

# 模糊层次分析法在高校智能办公椅设计评价中的应用

梁佳<sup>a</sup>, 宋绪丁<sup>a</sup>, 朱武威<sup>b</sup>

(长安大学 a.工程机械学院 b.兴华学院, 西安 710064)

**摘要:** **目的** 探讨影响高校智能办公椅的设计因素, 对其性能的优劣进行科学评价, 帮助高校采购符合上班族和科研人员心理需求的办公家具产品。**方法** 结合智能办公椅的现有研究状况, 通过访谈调研和问卷调查法等方法, 建立包含 5 项一级指标、17 项二级指标的设计评价模型; 采用层次分析法, 确定出各项指标的平均权重系数, 并进行相应的分析; 结合模糊综合评价构建智能办公椅的评价因素集, 计算出指标评价值, 并对产品和指标分别进行整体和分类评价。**结果** 通过实例分析, 表明该方法能够有效地评价高校智能办公椅的性能和设计因素, 具有较强的指导性。**结论** 运用模糊层次分析法, 将智能办公椅设计中定性的多因素模糊问题进行定量计算, 并对产品进行全面综合评价, 为高校智能办公椅的采购与设计方案改进, 提供了一定的参考价值。

**关键词:** 高校智能办公椅; 指标体系; 层次分析法; 模糊综合评价; 设计评价

**中图分类号:** TS664; TB472; G649 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)06-0144-07

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.06.015

## Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process in Design Evaluation of University Intelligent Office Chair

LIANG Jia<sup>a</sup>, SONG Xu-ding<sup>a</sup>, ZHU Wu-wei<sup>b</sup>

(a.School of Construction Machinery b.Xinghua College, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**ABSTRACT:** The work aims to explore the factors affecting the design of university intelligent office chairs and evaluate its performance scientifically, so as to help universities purchase office furniture products that meet the psychological needs of office workers and scientific researchers. Combined with the existing research status of intelligent office chairs, a design evaluation model including 5 first-level indicators and 17 second-level indicators was established through interview, survey, and questionnaire. The average weight coefficient of intelligent office chairs was analyzed accordingly. The evaluation factor set of the intelligent office chair was constructed in combination with the fuzzy comprehensive evaluation. The evaluation value of the indicators was calculated, and the overall and classification evaluation of the product and indication were conducted respectively. By analysis of an example, it was shown that the method can effectively evaluate the performance and design factors of university intelligent office chairs, and had strong guidance. The fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) used for quantitative calculation of qualitative multi-factor fuzzy problems in design of intelligent office chairs and comprehensive evaluation of the products provides some reference for the procurement and improvement of the design scheme of university intelligent office chairs.

**KEY WORDS:** university intelligent office chair; indication system; analytical hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation; design evaluation

收稿日期: 2022-10-23

基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目 (202101030007, 202101204016)

作者简介: 梁佳 (1984—), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为高教管理、办公家具设计与评价等。

通信作者: 朱武威 (1979—), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向为高教管理、办公家具评价等。

在现代社会中,办公家具是人们日常工作学习过程中接触最多的一种家具,随着社会的不断向前发展与进步,各种各样的办公家具逐渐出现在人们的学习工作中。长期以来,无论是在国内还是在国外,办公椅在办公家具市场始终处于主导地位,市场份额较大,约占30%以上且呈逐年递增态势。目前,市场上的办公椅产品类型较多,功能基本相同,但是质量良莠不齐。对于高校的上班族和科研工作者而言,办公椅是他们每天身体接触较长的时光产品,他们因为工作繁忙且任务重,压力较大,为了在规定时间内完成单位交办的任务,都避免不了长时间久坐并形成了基本工作模式,久坐或坐姿不当是诱发人体部位疼痛和头晕的主要原因之一<sup>[1]</sup>。因此,对于高校人员,在学习工作中因久坐导致的各种职业病已然威胁到他们的身体健康。

随着智能技术、互联网技术、信息等技术不断发展,并逐渐进入办公家具领域,使办公家具产品也向着智能化方面发展,这些技术实现了人与智能办公家具之间的交流与对话,给人们带来了便利<sup>[2]</sup>。智能办公椅通常是指为了让人们的工作和学习更加便捷、舒适与高效,不断应用先进技术和理念,将人工智能、交互、物联网等技术融入产品中。智能办公椅的出现,打破了传统的工作模式和学习环境。一个品质优良的智能办公椅能够帮助人们预防颈肩酸疼,缓解腰酸背痛,不仅提高了工作、学习效率和舒适度,而且为家具企业走出发展困境带来新的发展思路和可观的经济效益。因此,运用新技术、新方法,不断更新和完善国内智能化办公家具的设计评价体系成为了必然选择。

## 1 研究概况

在国外研究方面,研究者大多数都集中在久坐对身体健康的影响上面,Kazi等<sup>[3]</sup>对英国5种类型员工进行了问卷调查,得出久坐时长与体重呈正相关等结果,建议为了员工身心健康应适当减少坐姿工作时间。Makhsous等<sup>[4]</sup>发现不同的座椅设计会影响使用者的坐姿和舒适度,发现座椅的设计和座面材料对界面压力分布有显著性影响。Wang等<sup>[5]</sup>为了确定长时间坐着是否会导致躯干运动增加,通过大量地分析与研究,发现久坐会显著增加躯干部运动次数,在一定程度上影响坐姿保持。

国内对智能办公椅的研究较晚,早期主要是针对家用家具进行研究,后来因其特殊性才独立成为研究对象。唐开军等<sup>[6]</sup>经过大量分析研究,详细论述了家具智能化的体系,对家具产业转型升级。张许英龙等<sup>[7]</sup>建立了普通座椅评价系统,对座椅进行综合评价,通过对评价结果的分析提出改进该款座椅当前缺陷的新方案。樊妹婷<sup>[8]</sup>从用户体验理论的角度进行智能办公家具的产品创新设计,目的是为满足办公族的新颖体验需求,以及为探索办公家具的智能化改革提出用

户满意度与市场认可度高的设计思路与方法。

综合上述等相关文献研究发现,现有研究为办公椅设计提供了方法借鉴,虽然建立了相应的设计评价体系,但对办公家具多集中在安全性、舒适性和环保性上面,对智能办公椅的研究应用较少,缺少科学的量化研究且综合评价还不够深入详细。模糊层次分析法在社会的各行各业都有广泛应用,如产品设计、图形符号设计、机械产品设计、教育领域等方面<sup>[9-12]</sup>。因此,本研究引入层次分析法,构建了高校智能办公椅的科学评价指标体系,利用模糊综合评价方法对其设计进行综合评价,解决难以量化、非确定性的复杂问题,为今后高校智能办公椅的采购评价、开发研究和创新设计提供方法借鉴,也为智能产品设计评价提供新思路。

## 2 构建智能办公椅的评价指标体系

### 2.1 评价模型设计的原则

影响智能办公椅的设计有很多因素,如产品的材料、结构、工艺、造型、色彩等,涉及很多相关指标,不同的指标之间既相互关联又彼此区别<sup>[13]</sup>。利用这些指标构建科学完整的评价模型,对提升智能办公椅的品质具有重要现实意义。其在设计过程中应当遵循以下四项基本原则。

1) 系统性原则。指标体系必须能够全面而真实地反映智能办公椅的本质特征和规律,要综合考虑所有评价指标,形成一套整体与层次、层次与层次有机结合的指标体系。

2) 科学性原则。要从使用产品的客观实际出发,不带主观思想,要考虑能够全面评价智能办公椅的设计要素,各指标之间不能重复,彼此独立,不存在因果关系。

3) 代表性原则。影响智能办公椅评价的因素比较多,指标的选择不是越多越好,但也不宜过于简单,而忽略了重要指标,导致指标体系不够完整及计算庞大而且复杂。

4) 可操作性原则。在选取指标时,应考虑其是否方便收集,指标体系要定义清晰、明确且可行,在具体实践中具有应用价值。

### 2.2 智能办公椅用户需求调研

一个优良的智能办公椅在满足安全可靠的前提下,应该能够匹配每个人的体重、体型和坐姿习惯,除了对腰背进行有效的支撑外,还可对多变的工作坐姿进行实时监测等功能,从而对久坐引起的职业病进行有效预防和缓解,带来工作学习效率的提升。它的使用对象主要为企业、事业单位、科研机构、高校等有关人员,本研究主要侧重使用对象主要为高校的科研人员、管理人员和研究生。

为了保证智能办公椅指标体系的科学性与合理

性,采用德尔菲调查法,对其进行设计需求调研。邀请高校相关专家、科研人员、管理人员和研究生共200人,进行线上和线下的调查统计,了解智能办公椅的基本功能、使用场所、用户需求等方面信息后,再通过咨询行业专家及查阅相关文献资料<sup>[8]</sup>,经过梳理、归纳和统计后,反馈给行业专家及专业设计师进行评审,为了给予专家独立思考判断的时间,每轮进行7天,分析过程经过三轮征求意见,使整体意见大多数趋于集中一致<sup>[14]</sup>。最终得到5个一级指标,通过对一级指标细化分析,得到17项二级评价指标并明确了每一项指标的具体内涵。

2.3 确定评价模型框架

在智能办公椅的设计评价流程中,首先建立智能办公椅设计指标层次结构模型,邀请相关领域专家对评价指标进行比较,根据得到的指标值构建模糊判断矩阵,计算各级指标的平均权重值;然后根据权重值排序指导设计实践;最后结合用户调查对智能办公椅

的设计方案进行模糊综合评价。智能办公椅的评价模型框架主要包含以下三个层次。

1) 目标层只有一个因素,就是需要综合评价的对象,即智能办公椅设计评价,用A来表示。

2) 准则层一级指标构建。将智能办公椅设计评价分为5个一级指标,用B来表示,分别为安全性、美观性、先进性、舒适性和经济性。

3) 子准则层二级指标构建。将一级指标分为17个二级指标,用C来表示。针对安全性,主要分为结构安全、电气安全、材料安全和底座稳定性;针对美观性,主要分为外观造型、色彩搭配和产品材质;针对先进性,主要分为健康监测、自动适配、交互模式和久坐提醒;针对舒适性,主要分为坐姿调节、人体工学设计、弹力透气效果和静音效果<sup>[15]</sup>;针对经济性,主要分为生产成本和使用成本。

综合上述分析结果,智能办公椅设计的评价指标体系及其具体含义,见表1。

表 1 智能办公椅设计评价指标体系及含义

Tab.1 Design evaluation indicator system and meaning of intelligent office chair

| 目标层           | 一级指标   | 二级指标     | 指标含义                    |
|---------------|--------|----------|-------------------------|
| 智能办公椅设计评价指标 A | 安全性 B1 | 结构安全 C1  | 指产品的整体结构设计合理,安全可靠       |
|               |        | 电气安全 C2  | 指产品的电路设计合理,气压杆升降安全      |
|               |        | 材料安全 C3  | 指产品使用材料的强度和环保等级         |
|               |        | 底座稳定 C4  | 指底座结实稳定不会翻转,防爆功能        |
|               | 美观性 B2 | 外观造型 C5  | 指产品外观平整性、结构成比例          |
|               |        | 色彩搭配 C6  | 指产品的色彩选择,搭配协调           |
|               |        | 产品材质 C7  | 指产品材质选择光亮、有质感           |
|               | 先进性 B3 | 健康监测 C8  | 指产品可以监测到呼吸、心率、血压等数据     |
|               |        | 自动适配 C9  | 指产品会根据乘坐人身高和体重进行调节支撑力度  |
|               |        | 交互模式 C10 | 指产品支持语音识别、触摸识别、体感交互识别   |
|               |        | 久坐提醒 C11 | 指坐的时间较长,会自动进行提醒或进行腰部按摩  |
|               | 舒适性 B4 | 坐姿调节 C12 | 指智能进行坐、靠、扶三种调节,给予足够的支撑力 |
|               |        | 人体工学 C13 | 指座椅椅背应该符合脊椎的自然弯曲,符合人体工学 |
|               |        | 弹力透气 C14 | 指座椅面料具有弹性、透气性,有利于散热     |
|               |        | 静音效果 C15 | 指座椅脚轮是否采用静音防刮设计,噪音小     |
|               | 经济性 B5 | 生产成本 C16 | 指产品的设计、制造和加工的成本         |
|               |        | 使用成本 C17 | 指产品在使用过程中需要的保养和维修费用     |

3 利用层次分析法获取各个指标的权重

层次分析法是一种层次权重决策方法,能够处理一些较为复杂而模糊的问题,它的优点是简便、实用,特别适用于那些难以完全定量分析的问题<sup>[16-17]</sup>。本研究在构建完成层次化功能指标体系后,通过专家咨询与打分,分别将一级指标B层和二级指标C层两个因素之间相互比较,并构造出判断矩阵。专家评定表的设定基于九分标度法的基本原理从1~9级进行打

分<sup>[7]</sup>,根据上述原则和方法进行两两比较,对不同层次的指标进行标度评分,综合专家的意见形成判断矩阵,考虑到专家评分客观性,邀请5名专家集体参加决策,然后再通过算术平均法求出权重。

3.1 构建判断矩阵与一致性检验

一般情况下,使用法和、方根法或幂法都可用来计算判断矩阵权重系数<sup>[16]</sup>,幂法的计算过程比较复杂,需要使用数值软件来控制精度进行计算,故采用方根法求专家的相对权重值。为了避免得到的判断矩

阵出现逻辑上的偏差, 必须对其进行一致性检验, 若不满足检验, 则需要重新构建矩阵。通过分别确定 5 位专家的权重系数, 然后利用算术平均法求出各个指标的平均权重系数。具体每一个专家的判断矩阵求解过程和一致性检验过程如下。

1) 将判断矩阵每行元素相乘, 然后开  $n$  次方;

$$\bar{w}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$$

(1)

其中:  $a_{ij}$  表示该矩阵的第  $i$  行第  $j$  列数值,  $n$  表示判断矩阵的因素数量。

2) 进行归一化处理, 得出判断矩阵的特征向量  $W=[w_1, w_2, \cdots, w_n]^T$ , 也就是需要评价指标的权重系数;

$$w_i = \bar{w}_i / \sum_{i=1}^m \bar{w}_i$$

(2)

3) 求解最大特征值  $\lambda_{\max}$ ;

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{w_i}$$

(3)

4) 求解判断矩阵的一致性指标  $CI$ ;

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

(4)

5) 进行一致性检验, 若  $CR < 0.1$ , 则认为判断矩阵满足一致性检验, 如果不满足, 则需要重新征求专家意见形成判断矩阵后, 再进行计算;

$$CR = CI / RI$$

(5)

其中:  $RI$  为平均一致性指标, 根据判断矩阵的因素个数查表得到<sup>[9]</sup>。

3.2 计算指标权重系数

对于一级指标进行指标权重计算, 对 5 位专家打分制定评定表, 得到构造矩阵  $A$ , 例如根据专家 1 的打分, 得到构造矩阵  $A_1$  如下:

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 1/2 & 5 \\ 1/2 & 1 & 1/3 & 1/4 & 1 \\ 1/3 & 3 & 1 & 1/4 & 2 \\ 2 & 4 & 4 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

以一级指标的矩阵为例, 利用方根法求得矩阵  $A_1$  的特征向量, 并进行归一化处理后, 求得权重向量为  $W=[0.281\ 0, 0.086\ 6, 0.142\ 3, 0.407\ 3, 0.082\ 8]$ ; 利用公式 (3), 求得矩阵  $A_1$  的  $\lambda_{\max}=5.292\ 0$ , 再计算一致性指标  $CI=(\lambda_{\max}-n)/(n-1)=(5.292\ 0-5)/(5-1)=0.073$ ; 查文献[9]得  $RI=1.12$ ,  $CR=CI/RI=0.065\ 2$ , 计算得到  $CR<0.1$ , 说明该判断矩阵符合逻辑判断要求, 通过一致性检验。

同理求出其他 4 位专家的一级权重系数并通过了一致性检验, 具体是一级指标计算结果见表 2。

用同样的步骤和方法求得 17 个二级指标的 5 位专家的权重系数, 并用算术平均法求出平均值, 具体

计算结果见表 3。

表 2 一级指标权重系数  
Tab.2 Weight coefficient of first-level indicators

| 一级指标 | 专家 1    | 专家 2    | 专家 3    | 专家 4    | 专家 5    | 平均权重    |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| B1   | 0.281 0 | 0.240 9 | 0.424 1 | 0.181 6 | 0.343 1 | 0.294 1 |
| B2   | 0.086 6 | 0.075 8 | 0.070 7 | 0.068 8 | 0.072 3 | 0.074 8 |
| B3   | 0.142 3 | 0.240 9 | 0.237 9 | 0.331 4 | 0.285 6 | 0.247 6 |
| B4   | 0.407 3 | 0.310 4 | 0.126 0 | 0.298 5 | 0.151 3 | 0.258 7 |
| B5   | 0.082 8 | 0.132 0 | 0.141 4 | 0.119 8 | 0.147 7 | 0.124 1 |

表 3 二级指标权重系数  
Tab.3 Weight coefficient of second-level indicators

| 二级指标 | 专家 1    | 专家 2    | 专家 3    | 专家 4    | 专家 5    | 平均权重    |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| C1   | 0.110 1 | 0.129 3 | 0.079 6 | 0.122 6 | 0.088 9 | 0.106 1 |
| C2   | 0.501 9 | 0.404 8 | 0.444 7 | 0.367 9 | 0.533 7 | 0.450 6 |
| C3   | 0.118 3 | 0.340 4 | 0.363 1 | 0.395 3 | 0.188 7 | 0.281 2 |
| C4   | 0.269 7 | 0.125 6 | 0.112 6 | 0.1141  | 0.188 7 | 0.162 1 |
| C5   | 0.758 2 | 0.637 0 | 0.758 2 | 0.484 4 | 0.637 0 | 0.655 0 |
| C6   | 0.151 2 | 0.258 3 | 0.151 2 | 0.423 2 | 0.258 3 | 0.248 4 |
| C7   | 0.090 5 | 0.104 7 | 0.090 5 | 0.092 4 | 0.104 7 | 0.096 6 |
| C8   | 0.069 9 | 0.070 1 | 0.088 5 | 0.066 9 | 0.081 5 | 0.075 4 |
| C9   | 0.212 4 | 0.276 0 | 0.403 4 | 0.244 9 | 0.237 3 | 0.274 8 |
| C10  | 0.197 6 | 0.148 3 | 0.201 7 | 0.131 6 | 0.156 1 | 0.167 1 |
| C11  | 0.520 2 | 0.505 5 | 0.306 5 | 0.556 6 | 0.525 2 | 0.482 8 |
| C12  | 0.553 7 | 0.449 5 | 0.470 4 | 0.574 4 | 0.412 8 | 0.492 2 |
| C13  | 0.213 8 | 0.278 9 | 0.279 7 | 0.225 6 | 0.313 6 | 0.262 3 |
| C14  | 0.099 5 | 0.154 3 | 0.135 8 | 0.101 9 | 0.141 7 | 0.126 6 |
| C15  | 0.133 0 | 0.117 3 | 0.114 2 | 0.098 1 | 0.131 9 | 0.118 9 |
| C16  | 0.250 0 | 0.333 3 | 0.250 0 | 0.250 0 | 0.250 0 | 0.266 7 |
| C17  | 0.750 0 | 0.666 7 | 0.750 0 | 0.750 0 | 0.750 0 | 0.733 3 |

如表 2 可知, 在一级指标里面, 安全性的权重最高, 其次为舒适性和先进性, 经济性和美观性的指标偏低, 这表明将智能技术融入办公椅设计当中, 大家比较关注办公椅的安全可靠性; 舒适性和先进性的指标基本一致, 这表明大家倾向于希望拥有一个舒服的办公椅; 美观性的指标权重最低, 这表明大家在办公室工作学习, 对这一点要求不是太高, 但也重要。

从表 3 可以看出, 在二级指标里, 舒适性中的坐姿调节、久坐提醒和自动适配这三项的权重在最前面, 所占权重最大, 这表明人们主要在长期工作学习当中, 这三项的需求意识和关注度最高, 在设计的时候应该着重考虑。

4 利用模糊综合评价法进行综合评价

某公司最近生产的一款智能办公椅, 在市场上进行销售, 购买和使用的用户比较广泛, 现在需要对其进行综合评价分析, 产品样本照片见图 1。



图 1 某智能办公椅样本  
Fig.1 Sample of an intelligent office chair

在对复杂的事件进行评判时,如果仅从一个角度或一个方面研究考虑,会使结果不全面且不可信。模糊综合评价方法是建立在模糊数学基础之上,利用精准的数学知识来将大多数定性问题科学地定量化,从而将复杂的问题清晰化,客观化,通常用以解决实际的非确定性问题<sup>[18-19]</sup>。

#### 4.1 智能办公椅模糊评价计算

一般情况下,模糊综合评价过程如下。

1) 确定评价因素集及相应指标的权重向量。由层次分析法可知评价因素集  $V=[V_1, V_2, V_3, V_4, V_5]$ ,  $V_1$  = “安全性”,  $V_2$  = “美观性”,  $V_3$  = “先进性”,  $V_4$  = “舒适性”,  $V_5$  = “经济性”。各个指标的平均权重系数见表 2 和表 3,由表可知,一级指标的权重向量为  $A=[0.294\ 1, 0.074\ 8, 0.247\ 6, 0.258\ 7, 0.124\ 7]$ ; 二级指标的权重向量分别为  $W_1=[0.106\ 1, 0.450\ 6, 0.281\ 2, 0.162\ 1]$ ,  $W_2=[0.655\ 0, 0.248\ 4, 0.096\ 6]$ ,  $W_3=[0.075\ 4, 0.274\ 8, 0.167\ 1, 0.482\ 8, 0.492\ 2]$ ,  $W_4=[0.492\ 2, 0.262\ 3, 0.126\ 6, 0.118\ 9]$ ,  $W_5=[0.266\ 7, 0.733\ 3]$ 。

2) 建立评价等级和标准。为了更好地量化每个指标的用户满意度,根据李克特量表<sup>[20]</sup>设定评价等级集为  $H=[h_1, h_2, h_3, h_4]=[好, 较好, 一般, 差]$ , 确定等级评分标准:好为 100 分,较好为 80 分,一般为 60 分,差为 50 分,记为  $\beta=[100, 80, 60, 50]$ 。

3) 创建模糊评价矩阵。对每一项二级指标进行打分评价,为了保证打分的客观性,邀请 5 位专家、6 名科研人员、5 名管理人员和 4 名研究生按照“好、较好、一般、差”进行打分评判,然后统计出每一个标准的个数,形成模糊评价矩阵  $R_i$ ,对统计调查的数据进行汇总,见表 4。根据表 4 的综合打分数据统计结果,采用百分比统计法进行统计并进行归一化处理之后,得出智能办公椅的安全性、美观性、先进性、舒适性和经济性评判矩阵  $R_1 \sim R_5$  分别如下。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.35 & 0.35 & 0.25 & 0.05 \\ 0.3 & 0.45 & 0.25 & 0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.35 & 0.3 & 0.3 & 0.05 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.45 & 0.4 & 0 \\ 0.25 & 0.35 & 0.35 & 0.05 \\ 0.4 & 0.3 & 0.3 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.35 & 0.3 & 0.35 & 0 \\ 0.25 & 0.45 & 0.3 & 0 \\ 0.2 & 0.45 & 0.35 & 0 \\ 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.45 & 0.4 & 0.15 & 0 \\ 0.4 & 0.35 & 0.25 & 0 \\ 0.4 & 0.35 & 0.2 & 0.05 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.35 & 0.35 & 0 \\ 0.25 & 0.3 & 0.4 & 0.05 \end{bmatrix}$$

4) 对二级指标准则层进行模糊综合评判

$$B_i = W_i \cdot R_i;$$

$$B_1 = W_1 \cdot R_1 = [0.106\ 1, 0.450\ 6, 0.281\ 2, 0.162\ 1]$$

$$\begin{bmatrix} 0.35 & 0.35 & 0.25 & 0.05 \\ 0.30 & 0.45 & 0.25 & 0 \\ 0.40 & 0.40 & 0.35 & 0 \\ 0.35 & 0.30 & 0.30 & 0.05 \end{bmatrix} =$$

$$[0.341\ 5, 0.401\ 0, 0.244\ 0, 0.013\ 4]$$

$$B_2 = W_2 \cdot R_2 = [0.199\ 0, 0.410\ 7, 0.377\ 9, 0.012\ 4]$$

$$B_3 = W_3 \cdot R_3 = [0.369\ 9, 0.318\ 0, 0.312\ 2, 0.000\ 0]$$

$$B_4 = W_4 \cdot R_4 = [0.412\ 7, 0.380\ 6, 0.200\ 4, 0.006\ 3]$$

$$B_5 = W_5 \cdot R_5 = [0.263\ 3, 0.313\ 3, 0.386\ 7, 0.036\ 7]$$

对智能办公椅进行综合评价,综合评价权重向量的计算公式为  $T = A \cdot B = [0.346\ 5, 0.364\ 9, 0.277\ 4, 0.011\ 1]$ 。

#### 4.2 计算指标分值

为了更好地对高校智能办公椅的整体和各项指标进行综合评判,需要根据评价矩阵和评价标准进行计算求得,总得分  $S = T \cdot \beta = 81.04$ 。同理计算求得每一项指标的得分和智能办公椅的总得分,结果见表 5。

#### 4.3 模糊综合评价结果与分析

1) 对智能办公椅进行综合评价。由综合评价权重向量和表 5 分析可知,对于此款智能办公椅,总得分为 81.04 分,其中有 34.65%的人评价为好, 36.49%的人评价为较好, 27.74%的人评价为一般, 1.11%的人评价为差。根据模糊评价法的基本原则,认为此款智能办公椅的综合评价结果为较好水平,与总得分一致,说明高校用户对此款智能办公椅的综合满意度比较高,满足了优良办公家具的品质要求。

表 4 各指标综合打分情况统计表  
Tab.4 Comprehensive scoring statistics table of each index

| 一级指标 | 安全性 B1 |    |    |    | 美观性 B2 |    |    |    | 先进性 B3 |     |     | 舒适性 B4 |     |     |     | 经济性 B5 |     |
|------|--------|----|----|----|--------|----|----|----|--------|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|-----|
| 二级指标 | C1     | C2 | C3 | C4 | C5     | C6 | C7 | C8 | C9     | C10 | C11 | C12    | C13 | C14 | C15 | C16    | C17 |
| 评 好  | 7      | 6  | 8  | 7  | 3      | 5  | 8  | 7  | 5      | 4   | 10  | 9      | 8   | 8   | 6   | 6      | 5   |
| 价 较好 | 7      | 9  | 8  | 6  | 9      | 7  | 6  | 6  | 9      | 9   | 4   | 8      | 7   | 7   | 8   | 7      | 6   |
| 等 一般 | 5      | 5  | 4  | 6  | 8      | 7  | 6  | 7  | 6      | 7   | 6   | 3      | 5   | 4   | 6   | 7      | 8   |
| 级 差  | 1      | 0  | 0  | 1  | 0      | 1  | 0  | 0  | 0      | 0   | 0   | 0      | 0   | 1   | 0   | 0      | 1   |

表 5 综合评价和各指标评分值  
Tab.5 Comprehensive evaluation and value of each indicator

| 总得分   | 一级指标 | 分数       | 二级指标 | 分数    |
|-------|------|----------|------|-------|
| 81.04 | 安全性  | 81.547 4 | 结构安全 | 80.50 |
|       |      |          | 电气安全 | 81.00 |
|       |      |          | 材料安全 | 84.00 |
|       |      |          | 底座稳定 | 79.50 |
|       | 美观性  | 76.048 8 | 外观造型 | 75.00 |
|       |      |          | 色彩搭配 | 76.50 |
|       |      |          | 产品材质 | 82.00 |
|       | 先进性  | 81.163 1 | 健康监测 | 80.00 |
|       |      |          | 自动适配 | 79.00 |
|       |      |          | 交互模式 | 77.00 |
|       |      |          | 久坐提醒 | 84.00 |
|       | 舒适性  | 84.056 6 | 坐姿调节 | 86.00 |
|       |      |          | 人体工学 | 83.00 |
|       |      |          | 弹力透气 | 82.50 |
|       |      |          | 静音效果 | 80.00 |
|       | 经济性  | 76.433 5 | 生产成本 | 79.00 |
|       |      |          | 使用成本 | 75.50 |

2) 对智能办公椅的一级指标进行评价。从表 5 可以看出,在一级指标里面安全性、先进性和舒适性指标评分都在 80 分以上,达到了智能办公椅的设计要求。对舒适性打分最高,说明此款智能座椅使得科研和办公人员舒适度得到提高,使其办公姿态和心情舒畅,达到自我放松。安全性和先进性指标同样反映该座椅安全、耐久、可靠、环保、科技水平较高,达到了智能化的水平。美观性和经济性指标评价在 80 分以下,说明这两项指标还需进一步优化和提升,所以在设计时,一方面可以从外观平整性、结构比例协调、色彩搭配合理和在选择有质感的材质方面来提高美观性;另一方面企业使用先进的技术设备和生产工艺、优化设计流程,降低生产成本,提高产品的经济性。通过改善这两项指标来更好地满足用户的心理需求。

3) 对智能办公椅的二级指标进行评价。从表 5 可以看出,在二级指标里面,目前该产品满意度较好的是结构安全、电气安全、材料安全、产品材质、健康监测、久坐提醒、坐姿调节、人体工学设计、弹力透气效果和静音效果,他们的二级指标达到了 80 分

以上,处于较好水平以上,表明该座椅在这 10 个方面指标的设计符合用户的要求。对舒适性的坐姿调节打分最高,说明此款智能座椅会自动适应用户的各种坐姿,让其无论在前倾或后靠坐姿下,腰托都会自动跟随填充腰部与椅背之间的空隙,给予腰部足够的支撑力,做到托腰护腰;座、靠、扶三种立体调节,给身体随时随地服帖支撑,让用户处在斜倚、挺直、前倾、后趟等工作姿态下,且能获得身体支撑的舒适感,使办公者的姿态和心情更能够随意自然,达到自我解放。先进性指标里的久坐提醒得分也较高,说明此款智能座椅能够进行提醒或自动进行腰部按摩,智能化水平较高。其他 7 个指标的分值在 80 分以下,处于一般水平,还需要进一步在产品设计中提升和改进。对底座稳定性不足的问题,在扶手下面设计开关可以一键开启防抱死系统功能,提高产品的安全性,并且要定期检查和维护智能椅,若发现调节不当或有其他异常现象,需要及时售后维修。得分最低的是外观造型,说明这方面的设计没有达到用户的要求,企业设计师可以做进一步调研分析,使用时尚潮流的颜色,将流线型设计应用到座椅设计当中,满足用户的心理需求。

5 结语

高校智能办公椅创新设计涉及的理论知识和方法较多,涵盖了许多学科体系,为了使设计结果更加符合高校师生用户的需求,需要建立更加真实、客观、定量的评估体系。从智能办公椅的安全性、美观性、舒适性、先进性和经济性 5 个方面划分出 17 个次准则层的评价指标,构建了科学的评价指标体系;运用模糊层次分析法,通过专家和用户打分,得到设计指标的层次模型和平均权重系数;然后构建评价模型,将智能办公椅的具体问题合理量化,得到每一项指标的分值;其中安全性、先进性和舒适性评价为较好水平,达到设计要求;美观性和经济性得分为一般水平,未达到相关要求,其中外观造型和使用成本评分较低,需要进一步改进和优化。高校可采用此评价模型对现有的智能办公椅进行综合评价,并可避免在后续的采购中选用满意度不高的智能办公椅,也为其他智能产品的设计评价提供一定方法借鉴。

## 参考文献:

- [1] 庞鲜, 曾婧. 面向联合办公空间的家具设计研究[J]. 包装工程, 2021, 42(14): 212-218.  
PANG Xian, ZENG Jing. Furniture Design for Co-Working Space[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(14): 212-218.
- [2] 吴智慧, 张雪颖, 徐伟, 等. 智能家具的研究现状与发展趋势[J]. 林产工业, 2017, 44(5): 5-8.  
WU Zhi-hui, ZHANG Xue-ying, XU Wei, et al. Research Progress and Development Trend of Intelligent Furniture[J]. China Forest Products Industry, 2017, 44(5): 5-8.
- [3] KAZI A, DUNCAN M, CLEMES S, et al. A Survey of Sitting Time among UK Employees[J]. Occupational Medicine, 2014, 64(7): 497-502.
- [4] MAKHSOUS M, LIN F, HANAWALT D, et al. The Effect of Chair Designs on Sitting Pressure Distribution and Tissue Perfusion[J]. Human Factors, 2012, 54(6): 1066-1074.
- [5] WANG H, WEISS K J, HAGGERTY M C, et al. The Effect of Active Sitting on Trunk Motion[J]. Journal of Sport and Health Science, 2014, 3(4): 333-337.
- [6] 唐开军, 彭翔. 家具智能化体系分析[J]. 家具与室内装饰, 2015(4): 11-13.  
TANG Kai-jun, PENG Xiang. The Analysis of Furniture Intelligent System[J]. Furniture & Interior Design, 2015(4): 11-13.
- [7] 张许英龙, 孔浩宇, 张显权. 办公座椅设计方案 FAHP 与模糊综合评价研究[J]. 家具与室内装饰, 2021(11): 60-64.  
ZHANG Xu-ying-long, KONG Hao-yu, ZHANG Xian-quan. Study on the FAHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation Method of Office Chair Design Scheme[J]. Furniture & Interior Design, 2021(11): 60-64.
- [8] 樊姝婷. 基于用户体验的智能办公家具设计研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2019.  
FAN Shu-ting. Study on Smart Office Furniture Design Based on User Experience[D]. Hangzhou: Zhejiang A & F University, 2019.
- [9] 邓卫斌, 祝红星. 基于层次分析法的儿童智能手表设计评价研究[J]. 包装工程, 2018, 39(8): 121-125.  
DENG Wei-bin, ZHU Hong-xing. Design Evaluation of Children's Smart Watches Based on AHP[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(8): 121-125.
- [10] 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.
- [11] 高喜银, 王贺, 宋强, 等. 基于 AHP-TOPSIS 的果园作业平台舒适性评价及优化[J]. 图学学报, 2020, 41(5): 788-795.  
GAO Xi-yin, WANG He, SONG Qiang, et al. Evaluation and Optimization of the Orchard Work Platform's Comfortability Based on AHP-TOPSIS[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(5): 788-795.
- [12] 吴艳玲, 宋敏, 孙思阳. 基于模糊综合评价的期刊质量评价分析[J]. 情报科学, 2021, 39(9): 74-79.  
WU Yan-ling, SONG Min, SUN Si-yang. Analysis of Journal Quality Evaluation Based on AHP and FCE Method[J]. Information Science, 2021, 39(9): 74-79.
- [13] 王文豪. 基于 AHP 理论的精准扶贫满意度评价指标体系构建[J]. 统计与决策, 2020, 36(15): 60-64.  
WANG Wen-hao. Construction of AHP-Based Satisfaction Evaluation Index System of Targeted Poverty Alleviation[J]. Statistics & Decision, 2020, 36(15): 60-64.
- [14] 张蓓蓓, 王艺芳, 姜勇. 我国幼儿教师职业感受指标体系的构建——基于德尔菲法和层次分析法[J]. 苏州大学学报(教育科学版), 2020, 8(3): 109-118.  
ZHANG Bei-bei, WANG Yi-fang, JIANG Yong. Construction of the Indicator System of Preschool Teachers' Career Feelings in China: Based on Delphi Method and Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Soochow University (Educational Science Edition), 2020, 8(3): 109-118.
- [15] 赵俊学, 宋阔, 戴孜函, 等. 办公家具人体工程学研究综述[J]. 家具与室内装饰, 2020(12): 38-39.  
ZHAO Jun-xue, SONG Kuo, DAI Zi-han, et al. Overview of Office Furniture Ergonomics[J]. Furniture & Interior Design, 2020(12): 38-39.
- [16] 李占利, 党琪, 李洪安, 等. 基于层次分析法的牙齿隐形正畸方案评价与优选[J]. 图学学报, 2021, 42(5): 856-865.  
LI Zhan-li, DANG Qi, LI Hong-an, et al. Evaluation and Optimal Selection of Invisible Orthodontic Schemes Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Graphics, 2021, 42(5): 856-865.
- [17] 薛居征. 基于层次分析法的群决策方法及应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2011.  
XUE Ju-zheng. Research on Methods and Applications of Group Decision Making Based on Analytic Hierarchy Process[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2011.
- [18] 胡珊, 刘晶. 模糊综合评价法在产品设计方案决策中的应用[J]. 机械设计, 2020, 37(1): 135-139.  
HU Shan, LIU Jing. Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Method in Product Design Scheme Decision[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(1): 135-139.
- [19] 王志愿, 戴志鹏. 基于 FDM 与 FAHP 的儿童滑板车设计评价与改进[J]. 图学学报, 2021, 42(5): 849-855.  
WANG Zhi-yuan, DAI Zhi-peng. Design Evaluation and Improvement of Children's Scooter Based on FDM and FAHP[J]. Journal of Graphics, 2021, 42(5): 849-855.
- [20] 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, 19(2): 18-23.  
QI Lai-bin. Statistics Analysis and Fuzzy Comprehensive Evaluation of Likert Scale[J]. Shandong Science, 2006, 19(2): 18-23.

责任编辑: 陈作