

# 基于 AHP-GRA-TOPSIS 的自闭症儿童家庭 康复干预产品设计研究

陈家托, 郑宇星, 张立巍  
(广州大学, 广州 510006)

**摘要:** **目的** 为了在家庭场景中帮助自闭症儿童进行康复干预训练, 提高其康复效果, 基于“安全型依恋”和“沉浸理论”两种心理理论, 对家庭康复干预产品进行设计研究, 并建立最佳设计方案的评价模型。**方法** 以广州小天使康复训练中心为研究对象, 通过文献综述、自然观察、问卷、访谈等用户研究方式确定定性指标, 并使用 Gephi 对“安全型依恋”和“沉浸理论”的理论建构进行聚类分析。将层次分析法 (AHP)、灰色关联法 (GRA) 和逼近理想解排序法 (TOPSIS) 三种方法综合运用, 发挥各自优势避免局限性, 用以建立自闭症儿童家用干预产品设计指导与评价模型, 并进行深入的设计。**结果** 以改善自闭症儿童自身社会交往障碍、情绪障碍、认知障碍、感觉障碍四个方面为准则, 建立“自闭症儿童家用康复产品设计”的设计指导与量化评估模型, 并应用到自闭症儿童家用康复干预产品的设计实践中, 再综合评估选择出最佳方案。**结论** 以“安全型依恋”和“沉浸理论”为理论基础建立的自闭症儿童家庭康复干预产品设计策略和评估方法, 其评估过程科学, 结果合理。通过设计实践, 创造出科学有效的沉浸式康复干预体验, 促进自闭症儿童构建安全型依恋关系, 提高干预自闭症儿童的康复训练效果。

**关键词:** 自闭症儿童家庭康复干预产品; 安全型依恋; 沉浸理论; AHP-GRA-TOPSIS 评估模型

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)16-0132-13

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.16.014

## Design of Family Rehabilitation and Intervention Products for Autistic Children Based on AHP-GRA-TOPSIS

CHEN Jia-tuo, ZHENG Yu-xing, ZHANG Li-wei  
(Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

**ABSTRACT:** The work aims to design and study the family rehabilitation products based on the two psychological theories of "safe attachment" and "immersion theory" and establish the evaluation model of the most suitable design scheme in order to help autistic children in rehabilitation training in the family scene and improve their rehabilitation effect. With Guangzhou Little Angel Rehabilitation Training Center as the research object, qualitative indicators were determined through user research methods such as literature review, natural observation, questionnaire and interview, and the Gephi APP was used to conduct cluster analysis on the theoretical construction of "safe attachment" and "immersion theory". The three methods of AHP, GRA and TOPSIS were comprehensively applied to fully utilize their respective superiority and avoid limitations, so as to establish the design guidance and evaluation model of family intervention products for autistic children and conduct in-depth design. The design guidance and quantitative evaluation model of "family rehabilitation product design for autistic children" was established based on the improvement of four aspects of autistic children including social interaction disorder, emotional disorder, cognitive disorder and sensory disorder. The model was applied to the design practice and the evaluation of the best scheme. The design strategy and evaluation method of family reha-

收稿日期: 2022-03-11

基金项目: 2021 年大学生创新训练项目 (国家级) (202111078032)

作者简介: 陈家托 (1996—), 男, 硕士生, 主攻特殊人群工业设计。

通信作者: 张立巍 (1976—), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为设计管理与服务设计。

bilitation products for autistic children based on "safe attachment" and "immersion theory" are scientific in evaluation process and reasonable in results. Through design practice, a scientific and effective immersive intervention experience is created to promote autistic children to build a safe attachment relationship, and improve the effect of rehabilitation training for autistic children.

**KEY WORDS:** family rehabilitation and intervention products for autistic children; safe attachment; immersion theory; AHP-GRATOPSIS evaluation model

自闭症谱系障碍 (Autism Spectrum Disorder, ASD) 作为一种复杂的广泛性发育障碍, 在我国的患病率已经从 2019 年 0.7% 上升到 2022 年的 1%<sup>[1]</sup>。在目前自闭症儿童的干预研究中发现, 自闭症儿童在家庭场景下的康复干预研究是匮乏又亟需的研究方向之一<sup>[2-3]</sup>, 家庭因素对自闭症儿童的影响相较于普通儿童更为关键和深远。此外, 心理理论的差异深刻影响着自闭症儿童对人际关系的理解与协调<sup>[4]</sup>, 是其产生社会交往障碍等核心功能障碍的重要原因之一。

## 1 研究起源与背景

### 1.1 自闭症儿童家庭干预现状

在我国, 自闭症儿童的主流治疗方法是将其送到康复机构进行教育干预, 但自闭症儿童却十分缺乏在家庭中的教育干预和行为培养。家长普遍存在家庭教育意识薄弱、家庭教育干预资源匮乏两种现象<sup>[5]</sup>。

一是家庭教育意识薄弱。梁倩等<sup>[6]</sup>在对长沙市的 135 位自闭症幼儿家长进行问卷和访谈调查后, 指出 58.2% 的家长未重视家庭教育干预的重要作用。胡晓毅等<sup>[7]</sup>走访了沈阳、成都、上海、荆州等 4 个城市的 26 个自闭症孩子家中的 38 名父母, 认为自闭症儿童父母教育意识较淡薄, 呈彻底放弃与过度重视两个极端。而笔者在广州小天使康复中心的实地调研中, 同样发现 41% 的家长都更倾向于只依赖自闭症康复机构而缺少对家庭教育干预的重视, 其原因有对自闭症了解不全面、对患儿症状的处理不合适、繁忙无暇顾及等。

二是家庭教育干预资源匮乏。家长不了解相关的教学方法, 缺乏能在家中进行的干预手段, 有调查研究显示 72.3% 的家长认为自己并未掌握相关教育干预的知识技术<sup>[8]</sup>, 并且对“依恋理论”和“沉浸理论”两种心理理论促进自闭症儿童社交、情绪、认知、感觉统合等作用了解甚少、难以把握。此外, 主打家庭场景的康复干预产品在市面上十分稀少, 相关玩教具的选择变得困难异常。

### 1.2 以心理模型为基础的产品设计研究现状

国内针对自闭症儿童的设计研究里, 基于心理模型出发的有: 王媚雪、胡宇琦、翟洪磊从心理理论提取因素, 分别对自闭症依恋产品设计和体感游戏沉浸式交互设计建立设计评估模型, 为自闭症儿童的产品设计提供了设计指导<sup>[9-10]</sup>。王景威<sup>[11]</sup>从依恋概念入

手, 经过对比研究得出 15 个理论因素并进行界定, 同时从感知层面、行为层面、特征层面三种角度展开聚类, 构建依恋产品的设计理论模型; 而在家庭康复干预的方向上: 项好好<sup>[12]</sup>为自闭症儿童家庭早期干预提出了相应产品的设计方法策略。孙一鹏等<sup>[13]</sup>针对自闭症儿童的基础认知, 引进特殊儿童玩具设计理念, 分析研究了相应康复训练产品设计。

这些研究探讨了自闭症儿童干预效果与心理理论的关系, 探索了相关产品的设计原则与方法, 为后来者提供较好的理论基础。然而这些设计研究所使用的心理理论普遍较为单一, 而在现实中影响自闭症儿童干预效果往往有多种心理因素共同作用, 目前国内相关学术研究缺乏对自闭症儿童的多种心理模型进行针对性的联结分析, 也缺乏对家庭康复干预产品设计的深入实践。

### 1.3 研究目标

本文针对患儿的家庭康复干预行为, 选择“安全型依恋”和“沉浸理论”两种心理模型进行针对性联结, 探讨其具体作用, 并以此为理论基础构建自闭症儿童家庭康复干预产品设计策略与评估方法。以促进患儿的社会交往障碍、情绪障碍、认知障碍、感觉障碍为准则, 本文使用层次分析法 (AHP)、灰色关联法 (GRA) 和贴近理想解排序法 (TOPSIS) 进行设计理论模型构建。最终将其应用到产品设计中, 从而创造出科学有效的沉浸式康复干预体验, 促进自闭症儿童“安全型依恋关系”的发展, 提高患儿的干预效果。

## 2 相关理论基础

### 2.1 依恋理论的“安全型依恋”概述

依恋关系是婴幼儿与抚养者长期交往互动中形成的一类特殊感情关系, 分为安全型依恋和不安全型依恋 (回避型依恋、反抗型依恋、混乱型依恋)<sup>[14]</sup>。随着时间的推移, 幼儿的依恋模式逐渐内化为自身的“内部工作模型”, 即自己与外界交流的行为模式<sup>[15]</sup>。建立安全型依恋的个体通常表现出更多积极的特征, 如积极的社会行为、情绪情感和认知倾向, 这有利于孩子的社会化过程并完善个体的自我人格。与之相反, 非安全型依恋的个体则表现出回避、焦虑等消极的特征<sup>[16]</sup>。

自闭症儿童与正常儿童在建立依恋关系时的心理模型有所差异，正常孩子形成安全型依恋的概率为65%，自闭症儿童则仅为7.5%<sup>[17]</sup>。影响其建立依恋关系的因素包含了两个方面：家长对于患儿的敏感性和

患儿本身的障碍程度。针对自闭症儿童发育障碍程度的不同，学界通常采用以下三个解释理论进行阐述，分别是广泛性发育障碍解释理论、唤醒障碍解释理论和核心障碍解释模型<sup>[18]</sup>，见图1。



图1 自闭症儿童的安全依恋发展的影响因素和理论解释

Fig.1 Influencing factors and theoretical explanation of safe attachment development of autistic children

广泛性发育障碍解释理论认为，自闭症儿童不能理解养育者的互动行为与情感交流是因为其心理理论差异与生理智力的落后，进而导致社交技能与安全型依恋的发展困难<sup>[19]</sup>。唤醒困难解释理论则认为，患儿在社交互动中存在高度唤醒现象，使其和养育者之间的互动处于受刺激与不舒适的区间，这种厌烦的奇特刺激令自闭症儿童难以产生安全型依恋<sup>[20]</sup>。核心障碍解释理论认为，社交功能障碍作为核心障碍影响了患儿的关系建立，安全型依恋的有效信息被排除，患儿表达不出依恋行为的特征——面对养育者与陌生人一样，不会有过多的偏爱与好感<sup>[20]</sup>。

如见图1所示，儿童自身的功能障碍并不利于安全型依恋的建立，但母亲本身的敏感性可以作为一个可控因素与调节变量，并且三种解释理论揭露了自闭症儿童特点与依恋建立的关系，这对设计研究有着重要参考意义。

2.2 “沉浸理论”概述

沉浸理论（Flow Theory）由心理学家 Mihaly 在1975年提出，是形容注意力高度集中、执行效率高、身心共同投入的一种心理体验<sup>[21]</sup>。在自闭症儿童的干预行为中，沉浸式体验作为一种正面的情感体验，可以影响其行为动机、满足情感诉求、增加互动感受。将沉浸理论应用到自闭症儿童家庭康复干预产品中，能够提高患儿在康复干预过程中的注意力和沉浸感，提高康复干预的效率。

Mihaly 对沉浸体验进行了9个维度的特征描述，即在任务前：“清楚的目标”“挑战-技术平衡”“及时

的反馈”；任务中：“潜在的控制感”“注意力集中”“行动-意识融合”；任务后：“时间感扭曲”“自我意识的感知消失”“发自内心地参与活动”。此外，沉浸理论从“任务难度”与“技能掌握”两个方面对“人物状态”的影响，建立了“挑战-技能”的沉浸体验八区间，见表1。

表1 沉浸体验八区间  
Tab.1 Eight sections of immersion experience

区间	任务难度	技能掌握	人物状态
1 区间	高挑战	中技能	激发
2 区间	高挑战	高技能	心流
3 区间	中挑战	高技能	掌握
4 区间	低挑战	高技能	厌倦
5 区间	低挑战	中技能	轻松
6 区间	低挑战	低技能	冷漠
7 区间	低挑战	中技能	担心
8 区间	高挑战	低技能	焦虑

进行家庭康复干预产品设计，需针对自闭症儿童特点而考虑任务前、中、后可控的沉浸因素包括：清楚的目标和指令、患儿对目标注意力的集中、及时的反馈、增强患儿潜在的控制感等；并在挑战与技能的平衡方面，需要考虑尽可能使自闭症儿童达到1~3区间的正面沉浸状态，避免4~8区间挑战与技能的不平衡导致阻碍沉浸感受的产生。以沉浸理论为基础建立自闭症儿童干预任务的流程，见图2。

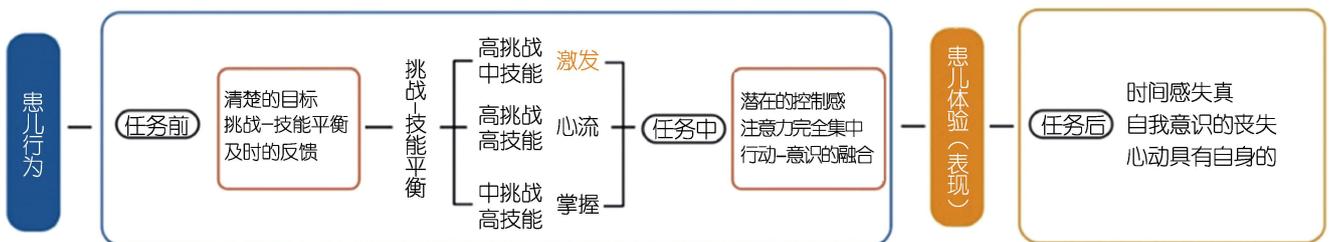


图2 自闭症儿童干预任务流程

Fig.2 Intervention task flow of autistic children

### 3 自闭症儿童家庭康复干预产品设计理论构建

#### 3.1 “安全型依恋”和“沉浸理论”的针对性联结

现实中自闭症儿童的干预效果不仅受到单一的心理因素影响,而且是多种心理因素共同作用。选择“依恋理论”与“沉浸理论”进行联结,并作为家庭康复干预产品的设计理论基础,主要基于两方面原因:一是两者契合于家庭场景,二是共同促进核心功能障碍的康复。

一方面,家庭场景是自闭症儿童与父母接触最多且最熟悉的场景,也是亲子间建立“安全型依恋”的最佳场景。此外,家庭场景相较于康复教育机构的环境有着更多的不确定性,对于自闭症儿童来说容易产生高度唤醒现象或者注意力的转移,故而“沉浸理论”运用在相关的玩教具设计中契合家庭康复干预的需

求——提高患儿专注力、降低家长实施难度。

另一方面,社会交往障碍、情绪障碍、认知障碍、感觉障碍是自闭症儿童的核心功能障碍。自闭症儿童与亲人建立“安全型依恋”后将内化形成对他人与自我的心理表征,并且“安全型依恋”的建立与社会交往障碍、情绪障碍两者的发展是相互促进和影响的。此外,建立“沉浸体验”对患儿在家中进行偏任务型的康复干预训练时,能够促进认知障碍和感觉障碍的发展——利用“沉浸体验三区间九特征”“任务难度和技能的平衡”等沉浸理论因素,为自闭症儿童建立注意力高度集中的正面情感体验,促进认知的建立和感觉的统合。

“沉浸理论”和“依恋理论”对患儿四种核心障碍的发展都有促进作用,相互交融但也侧重不同,为方便层次分析模型建立,分别针对性地提取其因素,形成自闭症儿童家用干预的设计理论支撑,见图 3。



图 3 理论作用  
Fig.3 Theoretical action

#### 3.2 “安全型依恋”和“沉浸理论”的干预因素聚类分析

影响自闭症干预效果的因素十分复杂,想要促进自闭症儿童核心功能障碍的发展,不仅着眼于其通过心理理论测验的能力,而且要具体到情绪、注意、认知、感觉等心理理论的具体下位概念,切实提升自闭症儿童在心理状态方面的表现。本文使用文献综述法和自然观察法,结合家庭场景因素,提取研究“安全型依恋”与“沉浸理论”对干预的影响因素,对比验证得到 27 条理论建构并完成定义。并使用 Gephi 从社会交往障碍、情绪障碍、认知障碍、感觉障碍四个维度对理论因素进行聚类(见图 4),可知两种理论作为家庭康复干预产品设计的因素来说相互补足。

以此聚类模型,分别探讨提取针对四大核心障碍的设计因素,契合家庭场景的前提下促进患儿核心功能障碍的康复。

#### 3.3 针对四大核心障碍的产品设计因素分析

社会交往障碍作为自闭症的主要特征之一,包括无法对他人做出回应、缺乏正常的交流性语言、社交焦虑等<sup>[22]</sup>。在任务流程设计中尽量增强母亲对患儿的敏感性,建立患儿对父母的信任和对自已的信心,发展出父母是可靠的、自己是有被照顾和爱护的认知模式。而当患儿逐渐与父母建立安全型依恋关系时,便

可从这种关系中获得与外界相处的正面行为模式,促进社会交往障碍的改善。

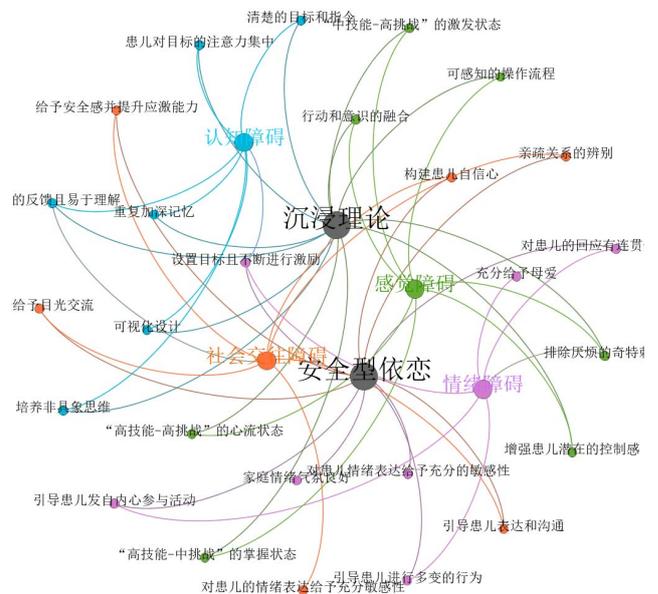


图 4 沉浸理论因素与依恋关系建立因素网络分析  
Fig.4 Network analysis of immersion theory factors and attachment relationship establishment factors

促进社会交往障碍的指标(作为层次分析法的子准则层  $A_j$ , 见图 6)有:“引导患儿表达和沟通 ( $A_{11}$ )”,“亲疏关系的辨别 ( $A_{12}$ )”,“构建患儿自信

心 ( $A_{13}$ )”, “充分给予目光交流 ( $A_{14}$ )”, “给予安全感并提升应激能力 ( $A_{15}$ )”, “对患儿的情绪表达给予充分敏感性 ( $A_{16}$ )”。

情绪障碍表现为患儿长期抑制各种情绪感受, 特点是不平衡和不稳定, 其三种类型分别为: 反复性行为、妨碍性行为、拒绝变化的行为<sup>[23]</sup>。反复性行为是指一种异质性行为, 范围从身体动作的重复到更具认知中介性的行为表现; 妨碍性行为包括自伤、攻击、发怒、受挫等破坏性行为; 拒绝变化行为是自闭症儿童习惯熟悉环境不愿改变的一种下意识情绪行为<sup>[24]</sup>。对自闭症儿童来说, 这些带着情绪的行为是其表达不安或需求关注的手段, 安全型依恋关系的建立能够使家长有效地改变患儿对情绪源头的看法, 并引导情绪正确的表达。

则促进情绪障碍的指标有: “家庭情绪气氛良好 ( $A_{21}$ )” “充分给予母爱 ( $A_{22}$ )” “对患儿的回应有连贯性、一致性 ( $A_{23}$ )” “引导患儿发自内心参与活动 ( $A_{24}$ )” “引导患儿进行多变的的行为 ( $A_{25}$ )” “设置目标且不断进行激励 ( $A_{26}$ )”。

认知障碍表现为自闭症儿童对事物理解加工过程迟缓, 故而对患儿的家庭康复干预流程应更注重是否符合其学习能力及规律, 认知内容应设计为符合自闭症儿童语言理解和表达、记忆能力等<sup>[25]</sup>, 并在此基础上对“沉浸理论”的因素提取和运用, 降低其他事物的干扰和提高注意力, 建立积极的沉浸感受。

促进认知障碍的指标有: “培养非具象思维 ( $A_{31}$ )” “清楚的目标和指令 ( $A_{32}$ )” “患儿对目标的注意力集中 ( $A_{33}$ )” “及时的反馈且易于理解 ( $A_{34}$ )” “可视化设计 ( $A_{35}$ )” “重复加深记忆 ( $A_{36}$ )”。

感觉障碍表现为自闭症儿童感知觉加工困难、感觉失衡、外界刺激过强或者过弱等。通过感觉统合训练, 患儿对奇特刺激逐渐脱敏、感知觉加工被强化、增强动作协调性等。感觉统合干预作为偏任务型的干预流程, 需唤醒患儿的控制感与平衡其五感的感官感受, 则家庭康复干预产品的设计需针对患儿特点来融入合适的沉浸因素——平衡“挑战-技能”的天平和对患儿在任务前中后的表现进行预想, 增强其注意力和情感体验。

则促进感知障碍的指标有: “可感知的操作流程 ( $A_{41}$ )” “及时的反馈且易于感知 ( $A_{42}$ )” “增强患儿潜在的控制感 ( $A_{43}$ )” “排除厌烦的奇特刺激 ( $A_{44}$ )” “行动和意识的融合 ( $A_{45}$ )” “‘高技能-中挑战’的掌握状态 ( $A_{46}$ )” “‘中技能-高挑战’的激发状态 ( $A_{47}$ )” “‘高技能-高挑战’的心流状态 ( $A_{48}$ )”。

## 4 AHP-GRATOPSIS 的综合评估思路和流程

层次分析法 (AHP) 是一种主观赋权法, 其基

本思路为: 将复杂问题分解为各层级并建立层次模型, 对各层次因素进行两两比较判断, 计算指标对于目标的权重后进行总排序, 最后进行定性和定量分析<sup>[26]</sup>。基于心理模型拟合而定义的 27 个促进核心障碍的指标侧重不同却又紧密联系, 契合层次分析法的根本思想。

贴近理想解排序法 (TOPSIS) 是一种多属性决策方法, 其基本思想是: 通过目标指标与正、负理想解的距离对目标进行优劣排序, 并用对正、负理想解的贴近程度作为各评判依据<sup>[27]</sup>。使用灰色关联系数 (GRA) 对决策矩阵进行加权处理, 优化贴近理想排序法 (TOPSIS), 更好地体现方案数据各指标上的关系与各指标下各方案的理想排序, 从而得到方案指标优劣的总体情况。综合两者特点, 计算时兼顾相对距离和曲线距离, 优势互补<sup>[28]</sup>。

对自闭症儿童家用康复干预产品设计研究来说, 采用 AHP-GRATOPSIS 综合评估的流程结合了三者的优点, 针对“安全性依恋”和“沉浸理论”的拟合情况, 建立从指标层次体系构建、量化指标的权重、提供设计方案、评价指标量化、分析评估优劣、结果确认的全过程, 见图 5。

### 4.1 自闭症儿童家庭干预产品设计层次分析模型

根据层次分析模型可分成目标层、准则层、子准则层, 见图 6。

1) 目标层  $A$  ——通过对“安全型依恋”与“沉浸理论”因素的分析, 对自闭症儿童家用康复干预产品设计的最佳解决方案, 用  $A$  表示。

2) 准则层  $A_i$  ——“社会交往障碍”“情绪障碍”“认知障碍”与“感觉障碍”四个要素是自闭症儿童家庭干预的方向, 分别用  $A_1, A_2, A_3, A_4$  来表示。

3) 子准则层  $A_{ij}$  ——见 3.3 分析。

### 4.2 判断矩阵构建与权重确定

如表 2 所示, 使用 9 级标度法进行两两指标重要程度的判别, 构建判断矩阵  $A = (A_{ij})_{n \times n}$ , 并且在实际调研过程中, 参与者只需要勾选对应程度的数字, 操作简单且容易接受, 具有较高的调研效率。

计算得到各层次各个指标的相对权重后, 需要对评价结果进行一致性检验, 防止人的主观认识误差而导致前后评价的矛盾, 其中  $\lambda_{\max}$  为最大特征值,  $n$  为矩阵阶数, 计算其一致性指标  $CI$ 。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$RI$  是一致性指标, 见表 3。通过对  $CR$  值的运算并作出一致性通过判断, 当  $CR \leq 0.1$  时, 即可判断为一致性通过, 若超出 0.1 则判定前后不一致, 需进行数据矫正。

$$CR = CI / RI \quad (2)$$

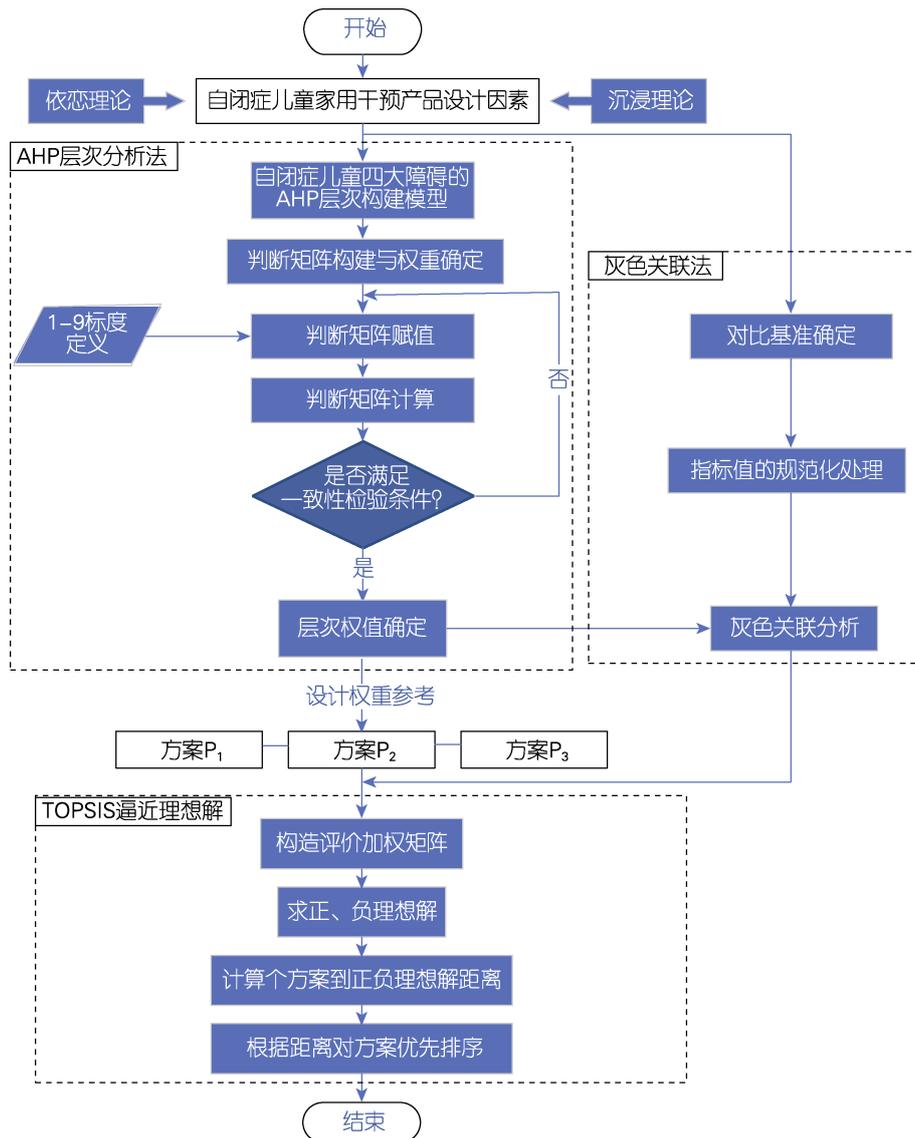


图 5 综合评估流程  
Fig.5 Comprehensive evaluation process

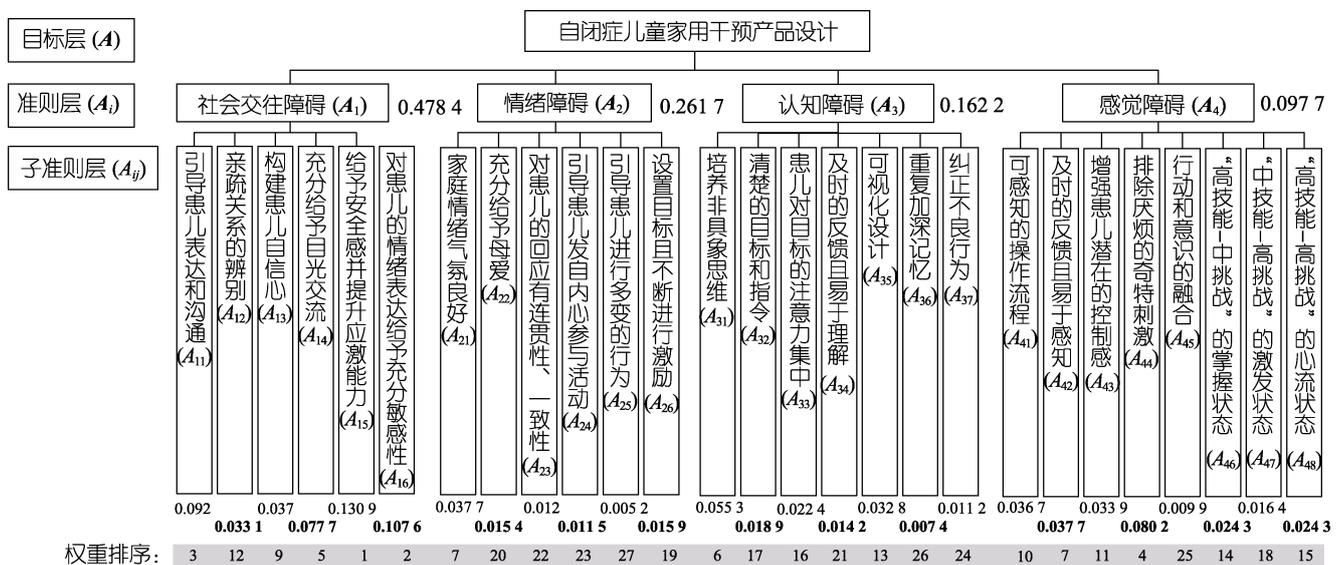


图 6 自闭症儿童家庭干预影响因素层次分析模型  
Fig.6 Analytic hierarchy process model for influencing factors of family intervention in autistic children

表2 判断矩阵标度  
Tab.2 Judgment matrix scaling

标度	含义
1	表示两个因素相比, 具有同样重要性
3	表示两个因素相比, 前者比后者稍微重要
5	表示两个因素相比, 前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比, 前者比后者强烈重要
9	表示两个因素相比, 前者比后者极端重要
2、4、6、8	上述两相邻判断的中值
倒数	因素 <i>i</i> 与 <i>j</i> 比较的判断 $A_{ij}$ , 则因素 <i>j</i> 与 <i>i</i> 比较的判断 $A_{ji} = 1/A_{ij}$ 。

表3 矩阵一致性指标参考表  
Tab.3 Reference of matrix consistency index

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>RI</i>	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41

### 4.3 建立方案评判矩阵并进行标准化

从设计方案与属性评判两个方面构建决策矩阵, 假设  $m$  个方案构成方案集  $B = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$ ; 各个方案的属性评判指标集  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ , 对应层次分析模型的子准则层指标  $A_{ij}$ 。方案中各属性评判指标记为  $X_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ , 即  $X_{ij}$  表示第  $i$  个方案中第  $j$  个评判指标, 得到初始评判矩阵见式 (3)。

$$B = (B_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

为了降低对评价指标评判参数的不可公度性, 且评判指标都为效益型指标, 选择平方和归一化 (SSN) 的方法进行无量纲化处理, 形成了无量纲化决策矩阵  $C = (c_{ij})_{m \times n}$ , 计算公式见式 (4)。

$$c_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2}} \quad (4)$$

### 4.4 建立加权规范化决策矩阵

将矩阵  $C$  与子准则层各项指标权重  $w_n$  相乘, 建立加权规范化决策矩阵  $D$ , 见式 (5)。并取最大值得到参考数列  $d_0 = \{d_{0k} | k = 1, 2, \dots, n\}$ , 其中  $d_0$  为每个指标的最理想值。

$$D = (d_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} w_1 c_{11} & w_2 c_{12} & \dots & w_n c_{1n} \\ w_1 c_{21} & w_2 c_{22} & \dots & w_n c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 c_{m1} & w_1 c_{m2} & \dots & w_n c_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

### 4.5 利用灰色关联系数 (GRA) 改进决策矩阵

利用灰色关联系数, 设  $\Delta_i(k) = |d_{0k} - d_{ik}|$ , 则关联系数见式 (6)。

$$\zeta_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)} \quad (6)$$

为了降低最大绝对差过大而导致数据失真的影响, 分辨系数  $\rho$  在  $[0, 1]$  内取 0.5, 则可以得到加权关联系数矩阵  $\zeta$ , 见式 (7)。

$$\zeta = \zeta_{ik} = \begin{bmatrix} \zeta_{11} & \zeta_{12} & \dots & \zeta_{1n} \\ \zeta_{21} & \zeta_{22} & \dots & \zeta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \zeta_{m1} & \zeta_{m1} & \dots & \zeta_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

### 4.6 评判对象贴近度 (TOPSIS) 计算分析

根据矩阵  $\zeta$  确定方案的正理想解和负理想解, 分别为  $\zeta_0^+$  和  $\zeta_0^-$ , 见式 (8)。

$$\begin{cases} \zeta_0^+ = \left\{ \left( \max_{1 \leq i \leq m} \zeta_i(k), k = 1, 2, \dots, n \right) \right\} \\ \zeta_0^- = \left\{ \left( \min_{1 \leq i \leq m} \zeta_i(k), k = 1, 2, \dots, n \right) \right\} \end{cases} \quad (8)$$

计算方案评判对象的指标参数与正理想解的距离  $l_i^+$ , 与负理想解的距离大小  $l_i^-$ , 见式 (9)。

$$\begin{cases} l_i^+ = \sqrt{\sum_{k=1}^n [\zeta_i(k) - \zeta_0^+(k)]^2} \\ l_i^- = \sqrt{\sum_{k=1}^n [\zeta_i(k) - \zeta_0^-(k)]^2} \end{cases} \quad (9)$$

对表示评判对象靠近正理想解 (远离负理想解) 的程度  $U_i^+$  进行计算, 采用排序的方式对评判对象进行优选, 见式 (10)。

$$U_i^+ = \frac{l_i^-}{l_i^+ + l_i^-}, 0 \leq U_i^+ \leq 1 \quad (10)$$

最后综合评判方案的优劣并进行排序, 判定矩阵  $U$  为各评判对象的理想贴近度  $U_i^+$  所组成; 各级指标的权重  $W$  为层次分析法 (AHP) 计算所得;  $F$  为评判结果向量, 见式 (11)。

$$F = W \times U \quad (11)$$

## 5 应用实践与评价

### 5.1 AHP 指标权重求解

基于层次分析法模型, 调研 14 位目标用户, 包括小天使康复中心 6 名自闭症教师, 4 位自闭症儿童家长, 4 位工业设计研究生, 对各个层级指标进行评分并平均计算, 得出各指标的判断矩阵。例如构造目标层的判断矩阵, 并得出权重, 见表 4。

表 4 目标层的判断矩阵及权重  
Tab.4 Judgment matrix and weight of target layer

A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	权重 W
A <sub>1</sub>	1	3	5	2	0.478 4
A <sub>2</sub>	0.333 3	1	0.333 3	0.333 3	0.097 7
A <sub>3</sub>	0.2	3	1	0.5	0.162 2
A <sub>4</sub>	0.5	3	2	1	0.261 7

根据各评判指标的权重, 可得目标层矩阵的最大特征  $\lambda_{\max} = 4.239 4$ ,  $CI_0 = 0.079 8$ ,  $RI_0 = 0.89$ ,  $CR_0 = 0.089 7 < 0.1$ , 根据一致性检验公式 (1) — (2) 与表 3, 可判断该矩阵满足一致性检验的要求, 则矩阵权重  $W = [0.478 4, 0.097 7, 0.162 2, 0.261 7]$  是合理的。

同理, 可得各准则层的评判指标的权重系数如下。“社会交往障碍”判断矩阵所得权重  $A_{11} - A_{16} : W_1 = [0.192 4, 0.069 2, 0.077 3, 0.162 4, 0.273 7, 0.225 0]$ ; “情绪障碍”判断矩阵所得权重  $A_{21} - A_{26} : W_2 = [0.385 5, 0.157 7, 0.123 0, 0.053 2, 0.118 0, 0.162 7]$ ; “认知障碍”判断矩阵所得权重  $A_{31} - A_{37} : W_3 = [0.340 9, 0.116 4, 0.138 0, 0.087 5, 0.202 5, 0.045 8, 0.069 0]$ ; “感觉障碍”判断矩阵所得权重  $A_{41} - A_{48} : W_4 = [0.140 2, 0.144 2, 0.129 6, 0.306 4, 0.037 7, 0.062 6, 0.092 8, 0.086 5]$ 。各矩阵的一致性 CR 均小于 0.1, 一致性检验均通过, 见表 5; 各子准则层指标权重总排序, 见图 6。

表 5 一致性检验结果  
Tab.5 Consistency test results

一致性 检验 各指标	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
$\lambda_{\max}$	4.239 4	6.501 5	6.343 5	7.551 6	8.784 7
CI	0.079 8	0.100 3	0.068 7	0.091 9	0.112 1
RI	0.89	1.26	1.26	1.36	1.41
CR	0.089 7	0.079 6	0.054 5	0.067 6	0.079 5

### 5.2 层次分析法权重分析

通过层次分析法, 将两种心理模型拟合的 27 个



图 7 康复机构中所使用的康复干预产品和教材

Fig.7 Intervention products and textbooks used in rehabilitation institutions

因素进行权重分析, 在自闭症儿童家庭干预产品设计中, 可以得知: 社会交往障碍>感觉障碍>认知障碍>情绪障碍。“安全型依恋”因素的使用考虑需更为重视, 而“沉浸理论”因素可作为偏任务型的干预流程设计的参考。

在促进四大核心障碍中, 针对社会交往障碍, 产品设计应重点考虑“给予患儿安全感并提升应激能力”方面; 康复干预流程设计需考虑“引导患儿表达和沟通”, 同时重视家长的体验, 使其能够轻易“对患儿的情绪表达给予充分敏感性”。针对情绪障碍, 需考虑设计亲子间良好互动且共同参与的流程, 并且适当添加目标奖励机制, 用以保证影响干预效果权重最大的因素的落实, 如“家庭情绪气氛良好”“设置目标不断进行激励”。针对认知障碍, “培养非具象思维”“可视化设计”“清楚的目标与指令”权重较大, 没有联想和抽象思维是自闭症儿童认知障碍的特质, 故而在设计上需要对产品的造型、使用流程指令和场景有着充分考虑——对抽象型、联系型的设计因素, 需把握好比例。

在感觉障碍干预方面, “排除厌烦的奇特刺激”“及时的反馈且易于感知”对其影响权重最大。前者对于家庭环境相关较大, 设计流程中尽量屏蔽可能对自闭症儿童产生刺激的事物; 后者对产品的反馈设计上要求信息足够、感知程度强, 且过程中父母应该保持高敏感性, 维持良好的互动。

### 5.3 实际调研分析

在广州小天使康复中心的实际调研中发现, 自闭症儿童的康复干预产品来源复杂, 大多数为通用型玩具或者自行制作的教具, 其使用的教材多为老师自行挑选的通用儿童绘本, 其选择范围和针对性十分有限, 见图 7。老师会使用这些玩教具来引导患儿做卡片识别、认知游戏、荡秋千、斜坡滑车、立筒子、丢球接球、踩平衡车等活动来实现应用行为干预。对康复干预所使用的产品进行分类, 可分为: 注意力干预类、感官刺激类、感觉统合类、认知学习类、促进互动类。

如图8所示,选择对家庭康复干预更具参考价值的一对一干预课程进行观察总结,分析各类产品的使用目的和行为逻辑。

1) 使用注意力干预类产品是为了锻炼自闭症儿童专注力,使其集中到一个强化物上。自闭症儿童有着注意力容易涣散的特点,产品通常需在色彩、声音、造型、运动轨迹上突出特点。干预时,老师会不断加大鼓励使自闭症儿童注意力维持在特定玩偶或者卡片图形上,或者鼓励患儿专注使用勺子筷子来转移地上的小球。

2) 使用感官刺激类产品可以给患儿提供有效的感官刺激,使他们感官脱敏并逐渐熟悉和适应各类刺激,进而放松情绪。这个过程老师会循序渐进、多次进行,让患儿在心理安全的状态下接受感官刺激,将恐惧情绪降至最低。

3) 使用感觉统合类产品是为了纠正大脑对感觉信息的处理,此类产品繁杂多样、各不相同,患儿的自身情况也不尽相同,干预方面包括触觉、视觉、听觉、前庭感、本体感等感知觉失衡。

4) 使用认知学习类产品进行干预时一般都具有教育学习目的,需要患儿掌握一定的知识与技能,自闭症儿童在认知学习时情绪失控是常有的事情,这是他们挫败感充足的表现,而哭泣是他们的表达手段。

5) 使用促进互动类产品进行干预主要引导患儿沟通交流,包括语言的和非语言的。常使用能够引导患儿情绪的玩具,或提供对话线索的产品,如带表情的布偶和提问卡片。



图8 康复机构中的一对一干预课程  
Fig.8 One-to-one intervention courses in rehabilitation institutions

#### 5.4 产品设计方案

自闭症儿童家庭康复干预产品设计中,根据实际调研来确定产品的干预类型与玩法后,需参考理论模型的各项指标权重因素来增强干预效果,给出3个设计

方案,见图9。

1) 方案  $P_1$ , 一款以粘球靶为原型的自闭症儿童感统训练套装。产品说明:左右的弹性面板可拆卸下来进行抛接球,可以挂在墙上或者收纳成包,方便在家庭内使用。干预作用:作为抛接球的互动类产品,有着平衡其触觉和前庭觉的感统作用,不同材质的玩具球与靶区有着不同的粘黏作用,鲜艳的颜色和易于发声的材质同时兼顾感官刺激的功能。理论模型因素概括:任务难度对自闭症儿童适中,在与父母抛玩的过程中,可提升患儿应激能力的同时,家长也能对患儿的情绪表达给予充分敏感性,双方同步高频完成接抛球更容易使患儿受到喜悦情绪的感染,进而发展安全型依恋。

2) 方案  $P_2$ , 一款亲子互动的打地鼠游戏桌。产品说明:家长用不同材质和形状的玩偶在桌子洞口扮演“地鼠”,患儿用手触碰拍打,家长可以配合着发出音效进行反馈与鼓励,在不使用时,产品可以收纳成家中的普通儿童小桌。干预作用:作为主互动类的游戏,节奏偏快、反馈感强的互动过程不仅可以锻炼患儿专注力和手眼协调能力,而不同材质和形象的可爱玩偶在认知上更亲近患儿,激发其好奇心,并使其适应不同的感官刺激。理论模型因素概括:任务难度低且能及时引导情绪的互动,增强了亲子间的非语言沟通,构建了良好情绪氛围,促进依恋关系的发展。拍打时易于感知的反馈,具象清晰的拍打目标都使孩子玩耍时更有沉浸感。

3) 方案  $P_3$ , 一款亲子互动的“钓鱼与称”康复干预玩具。产品说明:这款玩具设计的大小鱼分别对应2和1单位的重量,数字块分别对应自身数字单位的重量,家长将数字块放入天平使之产生倾斜,患儿将相应的鱼儿钓起用以配平重量,产品占地小,在家庭里随时可以展开。干预作用:作为复合的干预类游戏,对手眼协调、大小肌肉的控制都有促进作用,是注意力锻炼、常识判断、感觉统合等多种干预的集成。理论模型因素概括:任务难度对自闭症儿童适中偏高,利用“钓鱼并称重”的玩耍过程增强代入感,提高患儿的控制感和沉浸体验,在完成家长给予配平任务的同时,也是家长给予患儿亲情、敏感性和激励的良好时机,逐渐建立患儿的安全型依恋。

#### 5.5 自闭症儿童家庭康复干预产品设计方案评价

邀请6位康复中心在教人员和3位自闭症儿童家长,依次对3个自闭症儿童家庭康复干预产品方案进行评分。如图6所示,子准则层的评价要素确定了27项评价指标,且均为取值越大越好的收益性指标。评分区间为0~10分,取其平均数的打分表,见表6。



图 9 3 种不同的设计方案  
Fig.9 3 different design schemes

表 6 初始评价矩阵  
Tab.6 Initial evaluation matrix

评价项目	方案 1	方案 2	方案 3	评价项目	方案 1	方案 2	方案 3		
$B_1$	$X_1$	4.17	7.50	7.17	$B_3$	$X_{13}$	4.17	4.50	6.33
	$X_2$	5.67	6.17	6.17		$X_{14}$	6.33	7.17	8.83
	$X_3$	6.33	7.17	7.33		$X_{15}$	6.67	8.33	8.50
	$X_4$	6.83	8.17	8.17		$X_{16}$	4.83	7.33	7.50
	$X_5$	7.33	8.33	8.00		$X_{17}$	5.33	6.50	7.17
	$X_6$	5.83	5.50	6.17		$X_{18}$	6.50	4.83	4.50
$B_2$	$X_7$	6.17	6.50	6.67	$X_{19}$	4.67	4.83	6.50	
	$X_8$	4.50	5.67	6.33	$B_4$	$X_{20}$	4.83	7.33	7.17
	$X_9$	6.33	7.33	7.50		$X_{21}$	6.33	8.17	7.83
	$X_{10}$	5.83	7.17	7.17		$X_{22}$	5.50	7.50	7.33
	$X_{11}$	4.50	4.17	7.67		$X_{23}$	6.83	6.33	7.33
	$X_{12}$	7.17	5.33	8.33		$X_{24}$	5.50	6.50	7.17
				$X_{25}$		6.17	7.50	6.83	
				$X_{26}$	5.50	5.17	7.33		
				$X_{27}$	5.67	7.83	6.17		

5.6 针对一级指标构建决策矩阵

根据式 (3) 分别对“社会交往障碍”“情绪障碍”“认知障碍”与“感觉障碍”四个一级指标建立初始评判矩阵, 结果如下。

$$B_1 = \begin{bmatrix} 5.170 & 5.670 & 6.330 & 6.830 & 8.000 & 5.830 \\ 7.500 & 6.170 & 7.170 & 8.000 & 8.330 & 5.500 \\ 7.170 & 6.170 & 7.330 & 8.170 & 7.830 & 6.170 \end{bmatrix}$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} 6.670 & 5.500 & 7.830 & 7.330 & 7.670 & 7.170 \\ 7.500 & 5.670 & 8.170 & 7.830 & 7.500 & 6.670 \\ 6.170 & 5.670 & 6.330 & 6.000 & 6.170 & 8.330 \end{bmatrix}$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} 5.500 & 6.330 & 7.500 & 7.330 & 6.830 & 6.500 & 4.670 \\ 5.170 & 7.170 & 8.170 & 7.500 & 6.500 & 4.830 & 4.830 \\ 6.330 & 8.160 & 7.670 & 5.670 & 7.170 & 4.500 & 6.500 \end{bmatrix}$$

$$B_4 = \begin{bmatrix} 5.170 & 7.500 & 6.830 & 6.830 & 6.670 & 6.170 & 5.500 & 6.670 \\ 7.330 & 8.170 & 7.500 & 6.330 & 6.500 & 7.500 & 5.170 & 7.830 \\ 7.170 & 7.830 & 7.330 & 7.000 & 7.170 & 6.830 & 7.330 & 6.170 \end{bmatrix}$$

根据式 (4) — (5) 与权重排序  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ 、 $W_4$  进行计算, 得加权规范化决策矩阵  $D$ , 结果如下。

$$D_1 = \begin{bmatrix} 0.086 & 0.038 & 0.041 & 0.083 & 0.157 & 0.130 \\ 0.124 & 0.041 & 0.046 & 0.098 & 0.163 & 0.122 \\ 0.119 & 0.041 & 0.047 & 0.100 & 0.154 & 0.137 \end{bmatrix}$$

$$D_2 = \begin{bmatrix} 0.218 & 0.089 & 0.074 & 0.032 & 0.073 & 0.091 \\ 0.245 & 0.092 & 0.078 & 0.034 & 0.072 & 0.084 \\ 0.202 & 0.092 & 0.060 & 0.026 & 0.059 & 0.105 \end{bmatrix}$$

$$D_3 = \begin{bmatrix} 0.190 & 0.059 & 0.077 & 0.054 & 0.117 & 0.032 & 0.034 \\ 0.179 & 0.066 & 0.084 & 0.055 & 0.111 & 0.024 & 0.036 \\ 0.219 & 0.076 & 0.078 & 0.042 & 0.123 & 0.022 & 0.048 \end{bmatrix}$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} 0.063 & 0.080 & 0.071 & 0.180 & 0.021 & 0.033 & 0.049 & 0.048 \\ 0.089 & 0.087 & 0.078 & 0.166 & 0.021 & 0.040 & 0.046 & 0.056 \\ 0.088 & 0.083 & 0.076 & 0.184 & 0.023 & 0.036 & 0.065 & 0.044 \end{bmatrix}$$

根据式 (5) — (6) 使用灰色关联系数 (GRA) 改进决策矩阵, 得到加权关联系数矩阵  $\zeta$ , 结果如下。

$$\zeta_1 = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.853 & 0.751 & 0.542 & 0.749 & 0.719 \\ 1.000 & 1.000 & 0.950 & 0.903 & 1.000 & 0.565 \\ 0.779 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.663 & 1.000 \end{bmatrix}$$

$$\zeta_2 = \begin{bmatrix} 0.445 & 0.888 & 0.871 & 0.910 & 1.000 & 0.597 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.931 & 0.509 \\ 0.333 & 1.000 & 0.555 & 0.733 & 0.603 & 1.000 \end{bmatrix}$$

$$\zeta_3 = \begin{bmatrix} 0.411 & 0.542 & 0.745 & 0.941 & 0.775 & 1.000 & 0.598 \\ 0.333 & 0.686 & 1.000 & 1.000 & 0.637 & 0.709 & 0.620 \\ 1.000 & 1.000 & 0.797 & 0.599 & 1.000 & 0.670 & 1.000 \end{bmatrix}$$

$$\zeta_4 = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.649 & 0.655 & 0.747 & 0.892 & 0.653 & 0.450 & 0.612 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.428 & 0.860 & 1.000 & 0.409 & 1.000 \\ 0.871 & 0.785 & 0.882 & 1.000 & 1.000 & 0.789 & 1.000 & 0.524 \end{bmatrix}$$

5.7 一级指标的理想方案贴近度评判与综合评价

根据式(8) — (9) 分别对三个方案的促进社会交往障碍、情绪障碍、认知障碍与感觉障碍四个方面进行贴近度评判。在四个一级指标中,各方案与正负理想解的距离  $l_i^+$ 、 $l_i^-$ 。

$$l_1^+ = \begin{bmatrix} 0.938 \\ 0.449 \\ 0.402 \end{bmatrix}, l_1^- = \begin{bmatrix} 0.176 \\ 0.866 \\ 0.826 \end{bmatrix}; l_2^+ = \begin{bmatrix} 0.713 \\ 0.496 \\ 0.933 \end{bmatrix}, l_2^- = \begin{bmatrix} 0.555 \\ 0.913 \\ 0.504 \end{bmatrix};$$

$$l_3^+ = \begin{bmatrix} 0.915 \\ 0.951 \\ 0.558 \end{bmatrix}, l_3^- = \begin{bmatrix} 0.501 \\ 0.498 \\ 0.975 \end{bmatrix}; l_4^+ = \begin{bmatrix} 1.15593 \\ 0.8343 \\ 0.58978 \end{bmatrix}, l_4^- = \begin{bmatrix} 0.3346 \\ 1.01645 \\ 1.03608 \end{bmatrix}。$$

在四个一级指标中,各方案与正理想解的贴近度程度  $U_i^+$  分别为:

$$U_{i1}^+(i=1,2,3) = \begin{bmatrix} 0.16 \\ 0.66 \\ 0.67 \end{bmatrix}; U_{i2}^+(i=1,2,3) = \begin{bmatrix} 0.44 \\ 0.65 \\ 0.35 \end{bmatrix};$$

$$U_{i3}^+(i=1,2,3) = \begin{bmatrix} 0.35 \\ 0.34 \\ 0.64 \end{bmatrix}; U_{i4}^+(i=1,2,3) = \begin{bmatrix} 0.22 \\ 0.55 \\ 0.64 \end{bmatrix}$$

已知方案准则层的指标权重为:

$$A_1 - A_4 : W = \begin{bmatrix} 0.478 \\ 0.098 \\ 0.162 \\ 0.262 \end{bmatrix}$$

由各个指标评判贴近程度而构建的评判矩阵为:

$$U = \begin{bmatrix} 0.16 & 0.438 & 0.354 & 0.224 \\ 0.66 & 0.648 & 0.344 & 0.549 \\ 0.67 & 0.351 & 0.636 & 0.637 \end{bmatrix}$$

根据式(11) 可得评判结果向量  $F$  :

$$F = W \times U = \begin{bmatrix} 0.235 \\ 0.578 \\ 0.626 \end{bmatrix}$$

综上所述,  $F_3 > F_2 > F_1$ , 则方案  $P_3$  与理想最优方案的关联程度最大, 为 0.626, 方案的优劣排序为  $P_3 > P_2 > P_1$ 。因此, 选择方案  $P_3$  为三者最优。评价结果验证了方案  $P_3$  具有一定的科学合理性, 但距离理想最优方案仍有差距, 由评判矩阵  $U$  可知, 在促进情绪障碍方面关联程度较低, 此外在确定各指标权重过程中, 专家的意见仍存在一定的主观性, 皆为后续改进的重点。

6 结语

在理论上, 本文对“依恋理论”和“沉浸理论”进行针对性联结, 并使用 Gephi 进行聚类分析, 以改善自闭症儿童自身社会交往障碍、情绪障碍、认知障碍、感觉障碍四个方面为准则, 确定了影响患儿康复干预效果的 27 个指标, 对两个理论在自闭症儿童家庭干预产品设计中的作用做了详细梳理与权重分析, 为设计提供了参考。

在方法上, 使用层次分析法 (AHP) 对各指标的权重进行量化、利用灰色关联法 (GRA) 对决策矩阵进行加权处理、用逼近理想排序法 (TOPSIS) 进行方案贴合度的比较选择。针对两种心理理论的拟合, 综合了三种方法各自的优点, 计算时兼顾相对距离和曲线距离, 优势互补, 从而建立“自闭症儿童家用康复干预产品设计”的设计指导与量化评估模型。最后从理论与实际调研出发, 给出了三种产品设计方案, 并对其综合优越度进行分析计算, 从而确定方案  $P_3 > P_2 > P_1$ 。

参考文献:

- [1] 五彩鹿孤独症研究院. 中国孤独症教育康复行业发展状况报告-IV [M]. 北京: 光明日报出版社, 2022. Colorful Deer Autism Research Institute. Report on the Development of Autism Education and Rehabilitation Industry in China-IV [M]. Beijing: Guangming Daily Press, 2022.
- [2] 张璐璐. 近 20 年内我国自闭症研究的知识图谱分析[J]. 贵州工程应用技术学院学报, 2021, 39(5): 130-137. ZHANG Lu-lu. Knowledge Map Analysis of Autism Research in China in Recent Twenty Years[J]. Journal of Guizhou University of Engineering Science, 2021, 39(5): 130-137.
- [3] HULBERT S W, JIANG Yong-hui. Cellular and Circuitry Bases of Autism: Lessons Learned from the Temporospatial Manipulation of Autism Genes in the Brain[J]. Neuroscience Bulletin, 2017, 33(2): 205-218.
- [4] 张燕, 魏燕荣. 我国自闭症谱系障碍儿童心理理论研究热点分析——基于 CNKI 文献的可视化分析[J]. 绥化学院学报, 2019, 39(4): 87-92. ZHANG Yan, WEI Yan-rong. Analysis on the Hotspots

- of Theory of Mind Research of Children with Autism Spectrum Disorder in China—Based on the Visual Analysis of CNKI Literature[J]. *Journal of Suihua University*, 2019, 39(4): 87-92.
- [5] 五彩鹿自闭症研究院. 中国自闭症教育康复行业发展状况报告-Ⅲ[M]. 天津: 天津教育出版社, 2019. Colorful Deer Autism Research Institute. Report on the Development of Autism Education and Rehabilitation Industry in China-Ⅲ[M]. Tianjin: Tianjin Education Press, 2019.
- [6] 梁倩, 曾祥志, 刘迪迪. 孤独症幼儿的家庭教育现状考察——来自长沙市 136 份问卷调查分析[J]. *科教导刊(下旬)*, 2017(9): 140-141. LIANG Qian, ZENG Xiang-zhi, LIU Di-di. "4+2" Combination Learning, Optimizing Students' Chinese Language Learning Mentality[J]. *The Guide of Science & Education*, 2017(9): 140-141.
- [7] 胡晓毅, 郑群山, 徐胜. 我国孤独症儿童家庭教育的困境与对策[J]. *现代特殊教育*, 2015(22): 18-24. HU Xiao-yi, ZHENG Qun-shan, XU Sheng. The Dilemma and Coping Strategies of Family Education for Children with ASD in China[J]. *A Journal of Modern Special Education*, 2015(22): 18-24.
- [8] 中国精神残疾人及亲友协会. 中国孤独症家庭需求蓝皮书[M]. 北京: 华夏出版社, 2014. China Association of the Mentally Disabled and Their Relatives and Friends. Blue Papers on Needs of Parents with Autistic Children in China[M]. Beijing: Huaxia Publishing House, 2014.
- [9] 王媚雪, 胡宇琦. 基于 AHP-TOPSIS 法的自闭症儿童依恋产品设计研究[J]. *包装工程*, 2021, 42(18): 220-226. WANG Mei-xue, HU Yu-qi. Attachment Product Design for Autistic Children Based on AHP-TOPSIS[J]. *Packaging Engineering*, 2021, 42(18): 220-226.
- [10] 王媚雪, 翟洪磊. 基于沉浸理论的自闭症儿童体感游戏交互设计[J]. *包装工程*, 2021, 42(16): 85-93. WANG Mei-xue, ZHAI Hong-lei. Interaction Design of Somatosensory Games for Autistic Children Based on the Flow Theory[J]. *Packaging Engineering*, 2021, 42(16): 85-93.
- [11] 王景威. 基于情感依恋的儿童玩具设计研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019. WANG Jing-wei. Research on Children's Toy Design Based on Emotional Attachment[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019.
- [12] 项好好. 家庭早期干预下的自闭症儿童辅助产品设计研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2020. XIANG Hao-hao. Research on the Design of Auxiliary Products for Autistic Children with Early Family Intervention[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2020.
- [13] 孙一鹏, 韩亚静. 自闭症儿童基础认知训练工具的设计制作分析[J]. *设计*, 2019, 32(19): 116-117. SUN Yi-peng, HAN Ya-jing. Analysis of Cognitive Training Tools for Autistic Children[J]. *Design*, 2019, 32(19): 116-117.
- [14] 岳永华, 张光珍, 陈会昌, 等. 儿童的依恋类型与其问题行为的关系[J]. *心理科学*, 2010, 33(2): 318-320, 314. YUE Yong-hua, ZHANG Guang-zhen, CHEN Hui-chang, et al. The Relations between Children's Attachment and Problem Behavior[J]. *Psychological Science*, 2010, 33(2): 318-320, 314.
- [15] 马伟娜, 曹亮, 桑标. 从婴儿期到成年期的依恋稳定性[J]. *心理科学*, 2009, 32(4): 894-896. MA Wei-na, CAO Liang, SANG Biao. On the Stability of Attachment from Infancy to Adulthood[J]. *Psychological Science*, 2009, 32(4): 894-896.
- [16] 侯雨佳, 颜廷睿, 邓猛. 母亲依恋风格与孤独症谱系障碍儿童母子依恋: 母亲教养方式的中介作用[J]. *心理发展与教育*, 2020, 36(1): 28-37. HOU Yu-jia, YAN Ting-rui, DENG Meng. The Impact of Maternal Attachment Style on Attachment of Children with ASD: The Mediating Role of Maternal Parenting Style[J]. *Psychological Development and Education*, 2020, 36(1): 28-37.
- [17] 邓红珠, 邹小兵, 金宇, 等. 婴幼儿孤独症患者亲子依恋类型及影响因素分析[J]. *中国临床心理学杂志*, 2007, 15(5): 480-482, 466. DENG Hong-shu, ZHOU Xiao-bing, JIN Yu, et al. The Characters of Infant-Fosterer Attachment in Young Autistic Children[J]. *Chinese Journal of Clinical Psychology*, 2007, 15(5): 480-482, 466.
- [18] 林云强, 张福娟. 自闭症儿童依恋研究述评[J]. *心理科学*, 2012, 35(3): 725-729. LIN Yun-qiang, ZHANG Fu-juan. A Review of Attachment in Children with Autism[J]. *Journal of Psychological Science*, 2012, 35(3): 725-729.
- [19] BARON-COHEN S. The Autistic Child's Theory of Mind: A Case of Specific Developmental Delay[J]. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 1989, 30(2): 285-297.
- [20] ROGERS S J, OZONOFF S, MASLIN-COLE C. Developmental Aspects of Attachment Behavior in Young Children with Pervasive Developmental Disorders[J]. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 1993, 32(6): 1274-1282.
- [21] 米哈里·契克森米哈伊. 心流[M]. 新北: 远足文化事业股份有限公司, 2019. CSIKSZENTMIHALYI M. Flow[M]. Xinbei: Hiking Culture Co., Ltd, 2019.
- [22] 王英杰, 李燕, 吴凡. 家庭功能与学前儿童行为问题的关系: 依恋回避和社交焦虑的多重中介作用[J]. *心理发展与教育*, 2021, 37(1): 76-83. WANG Ying-jie, LI Yan, WU Fan. Effects of Family Function on Pre-Schoolers' Problem Behaviors: The Sequential Mediating Effects of Attachment Avoidance

- and Social Anxiety[J]. *Psychological Development and Education*, 2021, 37(1): 76-83.
- [23] 郑荣双, 杨广学. 自闭症刻板重复行为的心理学理论及干预方法[J]. *中国特殊教育*, 2015(5): 57-60.  
ZHENG Rong-shuang, YANG Guang-xue. RRBS in Autism: Psychological Theories and Intervention Strategies[J]. *Chinese Journal of Special Education*, 2015(5): 57-60.
- [24] 赖渝, 何丽, 姜欣, 等. 自闭症谱系障碍儿童社交及情绪障碍的研究进展[J]. *重庆医学*, 2021, 50(12): 1-5.  
LAI Yu, HE Li, JIANG Xin, et al. Study Advances in Social Communication and Emotional Disorders in Children with Autism Spectrum Disorders[J]. *Chongqing Medicine*, 2021, 50(12): 1-5.
- [25] 周雁, 宋方昊. 基于应用行为分析法的自闭症儿童认知训练 APP 设计[J]. *包装工程*, 2018, 39(8): 132-139.  
ZHOU Yan, SONG Fang-hao. Cognitive Training APP for Autistic Children Based on Applied Behavior Analysis[J]. *Packaging Engineering*, 2018, 39(8): 132-139.
- [26] 柴敏, 马彧. 基于 AHP 和加权灰色关联分析的并条机设计评价研究[J]. *包装工程*, 2022, 43(4): 251-257.  
CHAI Min, MA Yu. Design and Evaluation of Drawing Frame Based on AHP and Weighted Grey Relational Analysis[J]. *Packaging Engineering*, 2022, 43(4): 251-257.
- [27] 朱东济, 蔡红维, 欧阳霄, 等. 基于 AHP、灰色关联法和 TOPSIS 的航天测控装备评估模型研究[J]. *计算机测量与控制*, 2021, 29(11): 240-244, 255.  
ZHU Dong-ji, CAI Hong-wei, OUYANG Xiao, et al. Research on Evaluation Model of Aerospace TT & C Equipment Based on AHP and Grey Relational Analysis and TOPSIS[J]. *Computer Measurement & Control*, 2021, 29(11): 240-244, 255.
- [28] 罗佳, 史秀志, 张舒, 等. 基于 AHP 和改进 TOPSIS 法的台车掘进掏槽方案优选[J]. *爆破*, 2013, 30(4): 54-59.  
LUO Jia, SHI Xiu-zhi, ZHANG Shu, et al. Scheme Optimization of Trolley Tunneling Cutting Based on AHP and Improved TOPSIS Algorithm[J]. *Blasting*, 2013, 30(4): 54-59.

责任编辑: 陈作

(上接第 110 页)

- [16] FOGG B. A Behavior Model for Persuasive Design[C]// *Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology*. New York: ACM, 2009: 1-7.
- [17] RYAN R M, DECI E L. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-being[J]. *The American Psychologist*, 2000, 55(1): 68-78.
- [18] BRAUN V, CLARKE V. Using Thematic Analysis in Psychology[J]. *Qualitative Research in Psychology*, 2006, 3(2): 77-101.
- [19] REEVES B, NASS C I. The media equation: how people treat computers, televisions, and new media like real people and places[M]. Stanford, Calif: CSLI Publications, 1996.
- [20] BANDURA A. Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change[J]. *Psychological Review*, 1977, 84(2): 191-215.
- [21] LOCKE E A, LATHAM G P. Building a Practically Useful Theory of Goal Setting and Task Motivation. a 35-Year Odyssey[J]. *The American Psychologist*, 2002, 57(9): 705-717.
- [22] FOGG B J, HREHA J. Behavior Wizard: A Method for Matching Target Behaviors with Solutions[M]// *Persuasive Technology*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010: 117-131.
- [23] WILSON E D, HELAL S, BULL C N, et al. Persuasive Health: Back to the Future[C]// *Proceedings of the 13th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. New York: ACM, 2019: 426-434.
- [24] ORJI R, MOFFATT K. Persuasive Technology for Health and Wellness: State-of-the-Art and Emerging Trends[J]. *Health Informatics Journal*, 2018, 24(1): 66-91.
- [25] 邓嵘, 周阳. 劝导设计在互联网产品设计中的应用研究[J]. *包装工程*, 2018, 39(6): 176-180.  
DENG Rong, ZHOU Yang. Persuasive Design Theory in the Internet Product Design[J]. *Packaging Engineering*, 2018, 39(6): 176-180.

责任编辑: 陈作