

社会创新理论下基于最优赋权法的候车室座椅设计

吕智强, 李淑敏, 赵港
(山东科技大学, 山东 青岛 266000)

摘要: **目的** 以全球疫情防控为切入点, 重新研究新时代社会背景下的候车室座椅, 以协同式、参与式的理念, 定性和定量的方式研究各方用户需求, 建立评价指标体系, 完成候车室座椅的重新设计。**方法** 基于社会创新理念, 以候车室座椅为基础, 协同各方资源与需求, 通过实际调研和参考专家意见的方式获取需求数据, 结合主观评价层次分析法和客观评价熵值法, 对旅客、运营方和生产方的需求指标进行多层次分析, 确定指标优先级排序, 指导方案设计。**结论** 通过主客观相结合的最优赋权法, 有效避免了层次分析法设计决策主观性过重, 从而致使评价结果不令人信服。通过参与式与协同式的社会创新理念, 解决新的社会背景下关于私密性、舒适性和设计促进防疫等问题。

关键词: 候车室座椅; 社会创新; 最优赋权法; 环境行为学; 模糊评价

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)12-0126-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.12.014

Seat Design of Waiting Room Based on Optimal Weighting Method Under Social Innovation Theory

GUO Zhi-qiang, LI Shu-min, ZHAO Gang

(Shandong University of Science and Technology, Shandong Qingdao 266000, China)

ABSTRACT: Taking the background of global epidemic prevention and control as inspiration, the paper aims to research the seating of waiting room in the social background of the new era, use the collaborative and participatory concept, qualitative and quantitative way to study the needs of all users, and establish an evaluation index system, so as to complete the redesign of the seating of waiting room. Based on the concept of social innovation and the waiting room chair, resource and demand are coordinated, and requirement data is captured through data search and expert advice. Combined with subjective evaluation AHP and objective evaluation entropy method, the demand indicators of passengers, operators and producers are analyzed at multiple levels, and the priority of indicators is determined to guide the design. The optimal weighting method combining subjective and objective can effectively avoid the excessive subjectivity of the design decision of the analytic hierarchy process, which may lead to the unconvincing evaluation results. Through the concept of participatory and collaborative social innovation, issues of privacy, comfort and promotion of epidemic prevention in the new social context are realized.

KEY WORDS: waiting room seat; social innovation; optimal weighting method; environmental behavior; fuzzy evaluation

2020 年初, 新型冠状病毒席卷全球, 针对疫情最重要的防控措施为切断传播途径, 作为人流量大且人流较为密集的候车室等公共空间是疫情防控的重要环节。以此为契机通过协同各方资源, 包括顶层政策支持(疫情发生之初, 国家卫健委印发《新型冠状

病毒感染的肺炎疫情不同风险人群防护指南》, 以下简称“指南”)与各方需求, 对候车室座椅重新设计, 研究公共空间的环境心理学, 通过协同、参与的方式开展创新流程, 同时建立候车室座椅各要素评价指标模型, 通过层次分析法和熵值法相结合的最优赋权法

收稿日期: 2022-01-29

作者简介: 吕智强(1966—), 男, 硕士, 教授, 主要研究方向为工业设计、产品设计、艺术设计。

通信作者: 李淑敏(1996—), 女, 硕士生, 主攻环境设计。

计算出各要素权重, 经过综合评价确定出最优方案, 同时为未来候车室座椅设计提供可参考研究模型。

1 研究理论及流程

1.1 社会创新理论

社会创新设计是专业设计为了激活、维持和引导社会朝着可持续发展方向迈进所能实施的一切活动^[1]。社会创新通过社会部分的合作, 由小到大, 针对复杂的社会网络, 来实现资源的互相沟通, 从而打通庞大繁复的社会系统^[2,3]。

社会创新设计有广泛性、协同性和系统性的特征。广泛性, 指社会创新在整合考虑人、环境和产品等要素的同时要考虑到整个设计系统的内容; 协同性, 指社会创新要求多方协同参与设计, 用户、设计专家、生产方等多方参与, 设计师和用户一起赋予产品存在的意义。协同创新的主体包括顶层决策者、设计专家、投资者; 系统性, 通过设计专家的倡议使创新过程联合多方要素和融入多方需求, 不仅局限于解决当前的问题, 而是通过系统化的方法为解决未来的社会问题提供解决方案。

1.2 最优赋权法

最优赋权法指的是由层次分析法 (AHP) 和熵值法共同进行指标评价决策的综合评价方法。层次分析法是将与决策相关的元素分解成目标、准则、方案等层次, 在此基础上进行定性和定量分析的决策方法, 该方法具有系统、灵活、简洁的优点^[4]。层次分析法能够将定性的问题通过定量计算的方式解决, 其带有过多决策者自身的主观意见, 不能完全令人信服, 所以引入较为客观的评价方法——熵值法。熵值法是信息差异化的度量指标, 源于物理学^[5]。在综合评价中, 熵值法评价同样适用, 信息量越大, 熵值越小, 相对应指标的权重就越大, 反之权重越小。熵值法确定权重, 是根据信息原始数据进行权重计算的一种方法, 比较客观。主观确定权重的 AHP 与客观确定权重的熵值法相结合计算得出各项设计要素指标的权重, 通过综合评价, 确定最优指标方案, 为候车室座椅设计提供研究模型。

1.3 研究框架

文中以协同创新的理念, 通过 PEST 分析确定研

究必要性, 以疫情防控背景为切入点, 分析公共空间中的环境行为心理学、人机工学和产品设计原则。以协同创新的理念从旅客、运营方和生产方 3 个角度建立用户需求指标结构模型, 并对需求指标进行主客观综合权重计算, 从而确定最优指标以此来引导方案设计, 并对最终方案进行模糊综合评价, 见图 1。

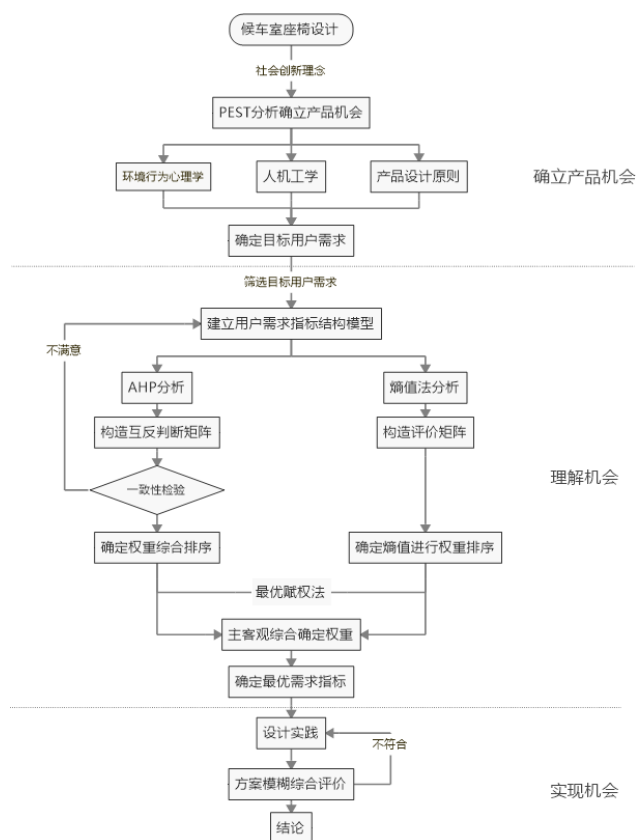


图 1 研究框架
Fig.1 Research framework

2 候车座椅设计评价模型

2.1 必要性分析

从宏观环境的角度分析, 在国家卫健委印发的关于疫情防控“指南”引导下, 参照候车室运营规范, 通过设计的手段协同配置多方社会资源, 包括技术手段、经济水平、设计相关方需求等, 见图 2。

从公共空间防疫角度分析, 现有候车室座椅的开放式设计完全不满足防疫需求。公共空间防疫指标分



图 2 PEST 分析
Fig.2 PEST analysis

为环境污染程度和具体环境下的人体暴露行为。暴露行为包括基础污染物的行为方式特征和时间。现有完全开放式的座椅设计不具备以上防疫指标功能,因此该研究切实可行且有充足的必要性。

2.2 用户需求要素研究

在公共空间座椅设计研究中,涉及环境与人类行为,即候车室空间、旅客休息和座椅的生产3个维度文中将从旅客、运营方和生产方3个角度进行设计要素剖析。

为了科学系统地剖析三方用户的需求,研究候车室空间中的环境心理学——环境、行为和心理学。环境心理学的研究分为2个部分:一是认识环境并评价使用者对环境各要素的满意程度;二是分析环境要素对使用者的影响^[6]。环境心理学涉及知觉和体验的感受,空间知觉具体指旅客对座椅的大小、颜色、造型和距离等要素的直观感受;体验则指的是旅客在经过知觉感知后的一种体验感觉,人机尺度、功能和材料质感等。相对知觉的多器官活动,体验就是一种单一器官活动的结果,较为客观且不受个人经验的影响,主要取决于产品本身的指标特点。同时环境行为学的涉及范围非常广泛,也涉及技术领域,见图3。

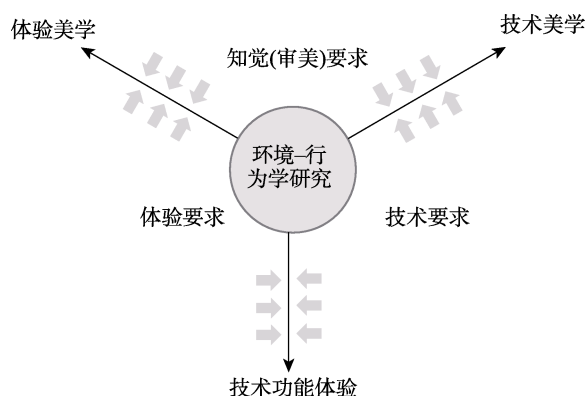


图3 环境-行为心理学研究

Fig.3 Environmental-behavioral research diagram

为了系统地分析候车室空间的环境心理学,运用诺曼的用户体验理论来系统地分析3个角度的用户需求。

本能层、行为层和反思层是诺曼用户体验理论的3个层次^[7],据此可以将用户在特定环境中使用产品的体验过程分为直觉体验、过程体验和经历体验^[8]。以旅客角度为例分析,直觉体验就是空间知觉,是用户对产品外观特征的主观感受,比如椅子的形态、色彩和材质,其对应用户体验理论的本能层。过程体验则是用户在使用产品过程中的感受体验,包括人机性能、操作性和私密性等,其对应用户体验理论的行为层。经历体验指用户使用完产品后的主观感受,比如愉悦感、舒适度的一些主观评价,其对应用户体验理论的反思层。

文中将能直观感受的直觉体验作为用户显性需求分析,将不能直接通过感官感受的过程与经历体验作为用户隐性需求分析,见图4。



图4 用户需求研究模型

Fig.4 User needs research model

作为另外两个角度,运营方和生产方的需求同样可分为显性需求与隐性需求。显性需求满足运营方和生产方的基本需求,比如运营成本,生产造价等。隐性需求则是在满足基本需求下的兴奋需求,能为运营方和生产方带来额外价值的需求,比如座椅与周围候车室环境的和谐程度,生产结构合理简单等需求。

2.3 用户需求评价指标模型构建

根据图4用户需求研究模型,结合环境行为学研究,构建用户需求指标结构模型。

1) 目标层。用户需求指标模型的最终目的,本层次的唯一指标。

2) 准则层。文中从协同创新的理念出发,确保评价结果的全面性,构建一级准则层:旅客 A_1 、运营方 A_2 、生产方 A_3 。得到一级准则层集合 $Q=\{A_1, A_2, A_3\}$ 。

3) 子准则层。参照用户需求研究模型,确保结构模型层层递进且关联性较强,构建第三层子准则层,将旅客、运营方和生产方需求细化分为显性需求和隐性需求,得到二级子准则层集合 $A_1=\{B_1, B_2\}, A_2=\{B_3, B_4\}, A_3=\{B_5, B_6\}$ 。

4) 次准则层。根据调研旅客、运营方和生产方对于候车室座椅的不同需求,同时参考专家意见,最终筛选出了18个需求指标,构建体系为旅客显性需求对应直觉体验,对座椅的直观感受包括大小、造型、颜色、材质等,提出 C_1 造型美观、 C_2 材料质感、 C_3 色彩和谐和 C_4 干净整洁4个三级次准则。

旅客隐性需求对应过程与经历体验,是旅客使用座椅过程中的真实需求。首要满足人机尺度,人在公共空间内有一定的领域性,调研数据显示80%以上旅客排斥主动与陌生人交流。同时旅客在公共空间内还存在一定的边界效应,不喜欢扎堆休息,结合以上分析,要满足一定的私密性需求。提出 C_5 安全性、 C_6 人机尺度、 C_7 多功能和 C_8 私密性4个三级次准则。

运营方显性需求首要具备基本的服务休憩功能,同时要考虑到与候车室环境的和谐程度,包括形状和色彩等。候车室空间具有很强的流动性,设施流动性强,便于装配拆卸。提出 C_9 可装配性和 C_{10} 场景和谐

度 2 个三级次准则。

运营方隐性需求包括运营成本大小与材料是否环保或者可以重复利用等。提出 C_{11} 运营成本和 C_{12} 材料可利用 2 个三级次准则。

生产方显性需求包括座椅的产品规格、座椅的生产零件数和座椅的生产成本是否符合生产方经济利益等。提出 C_{13} 成本造价、 C_{14} 组成零件数和 C_{15} 产品重量 3 个三级次准则。

生产方隐性需求指能够为生产方带来额外经济效益的因素, 包括结构是否合理、材料是否能够满足国家环保要求等。提出 C_{16} 组装简单、 C_{17} 结构合理和 C_{18} 材料环保 3 个三级次准则。

得到三级次准则层集合 $B_1 = \{C_1, C_2, C_3, C_4\}$, $B_2 = \{C_5, C_6, C_7, C_8\}$, $B_3 = \{C_9, C_{10}\}$, $B_4 = \{C_{11}, C_{12}\}$, $B_5 = \{C_{13}, C_{14}, C_{15}\}$, $B_6 = \{C_{16}, C_{17}, C_{18}\}$ 。

最终得到候车室座椅设计需求评价模型, 见图 5。

2.4 最优赋权法评价流程

根据设计需求评价模型, 通过专家与用户打分提取数据建立矩阵, 运用主观层次分析法和客观熵值法进行综合权重计算。

2.4.1 层次分析法计算综合权重

2.4.1.1 构建互反判断矩阵

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^[9]去分析每个评价指标两两相互间重要层次。判断矩阵是表示本层所有因素针对上一层某一个因素的相对重要性的比较。

以准则层为例, 建立准则层指标互反判断矩阵:

$$U = (u_{ij})_{n \times n} = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & u_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中: u_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) 表示准则层中指标 i 对指标 j 的重要性结果; $u_{ij} > 0$; $u_{ij} = 1/u_{ji}$; n 表示矩阵中

含有 n 个元素。同理构建子准则层与次准则层互反判断矩阵。

2.4.1.2 层次单排序与其一致性检验

计算得出矩阵 B 的最大特征值 $\lambda_{\max}$ 及对应的特征向量 $w_i = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, 将特征向量归一化得到 w_i 作为指标的权向量^[10]。采用方根法计算判断矩阵的权重值。以准则层为例, 权重计算步骤如下。

1) 计算互反判断矩阵的每行乘积得到新向量 M_i 。

$$M_i = \prod_{j=1}^n u_{ij}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

2) 计算新向量 M_i n 次方根得到各行标度的几何平均值 w_i 。

$$w_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (3)$$

3) 对几何平均值 $w_i = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 进行归一化处理得到权向量 W_i 。

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (4)$$

$w_i = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 即为准则层权向量。子准则层矩阵 V 与次准则层矩阵 X 权向量计算方式与上述相同。为了确保决策评价的一致性, 需要对判断矩阵的结果进行一致性检验。1) 一致性检验指标用 CI 表示, 计算公式如下:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

2) 其中 λ 为判断矩阵的最大特征值, 计算如下:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{UW_i}{nW_i} \quad (6)$$

3) 根据 n 的大小选取平均一致性指标 RI , 见表 1。

4) 计算一致性比率 CR 。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

当 $CR < 0.1$, 则矩阵具有良好的一致性, 相反则需要修改矩阵, 直至一致性比率 $CR < 0.1$ 。

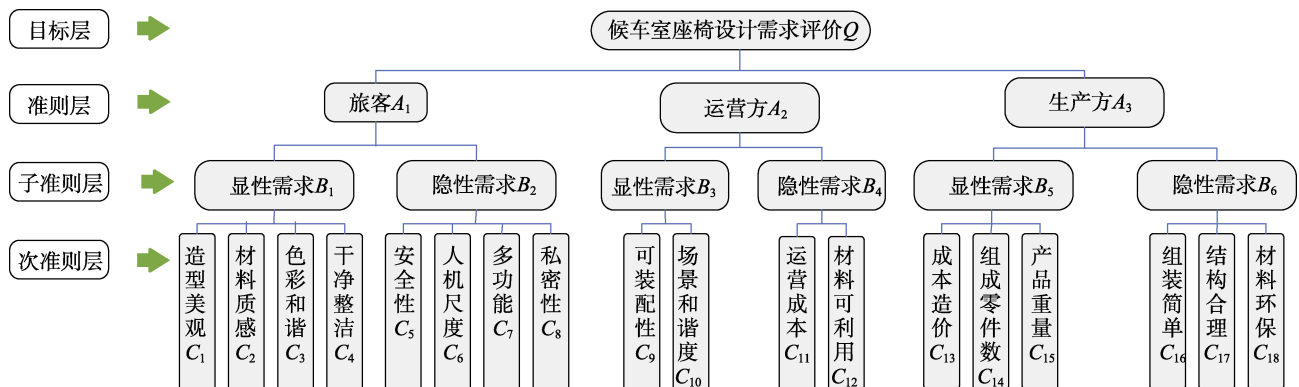


图 5 候车室座椅设计需求评价模型

Fig.5 Evaluation model of waiting room seat design requirements

表 1 一致性指标 RI
Tab.1 Consistency index RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58

5) 层次总排序与一致性检验。

最终需要得到的是次准则层指标对目标层的相对重要性权重值排序,所以对层次总排序也要做一致性检验。最后得到层次分析法指标权重集合 $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}^T$ 。

2.4.2 熵值法计算综合权重

熵值法确定客观权重的基本思想是,若某项属性的数据序列的变异程度越大,则其对应的权系数就越大^[11]。通过的一定数量,专家对指标 C_1 至 C_{18} 进行打分,建立熵值法评价矩阵。

$$X = \{x_{ij}\}_{m \times n} = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (8)$$

其中: x_{ij} 表示第 i 个专家对第 j 个指标的评价分数; m 表示评价专家数量集合, n 表示评价对象集合; $0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq n$ 。

熵值法确定权重步骤如下。

1) 先对矩阵指标进行归一化处理。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - (x_j)_{\min}}{(x_j)_{\max} - (x_j)_{\min}} \quad (9)$$

x'_{ij} 为指标原始数据, $(x_j)_{\max}$ 为第 j 项指标的最大值, $(x_j)_{\min}$ 为 j 项指标的最小值。

2) 计算第 j 项指标下第 i 个评价样本的指标比重 Y_{ij} 。

$$Y_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \quad (10)$$

3) 计算第 j 项指标的熵值 e_j 。

$$e_j = -K \sum_{i=1}^m Y_{ij} \ln Y_{ij} \quad (11)$$

其中: $K = 1/\ln(m)$ 以此来满足 $0 \leq e_j \leq n, m$ 为评价样本的数量。

计算 j 项指标的信息效用值 d_j , 其表示该指标的信息熵 e_j 与 1 之间的差值, 差值越大, 信息效用值越大, 该指标的重要性即权重也越大。

$$d_j = 1 - e_j \quad (12)$$

利用熵值法估算各指标的权重, 其本质是利用该指标信息的价值系数来计算的, 其价值系数越高, 对评价的重要性就越大 (或称对评价结果的贡献越大)^[12]。最后得到第 j 项指标的权重如下:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^m d_j} \quad (13)$$

最终得到熵值法权重集合 $Q' = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}^T$ 。

2.4.3 主客观综合权重计算

由层次分析法 (主观法) 得到的权重集合 Q 和熵值法 (客观法) 得到的权重集合 Q' 结果是不一致的, 文中综合两种评价方法, 得到一种最优组合赋权法。最终综合指标评价如下:

$$W = k_1 Q_j + k_2 Q'_j \quad (14)$$

为确定 k_1 和 k_2 系数, 文中参考文献^[13]的最优组合赋权法计算方法, $k_1 = 0.6$, $k_2 = 0.4$, 得到最终指标权重集合。

2.5 座椅设计研究模糊综合评价

根据最优赋权法进行指标评价, 以最优指标设计出座椅方案, 然后对方案进行综合评价验证是否符合研究期望值, 步骤如下。

1) 确定评语集以及相应的评价标准。设计评语集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, 其中 m 表示评语集等级集合。文中将评语集设定为 $V = \{\text{很满意, 满意, 一般, 不满意, 很不满意}\}$, 且为其分别赋值为 5, 4, 3, 2, 1^[14]。

2) 构建评价模糊矩阵 R 。通过专家打分, 根据每个指标的不同评价隶属度建立评价模糊矩阵。

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{pmatrix} \quad (15)$$

其中, r_{mn} 表示第 n 项指标的第 m 个评语数值。

3) 根据构建的评价指标结构模型的权重集合 W 与评价模糊矩阵 R 相结合, 可以依次得到各层次综合评价模型 S , 最终计算出该设计方案总体评价得分, 并对其隶属度进行综合评价。

$$S = W \cdot R = (w_1, w_2, \dots, w_n) \cdot \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{pmatrix} = (s_1, s_2, \dots, s_m) \quad (16)$$

由次准则层依次计算出方案的目标层评价得分, 根据最终方案的评价隶属度来综合评定最终方案是否符合本研究模型期望值。

3 设计实践

根据候车室座椅研究评价流程,以协同创新的理念,通过采集用户与专家的数据,指导候车室座椅设计实践,然后通过模糊综合评价来验证方案。

3.1 数据收集与权重计算

3.1.1 层次分析法权重计算

邀请 30 位打分人员对层次分析法各层次各指标进行打分判定(包括 10 位座椅设计相关领域专家、5 位设计师、5 位旅客、5 位运营方人员和 5 位生产方)。最终通过计算得出了各层次指标对上一层指标的权重值结果,见表 2。

所以得到各层次权重集合,准则层权重集合 $U=(0.61,0.27,0.12)$;子准则层权集合 $V_1=(0.20,0.80)$, $V_2=(0.67,0.33)$, $V_3=(0.80,0.20)$;次准则层权重集合 $Z_1=(0.36,0.23,0.11,0.30)$, $Z_2=(0.38,0.09,0.16,0.37)$, $Z_3=(0.75,0.25)$, $Z_4=(0.67,0.33)$, $Z_5=(0.53,0.14,0.33)$, $Z_6=(0.33,0.14,0.53)$ 。从而得到子准则层各指标综合排序,且结构评价模型中所有矩阵符合 $CR<0.1$ 。

3.1.2 熵值法权重计算

根据文中构建的用户需求评价结构模型,对得出的次准则层 18 个需求指标进行熵值法权重计算排

序。通过 15 位打分人员(包括 10 位相关领域专家和 5 位产品设计师)对次准则层指标进行打分,得出的评价数据见表 3。

对原始评价数据进行标准归一化处理,然后进行计算得到各指标信息熵值、信息效用值和权重系数,根据权重系数的大小对指标进行排序,见表 4。

3.2 最优赋权法综合权重计算

根据层次分析法计算权重得到的三级次准则层各指标的权重集合以及熵值法计算权重得到的各指标权重集合,用式(14)进行计算得到各指标综合权重排序见表 5。

3.3 方案设计

根据用户综合指标排序可以得到用户需求优先级,同时考虑到生产方与运营方的利益,综合权衡进行方案设计,见图 6—7。

该方案采用模块化理念,3 个基础单元模块,运营方根据不同空间大小需求,进行多种样式的编排,便于运营。同时为了达到私密性需求,将“S”造型作为造型基础,将相邻两人间的视线改为相反方向,同时达到防疫需求。为了满足伴侣或同行者的需求,将部分座椅加宽,同时座椅尺寸与造型完全符合人机尺度要求。结构简单合理,便于拆卸与运输。

表 2 各层次指标对目标层的权重
Tab.2 The weight of each level indicator to the target level

准则层	权重	子准则层	权重	次准则层	权重
旅客	0.61	显性需求	0.20	造型美观	0.36
				材料质感	0.23
				色彩和谐	0.11
				干净整洁	0.30
		隐性需求	0.80	人机尺度	0.38
				多功能	0.09
				安全性	0.16
				私密性	0.37
运营方	0.27	显性需求	0.67	运营成本	0.75
		隐性需求	0.33	材料可利用	0.25
				可装配性	0.67
				场景和谐度	0.33
生产方	0.12	显性需求	0.80	成本造价	0.53
				产品重量	0.14
				组成零件数	0.33
		隐性需求	0.20	组装简单	0.33
				材料环保	0.14
				结构合理	0.53

表 3 次准则层指标评价数据
Tab.3 Sub-criteria level index evaluation data

专家	指标																	
	造型 美观	材料 质感	色彩 和谐	干净 整洁	安全 性	人机 尺度	多功 能	私密 性	可装 配性	场景 和谐度	运营 成本	材料 可利用	成本 造价	组成 零件数	产品 重量	组装 简单	结构 合理	材料 环保
A	96	95	97	97	92	98	97	95	96	98	93	92	98	96	95	91	94	92
B	98	94	98	96	96	97	95	96	95	95	94	94	97	93	93	95	92	89
C	93	91	92	97	93	85	96	81	98	93	93	95	95	91	92	89	96	95
D	96	93	93	90	96	94	96	98	97	98	98	94	93	96	95	96	99	97
E	83	85	97	92	92	92	92	82	93	98	98	95	95	93	95	93	98	84
F	96	96	93	96	86	93	96	89	94	95	88	96	96	93	93	97	93	91
G	92	85	83	97	92	95	87	84	93	89	98	93	92	92	94	93	94	94
H	84	84	84	89	91	97	83	87	86	87	91	84	83	83	92	92	93	85
I	97	88	87	89	88	82	87	93	85	94	82	83	93	97	91	98	89	92
J	89	96	95	97	96	93	86	95	96	92	98	97	98	95	83	95	97	91
K	83	92	85	81	92	83	95	83	82	82	92	90	98	94	95	93	93	91
L	95	97	95	91	98	94	98	98	89	92	98	97	87	93	93	92	95	98
M	98	93	94	92	83	82	95	92	92	93	95	93	95	92	93	85	96	92
N	90	94	91	93	96	96	93	97	97	95	98	98	93	95	93	86	82	95
O	95	89	94	93	93	94	90	93	90	97	95	95	93	93	95	93	95	92

表 4 次准则层指标熵值法计算结果
Tab.4 Calculation results of sub-criteria level index entropy method

项	信息熵值	信息效用值	权重系数	项	信息熵值	信息效用值	权重系数
C ₈	0.999 2	0.000 8	0.103 7	C ₁₂	0.999 6	0.000 4	0.052 7
C ₆	0.999 3	0.000 7	0.090 6	C ₂	0.999 6	0.000 4	0.051 7
C ₁	0.999 4	0.000 6	0.078 9	C ₅	0.999 7	0.000 3	0.046 1
C ₃	0.999 5	0.000 5	0.066 0	C ₁₃	0.999 7	0.000 3	0.046 1
C ₉	0.999 5	0.000 5	0.065 0	C ₁₇	0.999 7	0.000 3	0.045 1
C ₇	0.999 6	0.000 4	0.059 8	C ₁₈	0.999 7	0.000 3	0.040 9
C ₁₁	0.999 6	0.000 4	0.055 8	C ₁₆	0.999 7	0.000 3	0.036 9
C ₁₀	0.999 6	0.000 4	0.053 8	C ₁₄	0.999 8	0.000 2	0.029 0
C ₄	0.999 6	0.000 4	0.053 1	C ₁₅	0.999 8	0.000 2	0.024 9

表 5 各指标综合权重计算统计
Tab.5 Comprehensive weight calculation statistics of each index

项	层次分析法权重	熵值法权重	综合权重	项	层次分析法权重	熵值法权重	综合权重
造型美观 C ₁	0.044 6	0.078 9	0.058 32	场景和谐度 C ₁₀	0.029 8	0.053 8	0.039 40
材料质感 C ₂	0.028 1	0.051 7	0.037 54	运营成本 C ₁₁	0.134 2	0.055 8	0.102 84
色彩和谐 C ₃	0.013 0	0.066 0	0.034 20	材料可利用 C ₁₂	0.044 7	0.052 7	0.047 90
干净整洁 C ₄	0.037 1	0.053 1	0.043 50	成本造价 C ₁₃	0.049 5	0.046 1	0.048 14
安全性 C ₅	0.079 4	0.046 1	0.066 08	组成零件数 C ₁₄	0.031 2	0.029 0	0.030 30
人机尺度 C ₆	0.184 9	0.090 6	0.147 18	产品重量 C ₁₅	0.013 1	0.024 9	0.017 82
多功能 C ₇	0.044 9	0.059 8	0.050 86	组装简单 C ₁₆	0.007 8	0.036 9	0.019 44
私密性 C ₈	0.182 3	0.103 7	0.150 86	结构合理 C ₁₇	0.012 4	0.045 1	0.025 48
可装配性 C ₉	0.059 6	0.065 0	0.061 80	材料环保 C ₁₈	0.003 3	0.040 9	0.018 34



图 6 设计方案
Fig.6 Design plan

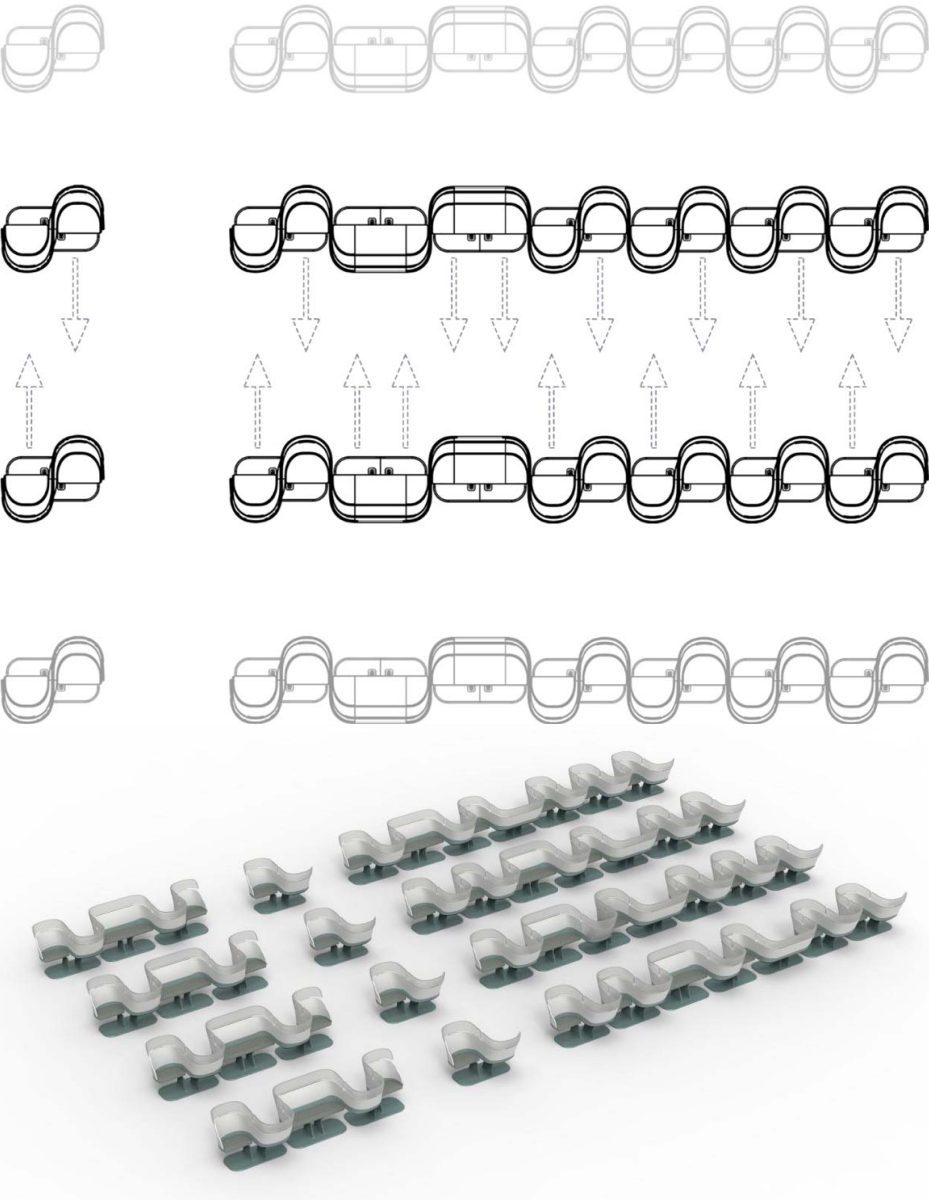


图 7 方案场景
Fig.7 Scenario diagram

3.4 方案模糊综合评价

邀请 20 位设计专家, 根据评语集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 对各指标进行打分评判, 通过汇总得到次准则层模糊判断矩阵:

$$\begin{aligned} R_1 &= \begin{pmatrix} 0.25 & 0.3 & 0.25 & 0.2 & 0 \\ 0.15 & 0.5 & 0.3 & 0.05 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.35 & 0.25 & 0.1 \\ 0.25 & 0.2 & 0.35 & 0.15 & 0.05 \end{pmatrix}, \\ R_2 &= \begin{pmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.15 & 0.15 & 0 \\ 0.4 & 0.45 & 0.1 & 0.05 & 0 \\ 0.2 & 0.25 & 0.45 & 0.1 & 0 \\ 0.35 & 0.5 & 0.1 & 0.05 & 0 \end{pmatrix}, \\ R_3 &= \begin{pmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.15 & 0.15 & 0 \\ 0.15 & 0.45 & 0.35 & 0.05 & 0 \end{pmatrix}, \\ R_4 &= \begin{pmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.15 & 0.15 & 0 \\ 0.25 & 0.25 & 0.35 & 0.2 & 0 \end{pmatrix}, \\ R_5 &= \begin{pmatrix} 0.25 & 0.15 & 0.3 & 0.15 & 0.15 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.05 & 0.05 \end{pmatrix}, \\ R_6 &= \begin{pmatrix} 0.25 & 0.3 & 0.25 & 0.15 & 0.05 \\ 0.15 & 0.5 & 0.3 & 0.05 & 0 \\ 0.25 & 0.4 & 0.25 & 0.1 & 0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

根据此准则层模糊评价矩阵, 通过式 (16) 得到子准则层评价模型:

$$\begin{aligned} B_1 &= Z_1 \cdot R_1 = (0.2105 \ 0.305 \ 0.3025 \ 0.156 \ 0.0026) \\ B_2 &= Z_2 \cdot R_2 = (0.3375 \ 0.045 \ 0.1625 \ 0.005 \ 0) \\ B_3 &= Z_3 \cdot R_3 = (0.3375 \ 0.045 \ 0.1625 \ 0.05 \ 0) \\ B_4 &= Z_4 \cdot R_4 = (0.3175 \ 0.2835 \ 0.216 \ 0.1665 \ 0.0165) \\ B_5 &= Z_5 \cdot R_5 = (0.2405 \ 0.3005 \ 0.253 \ 0.11 \ 0.096) \\ B_6 &= Z_6 \cdot R_6 = (0.236 \ 0.381 \ 0.257 \ 0.1095 \ 0.0165) \end{aligned}$$

由此得到准则层评价模型:

$$\begin{aligned} A_1 &= V_1 \cdot R = (0.3217 \ 0.3646 \ 0.2005 \ 0.108 \ 0.0052) \\ A_2 &= V_2 \cdot R = \\ &= (0.3309 \ 0.394055 \ 0.180155 \ 0.088445 \ 0.005445) \\ A_3 &= V_3 \cdot R = (0.2396 \ 0.3166 \ 0.2538 \ 0.1099 \ 0.0801) \end{aligned}$$

同时得到目标层评价模型:

$$\begin{aligned} Q &= U_1 \cdot R = \\ &= (0.314331 \ 0.36706285 \ 0.20140285 \\ & \quad 0.10294815 \ 0.10425415) \end{aligned}$$

最终评价模型为 $Q = (0.31 \ 0.37 \ 0.20 \ 0.10 \ 0.02)$ 。

该方案等级 5 (很满意) 隶属度为 0.31; 等级 4 (满意) 隶属度为 0.37; 等级 3 (一般) 隶属度 0.20; 等级 2 (不满意) 隶属度为 0.10; 等级 1 (很不满意) 隶属度为 0.02。根据最大隶属度原则^[15-16], 该方案的最终得分为 4 级 (满意), 评价较好, 但仍有很大改进空间。

为了更为直观地看到该方案的不同指标评价等级, 表 6 为次准则层各指标的评价值。

表 6 各指标评价得分
Tab.6 Evaluation score of each index

指标	评价价值
造型美观	3.6
材料质感	3.75
色彩和谐	2.95
干净整洁	3.45
安全性	3.95
人机尺度	4.2
多功能	3.45
私密性	4.1
可装配性	4.2
场景和谐度	3.7
运营成本	3.95
材料可利用	3.25
成本造价	3.2
组成零件数	3.9
产品重量	3.75
组装简单	3.65
结构合理	3.75
材料环保	3.1

由表 6 可以看出, 该方案对私密性和疫情下的安全性评价较高, 同时满足人机舒适度。但对成本造价、色彩搭配和材料的可利用性等方面还需改进。

4 结语

候车室座椅设计涉及各方需求, 以疫情背景为切入点加快改造候车室座椅。通过研究环境心理学更好地分析与筛选各方需求, 并建立评价结构模型。利用主客观相结合的最优赋权法对各指标进行评价, 从而利用数学方法将感性的用户需求进行优先级排序, 解决了设计决策的主观性和不确定性。最终通过模糊综合评价对方案进行综合评定, 将模糊问题量化, 从而完成整体设计。该研究通过协同各方资源与需求, 为解决新的社会背景下候车室座椅设计的一系列问题提供参考, 但对实际空间利用率等问题还有待实际检验。

参考文献:

- [1] 埃佐·曼奇尼. 设计, 在人人设计的时代: 社会创新设计导论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
MANCINI E. Design, in the Era of Design for All: Introduction to Social Innovation Design[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2016.
- [2] 束鸿鸣. 基于社会创新的乡村文化保育服务设计策略

- 研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017.
- SHU Hong-ming. Research on Design Strategy of Rural Cultural Conservation Service Based on Social Innovation[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017
- [3] 陈劲, 阳银娟. 协同创新的理论基础与内涵[J]. 科学学研究, 2012, 30(2): 161-164.
- CHEN Jin, YANG Yin-juan. The Theoretical Basis and Connotation of Collaborative Innovation [J]. Studies in Science of Science[J]. 2012, 30(2): 161-164.
- [4] 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(7): 93-100.
- DENG Xue, LI Jia-ming, ZENG Hao-jian, et al. Analysis of Analytic Hierarchy Process Weight Calculation Method and Its Application Research[J]. Mathematics in Practice and Knowledge, 2012, 42(7): 93-100.
- [5] 王靖, 张金锁. 综合评价中确定权重向量的几种方法比较[J]. 河北工业大学学报, 2001(2): 52-57.
- WANG jing, ZHANG Jin-suo. Comparison of Several Methods for Determining Weight Vector in Comprehensive Evaluation[J]. Journal of Hebei University of Technology, 2001(2): 52-57.
- [6] 杨颖. 基于使用状况研究的大型铁路客站候车空间设计策略[D]. 西南交通大学, 2013.
- YANG Ying. Design Strategy of Waiting Space in Large-scale Railway Passenger Station Based on Usage Research[D]. Southwest Jiaotong University, 2013.
- [7] 诺曼·唐纳德·A. 情感化设计[M]. 付秋芳, 程进三, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005: 5-8.
- NORMAN D A. Emotional Design[M]. FU Qiu-fang, CHENG Jin-san, Translated. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005: 5-8.
- [8] 兰玉琪, 刘湃. 基于用户体验的交互产品情感化研究[J]. 包装工程, 2019, 40(12): 23-28.
- LAN Yu-qi, LIU Pai. Emotionalization of Interactive Products Based on User Experience[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(12): 23-28.
- [9] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武昌: 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]. Wuchang: Hust University Press, 2006.
- [10] 任英丽, 吴诗瑾. 基于用户体验的多关节主被动训练仪可用性研究[J]. 图学学报, 2021, 42(2): 1-8.
- REN Ying-li, WU Shi-jin. Usability of Multi-joint Active and Passive Training Device Based on User Experience[J]. Journal of Graphics, 2021, 42(2): 1-8.
- [11] 陈伟, 夏建华. 综合主、客观权重信息的最优组合赋权方法[J]. 数学的实践与认识, 2007(1): 17-22.
- CHEN Wei, XIA Jian-hua. The Optimal Combination Weighting Method of Comprehensive Subjective and Objective Weight Information[J]. Mathematics in Practice and Knowledge, 2007(1): 17-22.
- [12] 张卫民. 基于熵值法的城市可持续发展评价模型[J]. 厦门大学学报(哲学社会科学版), 2004(2): 109-115.
- ZHANG Wei-min. An Evaluation Model of Urban Sustainable Development Based on Entropy Method[J]. Journal of Xiamen University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2004(2): 109-115.
- [13] 杜彦斌, 曹华军, 刘飞, 等. 基于熵权与层次分析法的机床再制造方案综合评价[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(1): 84-88.
- Du Yan-bin, CAO Hua-jun, LIU Fei, et al. Comprehensive Evaluation of Machine Tool Remanufacturing Schemes Based on Entropy Weight and Analytic Hierarchy Process[J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2011, 17 (1): 84-88.
- [14] 苏为华. 多指标综合评价理论与方法问题研究[D]. 厦门大学, 2000.
- SU Wei-hua. Theory and Method of Multi-index Comprehensive Evaluation[D]. Xiamen University, 2000.
- [15] 杨静. 基于熵权法和 TRIZ 的产品创意设计[J]. 应用科技, 2018, 45(6): 68-73.
- YANG Jing. Product Creative Design Based on the Entropy Weight Method and TRIZ[J]. Applied science and technology, 2018, 45(6): 68-73.
- [16] 强凤娇, 王化中. 基于聚类与排序并重的灰色聚类决策方法改进[J]. 统计与决策, 2015(15): 35-39.
- Qiang Feng-jiao, WANG Hua-zhong. Statistics and Decision, 2015(15): 35-39.

责任编辑: 陈作