

基于 AHP-熵权法的多动症儿童康复产品设计需求权重分析

李华海 柳宝铉

韩国京畿大学一般大学院 京畿道 16227

【摘要】目的：针对多动症（ADHD）儿童康复产品设计中需求指标难以量化分析、主观性强的问题，构建科学的需求评价指标体系，以确定各需求要素的优先级。方法：结合文献研究与深度访谈法提取多动症儿童康复产品的初始设计需求，并构建包含感觉统合、心理及基础能力三个维度的评价指标体系。采用层次分析法（AHP）与熵权法相结合的组合赋权法，对各项指标进行主、客观综合权重计算并排序。结果：研究确定了 19 项具体需求，其中空间感知力训练（权重 8.622%）、专注力训练（权重 6.508%）、关节动态感知力训练（权重 6.442%）及创造力训练（权重 6.262%）位列前四位。感觉统合的需求高于心理与基础能力的需求。结论：该研究通过定性与定量相结合的方法，量化了多动症儿童对康复产品的需求，验证了指标体系的科学性，为后续康复产品的开发与优化提供了数据支撑和理论依据。

【关键词】：多动症儿童；康复产品；AHP 法；熵权法；需求权重；感觉统合

DOI:10.12417/3041-0630.26.05.028

注意缺陷多动障碍（ADHD）是儿童期常见的神经发育障碍性疾病，主要表现为注意力不集中、活动过度和冲动控制能力差，严重影响儿童的学习、生活及社会交往能力^[1-2]。据相关统计，我国多动症患者数量庞大，且呈逐年上升趋势^[3]。目前，除药物治疗外，行为疗法中的感觉统合训练已成为重要的辅助治疗手段^[4]。

然而，现有的多动症儿童康复产品普遍存在功能单一、缺乏针对性、治疗效果有限等问题。当前的研究多集中在医学治疗或单纯的产品设计上，前者过于主观缺乏对用户需求进行系统性量化分析的研究，无法保证其适用性、易用性；而后者缺乏医学领域的研究与专业支撑，难以保证康复的有效性。如何结合医学领域的研究成果并科学地识别多动症儿童及其家长的核心需求，并将其转化为可量化的设计指标，是提升康复产品有效性与适用性的关键。

为此，本文基于感觉统合训练理论，通过深度访谈挖掘用户需求，构建康复产品需求评价指标体系，并利用 AHP-熵权法确定各指标的综合权重，旨在为多动症儿童康复产品的开发提供科学依据。

1 理论基础与研究方法

1.1 理论基础：感觉统合训练

感觉统合理论由美国医学家爱丽丝（Ayres）提出，认为多动症儿童普遍存在前庭觉、本体觉和触觉等感觉系统的信息处理障碍^[5]。感觉统合训练旨在通过特定的器械和游戏活动，刺

激儿童的神经系统，促进大脑对感觉信息的整合。本研究将感觉统合训练的要素作为康复产品需求分析的重要理论支撑，涵盖平衡能力、空间感知、触觉调节等维度。

1.2 研究方法：AHP-熵权法

为了克服单一赋权法的局限性，本研究采用组合赋权法^[6]。在复杂的需求评价当中，结合专家和用户的不同意见，综合考虑需求点权重是较为科学的方法。层次分析法是将复杂问题系统化的方法，基本思想是将复杂的决策问题通过建立层次结构的方式进行优化，判定评价指标，通过量化的方式得出数据，最终再将决策点进行排序。但在实际操作过程中，很难完全消除评价中感性因素所导致的误差，无法保证每次计算的判断矩阵的一致性。因此本文在保留专家意见的基础之上，充分挖掘用户方，也就是多动症儿童及家长的意见，使用较为客观的熵权法对 AHP 法进行补充和完善，熵权法与 AHP 法组合赋权，将主观权重与客观权重结合，一定程度减轻 AHP 法的主观误差所带来的差异性结果。

2 多动症儿童康复玩具需求指标体系构建

2.1 需求获取

本研究采用深度访谈法收集需求。访谈对象包括多动症儿童、家长、临床医生、儿童心理学专家及康复师。通过对 59 名受访者的访谈录音转成文本进行分析汇总，提取出高频关键词。部分高频词汇如表 1 所示。

作者简介：李华海（1997年3月），男，汉，辽宁大连人，博士在读，京畿大学，研究方向工业设计产品设计。
柳宝铉(1965)，男，韩国首尔人，博士，教授，博士生导师，京畿大学，研究方向工业设计理论。

表1 访谈关键词词频整理

关键信息	提及频次
精神难以集中	36
不服从命令	29
身体平衡度差	23
交友困难	21
学习能力差	20
情绪控制能力差	19
频繁碰撞障碍物	19
对父母依赖程度较低	18
记忆力差	17
方向感差、容易迷路	15
.....

将初始需求归纳为生理要素（感觉统合理论）、心理要素及基础能力三大类，并进一步细分为前庭觉、本体觉、触觉、家庭因素、社会因素等二级指标与平衡力、专注力、亲子关系、创造力等三级指标。

2.2 指标体系构建

基于访谈结果，构建了包含目标层、准则层和指标层的三层评价体系，最终确定了19项具体指标，如表2所示。

表2 多动症儿童康复产品需求评价指标体系

目标层	准则层	指标层
多动症儿童 康复产品设 计需求	生理（感觉 统合 理论）	W1 平衡力
		W2 空间感知力
		W3 专注力
		W4 关节静态感知力
		W5 关节动态感知力
		W6 肌肉反应力
		W7 热觉感知力
		W8 压觉感知力
		W9 重量感知力
	心理	W10 家庭构成

		W11 家庭教育方式
		W12 亲子关系
		W13 学校关注度
		W14 学校教育方式
		W15 同龄人关系
基础能力		W16 创造力
		W17 娱乐性
		W18 认知力
		W19 记忆力

3 实验设计与数据采集

3.1 专家咨询与问卷设计

为了确保指标的科学性，邀请了20位相关领域的专家组成专家组参与权重计算。专家组成员包括：工作五年以上的专业医生7名、儿童心理学专家9名，拥有两年以上工作经验的康复师4名。

问卷采用李克特5级量表（1-5分），分别针对AHP法的两两比较判断矩阵和熵权法的指标重要性打分进行数据采集。问卷如表3所示。

表3 指标重要性调查问卷

问卷题项	同意程度
1.平衡力训练对多动症增强现实玩具重要程度	5 4 3 2 1
2.空间感知力训练对多动症增强现实玩具重要程度	5 4 3 2 1
.....
18.认知力训练对多动症增强现实玩具重要程度	5 4 3 2 1
19.记忆力训练对多动症增强现实玩具重要程度	5 4 3 2 1

3.2 数据采集过程

首先，向20名专家组发放指标重要性调查问卷，打分构建AHP判断矩阵，评估各指标间的相对重要性；其次，向20名多动症儿童、家长发放调查问卷，收集各指标的原始评分数据用于熵权法计算。共回收问卷40份，数据完整有效。

4 数据分析与结果

4.1 AHP 主观权重分析

根据本层所有因素对上一层某一因素的相对重要性程度

的比较,根据专家打分问卷得出 AHP 层次分析判断矩阵。

表 4 专家问卷打分汇总 AHP 层次分析判断矩阵

评价标	需求指标	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	w13	w14	w15	w16	w17	w18	w19
4.55	W1	1	1.247	1.213	1.167	1.282	1.182	1.011	1.123	1.083	1.182	0.978	1.107	0.968	1.093	1.167	1.213	1.096	1.23	1.197
0.65	W2	0.802	1	0.973	0.936	1.028	0.948	0.811	0.901	0.869	0.948	0.785	0.961	0.777	0.849	0.936	0.973	0.88	0.966	0.961
1.75	W3	0.824	1.027	1	0.982	1.056	0.974	0.833	0.926	0.893	0.974	0.806	0.987	0.786	0.872	0.963	1	0.904	1.024	0.987
0.9	W4	0.857	1.068	1.04	1	1.099	1.013	0.867	0.963	0.920	1.013	0.839	1.026	0.83	0.907	1	1.04	1.054	1.026	
0.55	W5	0.78	0.973	0.947	0.91	1	0.922	0.789	0.877	0.845	0.922	0.763	0.914	0.755	0.826	0.91	0.947	0.855	0.949	0.934
0.85	W6	0.846	1.055	1.027	0.987	1.085	1	0.850	0.951	0.917	1	0.828	1.013	0.819	0.895	0.967	1.027	0.928	1.041	1.013
0.4	W7	0.989	1.233	1.2	1.154	1.288	1.169	1	1.111	1.071	1.169	0.968	1.164	0.987	1.017	1.114	1.2	1.084	1.216	1.184
0.05	W8	0.89	1.11	1.08	1.038	1.141	1.052	0.9	1	0.964	1.052	0.971	1.066	0.862	0.942	1.038	1.08	0.976	1.095	1.066
0.2	W9	0.923	1.151	1.12	1.077	1.183	1.091	0.933	1.037	1	1.091	0.903	1.105	0.804	0.977	1.077	1.12	1.012	1.135	1.105
0.85	W10	0.846	1.055	1.027	0.987	1.085	1	0.850	0.951	0.917	1	0.828	1.013	0.819	0.895	0.967	1.027	0.928	1.041	1.013
0.65	W11	1.022	1.274	1.24	1.192	1.31	1.209	1.033	1.148	1.107	1.209	1	1.224	0.989	1.031	1.102	1.24	1.12	1.257	1.224
0.8	W12	0.835	1.041	1.013	0.974	1.07	0.987	0.844	0.938	0.905	0.987	0.817	1	0.809	0.884	0.974	1.013	0.916	1.027	
0.7	W13	1.033	1.288	1.251	1.205	1.324	1.221	1.044	1.16	1.119	1.221	1.011	1.217	1	1.093	1.205	1.251	1.133	1.27	1.217
0.3	W14	0.845	1.178	1.147	1.103	1.211	1.117	0.950	1.062	1.024	1.117	0.925	1.132	0.918	1	1.103	1.147	1.036	1.162	1.132
0.9	W15	0.87	1.068	1.04	1	1.099	1.013	0.867	0.963	0.920	1.013	0.839	1.026	0.83	0.907	1	1.04	1.054	1.026	
0.75	W16	0.824	1.027	1	0.962	1.056	0.974	0.833	0.926	0.891	0.974	0.806	0.987	0.768	0.872	0.962	1	0.904	1.014	0.987
0.15	W17	0.912	1.137	1.107	1.064	1.169	1.078	0.922	1.025	0.988	1.078	0.892	1.092	0.883	0.965	1.064	1.107	1	1.122	1.092
0.7	W18	0.813	1.014	0.987	0.949	1.042	0.961	0.822	0.914	0.881	0.961	0.796	0.974	0.787	0.86	0.949	0.987	0.892	1	0.974
0.8	W19	0.845	1.041	1.013	0.974	1.07	0.987	0.844	0.938	0.905	0.987	0.817	1	0.809	0.884	0.974	1.013	0.916	1.027	1

利用 AHP 层次分析法进行权重计算时,需要进行一致性检验分析,用于研究评价权重计算结果的一致性检验结果,即计算一致性指标 CR 值 (CR=CI/RI)。第一:先描述上述计算得到的 CI 值 CI=(最大特征根-n)/(n-1);第二:结合判断矩阵阶数得到 RI 值;第三:计算 CR 值,并且进行一致性判断。结果显示,CR=0.000<0.1,说明判断矩阵具有满意的一致性,权重分配合理。计算得出的主观权重显示,W13(学校关注度)和 W11(家庭教育方式)在主观判断中权重较高。

表 5 一致性检验

需求指标	特征向量	权重值	最大特征值	CI 值
W1 重要性	1.129	5.940%	19.000	0.000
W2 重要性	0.905	4.765%		
W3 重要性	0.930	4.896%		
W4 重要性	0.967	5.091%		
W5 重要性	0.881	4.634%		
W6 重要性	0.955	5.026%		
W7 重要性	1.116	5.875%		
W8 重要性	1.005	5.287%		
W9 重要性	1.042	5.483%		
W10 重要性	0.955	5.026%		
W11 重要性	1.153	6.070%		
W12 重要性	0.943	4.961%		
W13 重要性	1.166	6.136%		
W14 重要性	1.067	5.614%		
W15 重要性	0.967	5.091%		
W16 重要性	0.930	4.896%		
W17 重要性	1.029	5.418%		
W18 重要性	0.918	4.830%		
W19 重要性	0.943	4.916%		

表 6 一致性检验结果

最大特征根	CI 值	RI 值	CR 值	一致性检验结果
19.000	0.000	1.621	0.000	通过

4.2 熵权法客观权重分析

对多动症儿童、家长回收的问卷原始数据进行归一化处理,计算各指标的信息熵和熵权。

表 7 熵权法计算权重结果汇总表

需求指标	信息熵值 e	信息效用值 d	权重系数 w
W1 重要性	0.9971	0.0029	3.08%
W2 重要性	0.9893	0.0107	11.19%
W3 重要性	0.9928	0.0072	7.58%
W4 重要性	0.9957	0.0043	4.52%
W5 重要性	0.9927	0.0073	7.65%
W6 重要性	0.9963	0.0037	3.91%
W7 重要性	0.9961	0.0039	4.13%
W8 重要性	0.9954	0.0046	4.84%
W9 重要性	0.9965	0.0035	3.63%
W10 重要性	0.9937	0.0063	6.60%
W11 重要性	0.9973	0.0027	2.84%
W12 重要性	0.9947	0.0053	5.55%
W13 重要性	0.9975	0.0025	2.66%
W14 重要性	0.9962	0.0038	3.99%
W15 重要性	0.9946	0.0054	5.65%
W16 重要性	0.9932	0.0068	7.17%
W17 重要性	0.9948	0.0052	5.49%
W18 重要性	0.9962	0.0038	3.99%
W19 重要性	0.9947	0.0053	5.55%

熵权法结果显示,专家对“空间感知力训练”和“关节动态感知力训练”的评分差异较大,因此其客观权重较高,而“学校关注度”等指标的客观权重较低。

4.3 组合赋权结果分析

为了平衡专家主观经验与数据客观信息,将 AHP 以及熵权法所得权重代入到主客观综合权重计算公式当中,得出每一个指标的综合权重值,计算结果见综合权重表。

表8 综合权重表

计算公式 $\omega = 0.4\omega^1 + 0.6\omega^2$				
需求指标 w	AHP 权重 %	熵值法权重 %	复合权重 %	排序
1	5.94	3.08	4.224	17
2	4.77	11.19	8.622	1
3	4.90	7.58	6.508	2
4	5.09	4.52	4.748	12
5	4.63	7.65	6.442	3
6	5.03	3.91	4.358	15
7	5.87	4.13	4.826	11
8	5.29	4.84	5.02	10
9	5.48	3.63	4.37	14
10	5.03	6.60	5.972	5
11	6.07	2.84	4.132	18
12	4.96	5.55	5.314	8
13	6.14	2.66	4.052	19
14	5.61	3.99	4.638	13
15	5.09	5.65	5.426	7
16	4.90	7.17	6.262	4
17	5.42	5.49	5.462	6
18	4.83	3.99	4.326	16
19	4.96	5.55	5.314	9

结果讨论:

(1) 核心需求聚焦感知层面: 权重排名前三位的指标(空间感知、专注力、关节动态感知)有两项属于感觉统合理论。这验证了多动症儿童在前庭觉和本体觉方面存在显著缺陷, 康复产品应首先侧重于生理机能的训练。

(2) 心理与社会需求并重: W16(创造力训练)和W10(家庭关注度)分别位列第四和第五。这表明康复产品在关注生理康复的同时, 必须重视多动症儿童的心理发展及家庭环境的影响。

(3) 娱乐性的重要性: W17(娱乐性)权重为5.462%, 排名第6。说明单纯的枯燥训练难以维持儿童的使用兴趣, 寓教于乐是康复产品设计的关键。

5 结论

本研究通过深度访谈与AHP-熵权法, 构建了多动症儿童康复产品设计的需求评价指标体系, 并得出了各指标的综合权重。

研究发现, 空间感知力训练、专注力训练、关节动态感知力训练是多动症儿童康复产品设计中最为核心的需求要素, 这为康复产品的功能定义提供了量化依据。同时, 创造力、家庭关注度及娱乐性也是不可忽视的重要因素。

本研究的局限在于专家样本量相对有限, 未来研究可扩大样本范围, 并结合具体的产品设计方案进行验证。该研究成果可为多动症儿童康复产品的研发、评估及优化提供科学的决策参考。

参考文献:

[1] POLANCZYK G V,WILLCUTT E G,SALUM G A,et al.ADHD prevalence estimates across 165 countries:a systematic review and meta-regression analysis[J].Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health,2014,8(1):1-9.

[2] AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION.Diagnostic and statistical manual of mental disorders(5th ed.,text rev.)[M].Arlington,VA:American Psychiatric Publishing,2022.

[3] 李静,朱子源,等.基于 AHP-FCE 的多动症儿童体能类玩具设计与评价[J].包装工程,2020.

[4] Liu T T,et al.Advances in interventions for attention deficit hyperactivity disorder:A literature review[J].Frontiers in Psychiatry,2022,13:886912.

[5] AYRES A J.Sensory integration and learning disorders[M].Los Angeles:Western Psychological Services,1972.

[6] 樊松,张明善.组合赋权法研究综述[J].软科学,2012,26(10):123-127.

[7] Hwang,C.L.,&Yoon,K.Multiple attribute decision making:methods and applications[M].New York:Springer,1981.