基于模糊层次分析法的家用儿童餐椅设计评估

袁月，蒋晓
（江南大学，无锡 214122）

摘要：目的 探讨影响家用儿童餐椅的设计因素，构建基于用户需求的模糊评价模型，为儿童产品的设计提供量化分析方法，以设计出适合儿童使用的家具产品。**方法** 利用 Kano 模型对用户需求进行层次分析，从基本型需求、期望型需求、魅力型需求三个方面确定设计要素，运用层次分析法建立家用儿童餐椅的指标层次模型；结合模糊综合评价构建家用儿童餐椅的评价因素集，计算出指标评价值，并对设计方案、指标层次进行整体和细化评估。**结果** 通过实例验证，该模型能够对影响家用儿童餐椅的设计因素进行有效评价，具有可行性和指导作用。**结论** 模糊层次分析法将产品设计中定性的多因素模糊问题进行定量计算，并对设计方案进行全面评价，为儿童产品设计方案的评估和选择改进，提供了可量化的参考依据。

关键词：家用儿童餐椅；需求分析；模糊层次分析法；评价模型
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2020)24-0188-05
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.24.027

Design Evaluation of Children’s Dining Chair Based on Fuzzy Analytical Hierarchy Process

YUAN Yue, JIANG Xiao
(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: The work aims to discuss the factors that influence the design of children’s dining chair and construct a mold and evaluation model based on the user’s demand, which provides a quantitative analysis method for the design of children’s products, so as to design furniture products suitable for children. The Kano model was used to analyze the users’ needs, and the design elements were determined from three aspects: basic type, expectation type and charm type. Analytic hierarchy process was adopted to establish index hierarchy model of children’s dining chair. Combined with mold and comprehensive evaluation, the evaluation factor set of children’s dining chair was constructed, the evaluation value of the index was calculated, and the overall and detailed evaluation of the design scheme and index level was carried out. Through case verification, the model could effectively evaluate the design factors that affected the children’s dining chair, and had feasibility and guidance function. The qualitative multi-factor fuzzy problems are converted into quantitative calculation by the method of fuzzy analytic hierarchy process (AHP), which provides quantizable basis for the overall evaluation and selection and improvement of children’s product design.

KEY WORDS: children’s dining chair; demand analysis; fuzzy analytical hierarchy process; evaluation model

家用儿童餐椅作为儿童成长必要的家具产品，可以培养儿童养成良好的用餐习惯，帮助儿童建立独立自主性。针对儿童家具的设计，应该包括儿童的心理、生理和行为方面的研究，由于儿童处于快速的成长发育过程中，其产品设计因素具有独特性和复杂性[1]。深入洞察儿童的生理、心理特点，根据儿童的成长规

收稿日期：2020-09-16
作者简介：袁月（1996—），女，山东人，江南大学硕士生，主攻交互与体验设计。
通信作者：蒋晓（1966—），男，江苏人，江南大学副教授，主要研究方向为产品交互设计、情感化与体验设计、智能产品设计等。

律发掘用户需求，对设计方案进行合理有效的评估，才能设计出符合儿童使用的家具产品。当前研究中对儿童家具的设计评估较少，没有提出明确的设计指标。以往的儿童家具设计和研究，大多从人体工程学、色彩造型和安全性等因素考虑，缺乏整体的、客观的设计策略[2]。模糊层次分析法能够实现将定性的问题进行定量转化，通过层次分析法构建出设计要素的结构模型，针对研究对象及其影响因素，运用模糊算法进行综合评价，从而给出评估结果[3-4]。本文从儿童餐椅的用户需求出发，以模糊层次分析法建立评价模型，并将其运用于家用儿童餐椅的设计实例中。

1　家用儿童餐椅需求分析

1.1　需求调查

儿童餐椅指的是给 6 个月至 3 周岁的儿童就餐时使用的专用椅子，当儿童年龄超过 3 岁时，餐椅几乎处于闲置状态，易造成资源的浪费[5]。通过问卷调查、用户访谈等对儿童基础研究的调查结果发现，不同年龄段的儿童对餐椅的需求不同。随着儿童年龄的增长，儿童餐椅的功能需求在发生变化，同时儿童生理和心理特征的成长，也对餐椅的设计因素提出要求[6]。因此不同年龄段的儿童对餐椅的各个因素需求具有一定的复杂性，家长对餐椅各个因素需求也具有一定的主观性。

1.2　需求模型下设计要素分析

在儿童餐椅的设计与开发中，引入 Kano 需求模型[7]。Kano 模型不仅能够对用户的需求进行定性分析，还能进行定量的计算，从而挖掘产品设计要素[8]。通过对基础需求的汇总编写 Kano 调查问卷，对邀请到的儿童家长进行餐椅的满意度调查，划分用户的需求层次。根据问卷调查结果和产品实际使用具体情况，将需求分为基本型需求、期望型需求和魅力型需求三个方面。

基本型需求是指儿童餐椅所必须具备的功能需求，在使用中满足基本的功能和操作；期望型需求是指除了儿童餐椅的基本性能外，用户期望获得的其他需求，能提高用户的满意度；魅力型需求是指儿童餐椅在情感化、用户体验等方面，给用户带来惊喜的需求点，可以大幅提高用户的满意程度。在需求层次中，低层次需求作为基础才能实现高层次需求的满足，通过各需求层次的综合考虑和合理分配来完善产品的使用体验[9]。

三种需求层次对应三种设计要素，即基本型属性要素、期望型属性要素和魅力型属性要素。根据问卷调查结果分别总结出三种设计要素中用户的集中需求：（1）儿童产品的舒适性和安全性是用户考虑的首要问题，在家庭环境中，儿童餐椅的使用不宜过于复杂，操作方便是儿童餐椅的基本需求；（2）儿童餐椅的造型色彩应该符合儿童年龄认知，模块化多形态功能可以提高餐椅的使用率，同时儿童餐椅的选材应该更加环保安全，闲置后还可以再利用；（3）儿童思维的变化需要儿童产品提供情感化的体验，产品趣味化和亲子互动可以拉近家长与儿童之间的距离，儿童成长过快要求设计中考虑餐椅的可持续性。这三种设计要素是构成家用儿童餐椅产品设计的整体设计要求，通过设计要素的合理搭配给儿童提供良好的产品可用性和用户体验。

2　家用儿童餐椅评价模型构建

2.1　评价指标层次结构模型

层次分析法作为早期提出的分析方法，目的是将模糊问题系统化，通过多层次分解进行量化分析，常被应用于多影响因素的不确定决策问题中[10]。根据 Kano 问卷调查结果，将上述用户在三种设计要素中的集中需求归纳成九个设计要素，作为儿童餐椅的评价指标，并运用层次分析法构建出层次结构模型，见图 1。根据儿童餐椅的用户需求及总体设计目标，将系统结构分为以下三个层次。（1）目标层 P 是总目标，即家用儿童餐椅的整体评价；（2）准则层分为基本型属性 C_1、期望型属性 C_2 和魅力型属性 C_3；（3）指标层包括人机尺寸舒适 P_1、材料结构安全 P_2、使用操作方便 P_3、多功能多形态 P_4、造型色彩和谐 P_5、环保可重复利用 P_6、体验趣味性 P_7、亲子互动性 P_8、可持续成长性 P_9 九个方面。

2.2　家用儿童餐椅 FAHP 评价模型

1）确定评价因素集。将设计系统中的全部影响因素组成评价因素集，分析影响因素之间的层次关系。依据上述方法将各个因素列为集合 $U=\{u_1, u_2,\cdots,u_n\}$，其中各因素的子集为 $U_1=\{u_{11},u_{12},\cdots,u_{1i}\}$ $(i=1,2,3\cdots)$。

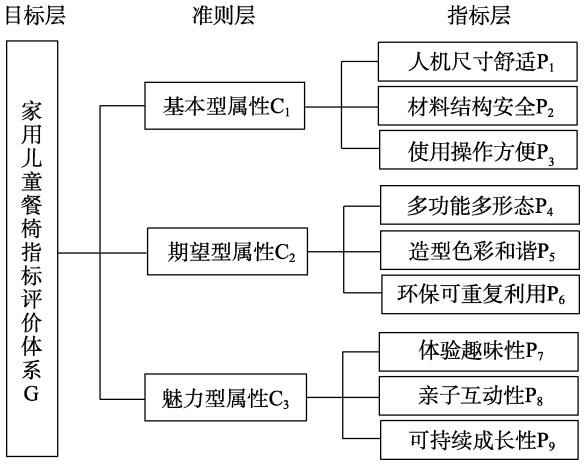

图 1　评价指标层次结构模型

Fig.1　Evaluation index hierarchy model

表 1 1-9 级比例标度法
Tab.1 1-9 scale method

标度	评价因素的相对重要性
1	二者相比，$u_i u_j$ 重要性相同
3	二者相比，u_i 的重要性略高于 u_j
5	二者相比，u_i 的重要性显然高于 u_j
7	二者相比，u_i 的重要性强烈高于 u_j
9	二者相比，u_i 的重要性极度高于 u_j
2，4，6，8	二者相比，其重要程度居于以上中间值
倒数	后者与前者比较

2）构造判断矩阵确立权重。为了使定性的问题进行量化分析，在层次分析法中一般使用 1-9 级比例标度法[11]来分析每个评价指标的重要层次，$u_i=(1,2,\cdots,n)$ 表示评价因素，其中 u_{ij} 表示因素 u_i 对因素 u_j 的相对重要性数值。u_{ij} 的取值见表 1。

根据上述指标的两两比较得到判断矩阵：

$$\boldsymbol{V}=\begin{bmatrix} u_1 & \cdots & u_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ u_{n1} & \cdots & u_{nn} \end{bmatrix} \tag{1}$$

从判断矩阵中得到的权向量 $\boldsymbol{W}=(W_1,W_2,\cdots,W_n)^{\mathrm{T}}$，所求权向量就是各个指标因素的权重数值，即为各个指标的重要性。

3）模糊综合评价。确定评价等级集为 $T=\{t_1,t_2,\cdots,t_m\}$，计算出各个指标对不同等级的隶属度，构成模糊评价变换矩阵 $\boldsymbol{R}$。

$$\boldsymbol{R}=\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \tag{2}$$

权重集 $A=\{a_1,a_2,\cdots,a_n\}$ 分别与变换矩阵进行模糊变换合成综合评价模型 B。最后整体评价结果按照最大隶属度原则对方案进行评价。

$$B=A\cdot\boldsymbol{R}=(a_1,a_2,\cdots,a_n)\cdot\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}=\{b_1,b_2,\cdots,b_m\} \tag{3}$$

3 设计实例评价

3.1 评价对象

通过用户访谈和对 Kano 需求问卷的调查结果分析，设计如下一款家用儿童餐椅，见图 2。结合市场调查从基本型属性、期望型属性和魅力型属性三种设计要素方面，对家用儿童餐椅做了分析和改进。在儿童餐椅的基本型属性方面，座椅靠背处增加安全带以固定儿童身体防止其乱动；在期望型属性方面，增加椅轮的设计，既能推动又可以使轮子固定，餐椅活动更加便捷，家长操作更加方便；在魅力型属性方面，首先在托盘上增加了游戏盘的替换设计，儿童既可以用餐也可以实现亲子游戏互动，其次托盘使用弹簧接口，可以拆卸作为正常椅子使用，最后考虑儿童的成长性过快，餐椅高度设计成可调节方式，有利于可持续使用。此设计方案的评估邀请了家长、设计师共二十人参与，评价结果作为各指标权重和计算的依据。

图 2 家用儿童餐椅设计方案
Fig.2 Design scheme of children’s dining chair for home use

表 2 各指标权重值
Tab.2 Weights for each index

一级指标		二级指标	
基本型属性	0.438	人机尺寸舒适	0.363
		材料结构安全	0.454
		使用操作方便	0.183
期望型属性	0.312	多功能多形态	0.375
		造型色彩和谐	0.375
		环保可重复利用	0.250
魅力型属性	0.250	体验趣味性	0.223
		亲子互动性	0.333
		可持续成长性	0.444

3.2 各指标权重计算

家用儿童餐椅设计根据用户需求确立了三个一级指标 C_1~C_3 和九个二级指标 P_1~P_3，将 A_1、A_2、A_3、A_4 分别作为指标 P_1~P_3、P_4~P_6、P_7~P_9、C_1~C_3 的权重向量，根据公式建立判断矩阵，计算出权重值，见表 2。

由表 2 可知，一级指标权重为 $A_1=(0.363,0.454,0.183)$，二级指标权重分别为 $A_2=(0.375,0.375,,025)$，$A_3=(0.223,0.333,0.444)$，$A_4=(0.438,0.312,0.25)$。

3.3 模糊综合评价变换矩阵

为了更好地量化每个指标的用户满意度，根据李克特量表[12]设定评价等级集为 T={很满意，满意，一

般，不满意，很不满意}，其中 5 分表示很满意，1 分表示很不满意。二十位调查者分别对各个指标作出评判，经过汇总和归一化后得到下列矩阵。

基本型属性的变换矩阵为：

$$\boldsymbol{R}_1=\begin{bmatrix}0.4 & 0.45 & 0.1 & 0.05 & 0\\ 0.35 & 0.5 & 0.1 & 0.05 & 0\\ 0.25 & 0.45 & 0.15 & 0.1 & 0.05\end{bmatrix} \tag{4}$$

期望型属性的变换矩阵为：

$$\boldsymbol{R}_2=\begin{bmatrix}0.4 & 0.3 & 0.15 & 0.15 & 0\\ 0.25 & 0.4 & 0.2 & 0.15 & 0\\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.05 & 0.05\end{bmatrix} \tag{5}$$

魅力型属性的变换矩阵为：

$$\boldsymbol{R}_3=\begin{bmatrix}0.25 & 0.3 & 0.25 & 0.15 & 0.15\\ 0.15 & 0.5 & 0.3 & 0.05 & 0\\ 0.4 & 0.45 & 0.1 & 0.05 & 0\end{bmatrix} \tag{6}$$

3.4　模糊评价结果

根据表 2 中得到的各指标权重值和上述三种需求层次的模糊变换矩阵，代入公式中计算出最终的评价模型结果。

基本型属性的评价模型：

$$\boldsymbol{B}_1=A_1\cdot\boldsymbol{R}_1=(0.363,0.454,0.183)\cdot\begin{bmatrix}0.4 & 0.45 & 0.1 & 0.05 & 0\\ 0.35 & 0.5 & 0.1 & 0.05 & 0\\ 0.25 & 0.45 & 0.15 & 0.1 & 0.05\end{bmatrix}=(0.3498,0.4727,0.10915,0.0592,0.00915) \tag{7}$$

期望型属性的评价模型：

$$\boldsymbol{B}_2=A_2\cdot\boldsymbol{R}_2=(0.375,0.375,0.25)\cdot\begin{bmatrix}0.4 & 0.3 & 0.15 & 0.15 & 0\\ 0.25 & 0.4 & 0.2 & 0.15 & 0\\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.05 & 0.05\end{bmatrix}=(0.2962,0.3875,0.18125,0.125,0.0125) \tag{8}$$

魅力型属性的评价模型：

$$\boldsymbol{B}_3=A_3\cdot\boldsymbol{R}_3=(0.233,0.333,0.444)\cdot\begin{bmatrix}0.25 & 0.3 & 0.25 & 0.15 & 0.15\\ 0.15 & 0.5 & 0.3 & 0.05 & 0\\ 0.4 & 0.45 & 0.1 & 0.05 & 0\end{bmatrix}=(0.2833,0.4332,0.2,0.0723,0.01115) \tag{9}$$

由上可得，整体评价模型：

$$\boldsymbol{B}=A\cdot\boldsymbol{R}=(0.438,0.312,0.25)\cdot\begin{bmatrix}0.3498 & 0.4727 & 0.10915 & 0.0592 & 0.00915\\ 0.2962 & 0.3875 & 0.18125 & 0.125 & 0.0125\\ 0.2833 & 0.4332 & 0.2 & 0.0723 & 0.01115\end{bmatrix}=(0.3165,0.412,0.1894,0.1264,0.0126) \tag{10}$$

对整体评价模型结果进行归一化处理后得到 B=(0.29,0.38,0.17,0.12,0.04)。因此，针对图 2 所给出的设计方案，评价结果按照五个评价等级评价如下：隶属于 5 级（很满意）的程度为 0.29；隶属于 4 级（满意）的程度为 0.38；隶属于 3 级（一般）的程度为 0.17；隶属于 2 级（不满意）的程度为 0.12；隶属于 1 级（很不满意）的程度为 0.04。也就是认为该方案为 5 级、4 级、3 级、2 级、1 级的评估者分别为 29%，38%，17%，12%和 4%。按照最大隶属度原则，此家用儿童餐椅方案的综合评级结果为 4 级，总体评价较好，但相对隶属度较低，仍有改进的必要。

表 3　各指标的评价值

Tab.3　Evaluation values of indexes

指标	值
人机尺寸舒适	4.20
材料结构安全	4.15
使用操作方便	3.75
多功能多形态	3.95
造型色彩和谐	4.15
环保可重复利用	3.75
体验趣味性	3.55
亲子互动性	3.75
可持续成长性	4.20

为了更直观地看到用户对不同指标的满意度，需要对指标层进行评价分析。各指标的评价值见表 3，从计算出的各指标评价值可知，目前该方案满意度较好的是人机尺寸舒适、材料结构安全、造型色彩和谐和可持续成长性四个指标，表明这四个方面的设计基本符合用户的要求；其他指标的分值处于一般等级，用户满意度较为平均；其中体验趣味性指标值最低，说明这方面的设计没有达到用户的要求，该设计方案在这些方面需要做进一步调查和改进。

4　结语

儿童家具产品的设计具有一定的特殊性和复杂性，由于受众年龄限制，在设计中需要专家、专业设计师和家长的共同参与，为了使设计结果更加符合用户的需求，儿童产品设计需要更加客观、可量化的评估方法。利用模糊综合评价法，通过专家和用户打分得到设计指标的层次模型和设计权重，然后利用模糊综合评价构建评价模型，将模糊问题量化。模糊层次分析法应用于具体方案的评估中，既可以得到设计方案的整体评估，又可以根据设计指标的层次计算出各个指标的评估结果，通过量化对比直观地显示此方案不同指标用户满意度的高低，并进行后续的修改和完善。在儿童产品设计中通过量化评估的方法，可以使设计师更好地了解用户需求，设计出更符合儿童使用的产品。

参考文献：

[1] 张楠, 关惠元, Francesco Zurlo. 儿童家具设计研究及创新方法[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2018(2): 190-192.
ZHANG Nan, GUAN Hui-yuan, Francesco Zurlo. Children Furniture Design Research and Innovative Methods [J]. Journal of Nanjing University of the Arts (Art and Design), 2018(2): 190-192.

[2] 曹云飞, 穆亚平, 段海燕. 儿童家具人性化设计[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(1): 173-176.
CAO Yun-fei, MU Ya-ping, DUAN Hai-yan. Humanized Design of Children's Furniture[J]. Journal of Northwest Forestry College, 2009, 24(1): 173-176.

[3] 李永锋, 朱丽萍. 基于模糊层次分析法的产品配色设计[J]. 机械科学与技术, 2012, 31(12): 2028-2033.
LI Yong-feng, ZHU Li-ping. Product Color Matching Design Based on Mould and Analytic Hierarchy Process[J]. Mechanical Science and Technology, 2012, 31(12): 2028-2033.

[4] 吕中意. 基于模糊理论的交互界面设计评估[J]. 包装工程, 2013, 34(22): 68-72.
LYU Zhong-yi. Evaluation of Interface Design Based on Mode and Theory[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(22): 68-72.

[5] 林乙煌, 丁铮. 基于马斯洛层次论的儿童多功能餐椅设计研究[J]. 美术大观, 2019(3): 148-149.
LIN Yi-huang, DING Zheng. Research on the Design of Multi-function Dining Chair for Children Based on Maslow Hierarchy Theory [J]. Grand View of Fine Arts, 2019(3): 148-149.

[6] 闫二香, 于东玖. 成长语境下儿童餐椅可持续使用设计研究[J]. 家具与室内装饰, 2017(5): 11-13.
YAN Er-xiang, YU Dong-jiu. Research on the Sustainable Use Design of Children Dining Chair in the Context of Growth [J]. Furniture and Interior Decoration, 2017(5): 11-13.

[7] 王霜, 殷国富, 何忠秀. 基于 Kano 模型的用户需求指标体系研究[J]. 包装工程, 2006, 27(4): 209-210.
WANG Shuang, YIN Guo-fu, HE Zhong-xiu. Research on User Demand Index System Based on Kano Model[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(4): 209-210.

[8] KANO N, SERAKU N, TAKAHASHI F, et al. Attractive Quality and Must-be Quality[J]. Journal of The Japanese Society for Quality Control, 1984, 41(2): 39-48.

[9] 叶冬冬, 李世国. 交互设计中的需求层次及设计策略[J]. 包装工程, 2013, 34(8): 75-78.
YE Dong-dong, LI Shi-guo. Requirement Hierarchy and Design Strategy in Interaction Design[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(8): 75-78.

[10] 张吉军. 模糊层次分析法 (FAHP)[J]. 模糊系统与数学, 2000(2): 80-88.
ZHANG Ji-jun. Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)[J]. Module and Mathematics, 2000(2): 80-88.

[11] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 2006.
XIE Ji-jian, LIU Cheng-ping. Modulus and Its Mathematical Method and Its Application[M]. Wuhan: Hust University Press, 2006.

[12] 亓莱滨. 李克特量表的统计学分析与模糊综合评判[J]. 山东科学, 2006(2): 18-23.
QI Lai-bin. Statistical Analysis and Synthesis of Likert Scale[J]. Shandong Science, 2006(2): 18-23.