

基于 AHP 层次分析法的儿童电子绘本 角色面孔绘图方式研究

顾芮冰, 张丙辰, 张仁杰, 李寻, 杨俞玲
(江苏师范大学, 江苏 徐州 221116)

摘要: **目的** 通过解析学龄前儿童对不同绘图方式的视觉认知特点, 总结主流绘图方式的特征, 为优化绘本角色面孔设计提供参考。**方法** 记录被试对象加工不同绘图方式角色面孔时的眼动数据, 分析数据并筛选眼动指标, 结合层次分析法提炼绘本设计准则, 构建层次结构模型。通过模糊矩阵进行层次权重计算, 计算各级层次准则权重值。**结果** 提炼电子绘本角色面孔的设计准则, 将 9 项眼动指标作为子准则评定系数引入层次模型, 进行权重计算, 获知儿童对设计准则中绘图方式的偏向次序, 得到引导性与吸引性的排序结果一致, 易记性排序截然相反, 继而总结出基于引导性、易记性、吸引性的绘本角色设计方法。**结论** 基于层次分析法的学龄前儿童电子绘本角色面孔研究以客观权重解析了儿童对不同绘图方式的视觉加工特征, 总结出 3 种设计准则中绘图方式与儿童的绘本阅读效率、阅读兴趣间的相互影响, 为后续设计主题性绘本提供了一定的参考, 从而实现绘本对学龄前儿童的教育功能。

关键词: 眼动; 学龄前儿童; 电子绘本; 绘本角色; 绘图方式; 层次分析法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)10-0221-11

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.10.027

Role Face Drawing Methods of Children's Electronic Picture Books Based on AHP Analytic Hierarchy Process

GU Rui-bing, ZHANG Bing-chen, ZHANG Ren-jie, LI Xun, YANG Yu-ling

(Jiangsu Normal University, Jiangsu Xuzhou 221116, China)

ABSTRACT: The paper aims to summarize the characteristics of mainstream drawing methods and provide references for optimizing the character face design of picture books by analyzing the visual cognitive characteristics of different drawing methods of preschool children. The eye movement data of the subjects when processing the character faces in different drawing methods is recorded and analyzed, the eye movement indicators are filtered, the fuzzy analytic hierarchy process is combined to refine the drawing book design guidelines, and a hierarchical structure model is built. The fuzzy matrix is used to calculate the level weight, and the weight value of each level criterion is obtained. The three design criteria for the character faces of the electronic picture book are refined, nine eye movement indicators are introduced as sub-criteria evaluation coefficients into the hierarchical model, and weight calculations are performed to learn the child's preference order for the drawing methods in the design criteria, and obtain guidance and attractiveness. The ranking results are the same, but the memorability ranking is completely opposite, and then a picture book character design method based on guidance, memorability, and attractiveness is summarized. Based on the analytic hierarchy process, the study on the role and face of the electronic picture book for preschool children analyzes the children's visual processing characteristics of different drawing methods with objective weights, and summarizes the interaction between the drawing method and the children's picture book reading efficiency and reading interest in the three design guidelines. The influence provides a

收稿日期: 2022-01-06

基金项目: 江苏师范大学研究生科研与实践创新计划 (2020XKT197); 教育部人文社会科学研究规划基金 (18YJAZH123)

作者简介: 顾芮冰 (1996—), 女, 硕士生, 主攻儿童产品设计。

通信作者: 张丙辰 (1976—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为儿童产品设计。

certain reference value for the subsequent design of thematic picture books, so as to realize the educational function of picture books for preschool children.

KEY WORDS: eye movements; preschool children; electronic picture books; picture book roles; drawing methods; analytic hierarchy process

绘本作为儿童接触到的第一本书,不仅可以增加幼儿的词汇量,它还通过图画增强儿童手眼协调、解决问题的能力,并开发其创造力和对拓展世界的理解,促进儿童进行更广泛知识的学习^[1]。十八大报告中强调“开展全民阅读活动”是丰富人民精神文化生活的重要途径^[2],儿童绘本市场已逐渐向数字化方向发展,电子绘本因其时效性、便易性、趣味性等特点获得了更多家长、儿童的喜爱和选择,且已在图书市场中占据举足轻重的地位。角色造型是绘本创作中至关重要的环节,它担任着揭示人物性格、推进情节发展、表达绘本含义的任务^[3],而绘本角色的面孔特征是吸引读者的关键点,承载着儿童对绘本的认同度和适应度。学龄前儿童是电子绘本的最大受众者,且该阶段是婴幼儿时期过渡到学龄阶段的关键时期,对儿童的发展起到重要作用^[4],所以通过对学龄前儿童的实验分析可以更有效地促进电子绘本角色面孔研究的发展。

1 学龄前儿童的视觉认知特点

学龄前(3~6岁)儿童处于前运算阶段,他们认为这个世界的所有事物都和人类一样具有生命和感情,也能明白真实世界和虚幻世界的不同,因此朱吉虹等^[5]建议在角色设计中可以通过拟人化的手法创建符合其主题气质的形象。在儿童的图形认知能力上,他们对轮廓分明、形象简单的图形认知度较高,周赞等^[6]认为适合儿童应用的图形应是简洁、具象、可爱、活泼的。Vane等^[7]针对儿童对颜色、形状的二维认知研究发现,3岁前的儿童以形状抽象为优势,4~5岁的儿童转为颜色抽象为优势,6岁后又回归于形状抽象优势。Jennifer等^[8]通过实验表明,在视觉上学龄前儿童偏好对比度大、鲜明艳丽的颜色,比如相比黑白灰棕色而言,他们对红黄绿等鲜艳颜色的感知能力更强,更喜欢色彩所带来的刺激性。

通过以上学者研究可看出,学龄前儿童的视觉认知偏向形色抽象模式,图形加工方式为整体加工。在电子绘本设计中,通过探索学龄前儿童对形态、色彩等方面的偏好研究,创造出贴合儿童视觉认知特点的电子绘本,会为其带来更完美的阅读体验。

2 电子绘本角色面孔设计

2.1 儿童电子绘本设计

电子绘本是具有互动功能的电子书籍,它将图

像、声音、动画和文本巧妙结合^[9]。电子绘本的特殊性主要在于儿童可以自主阅读且有效激发儿童的阅读兴趣^[10],幼儿在使用它的过程中或是使用之后对其产生一定的影响,这种影响更多地在于心理与精神上的疏导,以及对其情绪情感的培养。姜洪伟等^[11]通过对比幼儿阅读电子绘本与纸质绘本的实验中发现,电子绘本对儿童在阅读过程中的阅读兴趣、注意力等方面具有直接影响,从而促进儿童阅读能力的发展。多位学者发现,电子绘本在特殊儿童教育中也起着重要作用。李亚婧^[12]利用电子绘本对智力障碍儿童读写干预实验中发现,电子绘本对智力障碍儿童的阅读及读写方面都具有立即且持续的干预效果。

在电子绘本设计研究中,Sargeant^[13]认为电子绘本缺乏设计模型与设计法则,因此需要更全面的角度对电子绘本进行进一步研究。国内学者中,如丁嘉阳等^[14]通过调查研究将国内外儿童交互绘本的界面表现形式分为电子图片集、视听动画集和体验反馈集。学者认为在绘本角色设计上作者通过类比和联想的隐喻设计使角色造型更加生动有趣,内涵层次更为丰富,增强读者的代入感。

通过以上研究可以发现在电子绘本的引导下,儿童得以最直接地感受万物并逐渐丰富自身的想象力,提高语言及逻辑思维能力,培养探索精神,充实内心情感。

2.2 儿童绘本角色面孔设计

以Justice^[15]和Evans^[16]为代表的美国学者使用眼动实验对学龄前儿童阅读绘本时的注视特征进行研究,儿童极少看文字,更多的注视点在图画。电子绘本以图画的形式作为主要内容,切合主题的角色造型则是优秀绘本的必要条件。

根据电子绘本角色造型分类,可分为动物、人物、植物、器物4种造型。根据绘画方式分类,又可将电子绘本分为水彩画类、油画类、简笔画类、电脑制图类。在面孔类型的实验中,Hoptman等^[17]通过观察被试对象对合成表情图片的反应,发现在真实面孔与卡通面孔间并不存在认知差异。王军利等^[18]通过ERP技术探究儿童对卡通面孔认知差异,得出儿童加工卡通人脸的速度快于卡通动物。Kelly等^[19]人指出,儿童对不同种族面孔的整体加工水平随着年龄的增长开始变化,对本种族面孔认知发展逐渐趋向成熟的整体加工策略,对其他种族的面孔整体加工能力较弱。在角色绘图方面,王静梅等^[20]通过对30名儿童进行眼动实验发现,角色的绘图方式在吸引力上存在显著

差异。

综上所述, 面孔是电子绘本设计中表达情感、推进情节的重要依托, 儿童通过对角色面孔的知觉可以获得大量的绘本信息。电子绘本角色面孔研究对儿童认知绘本、优化面孔视觉认知有着重要影响。尽管人们利用不同实验方式对电子绘本角色设计研究越来越多, 但是在角色面孔的绘图方式对儿童面孔加工影响方面的研究较少。因此, 将绘本角色面孔设计引入儿童认知研究中便成为非常重要的一项课题。

3 层次分析法

层次分析法 (The Analytic Hierarchy Process) 是美国统筹学家 Saaty 提出的一种定性和定量相结合的层次化、系统化的分析方法, 其过程是将影响目标层的因子列出, 并根据因子之间的联系建立层次结构, 再量化因子间的重要性, 通过权重将重要性量化, 通过层次分析得到最终目标的权重^[21]。吴振峰等^[22]通过层次分析法将教师选择英语线上绘本的各因素权重进行归纳分析, 为教师、教育机构等提供了一套客观且行之有效的线上绘本评选标准。赵艳晓等^[23]为分析用户对医疗辅导玩具的需求特征, 运用模糊层次分析法建立针对辅导玩具的各项设计评价指标, 并进行排序, 为肿瘤儿童医疗辅导玩具总结出可信赖度较高的设计优化策略。Wang 等^[24]在儿童智能水杯设计中引入层次分析法, 有效减少了无用元素的干扰, 从而提高了设计效率。

层次分析法作为解决具有层次结构的复杂评价与决策问题的方法, 因其客观性强、高效实用和相对简便的特点在国内外已被广泛使用, 将眼动实验与层次分析法相结合不仅可以有效避免单一实验方法中的主观因素, 而且通过权重值排列顺序可以清晰地呈现分析结果, 从而增强学龄前儿童对电子绘本角色面孔认知特征实验的准确性与可靠性。

4 面向学龄前儿童的电子绘本角色面孔偏好实验

此研究从儿童电子绘本中的人物角色面孔角度入手, 研究绘图方式对不同情绪的角色面孔与角色吸引力的影响。研究过程主要包括儿童绘本角色收集整理、实验样本编制、眼动实验和权重分析得出结论等 4 个阶段。

4.1 研究目的

此次实验设计的目的是研究儿童视觉认知特点与电子绘本角色绘图方式之间的关系, 分析讨论儿童绘本角色设计的方法。

4.2 被试对象

随机选取江苏省徐州市某公立幼儿园大班、中班

幼儿 51 人, 完整完成实验者 42 人, 其中男童 22 人, 女童 20 人, 平均年龄为 5.56 岁。所有被试者均自愿参与, 右利手、视力或矫正视力情况良好, 无色盲、无精神病史和其他疾病。2 组儿童性别和年龄的具体情况见表 1。

表 1 被试对象年龄分布
Tab.1 Age distribution table of subjects

班级	人数	男性	女性	平均月龄
中班	19	12	9	45.79±4.36
大班	21	10	11	68.47±5.12

4.3 绘本角色样本收集与分析

经调研并参考文献资料, 目前市场上 70% 的儿童读物是绘本。2020 年 1~4 月, 少儿图书市场占图书零售整体市场的比例为 30%, 稳居第一^[25]。由于儿童电子绘本种类较多, 通过到少儿活动中心、幼儿园、辅导机构等实地调研, 并统计国内外应用商城统计销量较高的儿童电子绘本, 共收集 150 种较为典型的绘本角色面孔造型。在教辅人员及相关设计人员的筛选下, 共选定代表性电子绘本 27 种, 对其进行分类, 并结合相关文献对其特征与风格进行分析, 见表 2。

根据相关文献与表 2 中对代表性样本的分类解析, 可以提炼出 3 种使用较为广泛的绘图方式——简笔手绘、仿真手绘和卡通手绘^[26]。通过表 2 可以看出, 3 种绘图方式虽然在绘本中可能会呈现为多样化的艺术风格形式, 但通过风格解析可以发现, 不同风格间具有较为接近的特质, 而且这些特质与绘图方式的特征具有较高相似性, 如以 3 种绘图方式对多样化的风格进行梳理概括, 能够更为高效、系统地对绘本角色面孔展开研究。

考虑到角色面孔的底色会对后续研究产生影响, 对上述样本的色值 (H 、 S 、 B) 进行统计分析, 并制作折线图, 可清晰地看出 3 种绘图方式样本色值的曲线变化。简笔手绘的色相基本为 0, 仿真手绘与卡通手绘的色相虽有差异, 但从图中可看出其波动范围主要集中在 20° ~ 40° 。仿真手绘的饱和度变化显著, 其余 2 种绘图方式的饱和度差异较小; 3 种绘图方式的明度均处于较高范围。

4.4 实验样本

4.4.1 原始材料制作

1) 通过网络下载中国情绪图库, 获取清晰人物面孔图片 40 张, 去掉面孔的眼镜、饰品和脖子等外部特征。为确保刺激材料的统一性, 用 Photoshop 软件处理图片时, 生成的图片宽度为 27.9 cm、高度 20.32 cm、清晰度与亮度均保持一致。

2) 情绪评定。通过将这 40 张不同情绪的人物面孔图片与 CMU Multi-PIE 人脸数据库进行对比, CMU

表2 典型性电子绘本角色面孔样本分析
Tab.2 Part of the electronic picture book character face samples

绘图方式类型	典型样本图例	绘图方式特征	艺术风格特点
简笔手绘 J1—J9		以简练的线条笔触勾勒角色面孔，面部轮廓、发型及五官多为单线形式，简化面孔细节，空间层次变化较少，立体感较弱，既有概括性又具有可识性	简笔手绘绘图方式相关的艺术风格目前主要包括扁平化风格、涂鸦风格及稚拙风格，此类风格包含多种共性，如角色面孔轮廓较为简洁，面孔无色彩及光影过度，五官较为接近真实比例，少有夸张变形的修饰，情绪特征较为清晰
仿真手绘 F1—F9		以细腻的笔触对角色面孔进行整体刻画，形态线条流畅，明暗变化处理复杂，体积感较强。面孔特征、发型、五官绘制立体，塑形手法多样，具有真人化的特征，神态自然，识别性较高	仿真手绘相关的艺术风格主要包含自然风格、具象风格及写实风格，此类风格包含多种共性，即人物面孔比例协调，细节丰富，五官仿真性较高，面孔具有较强的色彩及光影效果，肌肤质感较为真实，给人以较强的三维立体感，情绪特征较为显著
卡通手绘 K1—K9		在把握角色面孔基本特征的基础上，通过简化、夸张、变形将其特征进行演变，突出上庭刻画，简化局部细节，明暗关系处理较弱，丰富角色内在情绪，在视觉上具有冲击力，多为轻松、新奇、可爱的面孔	卡通手绘的相关艺术风格包含Q版风格、漫画风格及怪趣风格。此类风格包含多种共性，如角色面孔主体圆润，五官比例较为夸张，着重夸大眼部区域面积，细节丰富，两颊多有腮红修饰，嘴、鼻往往简化为点、线或色块的形式，情绪特征较为生动

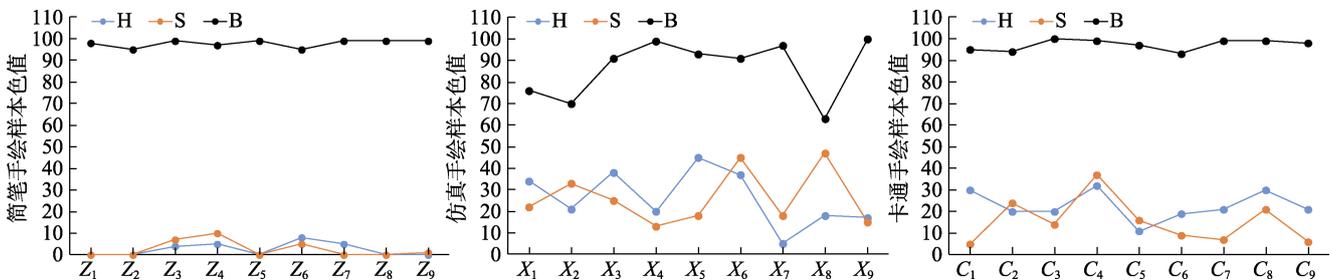


图1 样本图片色值
Fig.1 Sample image color value

Multi-PIE 人脸数据库由卡耐基梅隆大学建立，如今已逐渐成为人脸识别研究中一个权威性的测试集合，安高云^[27]、赵振华^[28]、王智飞^[29]等均在人脸识别的实验中采用了CMU数据库。因儿童识别情绪能力有限，因此从库中分别选定出平静、愉快、不满3种易于识别的情绪，并在中国情绪图库中选出3张符合与CMU Multi-PIE人脸数据库中的3种情绪面孔进行绘制。

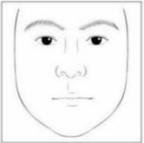
4.4.2 实验样本呈现

为了便于实验研究，对代表性样本的绘图方式进行简化处理，均为正面面孔、男性角色、清晰的图片。面孔主色设定参考图1的HSB变化规律，增强面孔

明度，因样本均为亚洲面孔，所以绘制实验样本时均降低其饱和度。为突出简笔手绘的特征，设定实验面孔为无底色，仿真手绘与卡通手绘的色相保持一致。通过CorelDRAWX7、Photoshop软件对代表性样本进行3种绘图方式的制作，最后生成3种情绪下的3种绘图方式面孔样本图片9张，并根据绘图方式与情绪类型进行编码，见表3。

实验角色分别按照同一情绪下的3种绘图方式和同一绘图方式下的3种情绪类型依次分布，共9张，分辨率为37.8像素/cm，颜色模式(RGB)为8位，背景白色为RGB: 255, 255, 255。实验样本及呈现方式见图2，按照试验程序设计依次自动播放和切换刺激图片。

表 3 不同绘图方式下的人物面孔样本
Tab.3 Samples of human faces in different drawing methods

绘画方式	情绪类型		
	平静 X ₁	愉快 X ₂	不满 X ₃
简笔手绘 Y ₁			
仿真手绘 Y ₂			
卡通手绘 Y ₃			

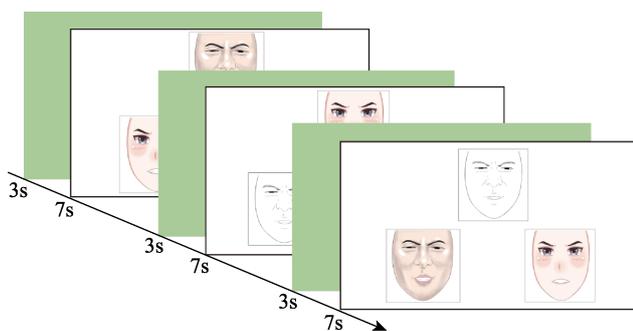


图 2 实验样本呈现方式

Fig.2 Experimental sample rendering diagram

4.5 实验因子

为考察反应时等行为数据及眼动数据, 实验采用 3 (绘图方式: 简笔手绘、仿真手绘、卡通手绘) × 2

(被试对象性别: 男、女) 双因素混合实验。此次研究共进行 2 轮实验, 每轮实验所选实验材料均为单一变量, 即同一绘图方式的表现风格与色值不变, 同一情绪类型的面孔轮廓与五官特征不变。

4.6 实验程序

此实验通过七鑫易维公司生产的 aSee Glasses 眼镜式眼动仪记录被试对象眼动数据。该眼动仪采样率为 120 Hz, 呈现刺激图片的显示器分辨率为 1 280×800 dpi 的微软 Surface Pro 7 显示器上。实验在一间独立的房间内进行, 光线自然, 隔音效果较好, 调整被测试者和显示器之间的距离控制在 50~70 cm。调整座椅高度, 在实验开始之前使被试对象平视屏幕中央, 先进行三点校准, 使眼动误差控制在有效范围内, 校准后记录眼动数据。实验后通过 aSee Glasses 眼镜式眼动仪自带的 Studio1.1.17.8 分析软件将眼动数据导出。

4.7 基于眼动实验确定层次指标

通过文献梳理得知, 国内外众多学者将眼动指标与设计评估方法相结合。Kuo 等^[30]将眼动追踪技术运用到产品的设计评估中, 并验证了被试对象的平均注视时长、总注视时间、眼跳、瞳孔直径等, 可为研究产品的视觉吸引力及情感属性提供可靠的评估指标。黄晟等^[31]利用眼动技术提取连弧纹铭带镜的设计因子, 通过眼动热图划分被试对象对连弧纹铭带镜兴趣区域, 即样本的吸引力, 从而提取并归纳其设计要素。邱相斌等^[32]在研究中发现, 注视点数量、注视时间、热点分布图等眼动指标可有效验证教学动画情绪对认知加工和学习效果的引导性。

结合现有文献, 总结了眼动指标反映出被试对象在实验中的视觉认知差异与注视特征, 以下对 9 项眼动指标进行解释, 见表 4。

表 4 眼动指标说明

Tab.4 Eye movement description table

眼动指标	指标说明	指标含义
瞳孔直径/mm	被试对象在当前刺激下的瞳孔收缩情况	反应被试对象的认知加工程度, 瞳孔直径越大对表示该区域的认知加工越深刻
目标击中率/%	落在兴趣区或指定对象的注视次数占总体注视次数的比率	比率越大, 表明该区域的搜索效率越高, 反之则搜索效率越低
首次注视前时间/s	落在兴趣区第 1 个注视点前的注视时间	首次注视时间与该区域对被试对象的引导度成正比
再注视比率/%	被试对象在特定区域的回看次数与总区域回看次数的比率	反映被试对象对该区域的信息复杂程度, 再注视比率与信息复杂度成正比
回看次数	被试对象对已注视区域的视觉再加工过程	回看次数与该区域的信息复杂程度成正比
注视率/%	被试对象在特定区域的注视时间与总区域注视时间的比率	反应该区域的信息提取难度, 比率越大信息提取难度越高
累计注视次数	被试对象在区域内的注视次数总和	注视次数越多, 该区域的吸引力越强
累计注视时间/s	被试对象在区域内注视时间的总和	累计注视时间越长, 该区域的吸引力越高
首次注视时间/s	落在兴趣区第一个注视点的持续时间	首次注视时间越长, 被试对象对该区域的信息优先被获取, 被试对象对该区域的喜爱度越高

在此基础上,根据珍妮弗等^[33]和韩映红等^[34]学者提出的基于眼动指标的设计评价模型,并结合儿童视觉认知特征及电子绘本设计要素,通过访问设计学相关背景的专家并参考相关学者^[35-37]的研究后建立递阶层次结构^[38],见图3。以绘图方式设计元素为目标层A,引导性、易记性、吸引力为准则层B,眼动指标为子准则层C。瞳孔直径、目标集中率、首次注

视前时间反映出对被试对象视觉的引导性,即电子绘本的特征是否易被察觉,对儿童绘本阅读的关注度具有显著意义;再注视比、回看次数、注视率反映出儿童在绘本的视觉落点是否频繁,可反映电子绘本的易记性;累计注视次数、累计注视时间、首次注视时间反映了绘本被注视后的关注度和儿童的认同感,从而有效测量其吸引力。

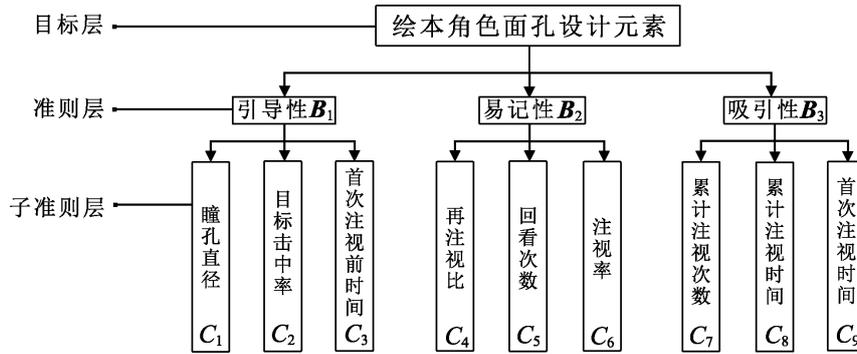


图3 递阶层次结构
Fig.3 Hierarchical substructure

4.8 使用层次分析法计算眼动指标权重

层次分析法依据1~9层标度确认重要等级,但主观性较强且可用性欠佳,因此结合模糊互补矩阵进行调整,改用0~1标度构造判断矩阵计算各眼动指标权重^[39],算法如下。

4.8.1 构造模糊互补矩阵

模糊判断矩阵:

$$x = (f_{ij})_{n \times n} \tag{1}$$

$$f_{ij} = \begin{cases} 0 & s(i) < s(j) \\ 0.5 & s(i) = s(j) \\ 1 & s(i) > s(j) \end{cases}$$

4.8.2 求和矩阵

将互补判断矩阵进行求和:

$$x_i = \sum_{j=1}^m f_{ij} \tag{2}$$

并转换公式:

$$x_{ij} = \frac{x_i - x_j}{2m} + 0.5 \tag{3}$$

构造模糊一致性矩阵 $A = (x_{ij})_{n \times n}$

4.8.3 构造指标权重

计算判断矩阵 $x = (f_{ij})_{n \times n}$ 的元素乘积:

$$a_i = \prod_{j=1}^n x_{ij} \tag{4}$$

求新向量 n 次方根:

$$\bar{w}_i = \sqrt[n]{a_i} \tag{5}$$

得出所得向量归一化后的权重向量:

$$w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{w}_i} \tag{6}$$

眼动指标的权重系数计算:

$$w = (w_1, w_2 \dots w_n) \tag{7}$$

4.8.4 眼动指标权重计算

根据式(1),通过设计学方向专业人员进行子准则层排序,则子准则层模糊互补矩阵分:

$$x_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0 \\ 1 & 0.5 & 1 \\ 1 & 0 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$x_2 = \begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 \\ 1 & 1 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$x_3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 1 \\ 1 & 0.5 & 1 \\ 0 & 0 & 0.5 \end{bmatrix}$$

由式(2) — (3)将互补矩阵进行一致性转换:

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.167 & 0.333 \\ 0.833 & 0.5 & 0.667 \\ 0.667 & 0.333 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.667 & 0.333 \\ 0.333 & 0.5 & 0.167 \\ 0.667 & 0.833 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.333 & 0.667 \\ 0.667 & 0.5 & 0.833 \\ 0.333 & 0.167 & 0.5 \end{bmatrix}$$

根据式 (4) — (7) 计算得出 9 项眼动指标的权重系数:

$$B_1 = (c_1, c_2, c_3) = (0.268, 0.394, 0.338)$$

$$B_2 = (c_4, c_5, c_6) = (0.338, 0.268, 0.394)$$

$$B_3 = (c_7, c_8, c_9) = (0.338, 0.394, 0.268)$$

4.9 眼动数据统计

通过对眼动实验数据的统计分析, 得到男童和女童对实验样本兴趣区域的眼动数据, 详见表 5—6。

表 5 男童儿童眼动数据
Tab.5 Eye movement data of boys and children

绘图方式	引导性 B_1			易记性 B_2			吸引力 B_3		
	C_1/mm	$C_2/\%$	C_3/s	$C_4/\%$	C_5	$C_6/\%$	C_7	C_8/s	C_9/s
Y_1	0.190	8.71	0.045	9.49	301	7.85	1 135	161.002	5.083
Y_2	0.359	9.41	0.024	12.46	341	8.30	1 088	171.843	6.792
Y_3	0.235	11.67	0.012	16.81	425	11.79	1 161	232.341	7.072

表 6 女童儿童眼动数据
Tab.6 Eye movement data of girls and children

绘图方式	引导性 B_1			易记性 B_2			吸引力 B_3		
	C_1/mm	$C_2/\%$	C_3/s	$C_4/\%$	C_5	$C_6/\%$	C_7	C_8/s	C_9/s
Y_1	0.190	8.215	0.050	9.3	287	8.69	1 136	168.867	5.525
Y_2	0.359	9.87	0.035	10.26	328	9.54	1 167	166.952	5.950
Y_3	0.235	12.05	0.009	18.50	448	13.30	1 228	243.544	7.680

5 绘本角色面孔设计元素权重分析

5.1 引导性

引导性指实验中的样本绘图方式 (Y) 对被试对象的认知加工影响。实验以简笔画 (Y_1)、仿真手绘 (Y_2)、卡通手绘 (Y_3) 为变量因子, 通过计算被试对象瞳孔直径缩放比、目标击中率、首次注视前相对时间分析该绘图方式的引导性, 权值与引导性成反比。

1) 被试对象的瞳孔直径缩放比:

$$E_x = \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{e_g} \quad (8)$$

式中: n 为 40; e_i 为第 i 个被试对象在该绘图方式区域中的平均瞳孔直径, mm; e_g 为第 i 个被试对象在注视该绘图方式所在的整体样本时的平均瞳孔直径, mm; E_x 为 40 位被试对象注视 9 张样本 3 种绘图方式上的瞳孔直径缩放比总和。

2) 被试对象对绘图方式的目标击中率:

$$H_x = \sum_{i=1}^n h_i \quad (9)$$

式中: n 为 40; h_i 为第 i 个被试对象在该绘图方式区域中的目标击中率; H_x 为 40 位被试对象 9 张样本 3 种绘图方式上的目标击中率总和。

3) 被试对象对绘图方式的相对首次注视前时间:

$$T_x = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{S_x \cdot t_g} \quad (10)$$

式中: n 为 40; t_i 为第 i 个被试对象在绘图方式 x 区域中的首次注视前时间; S_x 为该绘图方式 x 所在区域的面积, cm; t_g 为第 i 个被试对象在观看绘图方式 x 所在的样本中的首次注视前时间之和; T_x 为 40 位被试对象在 9 张样本的绘图方式 x 上的相对首次注视前时间之和, 结果见表 7。

表 7 绘图方式的引导性指标
Tab.7 Drawing way of leading indicators

绘图方式	瞳孔直径缩放比 E_x	目标击中率 H_x	相对首次注视前时间 T_x
简笔画 Y_1	39.991	2.558	0.169
水粉手绘 Y_2	39.843	2.900	0.059
卡通手绘 Y_3	40.000	3.529	0.017

分析 3 种绘图方式的引导性 B_1 的权重, 则根据式 (8) — (10) 得出:

$$B_1 = 0.268 \times \frac{E_x}{E'} + 0.394 \times \frac{H_x}{H'} + 0.338 \times \frac{T_x}{T'}$$

式中 E' 、 H' 、 T' 分别为被试对象在注视单张样本时所有区域的瞳孔直径总和、目标击中率总和即相对首次注视前时间之和。最终得出 3 种绘图方式的引导性见表 8。

表 8 引导性权重
Tab.8 Guiding weight

绘图方式	Y_1	Y_2	Y_3
引导性 B_1	0.434	0.298	0.297

因权值与引导性成反比,故该排序为 $Y_3 > Y_2 > Y_1$ 。卡通手绘因其可爱细腻的绘图风格对儿童的视觉引导性更强,在卡通手绘中强调眼部的描绘,细节感更强,这种大而圆的眼睛、平滑高挑的眉毛和宽阔饱满的颧骨呈现的幼感给儿童以温暖、亲切的感觉,因此对儿童的视觉加工驱动比简笔手绘和仿真手绘更强。简笔手绘和仿真手绘的引导性权值基本相同,男童对仿真手绘的加工能力略高于女童。

5.2 易记性

易记性指实验中绘图方式(Y)对被试对象的记忆性影响权值,通过被试对象在观看简笔手绘(Y_1)、仿真手绘(Y_2)、卡通手绘(Y_3)时的相对再注视比、相对回看次数和注视率来计算绘图方式的易记性,权值与易记性成反比。

1) 被试对象对绘图方式的相对再注视比:

$$Z_x = \sum_{i=1}^n z_i \quad (11)$$

式中: n 为40; z_i 为第*i*个被试对象在绘图方式*x*中的注视比; Z_x 为40位被试对象9张样本3种绘图方式因子上的相对再注视比总和。

2) 被试对象对绘图方式的相对回看次数:

$$C_x = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{s_i \cdot c_g} \quad (12)$$

式中: n 为40; c_i 为第*i*个被试对象在绘图方式*x*区域中的回看次数; S_x 为该绘图方式*x*所在区域的面积cm; c_g 为第*i*个被试对象在观看绘图方式*x*所在的样本中的回看次数之和; C_x 为40位被试对象在9张样本的绘图方式*x*上的相对回看次数之和。

3) 被试对象对绘图方式的相对注视率:

$$R_x = \sum_{i=1}^n r_i \quad (13)$$

式中: n 为40; r_i 为第*i*个被试对象在绘图方式*x*中的注视率; R_x 为40位被试对象9张样本3种绘图方式因子上的相对注视率总和,结果见9。

表9 绘图方式的易记性指标
Tab.9 Drawing way of memory

绘图方式	相对再注视比 Z_x	相对回看次数 C_x	注视率 R_x
简笔手绘 Y_1	2.592	2.592	2.254
仿真手绘 Y_2	2.938	2.941	2.633
卡通手绘 Y_3	3.565	3.559	3.783

分析3种绘图方式的易记性 B_2 权重,则根据式(11)~(13)得出:

$$B_2 = 0.338 \times \frac{Z_x}{Z'} \cdot 0.268 \times \frac{C_x}{C'} + 0.394 \times \frac{R_x}{R'}$$

式中: Z' 、 C' 、 R' 分别为被试对象在注视单张

样本时所有绘图方式时的相对再注视比之和相对首次注视前时间之和及注视率总和。最终得出3种绘图方式的易记性,见表10。

表10 易记性权重
Tab.10 Memory weight

绘图方式	Y_1	Y_2	Y_3
易记性 B_2	0.384	0.440	0.560

易记性与权值大小为反比,因此排列顺序为 $Y_3 > Y_2 > Y_1$ 。从易记性指标中可发现儿童在实验过程中对简笔手绘的回看比率较少,简笔手绘的线条简洁明确,既有高度的概括性又有可识性与示易性,这种概括性强且非机械化的平面绘图方式可以帮助儿童快速提高对事物的认知。仿真手绘与卡通手绘的细节比简笔手绘更多,因此学前儿童要耗费更多的视觉加工时间,从而在易记性的维度上低于简笔手绘。

5.4 吸引力

吸引力指实验中绘图方式(Y)对被试对象的吸引权值。通过被试对象在观看3种简笔手绘(Y_1)、仿真手绘(Y_2)、卡通手绘(Y_3)时的相对注视次数、相对累计注视时间和相对首次注视前时间来计算不同绘图方式的吸引力,权值与吸引力成正比。

1) 被试对象的相对注视次数:

$$A_x = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{S_x \cdot a_g} \quad (14)$$

式中: n 为40; a_i 为第*i*个被试对象在绘图方式*x*上的注视次数; S_x 为该绘图方式*x*所在区域的面积cm; a_g 为第*i*个被试对象在注视绘图方式*x*所在的样本中所有区域的注视次数之和; A_x 为40位被试对象在9张样本的绘图方式*x*上的相对注视次数之和。

2) 被试对象的相对累计注视时间:

$$U_x = \sum_{i=1}^n \frac{u_i}{S_x \cdot u_g} \quad (15)$$

式中: n 为40; u_i 为第*i*个被试对象在绘图方式*x*中的累计注视时间; S_x 为该绘图方式*x*所占区域的面积cm; u_g 为第*i*个被试对象在注视绘图方式*x*所在的样本中所有兴趣区的累计注视时间之和; U_x 为40位被试对象在9张样本的绘图方式*x*上的相对累计注视时间之和。

3) 被试对象对绘图方式的相对首次注视前时间:

$$F_x = \sum_{i=1}^n \frac{f_i}{S_x \cdot f_g} \quad (16)$$

式中: n 为40; f_i 为第*i*个被试对象在绘图方式*x*区域中的首次注视时间, S_x 为该绘图方式*x*所在区域的面积cm; f_g 为第*i*个被试对象在观看绘图方式*x*所在的样本中的首次注视时间之和; F_x 为40位被

试对象在 9 张样本的绘图方式 x 上相对首次注视时间之和; 结果见表 11。

表 11 绘图方式的吸引性指标
Tab.11 Drawing way attract indicators

绘图方式	相对累计 注视次数 A_x	相对累计 注视时间 U_x	相对首次 注视时间 F_x
简笔手绘 Y_1	2.569	2.615	0.044
仿真手绘 Y_2	2.900	2.753	0.046
卡通手绘 Y_3	3.143	3.960	0.062

分析 3 种绘图方式的吸引性 B_3 权重, 则根据式 (14) — (16) 得出:

$$B_3 = 0.338 \times \frac{A_x}{A'} + 0.394 \times \frac{U_x}{U'} + 0.268 \times \frac{F_x}{F'}$$

式中: A' 、 U' 、 F' 分别为被试对象在注视单张样本时所有绘图方式时的相对注视次数之和, 相对累计注视时间总和及相对首次注视时间总和。最终得出 3 种绘图方式的吸引性权重, 见表 12。

表 12 吸引性权重
Tab.12 Attractiveness weight

绘图方式	Y_1	Y_2	Y_3
吸引性 B_3	0.288	0.311	0.400

从表 12 中可得到, 3 种绘图方式的吸引性排序为 $Y_3 > Y_2 > Y_1$ 。在观察眼动实验过程与权重数值反馈中都反映出卡通手绘的吸引性强于其他绘图方式, 且在整理眼动数据时发现在同一种绘图方式中儿童对样本眼睛的注视时间较长, 鼻子次之。该结果虽然符合儿童对本族面孔的认知, 但是在简笔画上表现得并不明显, 因此可以看出绘图方式的复杂性将影响电子绘本角色对儿童的吸引程度。

5.5 实验分析与讨论

结合上述权重结果可以发现, 绘图方式的不同特征与儿童的视觉体验具有特定的映射关系。总体看来, 学龄前儿童对卡通手绘的角色面孔的引导性与兴趣性反馈最强, 其次是仿真手绘与简笔手绘方式, 因此卡通手绘在儿童使用电子绘本时可增强儿童与角色的互动性与学习的兴趣性, 从而巩固儿童对绘本内容的理解并构成深刻印象。简笔手绘在角色的易记性上具有显著优势, 可以指导儿童的认知加工过程, 促进理解能力和记忆能力的发展。仿真手绘在这 3 项设计准则中的反馈都较为一般, 其独特的三维立体感与真实感使儿童对该绘图方式进行间断性的视觉加工, 但并不持久。

根据教育部拟定的《3~6 岁儿童学习与发展指南》, 将学龄前儿童的学习和发展分为社会、科学、健康、语言、艺术五大领域。结合实验统计与各维度

特征, 认知学习类电子绘本旨在帮助儿童日常生活能力与早期的价值观的形成, 可以优先考虑采用卡通手绘与简笔手绘的绘图方式, 这样能够更好地培养儿童兴趣, 继而增强其教育效果, 使儿童即使自主阅读也能达到有效地积累社会化经验规范日常行为。在科普百科类电子绘本中, 建议以卡通手绘为主, 科普类绘本的严谨性与欠缺的趣味性会减弱儿童的认知加工能力, 因此依靠电子绘本的交互特点, 卡通手绘的吸引性将有效弥补科普性电子绘本的缺点, 从而帮助儿童探索科学绘本的乐趣, 启发学龄前儿童的科学思维。语言学习类电子绘本以培养学龄前儿童的阅读理解能力、表达能力、思维判断能力为教学目的, 可以尝试采用简笔手绘和仿真手绘的绘图方式, 简单明了且易记性较强的绘图方式将有效强化学龄前儿童的记忆能力与理解能力, 从而使其对绘本内容的记忆性更高, 继而增强对绘本文字的阅读理解, 从而培养学龄前儿童的语言能力。根据观察实验过程发现, 同一种绘图方式的角色面孔情绪变化对设计准则中的引导性影响较大, 对易记性与吸引性的影响则并不明显。这种情绪对引导性的影响表现在儿童对愉快情绪的视觉加工强于不满和平静, 因此这种唤醒度高的情绪有助于儿童练习准确识别他人情绪与人际关系管理的能力, 在人际交往类绘本中可主要使用高唤醒度的情绪表达方式易于学龄前儿童接受。

综上所述, 根据眼动实验数据对 3 项设计因子进行权重计算与讨论, 客观地体现了学龄前儿童对电子绘本中不同绘图方式的角色面孔的视觉认知差异。引导性设计因子体现了学龄前儿童持久接收该角色面孔所表达的视觉信息的能力强弱, 对辅助儿童长时间记忆具有帮助; 易记性设计因子体现了儿童对该角色面孔的初始印象是否深刻, 对电子绘本内容的包容度更强; 吸引性体现了儿童对该角色面孔的偏好与倾向程度, 对儿童快速认同绘本、有效学习具有较大帮助。

6 结语

从绘本角色面孔的绘图方式出发, 提炼了 3 项设计准则, 并分析其对儿童的视觉认知影响。结合眼动数据, 构建影响学龄前儿童视觉加工的绘本角色面孔设计准则层次, 并以中国情绪图库图片为原型制作样本, 运用模糊层次法, 计算出各准则的权重值。从权重上分析儿童在不同绘图方式下对角色面孔的认知差异, 并归纳出 3 项设计准则与绘本设计的映射关系。该层次将抽象的绘本角色面孔因子转换为客观的权重值, 避免了设计时的主观性, 为绘本角色设计提供科学有效的理论依据。

此研究所提出的基于模糊层次分析法的学龄前儿童绘本角色面孔绘图方式的权重分析方法, 为不同主题绘本的绘图方式设计提供了参考, 为家长及教辅人员的绘本选择提供参照, 促进了学龄前儿童对绘本

角色的认知能力与绘本阅读效率,从而减轻了家庭教育压力和社会教育负担,提高了绘本对学龄前儿童的教育价值。

参考文献:

- [1] TIMPANY C, VANDERSCHANTZ N, HINZE A, et al. Shared Reading of Children's Interactive Picture Books [J]. *Lecture Notes in Computer Science*, 2014, 8839: 196-207.
- [2] 蒋露娟. 基于传播学原理的公共图书馆数字阅读推广活动策划——以广西壮族自治区图书馆为例[J]. *河南图书馆学刊*, 2020, 40(3): 14-15.
JIANG Li-juan. Planning of Digital Reading Promotion Activities in Public Libraries Based on the Principles of Communication: Taking the Guangxi Zhuang Autonomous Region Library as an Example[J]. *Henan Library Journal*, 2020, 40(3): 14-15.
- [3] 王文. 中国传统神话故事绘本创作总结报告——深入教育机构引导儿童设计绘本[J]. *新校园(上旬)*, 2017(11): 189-190.
WANG Wen. A Summary Report on the Creation of Picture Books of Traditional Chinese Myths and Stories: In-depth Educational Institutions Guide Children to Design Picture Books[J]. *New Campus (Early Ten)*, 2017(11): 189-190.
- [4] 王丹. 婴幼儿心理学[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2016: 50-51.
WANG Dan. *The Infant and Child Psychology*[M]. Chongqing: Southwest China Normal University Press, 2016: 50-51.
- [5] 朱吉虹, 赵越超. 基于儿童认知发展的学龄前儿童APP界面交互设计研究[J]. *包装工程*, 2020, 41(10): 42-48.
ZHU Ji-hong, ZHAO Yue-chao. APP Interface Design for Preschool Children Based on Children's Cognitive Development[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(10): 42-48.
- [6] 周赞, 陈功, 曾栋. 论儿童软件界面设计中的图形创意[J]. *包装工程*, 2010, 31(24): 117-119.
ZHOU Zan, CHEN Gong, ZENG Dong. Discussion on the Graphics Creativity of Children's Software Interface Design[J]. *Packaging Engineering*, 2010, 31(24): 117-119.
- [7] VANE J R, EISEN V W. The Goodenough Draw-a-Man Test and Signs of Maladjustment in Kindergarten Children[J]. *Journal of Clinical Psychology*, 1962, 18: 276-9.
- [8] JENNIFER W J, KAREN E. "I Love Paw Patrol!": Book Selection and the Allure of Popular Media Characters Among Preschoolers[J]. *Reading Psychology*, 2002, 23(4): 323-339.
- [9] MORGAN H. Multimodal Children's E-Books Help Young Learners in Reading[J]. *Early Childhood Education Journal*, 2013, 41(6): 477-483.
- [10] MAYNARD S. The Impact of E-Books on Young Children's Reading Habits[J]. *Publishing Research Quarterly*, 2010, 26(4): 236-248.
- [11] 姜洪伟, 钱震敏, 王娴婷. 基于PAD和纸书的幼儿阅读能力比较研究[J]. *中国出版*, 2016(13): 55-59.
JIANG Hong-wei, QIAN Zhen-min, WANG Xian-ting. A Comparative Study on Children's Reading Ability Based on PAD and Paper Books[J]. *China Publishing Journal*, 2016(13): 55-59.
- [12] 李亚婧. 教导—游戏式电子绘本教学对提升智力障碍学生读写能力成效之研究[D]. 重庆: 重庆师范大学, 2019.
LI Ya-jing. A Study on the Effects of E-Picture Books Based of Teaching-Play Mode Instruction Onimproving the Literacy of Students with Intellectual Disabilities [D]. Chongqing: Chongqing Normal University, 2019.
- [13] SARGEANT B. What is an Ebook? What is a Book App? And Why Should We Care? An Analysis of Contemporary Digital Picture Books[J]. *Children's Literature in Education*, 2015, 46(4): 454-466.
- [14] 丁嘉阳, 刘大明. 浅析儿童交互绘本界面的表现形式[J]. *美术大观*, 2017(1): 124-125.
DING Jiayang, LIU Daming. A Brief Analysis of the Expression Form of Children's Interactive Picture Book Interface[J]. *Grand View of Fine Arts*, 2017(1): 124-125.
- [15] JUSTICE L, LANKFORD C. Preschool Children's Visual Attention to Print during Storybook Reading: Pilot Findings[J]. *Communication Disorders Quarterly*, 2002, 24: 11-21.
- [16] EVANS M A, SAINT-AUBIN J. An Eye for Print: Child and Adult Attention to Print during Shared Book Reading[J]. *Early Education and Development*, 2010, 19(1): 113-138.
- [17] HOPTMAN M J, LEVY J. Perceptual Asymmetries in Left- and Right-Handers for Cartoon and Real Faces[J]. *Brain and Cognition*, 1988, 8(2): 178-188.
- [18] 王玲, 王静梅, 王军利, 等. 卡通面孔与真实面孔识别的ERP比较研究[J]. *心理研究*, 2012, 5(5): 19-28.
WANG Ling, WANG Jing-mei, WANG Jun-li, et al. A Comparative Event-Related Potential Study on Recognition of Cartoon Face and Real Face[J]. *Psychological Research*, 2012, 5(5): 19-28.
- [19] KELLY D J, LIU Shao-ying, LEE Kang, et al. Development of the Other-Race Effect during Infancy: Evidence Toward Universality? [J]. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2009, 104(1): 105-114.
- [20] 王静梅, 卢英俊. 绘图方式与脸型对卡通面孔吸引力的影响[J]. *幼儿教育*, 2011(18): 6-11.
WANG Jing-mei, LU Ying-jun. On Effects of Paint Mode and Face Shape on Attractiveness of Cartoon Faces[J]. *Early Childhood Education*, 2011(18): 6-11.
- [21] 徐敏, 王静, 赖正清, 等. 基于AHP-熵权法的海洋划界方案评估系统设计与实现[J]. *南京师范大学学报(工程技术版)*, 2021, 21(4): 40-46.
XU Min, WANG Jing, LAI Zheng-qing, et al. Design and Implementation of Marine Delimitation Plan Evaluation System Based on AHP-Entropy Method[J].

- Journal of Nanjing Normal University (Engineering and Technology Edition), 2021, 21(4): 40-46.
- [22] 吴振锋, 陈品璋, 常心怡, 等. 应用层级分析法于国小线上英语绘本评选指标因子之研究[J]. 管理资讯计算, 2013, 2(2):102-113.
WU Zhen-feng, CHEN Pin-zhang, CHANG Xin-yi, et al. Analytic Hierarchy Process (AHP) for the Selection Index Factors of English Picture Books in Elementary School[J]. Management Information Computing, 2013, 2(2):102-113.
- [23] 赵艳晓, 应放天, 方倩怡, 等. 基于 FAHP 的肿瘤儿童医疗游戏辅导玩具设计研究[J]. 包装工程, 2022, 43(4): 135-141.
ZHAO Yan-xiao, YING Fang-tian, FANG Qian-yi, et al. Design of Medical Games Tutorship Toys for Children with Tumor Based on FAHP[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(4): 135-141.
- [24] WANG Hui, WANG Feng-hong. Research on Children's Smart Water Cup Design Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1631(1): 012190.
- [25] 王婧. 中国原创绘本的困境与出路[J]. 出版发行研究, 2020(10): 77-82.
WANG Jing. Difficulties and Solutions of Chinese Original picture books[J]. Publishing Research, 2020(10): 77-82.
- [26] 李响, 徐筠, 耿卫东. 融合手绘风格的卡通角色动画生成方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2011, 23(10): 1690-1699.
LI Xiang, XU Jun, GENG Wei-dong. Cartoon Character Animation from Multi-View Hand-Drawings[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2011, 23(10): 1690-1699.
- [27] 安高云. 复杂条件人脸识别中若干关键问题的研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2009.
AN Gao-yun. Research on some Key Issues in Face Recognition under Complex Conditions[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2009.
- [28] 赵振华. 人脸识别关键问题研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2012.
ZHAO Zhen-hua. A Study on Key Problems for Face Recognition[D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2012.
- [29] 王智飞. 低分辨率人脸识别算法研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2013.
WANG Zhi-fei. Research on Low Resolution Face Recognition[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2013.
- [30] KUO J Y, CHEN C H, KOYAMA S, et al. Investigating the Relationship between Users' Eye Movements and Perceived Product Attributes in Design Concept Evaluation[J]. Applied Ergonomics, 2021, 94: 103393.
- [31] 黄晟, 杨莹. 眼动技术在连弧纹铭带镜设计因子提取中的应用[J]. 电子测量技术, 2021, 44(2): 121-125.
HUANG Sheng, YANG Ying. Application of Eye Movement Technique in Design Factors Extraction of Bronze Mirror with Arc Pattern and Inscription[J]. Electronic Measurement Technology, 2021, 44(2): 121-125.
- [32] 邱相彬, 沈洲, 戴伊瑞, 等. 教学动画情绪设计对认知加工影响的实证研究[J]. 中国教育信息化, 2021(8): 17-21.
QIU Xiang-bin, SHEN Zhou, DAI Yi-rui, et al. An Empirical Study on the Effects of Teaching Animation Emotional Design on Cognitive Processing[J]. China Education Information, 2021(8): 17-21.
- [33] 珍妮弗·罗马诺·伯格斯托姆, 安德鲁·乔纳森·沙尔. 眼动追踪: 用户体验设计利器[M]. 宫鑫, 康宁, 杨志芳, 译. 电子工业出版社, 2015.
BERGSTROM R J, SCHALL J A. Eye Tracking: A Tool for User Experience Design[M]. GONG Xin, KANG Ning, YANG Zhi-fang, Translated. Electronic Industry Press, 2015.
- [34] 韩映虹, 王静. 不同阅读方式下 5~6 岁幼儿无字图画书阅读的眼动研究[J]. 学前教育研究, 2013(9): 21-27.
HAN Ying-hong, WANG Jing. Eye Movement Study on 5-6-Year-Old Children's Wordless Picture Book Reading in Different Reading Styles[J]. Studies in Early Childhood Education, 2013(9): 21-27.
- [35] 李伟丽, 孙运豪, 苟锐. 基于模糊层次分析法的地铁站名图形符号设计[J]. 包装工程, 2021, 42(14): 277-283.
LI Wei-li, SUN Yun-hao, GOU Rui. Graphic Symbol Design of Subway Station Name Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(14): 277-283.
- [36] 刘欣童, 廖晨阳, 陈岚, 等. 基于模糊层次分析法的导视系统布局研究[J]. 包装工程, 2021, 42(6): 258-264.
LIU Xin-tong, LIAO Chen-yang, CHEN Lan, et al. Overall Arrangement of Guide System Based on FAHP [J]. Packaging Engineering, 2021, 42(6): 258-264.
- [37] 时吉星, 郑建启, 黄雪飞. 模糊层次分析法在企业设计战略优选中的运用研究[J]. 包装工程, 2019, 40(6): 147-151.
SHI Ji-xing, ZHENG Jian-qi, HUANG Xue-fei. Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Methods in Optimization of Enterprise Design Strategy[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(6): 147-151.
- [38] 杨保安, 张科静. 多目标决策分析: 理论、方法与应用研究[M]. 上海: 东华大学出版社, 2008.
Yang Baoan, Zhang Kejing. Multi-objective Decision Analysis: Theory, Method and Application Research[M]. Shanghai: Donghua University Press, 2008.
- [39] 李珍, 苟秉宸, 初建杰, 等. 一种基于眼动追踪的产品用户需求获取方法[J]. 计算机工程与应用, 2015, 51(9): 233-237.
LI Zhen, GOU Bing-chen, CHU Jian-jie, et al. Way of Getting User Requirements Based on Eye Tracking Technology[J]. Computer Engineering and Applications, 2015, 51(9): 233-237.