO Xing-gang. Approach for Multi-Attribute Decision Making Based on Novel Intuitionistic Fuzzy Entropy and Evidential Reasoning[J]. Computers & Industrial Engineering, 2019, 135: 643-654.
- [15] CHAJI A, FUKUYAMA H, SHIRAZ R K. Selecting a Model for Generating OWA Operator Weights in MAGDM Problems by Maximum Entropy Membership Function[J]. Computers & Industrial Engineering, 2018, 124: 370-378.
- [16] ALRAWASHED T A, ALMOMANI A, ALTHUNIBAT A, et al. An Automated Approach to Generate Test Cases from Use Case Description Model[J]. Computer Modeling in Engineering & Sciences, 2019, 119(3): 409-425.
- [17] HUANG He, YANG Ming-gang, LYU Tai-feng. Ergonomic Analysis of Washing Machines for Elderly People: A Focus Group-Based Study[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2018, 68: 211-221.
- [18] SACHAN M, DUBEY A, HOVY E H, et al. Discourse in Multimedia: A Case Study in Extracting Geometry Knowledge from Textbooks[J]. Computational Linguistics, 2020, 45(4): 627-665.
- [19] SHARP H, PREECE J, ROGERS Y. Interaction Design: Beyond Human-computer Interaction[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2019.
- [20] 白学军, 于晋, 覃丽珠, 等. 认知老化与老年产品的交互界面设计[J]. 包装工程, 2020, 41(10): 7-12.
BAI Xue-jun, YU Jin, QIN Li-zhu, et al. Cognitive Aging of the Elderly Population and Interaction Interface Design of Elderly Products[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 7-12.

- [21] 周蕾, 薛澄岐, 汤文成, 等. 产品信息界面的用户感性预测模型[J]. 计算机集成制造系统, 2014, 20(3): 544-554.
ZHOU Lei, XUE Cheng-qi, TANG Wen-cheng, et al. User Perceptual Prediction Model of Product Information Interface[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2014, 20(3): 544-554.
- [22] CONSTANTINE L L, LOCKWOOD L A D. Software for use: a practical guide to the models and methods of usage-centered design[M]. Reading Mass: Addison Wesley, 1999.
- [23] HASSENZAH M. The Effect of Perceived Hedonic Quality on Product Appealingness[J]. International Journal of Human-Computer Interaction, 2001, 13(4): 481-499.
- [24] WANG Zhi-yang. An Algorithm for ATM Recognition of Spliced Money Based on Image Features[J]. Multimedia Tools and Applications, 2021, 80(8): 11471-11489.
- [25] HUANG He, YANG Ming-gang, YANG Chao-xiang, et al. User Performance Effects with Graphical Icons and Training for Elderly Novice Users: A Case Study on Automatic Teller Machines[J]. Applied Ergonomics, 2019, 78: 62-69.
- [26] AL-SARAYREH K T, ALENEZI M, ZAROOUR M, et al. A Reference Measurement Framework of Software Security Product Quality (SPQ NFSR)[J]. IET Information Security, 2021, 15(1): 23-37.
- [27] 汪颖, 史倩. 面向老年用户的公共服务产品通用设计[J]. 包装工程, 2020, 41(8): 140-148.
WANG Ying, SHI Qian. Universal Design of Public Service Product for the Elderly Users[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(8): 140-148.

责任编辑: 陈作

(上接第 80 页)

- [18] 国家技术监督局. 中国成年人人体尺寸: GB/T 10000—1988[S]. 北京: 中国标准出版社, 1989.
State Bureau of Quality and Technical Supervision of the People's Republic of China. Human Dimensions of Chinese Adults: GB/T 10000—1988[S]. Beijing: Standards Press of China, 1989.
- [19] 钮建伟, 张乐. Jack 人因工程基础及应用实例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012: 11-265.
NIU Jian-wei, ZHANG Le. Jack Human Factors Engineering Foundation and Application Examples[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2012: 11-265.
- [20] 杨飞, 史庆春, 万小玲, 等. 基于 Pro/EManikin 的拖拉机驾驶室人机工程评价方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(9): 32-38.
YANG Fei, SHI Qing-chun, WAN Xiao-ling, et al. Ergonomics Evaluation Method of Tractor Cab Based on Pro/E Manikin[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(9): 32-38.

责任编辑: 陈作

(上接第 112 页)

- [28] 王文中, 潘敏, 李咪咪. 基于用户行为触点的便携式旅行分装瓶设计[J]. 工业设计, 2019(10): 62-63.
WANG Wen-zhong, PAN Min, LI Mi-mi. Design of Portable Travel Bottle Based on User Behavior Contact[J]. Industrial Design, 2019(10): 62-63.
- [29] 卢纯福, 楼俊辰, 吴剑锋, 等. 引导儿童社交行为的户外游乐设施设计研究[J]. 建筑与文化, 2020(2): 223-225.
LU Chun-fu, LOU Jun-chen, WU Jian-feng, et al. Study on the Design of Outdoor Amusement Facilities to Guide Children's Social Behavior[J]. Architecture & Culture, 2020(2): 223-225.
- [30] 范晓莉. 儿童游戏设施在城市景观中的艺术化构建[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2017(6): 191-199.
FAN Xiao-li. Artistic Construction of Children's Play Facilities in Urban Landscape[J]. Journal of Nanjing Arts Institute (Fine Arts & Design), 2017(6): 191-199.

责任编辑: 马梦遥