

基于灰色关联分析法的新古典家具产品设计评价模型

康辉, 王勇

(华北电力大学, 保定 071000)

摘要: **目的** 使用灰色关联分析法, 寻找产品设计中最理想的设计方案。**方法** 以新古典家具产品设计的 3 套设计方案为例, 通过灰色关联分析法进行实例计算, 选出最优的设计方案, 并进行验证。**结论** 灰色关联度评价模型能够优化设计过程, 提高设计师选择方案的准确性、科学性, 对设计师的工作起到辅助作用。

关键词: 灰色关联分析法; 新古典家具产品; 评价模型; 最优设计方案; 产品设计
中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)14-0127-04

New Classic Furniture Product Design Evaluation Model Based on Grey Correlation Analysis Methods

KANG Hui, WANG Yong

(North China Electric Power University, Baoding 071000, China)

ABSTRACT: By using grey correlation analysis method, we can find out the optimal product design. Taking three design solutions of new classical furniture product as an example, according to the calculation of grey correlation analysis, the optimal design solution is chosen and verified. Grey correlation evaluation model can optimize the design process, improve the accuracy and scientificity of designers options and play a supplementary role in design work.

KEY WORDS: grey correlation analysis method; new classic furniture products; evaluation model; optimal design scheme; product design

我国的传统家具具有悠久的历史, 明式家具是古典家具艺术的顶峰。新中式家具将现代流行元素融入到古典家具中, 使其更加符合现代人的审美视觉享受。近两年新古典主义风格在中国迅速流行, 新古典家居设计作品不断增加。在家具设计效果图完成后, 设计师通常要在几个相似方案中做出选择, 通常设计师根据经验或喜好做出方案选择。随着新古典家具制作工艺发展和大众审美的提高, 这就要求设计师在设计方案选择时更加科学规范。为了提高选择的准确度, 避免更多主观因素, 本文提出基于灰色关联法在新古典家具设计的评价模型, 将定量与定性相结合, 以专家对各评价指标的打分为基础进行分析计算, 从而选择出更合理的家具设计方案^[1]。

1 灰色关联度模型

灰色系统的灰色是指系统中的信息, 部分已知而部分信息未知, 主要应用于信息不完备的系统研究, 通过系统中的已知信息来判断系统中的未知信息, 从而实现了解整个系统信息的目标^[1]。在新古典家具的设计方案选择过程中, 人们只能针对方案的有限个特征点进行评估, 而不可能把一个方案包含的所有细节都用数据量化出来, 因此可以把设计方案认为是一种灰色系统。

关联度是衡量两系统之间因素随时间或对象而变化的关联性大小的量度。因此, 本文将关联度与灰色系统相结合, 采用灰色关联度分析方法, 根据因素

收稿日期: 2017-03-31

作者简介: 康辉(1964—), 男, 河北人, 硕士, 华北电力大学教授, 主要研究方向为工业设计。

之间发展趋势的相似或相异程度,通过计算衡量多种新古典家具的设计方案与专家评价的最理想设计方案的关联度,来判断多种新古典家具设计方案的好坏,选择出较优的设计方案。

2 灰色关联度一般步骤

根据灰色关联度分析法的基本理论、计算方法以及近年来的应用和改进情况^[2-9]。结合新古典家具的实际情况^[10],本文提出如下的计算方法。

2.1 确定比较序列

假设 m 组待评价方案,设计师需要从中选择出最理想的方案。这些方案的评价涉及到 n 个评价指标,每个设计方案的比较序列可表示为:

$$X_i = \{x_i(k), k=1, 2, \dots, m\} \quad (1)$$

同时,按照理想方案设置参考序列为:

$$X_0 = \{x_0(k), k=1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

2.2 数据的无量纲化处理

评价新古典家具的设计方案,具有多种评价指标,其在量纲和数量级上存在差异,会对模型的建立与求解造成不便,因此本文采用均值法对各评价指标的数据进行无量纲化处理,具体公式如下:

$$X'_i = \frac{x_i(k)}{\bar{X}_i} \quad (3)$$

$$X'_0 = \frac{x_0(k)}{\bar{X}_0} \quad (4)$$

其中:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_i(k), k=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$\bar{X}_0 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_0(k), k=1, 2, \dots, n \quad (6)$$

2.3 差值处理

关联系数衡量两个系统因素之间的关联性大小,主要体现在参考序列与比较序列在曲线形状上的相似程度:二者曲线形状越接近,则关联系数越大,即该序列所代表的设计方案与理想方案越接近。反之,如果两者的曲线形状相差较大,则关联系数较小,则该设计方案与理想方案的差距较大。因此,本文通过两序列曲线之间的差值来反应两系统之间关联度的大小,具体计算公式如下所示:

$$\Delta_i(k) = |x'_i(k) - x'_0(k)|, k=1, 2, \dots, n \quad (7)$$

各指标间的最大差值与最小差值分别为:

$$\Delta(\max) = \max_i \max_k \Delta_i(k) \quad (8)$$

$$\Delta(\min) = \min_i \min_k \Delta_i(k) \quad (9)$$

2.4 关联系数

第 i 个设计方案的第 k 个评价指标与理想方案的

第 i 个评价指标的关联系数可表示为:

$$\gamma_i = \frac{\Delta(\min) + \rho \Delta(\max)}{\Delta_i(k) + \rho \Delta(\max)} \quad \rho \in (0, 1) \quad k=1, 2, \dots, n;$$

$$i=1, 2, \dots, m \quad (10)$$

式中 ρ 为分辨系数,具有削弱 $\Delta(\max)$ 过大造成的关联系数失真的作用,用来提高关联度系数之间的差异显著性。每个比较序列与参考序列之间可以求得 n 个关联系数,关联信息比较分散,不便于进行整体比较。这里采用平均值法对关联信息进行集中处理,来表示参考序列与比较序列之间的关联系数:

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_i(k), k=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots, m \quad (11)$$

关联系数越大,则该比较序列与参考序列之间的关联程度越大,即表明该方案与理想方案越接近。

3 实例计算

下面以 3 个新古典风格椅子的设计方案为案例,运用灰色关联分析法对这 3 个方案进行评价。设计方案见图 1。



图 1 新古典风格椅子的 3 种设计方案
Fig.1 Three design schemes for the chair of the new classical style

在进行方案评价时,主要根据张天星在《“新古典”家具的设计原则》一文中提炼,将重己役物(以人为本)、致用利人(功能与实用)、技以载道(道器之统一)、文质彬彬(造型与结构之统一)、渐变调和

(线脚和纹饰的处理)、榫卯装饰(榫卯结构和漆艺雕刻后期)这 6 个设计原则作为主要评价指标^[11-15], 并邀请 3 位相关专家(分别记为专家 1、专家 2、专家 3)进行了打分, 打分结果见表 1。取 3 位专家对 3 种方案各项指标打分的平均值作为最终的计算用数据, 数据统计见表 2。

表 1 专家打分统计表
Table.1 Expert grade statistics

评价标准	方案A			方案B			方案C		
	专家 1	专家 2	专家 3	专家 1	专家 2	专家 3	专家 1	专家 2	专家 3
致用利人	7	9	8	9	10	8	8	6	4
渐变调和	6	7	8	6	7	5	9	8	7
文质彬彬	9	9	9	8	8	8	5	7	3
技以载道	8	10	9	7	7	7	5	6	7
重己役物	6	7	5	7	7	7	9	7	5
榫卯装饰	7	9	8	6	6	6	6	7	8

表 2 专家打分统计表
Tab.2 Expert grade statistics

评价标准	理想方案	方案A	方案B	方案C
致用利人	10	8	9	6
渐变调和	10	7	6	8
文质彬彬	10	9	8	5
技以载道	10	9	7	6
重己役物	10	6	7	7
榫卯装饰	10	8	6	7

3.1 参考序列和比较序列

将理想方案的 6 个指标都设置 10 分为满分, 可以得到参考序列如下:

$$X_0 = \{10, 10, 10, 10, 10, 10\}$$

根据专家对 3 个设计方案的打分, 可以得到比较序列如下。

方案 A 的比较序列为:

$$X_1 = \{8, 7, 9, 9, 6, 8\}$$

方案 B 的比较序列为:

$$X_2 = \{9, 6, 8, 7, 7, 6\}$$

方案 C 的比较序列为:

$$X_3 = \{6, 8, 5, 6, 7, 7\}$$

3.2 无量纲化处理

为了计算方便, 对原始数据即上述参考序列和比较序列, 进行无量纲处理:

首先根据公式(5) — (6) 计算各序列评价指标的均值:

$$\bar{X}_0 = \frac{10+10+10+10+10+10}{6} = 10$$

$$\bar{X}_1 = \frac{8+7+9+9+9+9}{6} = 7.83$$

$$\bar{X}_2 = \frac{9+6+8+7+7+6}{6} = 7.17$$

$$\bar{X}_3 = \frac{6+8+5+6+7+7}{6} = 6.5$$

接下来根据公式(3) — (4) 计算出无量纲化后的新参考序列和比较序列为:

$$X'_0 = \{1, 1, 1, 1, 1, 1\}$$

$$X'_1 = \{1.02, 0.89, 1.15, 1.15, 0.77, 1.02\}$$

$$X'_2 = \{1.26, 0.84, 1.12, 0.98, 0.98, 0.84\}$$

$$X'_3 = \{0.92, 1.23, 0.78, 0.92, 1.08, 1.08\}$$

3.3 差值处理

为了比较各方案的比较序列同理想方案的参考序列之间的关联程度, 按照公式(7) 进行差值处理:

$$\Delta_1 = \{0.02, 0.11, 0.15, 0.15, 0.23, 0.02\}$$

$$\Delta_2 = \{0.26, 0.16, 0.12, 0.02, 0.02, 0.16\}$$

$$\Delta_3 = \{0.08, 0.23, 0.22, 0.08, 0.08, 0.08\}$$

各序列差值中的最大值和最小值为:

$$\Delta(\max) = \max_i \max_k (k) = 0.26$$

$$\Delta(\min) = \min_i \min_k (k) = 0.02$$

3.4 关联系数计算

根据公式(10) 计算关联系数, 计算时取分辨系数 ρ 为 0.5 可得:

$$\gamma_1 = \{1, 0.63, 0.54, 0.54, 0.42, 1\}$$

$$\gamma_2 = \{0.38, 0.52, 0.6, 1, 1, 0.52\}$$

$$\gamma_3 = \{0.71, 0.42, 0.43, 0.71, 0.71, 0.71\}$$

通过计算得到了各个比较序列中各评价指标同参考序列指标的关联程度, 但是信息相对分散, 仍旧无法看出 3 个设计方案的优劣。

为了直观表现出各个设计方案的优劣, 按照公式(11), 采用平均值法对关联信息进行集中化处理后可以得到集中关联系数:

$$\gamma_1 = 0.69$$

$$\gamma_2 = 0.67$$

$$\gamma_3 = 0.615$$

可以看到 $\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_3$, 即方案 A 同理想设计方案最为接近, 方案 C 与理想设计方案的差距最大。

为验证灰色关联度评价模型的正确性, 邀请了 100 位目标用户进行了顾客体验, 以实际的实物模型为体验品, 让目标用户体验有用性、易用性、友好性、视觉设计 4 个方面并进行打分, 分数高的方案即为目标用户进行顾客体验选定投票方案。100 位目标用户体验投票结果如下:

由图 3 可见方案 A 的目标用户体验结果更好, 方案 C 稍差。100 位目标用户投票结果证明计算结果可靠。

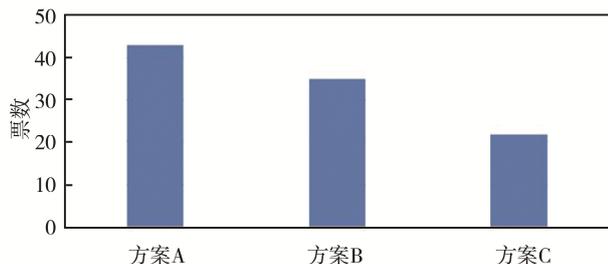


图2 目标用户体验投票结果统计表
Fig.2 Target of user experience voting results

4 结语

灰色关联度评价模型确实能够对设计师的工作起到辅助作用。通过数学手段与新古典家具设计方案相结合,能够优化设计过程,提高设计师选择方案的准确性、科学性,进一步提高设计水平。

参考文献:

- [1] 康辉, 赵凯勋. 基于层次分析法的汽车方案评价模型[J]. 包装工程, 2014, 35(11): 53—57.
KANG Hui, ZHAO Kai-xun. Evaluation Model of Automobile Design Scheme Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(11): 53—57.
- [2] 田民. 灰色关联度算法模型的研究综述[J]. 统计与决策, 2008(1): 24—27.
TIAN Min. Review of the Grey Correlation Analysis Model[J]. Statistics and Decision, 2008(1): 24—27.
- [3] 王伟伟. 传统文化设计元素提取模型研究与应用[J]. 包装工程, 2014, 35(6): 73—81.
WANG Wei-wei. Research and Application of Extraction Model of Traditional Culture Design Elements[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(6): 73—81.
- [4] 肖新平. 关于灰色关联度量化模型的理论研究和评论[J]. 系统工程理论与实践, 1997(8): 77—82.
XIAO Xin-ping. Theoretical Study and Reviews on the Computation Method of Grey Interconnect Degree[J]. System Engineering Theory and Practice, 1997(8): 77—82.
- [5] 汪志波. 基于 AHP—灰色关联度模型的企业技术创新能力评价[J]. 统计与决策, 2013(4): 51—53.
WANG Zhi-bo. Evaluation of Enterprise Technology Innovation Ability Based on AHP Grey Correlation Model[J]. Statistics and Decision, 2013(4): 51—53.
- [6] 魏云鹤. 灰色关联度模型及其在大气环境质量评价

- 中的应用[J]. 山东大学学报, 2004(2): 122—124.
WEI Yun-he. Model of Gray Relative Level and Its Application in Quality Evaluation of Air Environment [J]. Journal of Shandong University, 2004(2): 122—124.
- [7] 孙晓东. 基于灰色关联度和理想解法的决策方法研究[J]. 中国管理科学, 2005(4): 63—68.
SUN Xiao-dong. Research on Decision Making Method Based on Gray Correlation Degree and TOPSIS[J]. Chinese Journal of Management Science, 2005(4): 63—68.
- [8] 梅虎. 基于灰色关联分析的旅游景区顾客满意度测评研究[J]. 旅游科学, 2005(5): 31—36.
MEI Hu. A Research on Customer Satisfaction Measurement in Tourist Areas Based on Gray Correlation Analysis[J]. Tourism Science, 2005(5): 31—36.
- [9] 周海涛. 基于灰色关联模型的创新集群识别评价研究——以广州为例[J]. 暨南学报, 2013(7): 25—32.
ZHOU Hai-tao. Innovation Cluster Identification Assessment Based on Grey Correlation Model: Guangzhou[J]. Jinan Journal, 2013(7): 25—32.
- [10] 许继峰. 环境价值观视域下的新中式家具设计系统建构[J]. 生态经济, 2012(9): 195—199.
XU Ji-feng. New Chinese Furniture Design System in the Environmental Values Horizont[J]. Ecological Economy, 2012(9): 195—199.
- [11] 王立端. 将传统文化融入家具创新设计之中[J]. 生态经济, 2009(10): 190—193.
WANG Li-duan. Blend in Traditional Culture to Furniture Innovation Design[J]. Ecological Economy, 2009(10): 190—193.
- [12] 付小曼. 基于新媒体技术的红木家居产品微店设计研究和实践[J]. 家具, 2016(6): 52—57.
FU Xiao-man. Study and Practice of Micro-shop Design of Mahogany Household Products Based on New Media Technology[J]. Furniture, 2016(6): 52—57.
- [13] 陈增弼. 明式家具的功能与造型[J]. 文物, 1981(3): 83—90.
CHEN Zeng-bi. The Function and Modeling of Ming Type Furniture[J]. Cultural Relics, 1981(3): 83—90.
- [14] 张雪颖. 板式家具实木化与实木家具板式化发展趋势探析[J]. 家具, 2016(2): 1—5.
ZHANG Xue-ying. Study on the Development Trend of Panel Furniture Become Made of Solid Wood and Solid Wood Furniture Plate[J]. Furniture, 2016(2): 1—5.
- [15] 郭莹莹. 智能家具概念及产品设计方法探析[J]. 家具, 2016(1): 70—73.
GUO Ying-ying. Analysis of intelligent Furniture Concept and the Method Product Design[J]. Furniture, 2016(1): 70—73.