

# 基于区间数多属性决策的老年人APP用户体验评价研究

陈红, 李永锋\*

江苏师范大学 机电工程学院, 江苏 徐州 221116

**摘要:** 为评价老年人在使用移动APP过程中的用户体验, 提出基于区间数多属性决策的老年人APP用户体验评价方法。首先, 构建老年人APP用户体验评价指标体系, 采用区间层次分析法对老年人APP用户体验评价指标的权重进行分析, 并对所得的权重值进行修正; 其次, 进行老年人APP用户体验评价试验, 通过用户体验问卷获取老年人APP在各用户体验评价指标下的区间数评分; 再次, 通过区间数灰色绝对关联分析进行老年人APP方案的综合评价, 得出各方案的区间数灰色绝对关联度; 最后, 进行结果分析, 总结老年人APP用户体验的设计原则。以移动医疗APP为例进行研究, 结果证实了所提出的方法的有效性, 利用区间数进行评价可以充分考虑老年人评价过程中的不确定性, 对老年人移动APP的用户体验做出有效评估。

**关键词:** 用户体验; 区间数; 多属性决策; 设计评价; 老年人

中图分类号: J524

文献标志码: A

文章编号: 2096-6946(2024)02-0074-11

DOI: 10.19798/j.cnki.2096-6946.2024.02.009

## User Experience Evaluation of Elderly APP Based on Multi-attribute Decision Making of Interval Numbers

CHEN Hong, LI Yongfeng\*

School of Mechanical and Electrical Engineering, Jiangsu Normal University, Jiangsu Xuzhou 221116, China

**Abstract:** In order to evaluate the user experience of the elderly in using mobile APPs, a user experience evaluation method of APPs for the elderly based on multi-attribute decision making of the interval numbers is proposed. Firstly, an evaluation index system of APP user experience is built for the elderly; Then, the interval analytic hierarchy method is used to analyze the weight of the user experience evaluation index of the elderly APP, and the weight value obtained is corrected. Secondly, the user experience evaluation experiment of the elderly APP was carried out. The interval score of the elderly APP under each user experience evaluation index was obtained through the user experience questionnaire. Next, the comprehensive evaluation of the elderly APP program was carried out through the interval number gray absolute correlation analysis, and the interval number gray absolute correlation degree of each scheme was obtained. Finally, the results are analyzed to summarize the design principles of user experience of APPs for the elderly. Taking the mobile medical APP as an example, the results confirm the effectiveness of the proposed method, and the evaluation using the number of intervals can fully consider the uncertainty in evaluation of the elderly, and effectively evaluate the user experience of the mobile APP for the elderly.

**Key words:** user experience; interval number; multi-attribute decision making; design evaluation; the elderly

收稿日期: 2023-10-21

基金项目: 江苏师范大学研究生科研与实践创新计划项目(2020XKT0364); 江苏省高校哲学社会科学研究项目(2023SJYB1078)

\*通信作者

当前,我国老年人口数量已居世界之首,并将在未来很长一段时间内处于老龄化社会。同时,科技与互联网改变了生活的各个方面,使老年人对于产品使用过程中良好体验的诉求变得愈发强烈<sup>[1]</sup>。然而,随着老年人各项生理机能的衰退,该群体在使用移动APP时往往存在障碍,新技术在移动APP中的广泛应用增加了老年人对于使用移动APP的焦虑。因此,老年人使用移动APP时的用户体验成为了产品开发人员与设计师需要关注的问题。

用户体验指用户在一定的环境或状况下使用产品、系统或服务时所产生的感知与反应,涵盖了用户与产品交互的各个方面,既包括生理方面,也包括心理方面<sup>[2]</sup>。用户体验评价在用户体验研究中占有重要地位,用户体验量化是用户体验评价中的重要一环。目前,国内外学者开发了多种用户体验量化模型,以帮助提升产品或服务的用户体验。如Hussain等<sup>[3]</sup>提出了一种利用三角测量法测量随时间变化的总体用户体验的方法和系统。Feng等<sup>[4]</sup>提出基于用户体验曲线法、用户访谈等多种方法综合确定用户体验的定量与定性数据。王建宇等<sup>[5]</sup>在研究跑步APP用户功能体验因素指标的基础上,提出了层次分析法和模糊综合评价法相结合的跑步APP用户体验量化模型。然而,现有方法主要围绕用户体验评价数据的精确值展开,老年人APP用户体验具有较强的主观性与不确定性,仅使用精确值进行评价具有一定的局限性。

在老年人APP用户体验评价过程中,一方面,由于身体能力与认知能力的局限性<sup>[6]</sup>,老年人在面对复杂的决策信息时,往往不能顺畅地表达自己的感受与意见,难以在评价过程中给出精确的评价值;另一方面,老年用户具有较大的个体差异性<sup>[7]</sup>,使用精确数值将极大地限制老年用户的个性表达。老年人APP用户体验评价涉及老年人对方案在多个用户体验评价指标下,表现情况的感知、判断与评估,为多属性决策问题。在多属性决策方法中,区间数多属性决策允许每个评价指标的数据被表示为一个区间,而不是一个精确的值,对老年人更加友好。

因此,本研究提出一种基于区间数多属性决策的老年人APP用户体验评价方法,以充分考虑老年人的生理与心理特性、评价者的个体差异与用户体验评价的主观性,确保基于该评价模型的判断更加客观,使决策机制具有更好的容错性。

## 一、理论背景

### (一) 区间数及其运算

若  $a=[a^-,a^+]=\{x|a^- \leq x \leq a^+, a^- \leq a^+, a^-, a^+ \in R\}$ ,称  $a=[a^-,a^+]$  为区间数。其中  $a^-$  是区间数的下界,  $a^+$  是区间数的上界。当  $0 \leq a^- \leq a^+$  时,称  $a=[a^-,a^+]$  为正区间数。当  $a^- = a^+$  时,区间数为普通实数。设正区间数  $a=[a^-,a^+]$ ,  $b=[b^-,b^+]$ ,则相关的主要运算法则可以表示为<sup>[8]</sup>:

$$a \pm b = [a^- \pm b^-, a^+ \pm b^+] \quad (1)$$

$$ab = [a^- b^-, a^+ b^+] \quad (2)$$

$$\lambda a = [\lambda a^-, \lambda a^+], \lambda \in R^+ \quad (3)$$

$$\frac{a}{b} = \left[ \frac{a^-}{b^+}, \frac{a^+}{b^-} \right] \quad (4)$$

$$\frac{1}{a} = \left[ \frac{1}{a^+}, \frac{1}{a^-} \right] \quad (5)$$

令  $D(a,b)$  为正区间数  $a$ 、 $b$  之间的距离,则  $D$  可以表示为:

$$D(a,b) = |a^- - b^-| + |a^+ - b^+| / \sqrt{2} \quad (6)$$

### (二) 区间数多属性决策

多属性决策是一种决策分析方法,目的是在多个评价指标之间进行权衡和取舍,从而选择出最佳的决策方案<sup>[9]</sup>。区间数多属性决策作为多属性决策的一种扩展,针对被试者难以提供决策数据的精确值,而倾向于给出决策的区间范围的情况,在金融、工程、环境等领域被广泛应用<sup>[10]</sup>。

区间数多属性决策过程包含两个主要任务:评价指标权重的确定、决策方案的综合评价。区间层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是一种有效的主观赋权法,它改变了以往AHP评估结果只能是1/9至9之间精确数值的模式,采用区间数对评价的原始数据与结果加以量化,更能反映被试者的需求与偏好<sup>[11]</sup>。在众多综合评价方法中,区间数灰色绝对关联分析将区间数与灰色理论结合,可用于分析多个变量之间的关联程度,更适用于处理具有不确定性的数据,可以更全面地分析问题<sup>[12]</sup>。

基于此,本研究拟采用区间AHP确定老年人APP用户体验评价指标权重、利用区间数灰色绝对关联分析对APP方案的用户体验进行综合评价。

## 二、研究方法

为对老年人APP的用户体验进行有效评价,本文

提出基于区间数多属性决策的老年人APP用户体验评价方法,其研究架构主要包括:构建老年人APP用户体验评价指标体系、通过区间AHP分析评价指标权重、老年人APP用户体验评价、利用区间数灰色绝对关联分析进行综合评价、结果分析与讨论,见图1。

**(一) 构建老年人APP用户体验评价指标体系**

为保证老年人APP用户体验评价指标体系的科学性与有效性,需要在构建过程中充分考虑老年人的特征。在认知特征方面,老年人的记忆力与注意力较差、反应速度较慢,处理与理解新情况的能力较弱,在操作APP时,容易出现注意力分散、学习负担重的问题<sup>[13]</sup>;在感知特征方面,老年人的视力与听力减弱,对界面颜色和对比度的敏感度下降,对于声音和动画等刺激的接受程度较低,在使用APP时,容易在区分信息、进行视觉搜索时产生困难<sup>[14]</sup>;在情感特征方面,老年人的情感需求和偏好与其他年龄段的用户存在差异,对新事物的接受能力较低,易受个人知识与经验的影响,且由于学习能力有限,容易因疲劳感、挫败感而放弃对APP的使用<sup>[15]</sup>。因此,在对老年人产品的用户体验进行评价时,有必要从认知、感知、情感角度进行评估,帮助研究人员深入了解老年用户对产品或服务的体验。

**(二) 通过区间AHP分析评价指标权重**

通过区间AHP分析老年人APP用户体验评价指

标权重包括以下5个步骤<sup>[11]</sup>。

第1步,进行配对比较问卷调查。邀请老年人对指标的重要程度分别两两比较,在问卷中填写区间数评分。1、3、5、7、9等5个标度等级分别对应的评价指标相对重要程度含义为:同等、稍微、明显、强烈、极端,标度等级2、4、6、8则代表重要程度为上述相邻等级的中值<sup>[16]</sup>。例如,若老年人认为指标1相较于指标2的重要程度介于稍微、明显到强烈之间,则赋予评分[4,6]。

第2步,构造区间数判断矩阵。构造区间数判断矩阵  $G=(g_{ij})_{n \times n}$ ,其中  $g_{ij}=[g^-,g^+]$  为区间数,意为指标  $i$  相较于指标  $j$  的重要程度,  $g_{ji}=1/g_{ij}$ 。区间数判断矩阵可记为  $G=[G^-,G^+]$ ,其中  $G^-=(g_{ij}^-)_{n \times n}$ ,  $G^+=(g_{ij}^+)_{n \times n}$ 。

第3步,计算最大特征值对应的特征向量。将区间数判断矩阵  $G=(g_{ij})_{n \times n}$  分解为两个一般的AHP矩阵  $G^-(g_{ij}^-)_{n \times n}$  和  $G^+(g_{ij}^+)_{n \times n}$ ,求  $G^-$ 、 $G^+$  的最大特征值  $\lambda_{\max}^-$ 、 $\lambda_{\max}^+$  所对应的归一化特征向量  $v^-$ 、 $v^+$  :

$$v^- = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{g_{ij}^-}{\sum_{j=1}^n g_{ij}^-}, v^+ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{g_{ij}^+}{\sum_{j=1}^n g_{ij}^+} \quad (7)$$

第4步,进行一致性检验并求得权重向量。由  $G^-(g_{ij}^-)_{n \times n}$ 、 $G^+(g_{ij}^+)_{n \times n}$  计算  $k$ 、 $m$  :

$$k = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\sum_{i=1}^n g_{ij}^+}}{\sum_{i=1}^n g_{ij}^+}}, m = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\sum_{i=1}^n g_{ij}^-}}{\sum_{i=1}^n g_{ij}^-}} \quad (8)$$

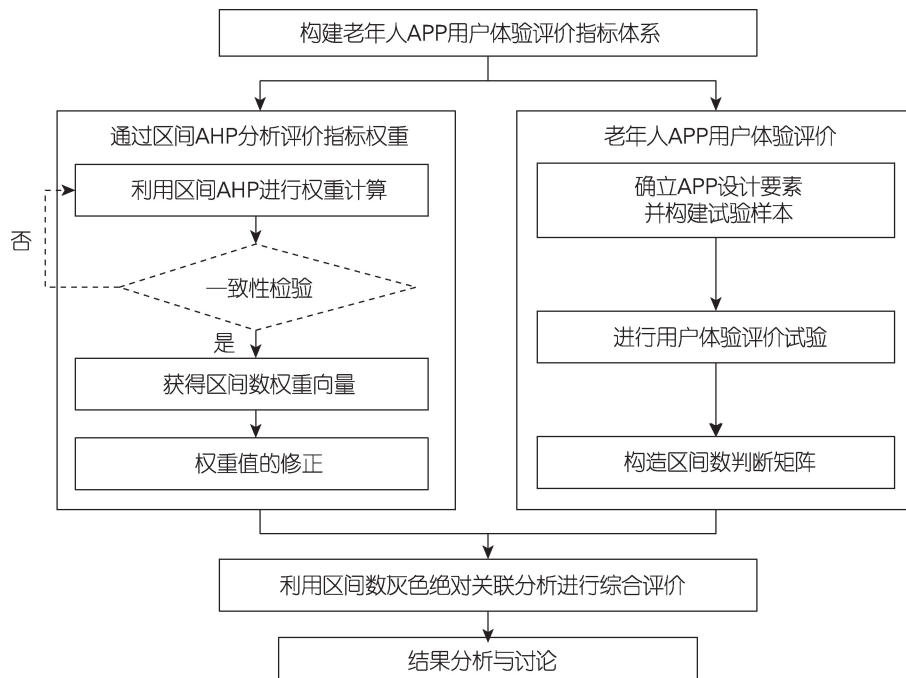


图1 研究方法的架构

当  $0 \leq k \leq 1 \leq m$  时,判断矩阵通过一致性检验。进一步求得权重向量  $W$  :

$$W = [kx^-, mx^+] = [W_1, W_2, \dots, W_n]^T \quad (9)$$

第5步,权重值的修正。由以上步骤所得评价指标权重值为区间数,为避免综合评价结果的发散,引入区间数可能度法对权重值进行修正<sup>[17]</sup>。对于任意权重区间数  $a = [a^-, a^+], b = [b^-, b^+]$ , 令  $L(a) = a^+ - a^-$ ,  $L(b) = b^+ - b^-$ , 则  $a \geq b$  的可能度为:

$$p(a \geq b) = \min \left\{ \max \left[ \frac{a^+ - b^-}{L(a) + L(b)}, 0 \right], 1 \right\} \quad (10)$$

对所有指标权重值进行两两比较,构造可能度判断矩阵  $P = (p_{ij})_{n \times n}$ , 其中  $p_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, n)$  为权重区间数  $a_i \geq a_j$  的可能度。利用以下公式求解可能度矩阵  $P$  的排序向量:

$$w_i = \frac{1}{n(n-1)} \left( \sum_{j=1}^n p_{ij} + \frac{n}{2} - 1 \right), i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

得到  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ , 即为用户体验各评价指标权重的修正值。

### (三) 老年人APP用户体验评价

#### 1. 确立APP设计要素并构建试验样本

对相关文献与市场现有的主流相关APP进行研究后,通过焦点小组确立老年人APP的设计要素,并采用正交试验法生成具有代表性的组合方案。参照市场现有的主流相关APP确立典型的方案,最后制作相应的可交互高保真作为试验样本。

#### 2. 进行用户体验评价试验

邀请老年人参与针对老年人APP样本的用户体验评价试验,依据构建的评价指标体系采用7阶语义差异量表对试验样本的用户体验进行度量。传统的7阶语义差异量表,要求用户在7个等距的评分等级中,选择一个精确数值来表达自己的态度,对老年人来说具有较大难度,且难以反映评价的不确定性。在此用区间数代替精确数值,提供7个相邻的区间数来表示不同的评价等级,区间数值的定义参考Huang等<sup>[18]</sup>的方式,见表1。

#### 3. 构造区间数判断矩阵

设  $M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$  为老年人APP待评价方案集,  $N = \{N_1, N_2, \dots, N_m\}$  为用户体验评价指标集。方案A,在评价指标B<sub>j</sub>下的评价值为  $x_{ij}(\otimes) = [x_{i1}(\otimes), x_{i2}(\otimes), \dots, x_{im}(\otimes)]$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , 其中  $x_{ij} = [x_{ij}^-, x_{ij}^+]$ , 则构造区间数

表1 7阶评分量表区间数值定义

等级	$x_{ij}$
(1) 强烈不同意	[0, 1]
(2) 不同意	[1, 3]
(3) 比较不同意	[3, 4]
(4) 一般	[4, 5]
(5) 比较同意	[5, 6]
(6) 同意	[6, 9]
(7) 强烈同意	[9, 10]

判断矩阵为:

$$X = [x_{ij}(\otimes)]_{n \times m} = \begin{bmatrix} [x_{11}^-, x_{11}^+] & [x_{12}^-, x_{12}^+] & \dots & [x_{1m}^-, x_{1m}^+] \\ [x_{21}^-, x_{21}^+] & [x_{22}^-, x_{22}^+] & \dots & [x_{2m}^-, x_{2m}^+] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [x_{n1}^-, x_{n1}^+] & [x_{n2}^-, x_{n2}^+] & \dots & [x_{nm}^-, x_{nm}^+] \end{bmatrix} \quad (12)$$

#### (四) 利用区间数灰色绝对关联分析进行综合评价

利用区间数灰色绝对关联分析进行老年人APP用户体验综合评价包括以下4个步骤<sup>[19]</sup>:

第1步,生成加权区间数决策矩阵。结合老年人APP用户体验评价指标权重  $w_i$ , 构造加权区间数决策矩阵为:

$$R = [r_{ij}(\otimes)]_{n \times m} = [w_j x_{ij}^-, w_j x_{ij}^+] = \begin{bmatrix} [w_1 x_{11}^-, w_1 x_{11}^+] & [w_2 x_{12}^-, w_2 x_{12}^+] & \dots & [w_m x_{1m}^-, w_m x_{1m}^+] \\ [w_1 x_{21}^-, w_1 x_{21}^+] & [w_2 x_{22}^-, w_2 x_{22}^+] & \dots & [w_m x_{2m}^-, w_m x_{2m}^+] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ [w_1 x_{n1}^-, w_1 x_{n1}^+] & [w_2 x_{n2}^-, w_2 x_{n2}^+] & \dots & [w_m x_{nm}^-, w_m x_{nm}^+] \end{bmatrix} \quad (13)$$

第2步,确定正、负理想方案指标值向量。令

$$s_j(\otimes) = [s_j^-, s_j^+] = \begin{bmatrix} \max_{1 \leq i \leq n} r_{ij}^- \\ \max_{1 \leq i \leq n} r_{ij}^+ \end{bmatrix}, t_j(\otimes) = [t_j^-, t_j^+] = \begin{bmatrix} \min_{1 \leq i \leq n} r_{ij}^- \\ \min_{1 \leq i \leq n} r_{ij}^+ \end{bmatrix} \quad (14)$$

则正理想方案指标值向量可以表示为:

$$s(\otimes) = [s_1(\otimes), s_2(\otimes), \dots, s_m(\otimes)] \quad (14)$$

负理想方案指标值向量可以表示为:

$$t(\otimes) = [t_1(\otimes), t_2(\otimes), \dots, t_m(\otimes)] \quad (15)$$

第3步,计算区间数灰色绝对关联系数。各可行方案中各因素相对于正理想方案中各因素的区间数灰色绝对关联系数为:

$$\xi_{ij+1} = \frac{1}{1 + |D_{j+1}(s_{j+1}(\otimes), s_j(\otimes)) - D_{j+1}(r_{j+1}(\otimes), r_j(\otimes))|} \quad (16)$$

式中:  $D_{j+1}(s_{j+1}(\otimes), s_j(\otimes))$  为正理想方案中各评价指标分量间的距离,  $D_{j+1}(r_{j+1}(\otimes), r_j(\otimes))$  为不同方案中各评价指标分量间的距离。

第4步,计算区间数灰色绝对关联度。各方案相对于正理想方案的区间数灰色绝对关联度为:

$$q_{0i} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^{m-1} \xi_{ij+1}, i=1,2,\dots,n \quad (17)$$

### (五) 结果分析与讨论

对各方案的区间数灰色绝对关联度进行排序,关联度越大,则方案越优,据此确定方案用户体验的排序。针对排序结果,结合每款老年人APP方案的特征,对老年人APP用户体验的设计原则进行讨论,为老年人APP的设计与优化提供依据。

## 三、案例研究

随着移动设备的普及与移动网络的快速发展,医疗机构开始将医疗服务和健康管理向移动端延伸。作为一个特殊的人群,老年人往往存在行动不便、认知能力下降等问题,难以前往医疗机构进行就诊,而老年人移动医疗APP的出现提供了更加方便快捷、个性化的医疗服务和健康管理方式,避免了老年人的上述问题<sup>[20]</sup>。因此,本研究将对一组老年人移动医疗APP的用户体验进行实证研究,以证明所提出的评价模型有效性。

### (一) 构建老年人移动医疗APP用户体验评价指标体系

本研究以用户体验问卷(User Experience Questionnaire, UEQ)作为用户体验度量工具。UEQ是一种用于测量用户体验的问卷调查工具,涵盖了用户在认知、感知与情感方面的反应,能够提供全面、直观的用户反馈<sup>[21]</sup>。以老年人生理心理特征与UEQ为基础,总结了

6项一级指标与26项二级指标,构建老年人APP用户体验评价指标体系,如图2所示。对该评价指标体系进行信度分析,显示其Cronbach's  $\alpha$  信度系数为0.868,因此该评价体系整体具有较高的信度,可用于老年人移动医疗APP用户体验评价研究。

### (二) 老年人移动医疗APP用户体验评价指标权重

招募了32位老年被试者与评价指标权重分析(男性与女性各16位,平均年龄63.5岁,年龄标准差0.92)。要求老年被试者对评价指标的重要程度分别两两比较,基于评分数据构造区间数判断矩阵。以第1位老年被试者为例,其评分情况见表2。

将第1位被试者的判断矩阵通过式(7)求得其最大特征值所对应的归一化特征向量得:

$$v^- = [0.083, 0.167, 0.392, 0.088, 0.224, 0.047],$$

$$v^+ = [0.093, 0.160, 0.366, 0.109, 0.229, 0.043]$$

接着通过式(8)得到  $k = 0.907, m = 1.050$ , 满足一致性检验标准  $0 \leq k \leq 1 \leq m$ , 表明该判断矩阵通过一致性检验;再通过式(9)求得老年人移动医疗APP区间数权重向量:

$$W = [[0.075, 0.097], [0.151, 0.169], [0.356, 0.385], [0.079, 0.114], [0.203, 0.240], [0.042, 0.046]]^T$$

对所有被试者的评分按照以上步骤进行计算,并将所有通过一致性检验的区间数权重数据做平均化处理,最后通过式(10)~(11)对权重值进行修正。经平均化处理的区间数权重值与最终的权重修正值结果见表3。

在老年人移动医疗APP用户体验评价指标中,可靠性、效率与清晰度的权重较高,分别为0.247、0.214

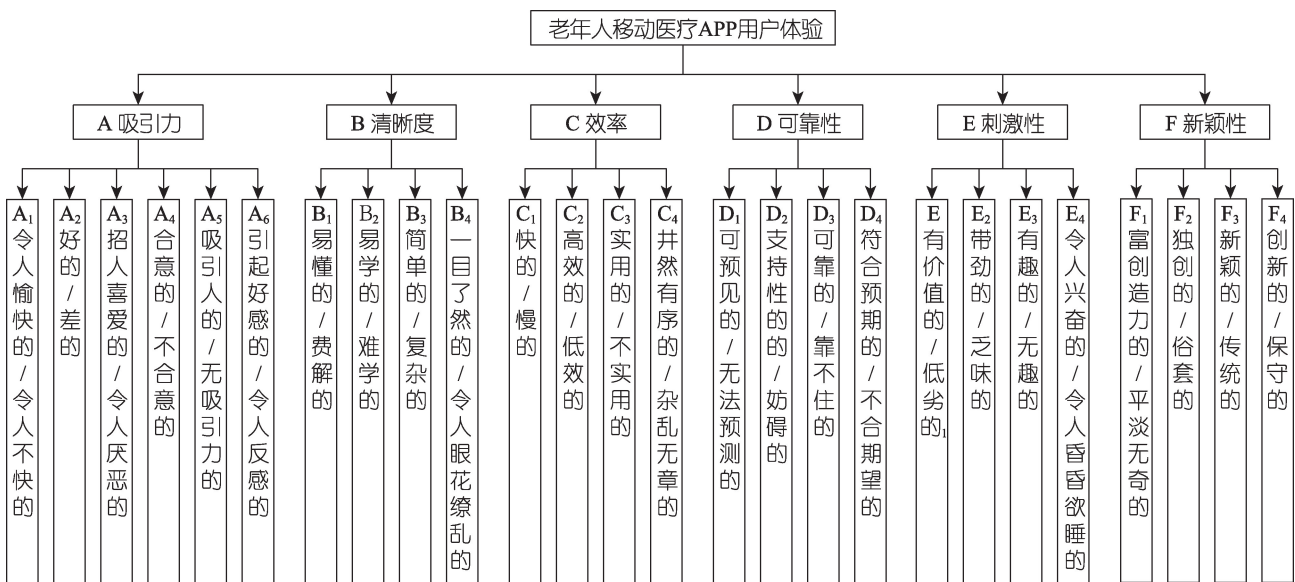


图2 老年人移动医疗APP用户体验评价指标体系

表2 第1位被试者区间AHP评分数据

评价指标	A 吸引力	B 清晰度	C 效率	D 可靠性	E 刺激性	F 新颖性
A 吸引力	[1, 1]	[1/4, 1/3]	[1/5, 1/4]	[1/3, 1]	[1/2, 1]	[2, 3]
B 清晰度	[3, 4]	[1, 1]	[1/4, 1/3]	[2, 3]	[1/4, 1/3]	[3, 5]
C 效率	[4, 5]	[3, 4]	[1, 1]	[3, 5]	[2, 3]	[5, 6]
D 可靠性	[1, 3]	[1/3, 1/2]	[1/5, 1/3]	[1, 1]	[1/4, 1/2]	[2, 3]
E 刺激性	[1, 2]	[3, 4]	[1/3, 1/2]	[2, 4]	[1, 1]	[4, 5]
F 新颖性	[1/3, 1/2]	[1/5, 1/3]	[1/6, 1/5]	[1/3, 1/2]	[1/5, 1/4]	[1, 1]

表3 老年人移动医疗APP用户体验评价指标权重

评价指标	权重平均值 $\bar{w}$	权重修正值 $w$
A 吸引力	[0.139, 0.172]	0.152
B 清晰度	[0.168, 0.204]	0.188
C 效率	[0.190, 0.230]	0.214
D 可靠性	[0.221, 0.266]	0.247
E 刺激性	[0.102, 0.126]	0.117
F 新颖性	[0.075, 0.089]	0.083

与0.188;吸引力的权重次之,为0.152;刺激性与新颖性的权重较低,分别为0.117与0.083。究其原因,老年人使用移动医疗APP的主要目的是获取专业实用的医疗服务与信息,他们希望这些服务与信息安全、可靠而高效,且由于老年人特殊的心理特征,他们对移动医疗APP的隐私保护与安全性较为重视。除此之外,老年人的生理机能衰退,且不熟悉技术,容易对操作复杂、内容混乱的APP产生抵触心理。因此,老年人对移动医疗APP可用性方面的表现更为重视。

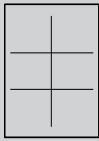

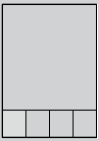
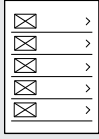
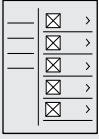
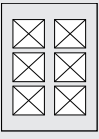
### (三) 老年人移动医疗APP用户体验评价

#### 1. 确立老年人移动医疗APP设计要素并构建试验样本

对相关文献<sup>[22-24]</sup>与市场现有主流移动医疗APP进行研究,结合老年人的生理心理特征与移动医疗APP的产品特点,通过焦点小组将老年人移动医疗APP设计要素确立为8项:视觉效果层面的“视觉风格”“色彩搭配”;可视性层面的“字体式样”“字体大小”;信息组织层面的“导航模式”“内容布局”;功能层面的“搜索模式”“自助导诊”。具体的设计要素及其类型见表4。

其中,色彩搭配指通过选择、组合与应用颜色来创建特定的视觉效果。色彩具有色相、明度、纯度三个基本属性,在设计色彩方案时需综合考虑这三个属性,通过选择主要色相、再使用不同的明度和纯度变化来创建视觉层次<sup>[25]</sup>。老年人的视觉能力下降,尤其表现为视觉对比敏感度的下降,意味着他们难以分辨相似颜色或明暗差异不大的物体<sup>[14]</sup>。在色彩搭配方案中,“邻近色”“互补色”与“对比色”根据他们在色相环上的相互位置划分,在色彩对比度上有显著差异,因此,将“邻近色”“互补色”“对比色”作为研究老年人对色彩对比度偏好情况的变量条件。搜索模式可以帮助用户找到所需的信息或资源,“显性搜索”是由用户明确输入关键词或短语,以查找特定信息或资源的方式;“自动补全搜索”可以根据用户输入信息自动提供建议或完善搜索内容;“范围搜索”允许用户在特定的类别或范围内进行搜索。自助导诊是针对移动医疗APP中问诊

表4 老年人移动医疗APP设计要素

设计要素	类型		
	1	2	3
视觉风格	扁平化	拟物化	
色彩搭配	邻近色	互补色	对比色
字体式样	宋体	微软雅黑	黑体
字体大小	36 px	40 px	44 px
导航模式	跳板式 	列表菜单式 	选项卡式 
内容布局	竖型 	多面板 	宫格式 
搜索模式	显性搜索	自动补全搜索	范围搜索
自助导诊	科室优先	主诉—文本键入	主诉—问答

功能的设计模式,可以帮助老年用户自行评估他们的健康状况,“科室优先”要求用户选择或搜索与症状相关的医学科室或专业领域;“主诉—文本键入”由用户自由输入描述他们的症状或需求;“主诉—问答”引导用户回答问题以评估他们的健康状况。

采用正交试验设计法,首先利用  $L_{18}(2^1 \times 3^7)$  正交表生成具有代表性的18套设计要素组合方案;其次参照市场现有的主流移动医疗APP确立最终的6套典型设计方案组合样本(见表5);最后参照iOS的UI设计规范制作相应的APP高保真原型,样本的部分界面见图3。

## 2. 进行老年人移动医疗APP用户体验评价试验

邀请27名(男性13名,女性14名,平均年龄62.9岁,年龄标准差0.92)具有两年以上移动医疗APP使用经验的老年被试者参与针对老年人移动医疗APP试验样本的用户体验评价,所有被试者均具有小学及以上受教育经历,且无色盲、色弱问题。开始前,由研究人员向被试者介绍试验目的、流程与任务,对必要的环节进行演示说明,使被试者熟悉试验程序,并向被试者介绍问卷各个题项的具体含义。要求被试者对6个移动医疗APP样本依次执行指定的6项任务(预约挂号、查看健康报告、快速问诊、症状自查、查看身体数据、查看健康资讯),执行任务的设备为iPhone12(iOS 15.3)。任务完成后,立即将问卷发放给被试者,要求他们根据自己在使用样本过程中的实际体验和感受回答问题。每个样本的测试时间约为10 min(包括填写问卷的3分钟),每位被试者的总测试时间约为1 h。

## 3. 构造区间数判断矩阵

6款老年人移动医疗APP样本的用户体验评价结果的平均值见表6。将用户体验评价数据通过式(12)转化为区间数判断矩阵  $X$ :

$$X = \begin{bmatrix} [5.593, 7.778] & [5.593, 7.778] & \cdots & [5.926, 8.481] \\ [4.333, 5.333] & [4.630, 5.852] & \cdots & [4.556, 5.556] \\ [5.889, 8.370] & [6.074, 8.481] & \cdots & [6.074, 8.603] \\ [3.778, 4.778] & [6.074, 8.630] & \cdots & [3.704, 4.704] \\ [2.185, 3.593] & [2.778, 3.926] & \cdots & [2.222, 3.667] \\ [2.889, 4.000] & [3.222, 4.333] & \cdots & [3.259, 4.370] \end{bmatrix}$$

## (四) 老年人移动医疗APP用户体验综合评价

结合老年人移动医疗APP用户体验评价指标权重修正值  $w$ ,依据式(13)生成加权区间数决策矩阵  $R$ :

$$R = \begin{bmatrix} [0.850, 1.423] & [0.850, 1.423] & \cdots & [0.492, 0.704] \\ [0.659, 0.976] & [0.704, 1.071] & \cdots & [0.378, 0.461] \\ [0.895, 1.532] & [0.923, 1.552] & \cdots & [0.504, 0.716] \\ [0.574, 0.874] & [0.625, 0.962] & \cdots & [0.307, 0.390] \\ [0.332, 0.657] & [0.422, 0.718] & \cdots & [0.184, 0.304] \\ [0.439, 0.732] & [0.490, 0.793] & \cdots & [0.271, 0.363] \end{bmatrix}$$

通过式(14)~(15)确定灰区间正、负理想方案指标向量,接着利用式(16)得到6款样本的区间数灰色绝对关联系数:

$$\xi = \begin{bmatrix} 0.998, 0.965, \cdots, 0.988 \\ 0.888, 0.914, \cdots, 0.840 \\ 0.964, 0.969, \cdots, 1.000 \\ 0.841, 0.917, \cdots, 0.793 \\ 0.862, 0.856, \cdots, 0.732 \\ 0.681, 0.779, \cdots, 0.773 \end{bmatrix}$$

将各方案的区间数灰色绝对关联系数代入式(17),分别求出6款样本相应的区间数灰色绝对关联度:

$$q_1 = 0.831, q_2 = 0.842, q_3 = 0.958, \\ q_4 = 0.861, q_5 = 0.808, q_6 = 0.805$$

## (五) 结果分析与讨论

在6款老年人移动医疗APP中,样本3的区间数灰色绝对关联度最高为0.958;其次是样本4,为0.861;接着是样本2与样本1,分别为0.842与0.831;样本5与样本6的区间数灰色绝对关联度较低,分别为0.808与0.805。因此,6款老年人移动医疗APP样本用户体验的整体排序为样本3 > 样本4 > 样本2 > 样本1 > 样本5 > 样本6。

图4为各试验样本用户体验评价指标的区间数灰色绝对关联系数。进一步分析可知,采用了“扁平化”视觉风格、“对比色”色彩搭配、较大字体的样本1、样本2、样本3在吸引力(A)、刺激性(E)、新颖性(F)三个评价指标方面整体表现较好,采用“黑体”字体的样本整体用户体验较低。究其原因,“扁平化”风格强调简

表5 老年人移动医疗APP样本组合方案

样本	视觉风格	色彩搭配	字体式样	字体大小	导航模式	内容布局	搜索模式	自助导诊
样本1	1	3	2	3	3	2	1	1
样本2	1	2	1	2	2	1	3	3
样本3	1	3	2	3	3	2	1	2
样本4	2	2	1	2	1	3	2	1
样本5	2	1	3	1	2	1	3	3
样本6	2	1	3	1	1	3	2	2



图3 老年人移动医疗APP样本部分界面

单、明了的图形与颜色,对于老年用户直观易理解;高对比度的色彩搭配可增强不同元素之间的可区分性,虽然老年用户可能更喜欢熟悉的设计,但适度的新颖性仍对他们有很大吸引力,通过采用高对比度的配色和简单明了的扁平化设计,可以实现有吸引力的外观,同时保持易用性;较大的字体更加清晰可见且更容易点击,减少了老年用户的眼部疲劳与不适感,同时减少了误触与造成用户困惑的可能性;“黑体”为无衬线体,笔画粗直,具有良好的宣传功能,适用于标题、导语等,

用于长篇文字可能会使文本看起来过于沉重,令老年用户感到疲劳<sup>[26]</sup>。

采用“跳板式”导航模式、“宫格式”内容布局、“自动补全搜索”搜索模式、“主诉—文本键入”自助导诊的样本3、样本4、样本5、样本6在清晰度(B)、效率(C)、可靠性(D)方面整体表现较好。这可能是由于“跳板式”导航以图标或卡片形式将功能入口呈现在中心页面,显示的信息简洁而集中,单屏信息量小,可以帮助老年用户快速浏览与理解<sup>[23]</sup>;“宫格式”布局将图像、图



表6 用户体验评价结果

评价指标	样本						
	样本1	样本2	样本3	样本4	样本5	样本6	
A 吸引力	A1	[5.593, 7.778]	[4.333, 5.333]	[5.889, 8.370]	[3.778, 4.778]	[2.185, 3.593]	[2.889, 4.000]
	A2	[5.593, 7.778]	[4.630, 5.852]	[6.074, 8.481]	[6.074, 8.630]	[2.778, 3.926]	[3.222, 4.333]
	A3	[5.370, 7.111]	[4.333, 5.333]	[5.778, 8.111]	[3.741, 4.741]	[2.333, 3.667]	[2.852, 4.074]
	A4	[5.407, 7.222]	[4.296, 5.333]	[5.926, 8.185]	[3.667, 4.667]	[2.259, 3.667]	[3.111, 4.222]
	A5	[5.556, 7.370]	[4.259, 5.296]	[6.185, 8.370]	[3.963, 5.111]	[2.407, 3.741]	[3.370, 4.630]
	A6	[5.778, 8.037]	[4.407, 5.407]	[6.296, 8.407]	[3.926, 5.000]	[2.296, 3.667]	[3.074, 4.370]
B 清晰度	B1	[4.778, 5.926]	[4.444, 5.444]	[5.963, 8.296]	[6.037, 8.519]	[2.852, 3.963]	[7.037, 9.148]
	B2	[4.815, 5.963]	[4.407, 5.444]	[6.000, 8.148]	[6.111, 8.444]	[2.926, 4.000]	[6.852, 9.185]
	B3	[4.370, 5.370]	[4.407, 5.407]	[5.778, 8.037]	[5.926, 8.185]	[2.852, 3.963]	[6.296, 8.259]
	B4	[4.741, 5.963]	[4.630, 5.630]	[6.074, 8.333]	[6.148, 8.556]	[2.926, 4.000]	[6.667, 8.926]
C 效率	C1	[4.444, 5.667]	[4.370, 5.407]	[5.852, 8.556]	[6.000, 8.407]	[3.148, 4.222]	[6.370, 8.333]
	C2	[4.667, 5.963]	[4.370, 5.556]	[5.778, 8.333]	[5.556, 7.889]	[3.222, 4.296]	[6.630, 8.519]
	C3	[4.630, 5.778]	[4.630, 5.630]	[5.815, 8.444]	[5.667, 8.074]	[3.185, 4.296]	[6.296, 8.704]
	C4	[4.593, 5.741]	[4.296, 5.296]	[5.963, 8.593]	[5.778, 8.037]	[3.185, 4.259]	[6.556, 8.593]
D 可靠性	D1	[4.333, 5.407]	[4.185, 5.185]	[6.037, 8.815]	[3.333, 4.481]	[3.000, 4.074]	[6.778, 8.963]
	D2	[4.296, 5.370]	[4.444, 5.444]	[5.926, 8.481]	[3.889, 4.963]	[3.111, 4.185]	[6.444, 8.556]
	D3	[4.370, 5.370]	[4.333, 5.333]	[6.333, 8.815]	[6.037, 8.519]	[3.074, 4.185]	[6.370, 8.630]
	D4	[4.333, 5.333]	[4.259, 5.259]	[6.481, 8.963]	[6.222, 8.481]	[2.963, 4.074]	[6.593, 8.704]
E 刺激性	E1	[5.778, 8.037]	[4.111, 5.185]	[6.519, 8.778]	[3.852, 5.037]	[2.370, 3.704]	[3.148, 4.259]
	E2	[5.704, 8.111]	[4.296, 5.296]	[6.185, 8.667]	[3.333, 4.481]	[2.185, 3.593]	[3.259, 4.370]
	E3	[5.630, 7.889]	[4.148, 5.148]	[6.259, 8.593]	[3.407, 4.481]	[2.333, 3.704]	[3.407, 4.519]
	E4	[5.593, 7.778]	[4.185, 5.222]	[6.630, 8.815]	[3.704, 4.926]	[2.444, 3.741]	[3.148, 4.259]
F 新颖性	F1	[5.852, 8.259]	[4.556, 5.556]	[6.333, 8.815]	[4.111, 5.259]	[2.667, 3.926]	[3.074, 4.259]
	F2	[5.778, 8.333]	[4.593, 5.593]	[6.185, 8.667]	[5.704, 8.111]	[2.593, 3.852]	[2.778, 4.000]
	F3	[5.852, 8.556]	[4.630, 5.630]	[6.148, 8.259]	[3.630, 4.603]	[2.185, 3.630]	[3.037, 4.185]
	F4	[5.926, 8.481]	[4.556, 5.556]	[6.074, 8.603]	[3.704, 4.704]	[2.222, 3.667]	[3.259, 4.370]

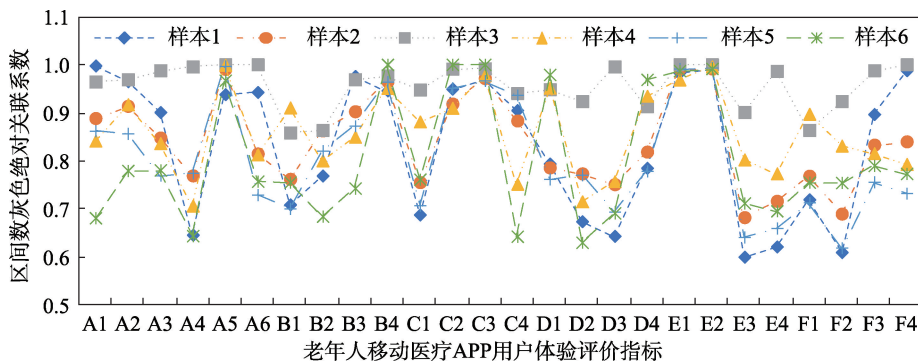


图4 各样本在各用户体验评价指标下的区间数灰色绝对关联系数

标与文字均匀分布在页面上,通常以网格形式排列,布局均匀合理,使信息被有效地组织和分类,对老年用户而言易于辨认与点击<sup>[26]</sup>;"自动补全搜索"可以在保证搜索精度的基础上为老年用户减少输入难度,降低搜索过程的复杂性,避免老年用户因输入错误或不完整感到焦虑;"主诉—文本键入"导诊方式允许老年用户

不受限制地描述症状,无需受限于定义的问题或选项,对老年用户来说更加灵活自主。

综上所述,老年人APP在设计过程中应充分考虑到老年人的特征与需求,例如在视觉设计方面,适当地增强视觉刺激强度,以确保文字与图标清晰、易识别,通过适当的创新提升视觉吸引力;在内容与功能布局

方面,以清晰、易用为目标,确保导航路径直观易用、界面布局均匀合理;关注老年人的心理与情感需求,在给予老年人充分自主选择权的同时,提供适当的支持与帮助,避免因复杂设计或不明确元素引起的挫折感。

#### 四、结语

随着人口老龄化程度的加深与科技的进步,提升老年人APP的用户体验成为了设计与开发的重点。本研究旨在通过数学模型对老年人移动APP的用户体验进行定量评价,提出了基于区间数多属性决策的老年人移动APP用户体验评价模型。该模型融合了区间数多属性决策方法,使用区间AHP确定老年人APP用户体验评价指标权重、使用区间数灰色绝对关联分析进行决策方案的综合评价。所提出的评价模型可以充分考虑因老年人的群体特征导致的评分不确定性与评价数据的模糊性,有效、客观地评估老年人使用移动APP时的用户体验。后续研究可将老年人APP用户体验的主观性与不确定性融入设计过程,对老年人APP用户体验优化设计进一步展开研究,为老年人APP的设计实践提供更加科学有效的指导。需要指出的是,本研究以移动医疗APP为例对所提出的评价方法进行了验证,但未能引入对比组案例以评估所提出方法与传统方法的性能差异,在后续研究中,可将本文所提出的评价方法与传统的评价方法进行对比研究,进一步验证所提出方法的有效性。此外,本研究主要通过问卷进行用户体验度量,后续可结合眼动追踪、脑电等技术进行系统研究。

#### 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.
- [2] HINDERKS A, SCHREPP M, MAYO F J D, et al. Developing a UX KPI Based on the User Experience Questionnaire[J]. Computer Standards & Interfaces, 2019,65(C):38-44.
- [3] HUSSAIN J, KHAN W A, HUR T, et al. A Multimodal Deep Log- Based User Experience (UX) Platform for UX Evaluation[J]. Sensors,2018,18(5):1622.
- [4] FENG L, WEI W. An Empirical Study on User Experience Evaluation and Identification of Critical UX Issues[J]. Sustainability,2019,11(8):2432.
- [5] 王建宇,王峰. 基于跑步APP功能体验评价研究[J]. 技术经济与管理研究,2019(2):20-24.
- [6] 董端阳,王克祥. 基于“互联网+”平台的老年人数字化产品服务设计[J]. 工业工程设计,2020,2(1):79-82.
- [7] 刘述. 积极老龄化视角下我国香港老年人数字融入路径研究[J]. 中国远程教育,2021(3):67-75.
- [8] 李德清,曾文艺,尹乾. 区间数排序方法综述[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2020,56(4):483-492.
- [9] 金腾宇,耿秀丽. 基于区间二型模糊EDAS的多属性决策方法[J]. 工业工程,2023,26(1):91-97.
- [10] JIANG J R, REN M, WANG J Q. Interval Number Multi-Attribute Decision-Making Method Based on TOPSIS[J]. Alexandria Engineering Journal,2022,61(7):5059-5064.
- [11] 郭伟,姚加林. 基于IAHP-熵权法和Vague集的高铁客运枢纽离站换乘评价[J]. 工业工程与管理,2022,27(2):18-25.
- [12] 李雪瑞,侯幸刚,杨梅,等. 基于多层次灰色综合评价法的工业设计方案优选决策模型及其应用[J]. 图学学报,2021,42(4):670-679.
- [13] 刘均星,苏燕,江牧. 基于老年生活需求的APP应用设计[J]. 包装工程,2020,41(20):178-181,211.
- [14] MCLAUGHLIN A, PAK R. Designing Displays for Older Adults[M]. Boca Raton: CRC Press,2020.
- [15] LIN C J, HO S H. The Development of a Mobile User Interface Ability Evaluation System for the Elderly[J]. Applied Ergonomics,2020,89:103215.
- [16] 廖小菊,王朝侠. 基于区间中智AHP/FAST/QFD的产品创新设计方法[J]. 机械设计,2022,39(8):136-142.
- [17] 岳进,郭辉. 基于区间层次分析法和专家群决策的MOOC适切性评价[J]. 电化教育研究,2019,40(3):54-58.
- [18] HUANG Z A, LE T, GAO Y K, et al. Safety Assessment of Emergency Training for Industrial Accident Scenarios Based on Analytic Hierarchy Process and Gray-Fuzzy Comprehensive Assessment[J]. IEEE Access, 2020, 8: 144767-144777.
- [19] 赵永满,袁志峰,李景彬. 基于心态区间数型S-VIKOR的多属性供应商评价方法[J]. 工业工程与管理,2021,26(5):172-178.
- [20] ASKARI M, KLAVER N S, VAN GESTEL T J, et al. Intention to Use Medical Apps among Older Adults in the Netherlands: Cross-Sectional Study[J]. Journal of Medical Internet Research,2020,22(9):e18080.
- [21] SCHREPP M, THOMASCHEWSKI J. Design and Validation of a Framework for the Creation of User Experience Questionnaires[J]. International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence,2019,5

- (7):88.
- [22] ZAINA L A M, FORTES R P M, CASADEI V, et al. Preventing Accessibility Barriers: Guidelines for Using User Interface Design Patterns in Mobile Applications[J]. Journal of Systems and Software, 2022, 186: 111213.
- [23] NEIL T. Mobile Design Pattern Gallery: UI Patterns for Smartphone Apps (2nd edition)[M]. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc, 2015.
- [24] 朱婷玲, 朱丽萍, 李永锋. 基于结构方程模型的老年人APP用户体验设计研究[J]. 包装工程, 2023, 44(6): 106-116.
- [25] 许波琴, 卢章平, 李明珠. 中老年用户网购APP首页色彩设计要素研究[J]. 包装工程, 2021, 42(2): 210-216.
- [26] JOHNSON J, FINN K. Designing User Interfaces for an Aging Population: Towards Universal Design[M]. Cham: Springer, 2015.

(上接第41页)

体系;最后,定量评估不同因子在景观风貌中的重要程度,并提取核心景观基因。为碛口古镇景观风貌构建提供了基础资料,为历史文化名镇遗产资源保护提供新思路。后续研究可以结合GIS等技术平台,探索景观基因数字化图谱的建立和景观基因动态管理与监测体系构建,并充分利用历史文化名镇景观基因图谱及评价结果,探索其在古镇景观规划设计中的应用,促进区域文化景观风貌保护。

## 参考文献

- [1] 新华社. 中共中央 国务院关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见[EB/OL].(2021-02-21)[2023-04-17]. [http://www.xinhuanet.com/politics/zywj/2021-02/21/c\\_1127122068.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/zywj/2021-02/21/c_1127122068.htm).
- [2] 刘沛林. 古村落文化景观的基因表达与景观识别[J]. 衡阳师范学院学报(社会科学), 2003, 24(4): 1-8.
- [3] 刘沛林. 中国传统聚落景观基因图谱的构建与应用研究[D]. 北京:北京大学, 2011.
- [4] 尹智毅, 李景奇. 历史文化村镇景观基因识别与图谱构建——以黄陂大余湾为例[J]. 城市规划, 2023, 47(3): 97-104, 114.
- [5] 胡最, 刘沛林, 曹帅强. 湖南省传统聚落景观基因的空间特征[J]. 地理学报, 2013, 68(2): 219-231.
- [6] 陈志华. 古镇碛口[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2004.
- [7] 胡最, 刘沛林, 邓运员, 等. 传统聚落景观基因的识别与提取方法研究[J]. 地理科学, 2015, 35(12): 1518-1524.
- [8] 李晓颖, 雷奥林. 景观基因视角下传统村落文化景观空间数据库构建——以南京市高淳区为例[J]. 西部人居环境学刊, 2023, 38(5): 110-116.
- [9] 王成, 钟泓, 粟维斌. 聚落文化景观基因识别与谱系构建——以桂北侗族传统村落为例[J]. 社会科学家, 2022(2): 50-55.
- [10] 郑文武, 李伯华, 刘沛林, 等. 湖南省传统村落景观群系基因识别与分区[J]. 经济地理, 2021, 41(5): 204-212.
- [11] 李晓颖, 黄欢, 王世超. 乡土文化景观风貌提升构建中景观基因的识别与运用研究[J]. 中国园林, 2022, 38(6): 29-34.
- [12] 耿正霖, 吴佳妮, 程兴华, 等. 基于权重的AHP判断矩阵一致性调整方法[J]. 国防科技大学学报, 2024, 46(1): 179-186.