

学前儿童平板电脑导航按钮交互设计评价研究

杨春兰, 王育新

(西安工程大学 服装与艺术设计学院, 西安 710068)

摘要: 学前儿童平板电脑导航按钮交互设计评价指标的建立, 有利于交互设计在学前儿童平板电脑中的优化和改良。从学前儿童体验视角出发, 创建平板电脑导航按钮交互设计的多维度多层次评价指标, 该方法以创建多维度多层次评价指标为基础, 根据 D-S 证据理论设计评价指标的决策矩阵, 利用层次分析法确定评价指标权重。最后以优学派儿童平板电脑“童话故事”界面导航按钮 8 个优化设计方案对比分析与评价为例, 验证了所提出方法的合理性与有效性。

关键词: 学前儿童; 平板电脑; 导航按钮交互设计; D-S 论据理论; 层次分析法

中图分类号: G312 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2021)01-0219-06

《中国教育现代化 2035》中提出: 2035 年前完成“普及有质量的学前教育”。平板电脑是“互联网+教育”的有效移动学习终端, 其中, 交互按钮是用户和界面交互的重要媒介, 基于人机交互原理的导航按钮交互设计有利于提高幼儿学习效率及积极性。

目前, 交互界面设计研究主要集中在交互界面整体研究方面, 对界面按钮设计及其评价研究还较少。赵艳云^[1]从服务于学前儿童的角度出发, 对平板电脑的软件界面进行了相应的设计与优化。刘子昂^[2]从儿童平板电脑产品造型设计视角进行分析与研究, 提出儿童平板电脑基于人机互动的设计原则。杨志坤^[3]针对导航按钮交互的易用性设计问题, 在界面的图形与文字设计过程中将“动”与“静”相结合。此外, 大量研究集中在认知心理、用户体验、开发技术等领域。如, 杨丽等^[4]通过对 140 名 5~7 岁学前儿童的问卷调查及 10 名儿童的观察和访谈, 挖掘学前儿童移动学习资源用户的认知行为模式和情感行为模式, 力求为儿童打造优质学习资源。Piaget^[5]把儿童认知发展分为: 感知运动阶段、前运算阶段、具体运算阶段、形式运算阶段。对各个阶段的儿童行为及心理特点进行了对比分析, 得出了 5~7 岁的学前儿童属于前运算阶段中的直觉思维分阶段结论。该阶段的儿童主要通过感知、依

靠直观表象来认识外界事物。李玥^[6]将情景感和亲子元素融入到功能导航设计中, 提高了儿童阅读电子图书的愉悦感。沈珉^[7]从技术角度有效使用混合多媒体的语法及从文脉角度保证 AR 童书故事性与情感性的表述, 通过人机交互达到主体交互的目的。上述相关研究为学前儿童平板电脑按钮交互设计提供了一定的参考和研究基础。

然而, 交互按钮作为人机交互界面中使用频率最高的控件, 市面上儿童平板电脑导航按钮交互设计还存在诸多不足。因此, 考虑学前儿童心理特征、认知行为特征以及情感行为模式等因素, 根据 D-S 证据^[8-10]综合法设计决策矩阵, 利用层次分析法^[11](analytic hierarchy process, AHP) 确定指标权重。最后以基于用户体验的优学派儿童平板电脑故事导航系统的优化设计为例, 丰富了学前儿童平板电脑交互按钮设计的评价方法。

1 设计评价指标

1.1 研究对象

本研究选取大理市黄坪镇新城幼儿园 100 名 3~6 岁幼儿为研究对象, 由家长配合儿童共同完成《优学派儿童平板电脑故事导航系统交互按钮界面优化方案满意度调查》问卷, 回收有效问卷 100 份。共有 100 名幼儿参加(男生 52 人, 女生 48 人)。具体如表 1 所示。

收稿日期: 2020-09-12

基金项目: 陕西省教育厅“非物质文化遗产与高校艺术设计专业有效对接的路径与实践研究”(SGH18H097)。

作者简介: 杨春兰(1989—), 女, 云南大理人, 西安工程大学, 硕士研究生, 研究方向: 视觉传达与数字媒体设计理论与实践研究; 通信作者: 王育新(1972—), 女, 陕西西安人, 西安工程大学, 副教授, 硕士, 研究方向: 环境装饰设计及家纺产品的设计研发。

表 1 问卷数量和人口特征表

发放问卷数量/份	100
有效问卷数量/份	100
性别	男生:52 人;女生:48 人
年龄/岁	3(27 人);4(34 人);5(20 人);6(19 人)

1.2 评价指标

针对学前儿童平板电脑导航按钮交互设计评

价指标的研究相对较少,尚未形成统一的评价指标体系^[2-7]。从学前儿童体验视角出发,创建了如表 2 所示的多维度、多层次(multiple dimensions and levels,MDL)评价指标。该 MDL 评价指标主要考虑了互动性、识别性、审美性、稳定性、实用性 5 个维度,并从准则层、指标层和指标子层对其进行分析。

表 2 导航按钮交互设计的 MDL 评价指标

准则层	指标层	指标子层	指标说明
互动性 A	视觉互动 A1	界面可视 a11	交互按钮设计应符合学前儿童的视觉认知能力
		情境真实 a12	情境真实更容易引导儿童进入沉浸式学习
		趣味性 a13	轻松、有趣的按钮设计可以减少儿童认知学习压力,增加其学习兴趣
	听觉互动 A2	声音反馈 a21	应具有语音提示功能,增强体验感
		及时性 a31	应具有良好灵敏度,反应速度快
	操作互动 A3	准确性 a32	应具有较高准确性
		易用性 a33	应具有"点击"、"上下滑动"、"左右滑动"按钮
识别性 I	直观性 I1		图形、图标处理意象化,提高按钮识别度
	易理解 I2		应易理解其功能指向性
	易学习 I3		应容易学习使用
审美性 B	色彩知觉 B1	冷暖 b11	应选用鲜艳活泼的色彩,给人舒畅、活跃的感觉,有助于儿童的视觉发育
		象征性 b12	应根据使用场景恰当使用颜色,使其富有寓意
	形状知觉 B2	形态 b21	交互按钮形态应易于触控且能吸引儿童注意力
		大小 b22	大小符合人体手指基本参数,在界面中比例协调
稳定性 S	链接稳定 S1		链接跳转功能稳定可靠
实用性 P	内容实用 P1		功能内容需适合学前儿童需求
	布局合理 P2		功能键布局安排应符合儿童触控习惯

2 评价方法

2.1 决策矩阵

本文从学前儿童体验视角出发,对平板电脑导航按钮交互设计的评价指标进行了多维度与多层次的对比与分析。为了对其进行定量化分析,由多位专家分别对各项评价指标进行对比与赋值,利用 D-S 证据^[8-10]综合法对专家赋值结果进行合成处理,设计的决策矩阵 D 及各项指标的权重 $\omega_i(i = 1,2,\cdots,n)$ 的计算方法分别如公式(1)和公式(2)所示。

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & d_{nm} \end{bmatrix} \tag{1}$$

式中, d_{ij} 是评价指标 $i(i = 1,2,\cdots,n)$ 相对于指标 $j(j = 1,2,\cdots,n)$ 的专家赋值。

$$\omega_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij}}, c_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}} \tag{2}$$

2.2 一致性检验

首先,根据公式(3)计算决策矩阵 D 的最大特征值 $\lambda_{\max}$:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(D\omega)_i}{\omega_i}, \omega = (\omega_1, \omega_2, \cdots, \omega_n)^T \tag{3}$$

其次,根据公式(3)的计算结果,求得的一致性指标 CI 如公式(4)所示。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{4}$$

进而,可得随机一致性比率 CR :

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{5}$$

式中, RI 是指平均随机一致性指标,其取值如表 3 所示。

表 3 RI 的取值^[12]

矩阵阶数	3	4	5	6	7	8
RI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41

最后,通过 CR 的大小来检验决策矩阵 D 是否

满足一致性要求;当 $CR < 0.1$ 时,决策矩阵满足一致性要求;否则,需要对决策矩阵进行调整。

3 评价指标权重计算

为了提高设计的可靠性,邀请 5 位专家对各个评价指标分别进行对比与赋值(其赋值参数及其意义如表 4 所示),进而运用前文所述的方法计算各个评价指标的权重。

表 4 专家赋值评价指标参数及意义

赋值参数	参数代表意义
2	评价指标 <i>i</i> 比指标 <i>j</i> 重要
1	评价指标 <i>i</i> 与指标 <i>j</i> 一样重要
1/2	评价指标 <i>i</i> 没有指标 <i>j</i> 重要

以互动性(A)和识别性(I)评价指标的权重计算为例,其计算结果如表 5 所示。

表 5 评价指标 A / I 的评价结果

专家 <i>k</i> (<i>k</i> =1,2,3,4,5)	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5
A/I	2	2	1	2	2
综合评价结果	2				

为了使综合评价结果与专家赋值参数保持一致性,规定综合评价结果的取值规则如公式(6)所示。

$$d_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{2}, & \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 d_k^{ij} \in [\frac{1}{2}, 1) \\ 1, & \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 d_k^{ij} \in [1, \frac{3}{2}) \\ 2, & \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 d_k^{ij} \in [\frac{3}{2}, 2] \end{cases} \quad (6)$$

同理,可分别得到准则层及指标层的决策矩阵,进而根据公式(2)—公式(5)可得到各个指标的权重、矩阵的最大特征值、一致性指标与随机一致性比率,如表 6~表 10 所示。

表 6 准则层评价指标决策矩阵及其一致性检验数据

<i>D</i>	A	I	B	S	P
	A	$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 1/2 & 2 \end{bmatrix}$			
	I	$\begin{bmatrix} 1/2 & 1 & 2 & 1/2 & 2 \end{bmatrix}$			
	B	$\begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix}$			
	S	$\begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$			
	P	$\begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$			
ω	$\omega = [0.242\ 2, 0.186\ 7, 0.107\ 8, 0.320\ 0, 0.143\ 3]^T$				
λ_{max}	$\lambda_{max} = 5.195\ 4$				
CI	$CI = 0.048\ 9$				
CR	$CR = 0.043\ 6$				

表 7 互动性指标层决策矩阵及其一致性检验数据

<i>D</i>	A1	A2	A3
	A1	$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/2 \end{bmatrix}$	
	A2	$\begin{bmatrix} 1/2 & 1 & 1/2 \end{bmatrix}$	
	A3	$\begin{bmatrix} 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	
ω	$\omega = [0.311\ 9, 0.197\ 6, 0.490\ 5]^T$		
λ_{max}	$\lambda_{max} = 3.053\ 7$		
CI	$CI = 0.026\ 9$		
CR	$CR = 0.046\ 3$		

表 8 识别性指标层决策矩阵及其一致性检验数据

<i>D</i>	I1	I2	I3
	I1	$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 \end{bmatrix}$	
	I2	$\begin{bmatrix} 1/2 & 1 & 1/2 \end{bmatrix}$	
	I3	$\begin{bmatrix} 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	
ω	$\omega = [0.490\ 5, 0.311\ 9, 0.197\ 6]^T$		
λ_{max}	$\lambda_{max} = 3.053\ 7$		
CI	$CI = 0.026\ 9$		
CR	$CR = 0.046\ 3$		

表 9 视觉互动指标子层决策矩阵及其一致性检验数据

<i>D</i>	a11	a12	a13
	a11	$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/2 \end{bmatrix}$	
	a12	$\begin{bmatrix} 1/2 & 1 & 1/2 \end{bmatrix}$	
	a13	$\begin{bmatrix} 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	
ω	$\omega = [0.311\ 9, 0.197\ 6, 0.490\ 5]^T$		
λ_{max}	$\lambda_{max} = 3.053\ 7$		
CI	$CI = 0.026\ 9$		
CR	$CR = 0.046\ 3$		

表 10 操作互动指标子层决策矩阵及其一致性检验数据

<i>D</i>	a31	a32	a33
	a31	$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	
	a32	$\begin{bmatrix} 1/2 & 1 & 1/2 \end{bmatrix}$	
	a33	$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	
ω	$\omega = [0.4000, 0.2000, 0.4000]^T$		
λ_{max}	$\lambda_{max} = 3$		
CI	$CI = 0$		
CR	$CR = 0$		

由表 2 的 MDL 评价指标可知,审美性、稳定性、实用性的指标层以及听觉互动、色彩知觉、形状知觉的指标子层的决策矩阵阶数均 ≤ 2 ,所以它们的决策矩阵一定满足一致性检验要求^[12],在表 11~表 15 中给出了它们对应的决策矩阵和指标权重。

表 11 审美性指标层决策矩阵及其指标权重

<i>D</i>	B1	B2
	B1	$\begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix}$
	B2	$\begin{bmatrix} 1/2 & 1 \end{bmatrix}$
ω	$\omega = [0.666\ 7, 0.333\ 3]^T$	

表 12 稳定性指标层决策矩阵及其指标权重

<i>D</i>	$\begin{matrix} S1 \\ S1[1] \end{matrix}$
ω	$\omega = [1]^T$

表 13 实用性指标层决策矩阵及其指标权重

<i>D</i>	$\begin{matrix} P1 & P2 \\ P1 \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1/2 & 1 \end{bmatrix} \\ P2 \end{matrix}$
ω	$\omega = [0.666\ 7, 0.333\ 3]^T$

表 14 听觉互动指标子层决策矩阵及其指标权重

<i>D</i>	$\begin{matrix} a21 \\ a21[1] \end{matrix}$
ω	$\omega = [1]^T$

表 15 色彩知觉指标子层决策矩阵及其指标权重

<i>D</i>	$\begin{matrix} b11 & b12 \\ b11 \begin{pmatrix} 1 & 1/2 \\ 2 & 1 \end{pmatrix} \\ b12 \end{matrix}$
ω	$\omega = [0.333\ 3, 0.666\ 7]^T$

表 16 形状知觉指标子层决策矩阵及其指标权重

<i>D</i>	$\begin{matrix} b21 & b22 \\ b21 \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1/2 & 1 \end{pmatrix} \\ b22 \end{matrix}$
ω	$\omega = [0.666\ 7, 0.333\ 3]^T$

4 实例验证

目前市面上 APP 交互按钮的主流形状如下：



以优学派儿童平板电脑的故事导航系统(原始界面按钮如图 1 所示)的优化设计为例,按钮的形状主要基于以上按钮的主流形状进行设计,本文设计了 8 个导航按钮交互界面方案,分别如图 2~图 9 所示。



图 1 原始界面

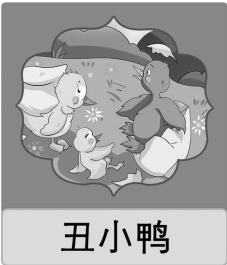


图 2 方案 1



图 3 方案 2



图 4 方案 3



图 5 方案 4



图 6 方案 5



图 7 方案 6



图 8 方案 7



图 9 方案 8

本文采用问卷调查的形式,利用模糊评价法对设计方案进行综合评价,其主要分为 5 个评价等级,分别是{不满意,较不满意,一般,较满意,满意},对应的分数分别为{45,60,75,85,100}。根据问卷调查的统计结果(有效问卷为 100 份),设计方案 1 中各项指标的多层次评价结果如表 17 和表 18 所示。

进而,根据表 6—表 16 中得到的各个指标的权重,以及表 17 和表 18 中的分数,通过计算可以得到方案 1 中指标层和准则层的各指标分数及方案总得分,计算结果如表 19 所示。

表 17 方案 1 中指标子层问卷调查结果

指标子层	不满意	较不满意	一般	较满意	满意	指标子层分数
a11	0.34	0.22	0.23	0.12	0.09	64.950 0
a12	0.08	0.15	0.30	0.35	0.12	76.850 0
a13	0.05	0.12	0.19	0.42	0.22	81.150 0
a21	0.50	0.28	0.11	0.09	0.02	57.200 0
a31	0.23	0.16	0.18	0.13	0.30	74.500 0
a32	0.14	0.10	0.27	0.21	0.28	78.400 0
a33	0.20	0.22	0.31	0.17	0.10	69.900 0
b11	0.06	0.12	0.30	0.29	0.23	80.050 0
b12	0.30	0.27	0.24	0.10	0.09	65.200 0
b21	0.25	0.11	0.37	0.20	0.07	69.600 0
b22	0.10	0.16	0.31	0.33	0.10	75.400 0

表 18 方案 1 中指标层问卷调查结果

指标层	不满意	较不满意	一般	较满意	满意	指标层分数
I1	0.16	0.38	0.19	0.19	0.08	68.400 0
I2	0.23	0.25	0.14	0.23	0.15	70.400 0
I3	0.10	0.26	0.25	0.16	0.23	75.450 0
S1	0.31	0.06	0.23	0.28	0.12	70.600 0
P1	0.23	0.20	0.22	0.23	0.12	70.400 0
P2	0.30	0.27	0.25	0.13	0.05	64.500 0

表 20 各指标在导航交互按钮优化方案中的指标分数

维度	互动性	识别性	审美性	稳定性	实用性	目标层(总分)
方案 1	70.794 7	70.416 9	70.610 7	70.600 0	68.433 5	70.303 7
方案 2	71.235 7	85.672 5	84.143 2	72.900 0	76.825 2	76.656 0
方案 3	84.612 7	82.984 0	85.483 8	77.000 0	82.627 9	81.682 0
方案 4	82.736 4	83.362 5	87.741 7	77.750 0	85.925 8	82.254 3
方案 5	81.635 0	81.432 5	79.752 3	82.450 0	83.932 7	81.984 3
方案 6	85.864 1	87.618 9	89.958 4	89.850 0	84.873 9	87.766 7
方案 7	83.497 9	84.286 7	85.396 2	86.600 0	80.681 2	84.438 8
方案 8	81.359 4	83.761 6	81.224 8	87.150 0	82.484 1	83.807 5

黄色,与故事图片的主色调绿色搭配协调,黄色是色彩中比较明快的颜色,给人积极向上的色彩感受,且黄色的明度较高,用在语言提示栏部分,让按钮显得醒目,容易识别,该方案更具可行性。

5 结论

导航按钮交互性的优良会直接影响学前儿童对于平板电脑的使用,影响其学习积极性及效率。利用 D-S 证据综合法搭建了决策判断矩阵,得到了专家意见综合问题的解决方案,再结合 AHP 确定指标权重;构建了学前儿童平板电脑导航交互按钮的评价指标体系,最后对原有优学派“童话故事”导

表 19 方案 1 评价结果

指标层	指标层分数	准则层	准则层分数	方案 1 总得分
A1	75.247 5	A	70.794 7	70.303 7
A2	57.200 0			
A3	73.440 0			
I1	68.400 0	I	70.416 9	
I2	70.400 0			
I3	75.450 0			
B1	70.149 5	B	70.610 7	
B2	71.533 1			
S1	70.600 0	S	70.600 0	
P1	70.400 0	P	68.433 5	
P2	64.500 0			

方案 2~方案 8 可用相同的方法计算出各指标的问卷调查分数表,最终可进一步计算出其各自的目标层总分数,计算结果如表 20 所示。

从准则层看,方案 6 的界面优化设计的互动性、识别性、审美性、稳定性 4 个指标的分值及总分均最高,用户体验比较满意,方案最优。方案 6 中:故事图片用圆形进行展示,可爱生动;文字及语音提示部分使用椭圆矩形,更聚焦人的视线,图形与文字部分都容易识别;颜色搭配方面,文字提示栏使用了

航界面进行了优化设计并分析评价。从上述验证可以得出以下结论:

1)基于 D-S 证据综合法及层次灰关联综合评价方法在学前儿童平板电脑导航交互按钮设计评价中具有良好指导意义。

2)其结果准确、具有极强的操作性。

3)为具有灰色系统特性的学前儿童平板电脑导航交互按钮设计评价提供了一种新的方法。

4)对于交互按钮的大小及颜色如何影响学期儿童平板电脑的使用,将继续在以后的研究中进行探讨。

参考文献

[1] 赵艳云. 学前期儿童学习平板电脑软件界面设计方法研究[D]. 天津: 天津大学, 2015.

[2] 刘子昂. 基于人机交互研究的儿童平板电脑设计[D]. 成都: 西南交通大学, 2013.

[3] 杨志坤. 儿童电子出版物中交互按钮的易用性设计[J]. 科技与出版, 2012(6): 67-68.

[4] 杨丽, 曾瑞, 方向阳. 移动学习资源用户行为模式研究——基于对 140 名学前儿童的问卷调查与访谈[J]. 职业技术教育, 2019, 32(40): 35-39.

[5] PIAGET J. The psychology of the child[M]. Paris: Universitaires de France, 1966.

[6] 李玥. 平板电脑儿童图书应用的导航设计艺术[J]. 数字无限, 2013(8): 94-96.

[7] 沈珉. 情景化交互: AR 童书设计核心[J]. 中国出版, 2019(4): 47-51.

[8] DEMPSTER A P. Upper and lower probabilities induced by a multiplicand mapping[J]. Annals of Mathematical Statistics, 1967, 38: 325-339.

[9] DEMPSTER A P. A generalization of bayesian inference [J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1968, 30: 205-247.

[10] 韩德强, 杨艺, 韩崇昭. DS 证据理论研究进展及相关问题探讨[J]. 控制与决策, 2014, 29(1): 1-11.

[11] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002: 2-14.

[12] 潘永之, 侯冠男, 孙奕帆. 对层次分析法中平均随机一致性指标的研究[C]//第 20 届全国计算机新科技与计算机教育学术大会论文集. 昆明: 全国高等学校计算机教育研究会, 2009: 193-195.

A Study on the Evaluation of the Interaction Design of the Navigation Buttons on the Tablet Computer for Preschool Children

YANG Chun-lan, WANG Yu-xin

(Apparel and Art Design College, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710068, China)

Abstract: The establishment of evaluation indicators for the interactive design of the navigation buttons on the tablet computers for preschool children, which is conducive to the improvement and optimization for the interactive buttons of preschool children's tablets. From the perspective of preschool children's experience, a multi-dimensional and multi-level evaluation index for interactive design of tablet navigation buttons was created. The method was based on the created multi-dimensional and multi-level evaluation indicators, and the decision matrix of the evaluation indicators was designed according to the D-S evidence theory, and the weight of the evaluation indicators was determined by the analytic hierarchy process. Finally, taking the interactive design of navigation buttons on the "Fairy Tales" interface of the children's tablet of the You School as an example, the comparative analysis and evaluation of the eight optimized design schemes verify the rationality and effectiveness of the proposed method.

Key words: preschool children; tablet computer; interactive design of navigation buttons; D-S argument theory; AHP