

基于认知特性的信息界面布局美度评价

吕健^{1,2}, 孙玮伯^{1,2}, 潘伟杰^{1,2}, 李姣姣^{1,2}

(1.贵州大学, 贵阳 550025; 2.现代制造技术教育部重点实验室, 贵阳 550025)

摘要: **目的** 提出一种基于认知特性的信息界面布局美度评价方法, 提高信息界面布局的合理性及评估结果的客观性。**方法** 根据视觉信息加工过程和视觉注意原理构建信息界面“布局—认知”的映射关系, 结合软件工程领域的质量评估模型的构建逻辑, 推导度量指标并建立信息界面布局美度评估模型, 利用层次分析法计算各度量指标的权重, 构建信息界面美度的综合评价方法。**结论** 以某数控机床的刀具补偿操作界面为例, 通过等级排序法验证了该方法能够准确、客观地反映信息界面布局的美度情况。该方法具有较高的通用性, 为信息界面布局方案的选择提供了一套客观量化的决策依据, 辅助设计师对界面布局的分析与微调, 从而避免设计优化上的盲目修改和创新。

关键词: 界面布局; 认知特性; 美度计算; 层次分析法; 等级排序法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)18-0220-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.18.035

Evaluation of Information Interface Layout Beauty Based on Cognitive Characteristics

LYU Jian^{1,2}, SUN Wei-bo^{1,2}, PAN Wei-jie^{1,2}, LI Jiao-jiao^{1,2}

(1. Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Key Laboratory of Advanced Manufacturing Technology, Ministry of Education, Guiyang 550025, China)

ABSTRACT: The work aims to propose an evaluation method for the beauty of the information interface layout based on the cognitive characteristics to improve the rationality of the information interface layout and the objectivity of the evaluation results. According to the process of visual information processing and the principle of visual attention, the "layout - cognition" mapping relation of information interface was constructed. Combined with the construction logic of quality evaluation model in software engineering field, the metrics were deduced and the beauty evaluation model of information interface layout was established. The weights of metrics were calculated by analytic hierarchy process (AHP), and the comprehensive evaluation method of information interface beauty was constructed. Taking the tool compensation interface of a CNC machine tool as an example, it is verified that the proposed method can accurately and objectively reflect the beauty of the information interface layout by the hierarchical sorting method. The proposed method has high universality, provides a set of objective and quantitative decision-making basis for the selection of information interface layout scheme, and assists designers in analyzing and fine-tuning the interface layout, thus avoiding blind modification and innovation in design optimization.

KEY WORDS: interface layout; cognitive characteristic; beauty evaluation; AHP; hierarchical sorting method

信息界面作为用户获取信息的载体和进行决策判断的媒介, 其设计的合理性不仅决定了信息传递的精确性与高效性, 还直接影响了用户的视觉感受与认

知差异。因此, 界面布局评价已经成为信息界面设计研究的重要组成部分。传统的人机界面布局评价主要从认知负荷、任务绩效、操作视域与态势感知等方面

收稿日期: 2019-06-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51505094); 贵州省科技项目([2017]2016)

作者简介: 吕健(1983—), 男, 河北人, 博士, 贵州大学校聘副教授, 主要从事工业设计、智能设计研究。

通信作者: 孙玮伯(1993—), 男, 山东人, 贵州大学硕士生, 主攻人机界面、交互与体验设计研究。

进行，偏重于实验数据的量化分析与处理。随着感性工学的发展，感性设计逐渐引起诸多学者的重视，通过实验研究反复验证了感性和理性之间的关联属性，证明“美的设计同时也是好用的设计”这一假设^[1]。界面美度的评价方法主要以客观测量为主，是一种自下而上的方法。Ngo 等^[2]提出平衡度、对称度和凝聚度等 13 个布局特征，探讨界面视觉美感的数学解释。周蕾等^[3]对界面布局美学评价指标进一步完善，采用灰色关联法对界面美学进行综合评价，模拟“小样本，高相关”的设计微调过程。此外，袁培飒等^[4]采用神经网络和遗传算法来探究界面特征与美感间的关系，提炼出界面设计的指导要素。结合目前研究情况，本文从界面布局认知特性出发，探究信息界面布局与认知的映

射关系，构建评价体系并结合层次分析法综合评价设计方案的界面美学，为界面布局设计提供有效的理论基础和评估指导，以辅助设计师对界面布局的分析与微调。

1 界面布局—认知映射关系

布局设计是人为地创造出引起思维相关活动的空间推理模式，通过引导视觉感知特性来提高认知效率^[5]。在视觉信息加工过程中，眼睛运动捕获界面整体的粗略特征，将其传递到大脑中，经特征分析将信息整体划分为多个信息单元，再依时序关系进行匹配、重组，最后基于长时记忆或思维深加工形成有意义的信息整体作为反应输出，见图 1。

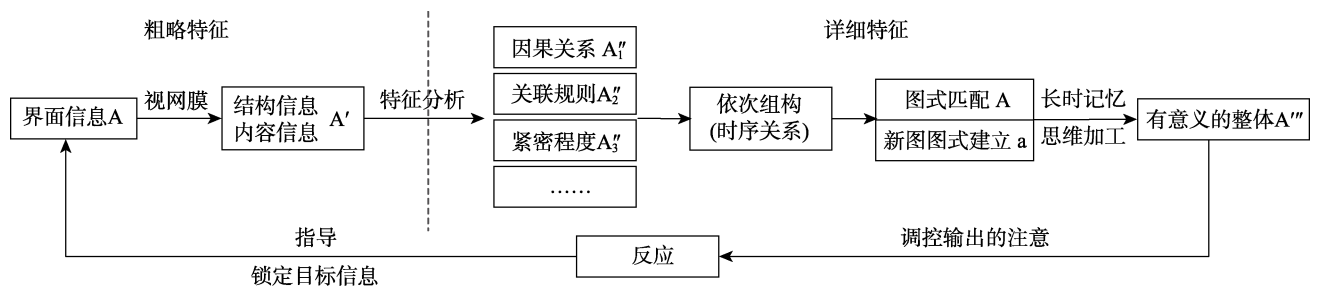


图 1 视觉信息处理过程
Fig.1 Process of visual information processing

在此过程中，布局通过建立显性编码与隐性认知之间的映射关系，优化视觉信息处理过程并改善主观视觉体验。布局设计首先通过界面元素的位置方位与信息节点的映射，区分不同信息、规划信息可视区域。根据视觉注意指导原则，界面元素位置方位的合理编码可以有效降低干扰信息的捕获程度，将主要关联信息放置利于用户搜索的位置，能提高用户对不同信息的认知获取，降低任务超载中的认知负荷。例如 van Schaik 等^[6]指出操作面板的导航位置于屏幕上方或左侧时，用户的搜作效率更高。因此，界面信息认知的准确性和高效性取决于界面元素布局的位置方位。

界面布局空间结构和信息组织架构间的映射，不仅使用户能够轻松掌握元素信息的位置和功能之间的关系，还有利于对界面信息整体的把握。例如 Niemelä 等^[7]指出分组图标搜索效率要明显高于不分组图标的搜索效率。因此，界面空间结构反映了界面信息内部的组织关系，决定信息获取的难易程度^[8]。

界面信息元素间的空间属性（如拓扑关系、紧密程度等）与功能属性（如因果关系、层次关系等）之间的映射关系，既能稳固布局设计的信息结构，降低布局场景的复杂性，又可以通过视觉信息处理过程中的时序关系获得界面布局的一致性认知，增强界面信息的引导能力。例如 Mendel 等^[9]指出一致性的布局设计能更好的引导用户对信息的获取。

界面布局反映了信息的位置方位、空间架构、空间属性，影响了用户对信息秩序性、复杂性、一致性

和引导性的感知，决定了认知的准确性与高效性，见图 2。

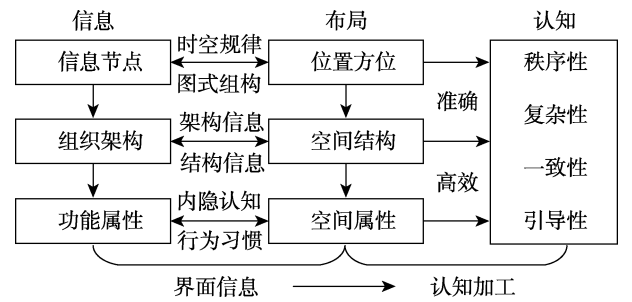


图 2 信息界面中布局-认知映射关系
Fig.2 Layout-cognitive mapping relationship in information interface

2 信息界面布局美学评价体系

结合软件工程领域的质量评估模型的构建逻辑^[10]，依据“目标—准则—度量”的原则，以提高认知效率为目标，以界面布局设计合理性为准则，以界面美学指标为度量，确立信息界面布局美学评估模型的构建过程，见图 3。

借助软件质量评估模型的层次划分理论，结合信息界面中布局—认知映射关系分析模型原则，把秩序性、复杂性、一致性和引导性作为信息界面布局美学评估模型的质量特性。根据布局—认知映射关系，通过质量特性推导出质量子特性，秩序性对应界面信息

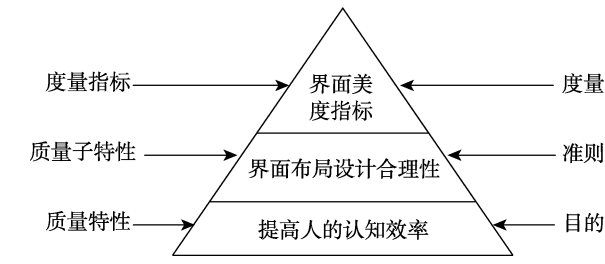


图3 信息界面布局美学评估模型构建过程
Fig.3 Building process of information interface layout beauty evaluation model

的视觉重量平衡与呈现优势，复杂性对应界面信息的组合化程度与松紧程度，一致性对应界面元素尺寸统一性和界面整体的视觉协调度，引导性对应视觉规律。在周蕾等^[1]的研究基础上，根据评价模型的质量子特性，本文提炼出 7 个美学指标作为度量指标来论

释质量特性，建立信息界面质量的布局美学评估模型，见图 4。度量指标的具体释义及计算公式，见表 1。

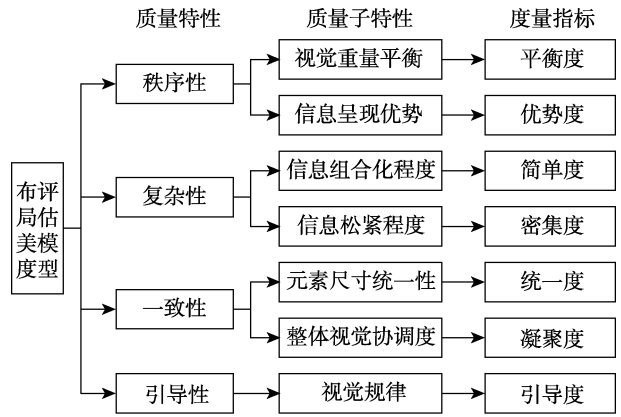


图4 信息界面布局美学评估模型
Fig.4 Information interface layout beauty evaluation model

表 1 界面布局美学评估模型的度量指标
Tab.1 The metrics of interface layout beauty evaluation model

质量特性	度量指标	含义解释	计算公式
秩序性	平衡度 $D_{b,a}$	以界面空间水平、垂直对称轴两边元素总重量的差异作为衡量界面布局视觉重量的依据。	$D_{b,a} = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{ w_L - w_R }{\max(w_L , w_R)} + \frac{ w_T - w_B }{\max(w_T , w_B)} \right), w_j = \sum_i a_{ij} \cdot d_{ij}$ 式中：$j = L, R, T, B$；L, R, T, B 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。
	优势度 $D_{d,o}$	根据已有研究表明视觉优先级自左上至右下分别为 33%，28%，23%，16%。以最优布局与实际布局的差异性作为衡量界面信息呈现合理性的依据。	$D_{d,o} = 1 - \left(\left 0.33 - \frac{\sum_i a_i}{a_{fra}} \right + \left 0.28 - \frac{\sum_i a_i}{a_{fra}} \right + \left 0.23 - \frac{\sum_i a_i}{a_{fra}} \right + \left 0.16 - \frac{\sum_i a_i}{a_{fra}} \right \right)$ 式中：UL，UR，LL 和 LR 分别表示界面空间的左上、右上、左下和右下；a_i 表示某元素的面积；a_{fra} 表示界面空间的面积；n_{ij} 表示界面空间某一部分包含的元素总数。
复杂性	简单度 $D_{s,i}$	以界面元素的对齐和组合化程度作为衡量用户对信息界面设计形式意义上理解难度的依据。	$D_{s,i} = 1 - \frac{n_{vap} + n_{hap}}{4n}$ 式中：n_{vap} 和 n_{hap} 分别表示界面空间中垂直和水平方向对齐点的数量；n 是界面空间中的元素总数。
	密集度 $D_{d,e}$	根据已有研究表明界面空间中信息总体量在 50% 左右时令人感觉最舒适。以最优体量与实际体量的差异化程度作为衡量界面信息密集程度合理性的依据。	$D_{d,e} = 1 - 2 \left 0.5 - \frac{\sum_i a_i}{a_{fra}} \right $ 式中：a_i 和 a_{fra} 分别表示元素 i 和界面空间的面积；n 是界面空间中的元素总数。
一致性	统一度 $D_{e,c}$	以界面元素尺度一致性程度作为衡量界面信息间关联程度的依据。	$D_{e,c} = 1 - \frac{n_{size}}{n}$ 式中：n_{size} 是不同尺度大小的数量；n 是界面空间中的元素总数。
	凝聚度 $D_{c,o}$	以界面元素与界面框架长宽比的视觉协调度作为衡量界面布局呼应性与一致性的依据。	$D_{c,o} = \frac{ C_{fl} + C_{lo} }{2}$

续表 1

质量特性	度量指标	含义解释	计算公式
			式中： C_{β} 表示界面排版和界面框架的比例； C_{α} 界面元素和界面排版的比例。且有
			$C_{\beta} = \begin{cases} h_i / b_i & h_i / b_i \geq 1 \\ b_i / h_i & h_i / b_i < 1 \end{cases}$
			$C_{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, t_i = \begin{cases} \frac{h_i / b_i}{h_i / b_i} & \frac{h_i / b_i}{h_i / b_i} \leq 1 \\ \frac{h_i / b_i}{h_i / b_i} & \frac{h_i / b_i}{h_i / b_i} > 1 \end{cases}$
			其中： b_i 和 h_i 分别表示元素 i 的宽和高； b_f 和 h_f 分别代表界面排版的宽和高； b_f 和 h_f 分别代表界面框架的宽和高。
引导性	引导度 $D_{s,p}$	根据已有研究表明人的视觉注视规律通常符合自上而下、从左到右。以人类视觉注视规律与界面信息布局的匹配程度作为衡量界面布局引导性的依据。	$D_{s,p} = 1 - \frac{\sum_{j=UL,UR,LL,LR} q_j - v_j }{8}, \{q_{UL}, q_{UR}, q_{LL}, q_{LR}\} = \{4, 3, 2, 1\};$ $v_j = \begin{cases} 4, \text{if } w_j = \max \text{ in } w \\ 3, \text{if } w_j = 2\text{nd in } w \\ 2, \text{if } w_j = 3\text{rd in } w \\ 1, \text{if } w_j = \min \text{ in } w \end{cases}, j = UL, UR, LL, LR;$ $w_j = q_j \sum_{i=1}^n a_{ij}, w = \{w_{UL}, w_{UR}, w_{LL}, w_{LR}\}.$ 式中：UL，UR，LL 和 LR 分别表示界面空间的左上、右上、左下和右下；a_{ij} 表示元素 i 在四分之一圆 j 上的面积；q 表示给与每个四分之一圆的一个权重。

注：度量指标的值介于[0,1]之间的连续数值。

3 基于 AHP 的布局美学综合评价方法

由于度量指标间的定量关系不是十分明确，本文采用层次分析法对界面设计方案进行综合评价，通过衡量布局方案的美度表现决定方案的优势次序，进而实现界面对布局方案设计的微调和优选。具体实施步骤如下。

(1) 根据认知特性与度量指标的映射关系，由专家给出指标之间的偏好关系，根据文献^[12]的 AHP 赋权法构造关于指标的判断矩阵 $A = [a_i(j)]_{n \times n}$ ，并计算 A 的每一列特征向量，将特征向量进行归一化处理得到 $w = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}^T$ ，且 $w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$ 。

(2) 取判断矩阵 A 的最大特征根 $\lambda_{\max}$ ，则有 $A \times w = \lambda_{\max} \times w$ 。根据公式 $C.I. = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 计算得出一致性检验的标度，再计算一致性比例 $C.R.$ ，即 $C.R. = C.I. / R.I.$ ，其中 $R.I.$ 可查表得到，一般认为 $C.R. < 0.1$ 具有满意一致性。

(3) 利用方根法，将 A 中的元素进行处理，即 $\bar{w}_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}$ ，进而得出重要度向量 $w_i = \bar{w}_i / \sum_{i=1}^n \bar{w}_i$ 。

(4) 计算各个设计方案的综合美度值 $D =$

$\sum_{i=1}^n D_i \cdot w_i$ ，来衡量设计方案美度表现的优势次序。

4 实例验证

4.1 信息界面设计方案美学评价

为了验证本研究方法准确性，选取现有某数控车床的刀具补偿操作界面进行综合美度计算。为忽略颜色对界面布局综合美度的影响，对原信息界面进行去色，结合认知心理学提出的认知加工过程中的表象特征优势，从界面布局特征出发，将功能分区抽象为最小矩形，以实现界面元素的精准定位，见图 5。采用矩形起始点的坐标、宽度、高度 4 个参数实现元素在整个界面空间中的精准定位；其中，坐标起点为界面框架的左上角，单位为 px。原信息界面初始元素尺寸、坐标与对应功能见表 2。

由 2 名交互设计师根据美度量度指标，结合布局-认知的映射关系，分别对 15 个界面元素尺寸进行微调并重新设计界面布局，得到 4 款布局方案，见图 6。

根据表 1 分别计算各方案的美度值，得到的对应数据见表 3。



图 5 原信息界面布局
Fig.5 Original information interface layout

表 2 界面元素尺寸、坐标与功能
Tab.2 Interface element size, coordinates and functions

编号	功能	X	Y	W	H	编号	功能	X	Y	W	H
0	框架	0	0	578	325	8	刀具补偿	61	155	40	40
1	LOGO	9	17	20	17	9	故障处理	9	207	40	40
2	状态栏	36	9	521	33	10	通讯	61	207	40	40
3	回零	9	55	40	40	11	其他	9	257	40	40
4	程序	61	55	40	40	12	详细信息区	111	55	463	228
5	运行	9	105	40	40	13	刀架平移	305	289	63	21
6	MDI	61	105	40	40	14	X 轴置零	409	289	63	21
7	设置	9	155	40	40	15	Z 轴置零	512	289	63	21

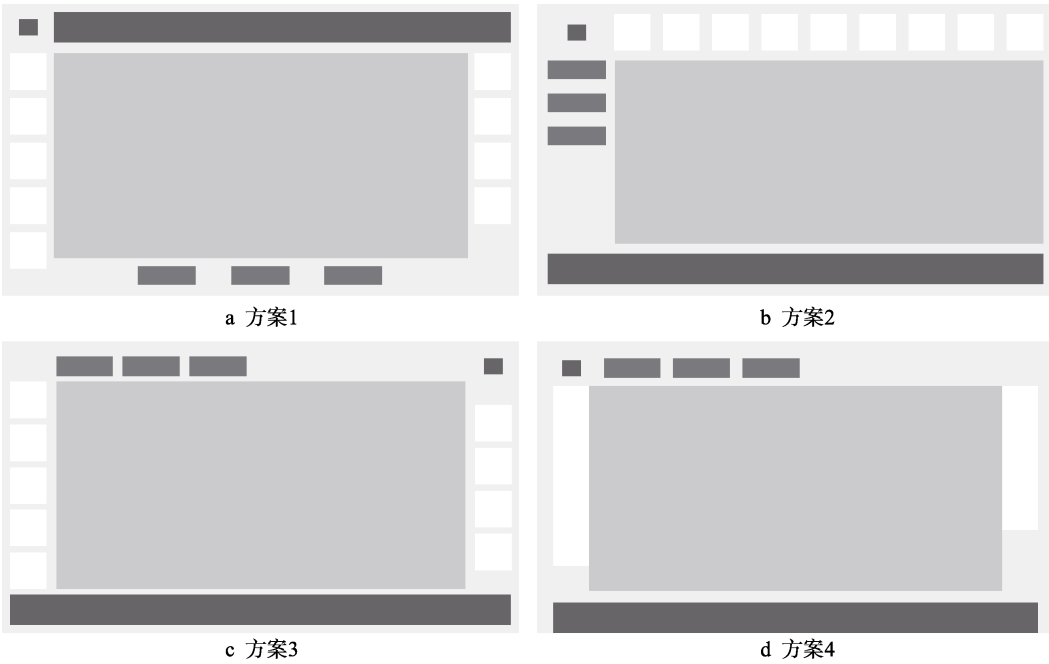


图 6 刀具补偿操作界面布局设计方案
Fig.6 Layout design scheme of tool compensation interface

表 3 各设计方案美度值
Tab.3 The beauty value of each design scheme

方案	$D_{b,a}$	$D_{d,o}$	$D_{s,i}$	$D_{d,e}$	$D_{e,c}$	$D_{c,o}$	$D_{s,p}$
1	0.619	0.724	0.783	0.496	0.400	0.736	1.000
2	0.821	0.635	0.750	0.567	0.467	0.755	1.000
3	0.470	0.668	0.733	0.483	0.400	0.733	1.000
4	0.517	0.670	0.783	0.493	0.400	0.755	0.750

将 AHP 的总目标定为刀具补偿操作界面美度，将 7 个度量指标作为第一指标层，构建层级结构体系，见表 4。通过界面设计专家对两两美度指标进行 1—9 赋值判断相对重要性程度，构建两两比较判断矩阵，见表 5。

计算判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max} = 7.436$ 。经一致性检验 $C.R. = 0.054 < 0.1$ 具有满意一致性。得到 7

表 4 层级结构体系
Tab.4 Hierarchical system

总目标	刀具补偿操作界面美度						
一级指标层	$D_{b,a}$	$D_{d,o}$	$D_{s,i}$	$D_{d,e}$	$D_{e,c}$	$D_{c,o}$	$D_{s,p}$

表 5 判断矩阵 A
Tab.5 Judgment matrix A

A	1	2	3	4	5	6	7
1	1	3.00	7.00	9.00	7.00	9.00	3.00
2	0.33	1	3.00	5.00	5.00	4.00	0.50
3	0.14	0.33	1	3.00	3.00	5.00	0.33
4	0.11	0.20	0.33	1	2.00	2.00	0.17
5	0.14	0.20	0.33	0.50	1	2.00	0.33
6	0.11	0.25	0.20	0.50	0.50	1	0.20
7	0.33	2.00	3.00	6.00	3.00	5.00	1

表 6 等级排序法数据整理结果
Tab.6 Data sorting results of hierarchical sorting method

	A	B	C	D		A	B	C	D
1	4	1	3	2	15	1	2	3	4
2	3	1	2	4	16	2	1	4	3
3	2	3	1	4	17	2	1	3	4
4	1	2	4	3	18	2	1	3	4
5	2	3	1	4	19	3	2	4	1
6	2	1	4	3	20	2	1	3	4
7	2	1	3	4	M_R	2.150	1.700	2.950	3.200
8	1	2	3	4	M_C	17.850	18.300	17.050	16.800
9	4	2	3	1	P	0.939	0.963	0.897	0.884
10	4	3	1	2	M'_C	18.350	18.800	17.550	17.300
11	1	2	3	4	P'	0.918	0.940	0.878	0.865
12	2	1	4	3	Z	1.555	1.750	1.280	1.175
13	1	3	4	2	Z'	1.340	1.555	1.175	1.126
14	2	1	3	4	名次	2	1	3	4

由实验结果可知，4 个设计方案的优势次序为 B>A>C>D，这与本文对设计方案的综合评价结果一致。因此，本文方法是可以有效地模拟用户的认知评估机制，准确、客观地反映信息界面布局的美度情况，对布局设计评估与决策具有实际的指导意义。

5 结语

本文基于认知心理学和界面美度数理计算，通过分析信息界面认识—布局的映射关系，确立秩序性、复杂性、一致性和引导性 4 个影响界面布局认知的质量特性以及相应的 7 个美度指标，构建基于认知特性的界面布局美度评价模型。运用层次分析法进行界面布局的综合评价，并通过等级排序法验证了评价结果的有效性。该方法具有较高的通用性，适用于其他信息界面布局设计，为信息界面布局的优化提供了一套

个指标权重依次为(0.422,0.167,0.092,0.045,0.042,0.030, 0.201)，经一致性检验 $C.R.=0.054<0.1$ 具有满意一致性，因此求得各方案的综合美度值为

$$D_1=0.716,D_2=0.790,D_3=0.639,D_4=0.615$$

可知，方案 2>方案 1>方案 3>方案 4，方案 2 可作为优选方案供设计师进行下一步的优化设计。

4.2 结果验证

运用心理物理学常用的等级排序法对各方案美度进行主观评价，布局设计方案 1—4 分别编号为 A，B，C，D，选取 20 位年龄在 20~26 岁的被试人员，实验前向其讲述实验目的。让被试人员按照一定标准，把 4 个方案进行排序，然后把若干被试人员对同一方案评定的等级加以平均，得出平均等级，最后按平均等级进行各方案排序，见表 6。

客观量化的评价方法，避免设计优化上的盲目修改和创新。

参考文献：

[1] BEN-BASSAT T. Economic and Subjective Measures of the Perceived Value of Aesthetics and Usability[J]. ACM Transactions on Computer Human Interaction, 2006, 13(2): 210.

[2] NGO D C L, TEO L S, BYRNE J G. Modelling Interface Aesthetics[J]. Information Sciences, 2003, 152: 25-46.

[3] 周蕾, 薛澄岐, 汤文成, 等. 界面元素布局设计的美度评价方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2013(5): 758-766.

ZHOU Lei, XUE Cheng-qi, TANG Wen-cheng, et al. Aesthetic Evaluation Method of Interface Elements Layout Design[J]. Journal of Computer-Aided Design &

- Computer Graphics, 2013(5): 758-766.
- [4] 袁培飒, 陈锐, 林涛, 等. 基于遗传算法和神经网络的软件界面美感建模[J]. 四川大学学报, 2015(2): 269-274.
YUAN Pei-sa, CHEN Rui, LIN Tao, et al. A New Software Interface Aesthetics model Based on Genetic Algorithm and Neutral Network[J]. Journal of Sichuan University, 2015(2): 269-274.
- [5] 李晶, 郁舒兰, 刘玮. 基于眼动追踪的数控界面布局认知特性评价[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2017(7): 1334-1342.
LI Jing, YU Shu-lan, LIU Wei. Cognitive Characteristic Evaluation of CNC Interface Layout Based on Eye-tracking[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2017(7): 1334-1342.
- [6] VAN SCHAİK P, LING J. The Effects of Frame Layout and Differential Background Contrast on Visual Search Performance in Web Pages[J]. Interacting with Computers, 2001, 13(5): 513-525.
- [7] NIEMELÄ M J. Visual Search for Grouped Versus Ungrouped Icons in a Computer Interface[J]. Human Factors, 2000, 42(4): 630-635.
- [8] LUKANOV K E, MAIOR H A, WILSON M L. Using fNIRS in Usability Testing: Understanding the Effect of Web form Layout on Mental Workload[C]. USA: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2016.
- [9] MENDEL J, PAK R. The effect of Interface Consistency and Cognitive Load on User Performance in an Information Search Task[J]. Human Factors & Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings, 2009, 53(22): 1684-1688.
- [10] 杨阳, 汪海涛, 姜琪, 等. 基于模糊层次分析法的软件质量评价模型的研究[J]. 计算机与数字工程, 2017, 45(4): 620-623.
YANG Yang, WANG Hai-tao, JIANG Ying, et al. Evaluation Model on Quality of Software Based on Fuzzyanalytic Hierarchy Process[J]. Computer & Digital Engineering, 2017, 45(4): 620-623.
- [11] 张娜, 王家民, 杨延璞. 人机界面形态元素布局设计美度意象的评价方法[J]. 机械科学与技术, 2015(10): 1594-1598.
ZHANG Na, WANG Jia-min, YANG Yan-pu. Evaluation Method of Aesthetic Image for Man-Machine Interface form Elements Layout Design[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2015(10): 1594-1598.
- [12] 邓卫斌, 祝红星. 基于层次分析法的儿童智能手表设计评价研究[J]. 包装工程, 2018, 39(8): 121-125.
DENG Wei-bin, ZHU Hong-xing. Design Evaluation of Children's Smart Watches Based on AHP[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(8): 121-125.
-
- (上接第 213 页)
- [12] 钟周. 基于感性工学的包装精准化设计研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2015.
ZHONG Zhou. Research on Packaging Precision Design Based on Perceptual Engineering[D]. Guanghzhou: Guangdong University of Technology, 2015.
- [13] 苏建宁, 江平宇, 朱斌, 等. 感性工学及其在产品中的应用研究[J]. 西安交通大学学报, 2004(1): 60-63.
SU Jian-ning, JIANG Ping-yu, ZHU Bin, et al. Sensitive Engineering and Its Application in Product Design[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2004(1): 60-63.
- [14] JIANG H, KWONG C K, LIU Y, 等. 将情感设计与产品设计的工程规范相结合的方法论[J]. 国际生产研究期刊, 2015, 53(8): 2472-2488.
JIANG H, KWONG C K, LIU Y, et al. A Methodology of Integrating Affective Design with Defining Engineering Specifications for Product Design[J]. International Journal of Production Research, 2015, 53(8): 2472-2488.
- [15] 乔金恩. 情感用户体验: 特征, 事件和状态[J]. 国际人机研究期刊, 2015(6): 67-77.
JOKINEN J P P. Emotional User Experience: Traits, Events, and States[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2015(6): 67-77.
- [16] ZHANG R. 浅谈移动购物 APP 界面设计的基本原则[J]. 办公室信息化, 2018(9): 39-42.
ZHANG R. A Brief Discussion on the Basic Principles of APP Interface Design for Mobile Shopping[J]. Office Informatization, 2018(9): 39-42.
- [17] 高玉娇, 覃京燕, 陶晋. 手机 APP 交互设计中动态色彩的视知觉研究[J]. 包装工程, 2016, 37(8): 134-137.
GAO Yu-jiao, QIN Jing-yan, TAO Jin. Visual Perception of Dynamic Color in Mobile APP Interactive Design[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(8): 134-137.
- [18] 蒋鑫. 色彩在手机游戏界面中的应用策略研究[J]. 包装工程, 2014, 35(24): 115-118.
JIANG Xin. Application Strategies of Color in Mobile Games Interface[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(24): 115-118.
- [19] 张雪净. 手机游戏的界面设计色彩分析[J]. 艺术科技, 2014, 27(2): 72.
ZHANG Xue-jing. Color Analysis of the Interface Design of Mobile Games[J]. Art Science and Technology, 2014, 27(2): 72.
- [20] WIDRICH L. Why is Facebook Blue? The Science Behind Colors in Marketing[EB/OL]. [2013-01-07]. <https://www.fastcompany.com/3009317/why-is-facebook-blue-thescience-behind-colors-in-marketing>.
- [21] 海勒爱娃. 色彩的性格[M]. 北京: 中央编译出版社, 2013.
HELLER E. Character of Color[M]. Beijing: Central Compilation & Translation Press, 2013.
- [22] 朝仓直巳. 艺术设计的平面构成[M]. 上海: 上海人民美术出版社, 1991.
ASAKURA M. Art and Design Plane Composition[M]. Shanghai: Shanghai People's Fine Arts Publishing House, 1991.