

基于 AHP-FCE 的医院陪护病床设计与评价

侯士江, 刘甲财, 孙可
(燕山大学, 秦皇岛 066004)

摘要: **目的** 利用层次分析和模糊综合评价法, 建立产品设计中的考量因素与客观的数据模型的联系, 对医院陪护病床进行综合评价, 以设计出符合用户需求的优化方案。**方法** 以医院陪护病床设计为验证案例, 首先确定具有设计意义的模型因素, 利用层次分析法建立指标体系层次模型, 分析调研数据, 获得相关设计因素的权重值, 以此指导设计方案的生成。依据模糊综合评价法, 对设计方案进行客观、全面、综合的评估, 选择最佳方案, 并做进一步优化。**结论** 该设计方法指导的医院陪护病床方案具有较好的创新性与可行性, 该方法在新产品开发设计过程中具有科学的参考价值, 能提供一定的设计依据, 避免了决策人员的主观性与随意性, 可以提高设计质量。

关键词: 产品设计; 医院陪护病床; 层次分析法; 模糊综合评价法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)24-0174-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.24.028

Design and Evaluation of Hospital Escort Beds Based on AHP-FCE

HOU Shi-jiang, LIU Jia-cai, SUN Ke
(Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

ABSTRACT: The work aims to establish the relationship between factors considered in product design and the objective data model by means of the analytic hierarchy process and fuzzy comprehensive evaluation method to evaluate the hospital escort beds synthetically, so as to design the optimized scheme which meets the needs of the users. With the design of hospital escort beds as a verification case, the model factors with design significance were first established. The analytic hierarchy process was used to establish the index system hierarchical model, and the survey data were analyzed to obtain the weight values of relevant design factors, so as to guide the generation of design schemes. Then, according to the method of fuzzy comprehensive evaluation, the design scheme was evaluated objectively, comprehensively and synthetically, and the best scheme was selected and further optimized. The scheme of hospital escort beds guided by the proposed design method is innovative and feasible. It is verified that the proposed method has scientific reference value in the process of new product development and design, and can provide certain design basis, avoid the subjectivity and arbitrariness of decision makers, and improve the design quality.

KEY WORDS: product design; hospital escort beds; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation method

随着中国社会的急速发展, 人均医疗配比不平衡的问题日益突出。虽然医院的病房条件在不断完善, 但是现有病房空间有限, 无法为病人家属或职业陪护人员提供一定的休息空间。陪护人员对病人的康复具有一定的辅助作用, 在特殊情况下, 护理人员是最佳

反应者; 患者及家属对住院服务提出来了新的需求, 在治疗疾病的同时, 对心理满足也提出了一定的要求^[1]。陪护人员扮演着很重要的角色, 改善陪护人员的工作和休息条件有一定的现实意义。

基于层次分析法和模糊综合评价的数据化分析,

收稿日期: 2019-07-10

基金项目: 河北省社会科学基金年度项目 (HB18YS042)

作者简介: 侯士江 (1978—), 男, 河南人, 博士, 燕山大学副教授, 主要研究方向为计算机辅助工业设计、产品意象设计。

通信作者: 刘甲财 (1995—), 男, 山东人, 燕山大学硕士生, 主攻产品意象设计。

在设计流程中能避免掺杂过多的主观因素,具有客观性和专业性的特点,受到越来越多研究人员的青睐^[2],此分析评价方法在产品设计中也有一定的应用。基于客观的数据模型对设计流程中造型因素进行分析评估,探索优化的设计方案,以更好地满足陪护人员的需求。

1 医院陪护产品设计

1.1 医院陪护产品概述

根据调查显示,住院病人对陪护需求远远大于“三甲”医院≤8%的管理要求^[3],在现有的医疗条件下,医院根本不能满足陪护人员的休息需求,许多种类繁杂的陪护产品便应运而生。

陪护人员在医院辅助病人康复的过程中,不仅需要配合医院对患者进行相应的诊疗活动,而且需要对病人的生活、心理甚至娱乐等方面进行关切,保证陪护人员最基本的生理休息,在整个医疗活动中也显得很重要。已经面市的陪护产品中,以图 1 所示的折叠床和两用折叠椅为主要代表。其中折叠床的主要特点是容易收纳不占空间,操作简单,但是产品的循环利用性比较差;折叠椅的优点是能提供坐和躺两个休息场景,但产品的体量大且占用空间,性价比较低。



图 1 市场现有陪护产品

Fig.1 Existing escort products in the market

陪护产品的意义在于能为陪护人员提供一定的休息空间,配合医疗活动的顺利开展。同时,陪护产品的开发作为一项产品设计活动,应该将经济性、安全性、适用性等原则纳入到考量的范围,保证产品不仅能充分考虑到用户的基本需求,而且能达到最佳的社会利用性。

1.2 设计要素分析

产品设计师的设计流程就是对使用体验具有影响因素的造型、色彩、结构等信息的整合和加工的过程^[4],其中还需要考虑人的需求认知,整合多重认知过程,准确定位用户需求^[5]。通过对陪护人员的需求和心理分析,对陪护产品的设计原则进行了总结,可以分为适用性、功能性、安全性和美观性。

1.2.1 适用性

适用性在医院陪护产品上的表现是产品能适应病房特殊的使用环境,综合医护人员、陪护人员、病人和环境各项因素,能最佳的表现其功能而不产生相应的破坏。主要表现在空间的适用和人群的适用两个方面。

1.2.2 功能性

产品的功能性是产品设计最基本的要求,以解决用户的需求为目的。就陪护产品而言,为陪护人员提供休息的空间是其功能性的主要体现。在使用过程中,由于环境条件的局限性,功能的实现应该简单便捷,容易操作;陪护人员在休息的过程中,为了能有好的休息质量,满足生理的人性化需求,对产品的舒适度也提出了一定的要求^[6]。

1.2.3 安全性

安全性是产品使用过程中保证用户和其他因素不受损坏的能力。陪护产品安全性的实现,需要考虑功能结构的可行性,这是提供功能和安全保护的基础;另外材料的强度决定了产品的承受力和可实现性,是安全性的重要因素。

1.2.4 美观性

美观性是视觉层面上的考量准则,陪护产品体现在颜色、表面处理和造型的可观性等方面,决定了用户对产品的第一感受。

2 基于层次分析法的医院陪护产品设计评价要素体系

2.1 基本流程

针对解决问题过程中的复杂因素, Saaty 等^[7]提出并验证使用了一种有效方法——层次分析法。这是一种定性定量的系统化的层次分析方法^[8],通过对问题的比较、判断、评价,最后做出评估和选择。其基本流程见图 2。

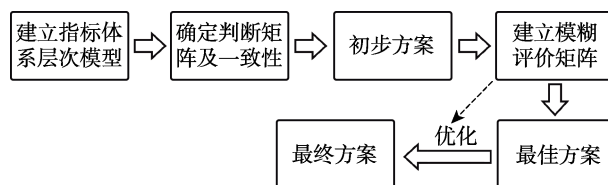


图 2 基本研究流程

Fig.2 Basic research process

2.2 模糊层次分析评价的模型

根据 AHP 可以将设计的构成因素按照目标层、准则层、因素层划分,其中目标层 U 是最优设计方案,准则层 A_1 由适用性、功能性、安全性和美观性构成。对于因素层 A_j , 适用性准则包括空间的适用、人群

的适用,功能性准则包括舒适度、操作便捷性和需求的实现,安全性准则包括材料的强度、结构可行性,美观性包括造型的可观性、颜色和表面处理。自下而上建立的阶梯指标体系层次模型^[9],见图3。

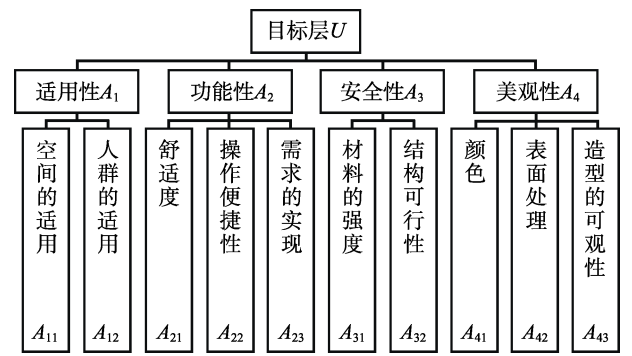


图3 医院陪护设计层次模型
Fig.3 Hierarchical model of hospital escort design

构建判断矩阵是层次分析法中的重要环节,对系统模型中同等级元素进行重要程度的两两判断,以求得不同元素的权重值^[10]。为避免不同性质元素之间的比较困难,提高模型准确度,需要采用相对尺度^[11]。判断矩阵的 a_{ij} 元素用 Saaty 的标度方法给出,见表1。

表1 判断标度方法
Tab.1 Judging scale method

标度	含义
1	表示两个因素相比,具有同样重要性
3	表示两个因素相比,前者比后者稍微重要
5	表示两个因素相比,前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个因素相比,前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中值
倒数	因素 <i>i</i> 与 <i>j</i> 比较的判断 a_{ij} , 则因素 <i>j</i> 与 <i>i</i> 比较的判断 $a_{ji}=1/a_{ij}$

根据构建的指标体系层次模型,对目标层、准则层分别建立判断矩阵模型,见表2。选取20人组成专家组对各层次要素进行评估打分,得出相应的权重,专家组由8名设计师、6名陪护人员、4名行业专家和2名医护人员组成。

由于指标元素的重要性不同,需要确定权重反映人们对其重要性的认识^[12],以此来指导具体的设计细节,完善设计需求。

层次分析法要求保证判断矩阵的数据在构建的过程中具有思维的一致性和相容性^[13],判断矩阵和权重确定后,为保证层次模型的可用性,需要一致性检验。判断矩阵的一致性指标为CI。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

(1)

表2 判断矩阵及权重
Tab.2 Judgement matrix and weight

评价要素打分						权重
	U	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	
目标层	A ₁	1	1/4	1/2	3	0.149 3
	A ₂	4	1	2	5	0.488 4
	A ₃	2	1/2	1	6	0.298 6
	A ₄	1/3	1/5	1/6	1	0.063 7
适用性	A ₁	A ₁₁		A ₁₂		权重
	A ₁₁	1		2		0.666 7
	A ₁₂	1/2		1		0.333 3
功能性	A ₂	A ₂₁		A ₂₂		权重
	A ₂₁	1		1/2		0.163 4
	A ₂₂	2		1		0.297 0
	A ₂₃	3		2		0.539 6
安全性	A ₃	A ₃₁		A ₃₂		权重
	A ₃₁	1		1/2		0.333 3
	A ₃₂	2		1		0.666 7
美观性	A ₄	A ₄₁		A ₄₂		权重
	A ₄₁	1		3		0.539 6
	A ₄₂	1/3		1		0.163 4
	A ₄₃	1/2		2		0.297 0

定义判断矩阵的一致性比率CR,若是保证判断矩阵的一致性符合要求,需要 $CR < 0.1$ 。为了衡量CR的值,随机一致性指标定义为RI,平均随机一致性指标见表3。

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

(2)

表3 平均随机一致性指标
Tab.3 Average random consistency index

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

表4是对表2的判断矩阵进行一致性检验的结果,结果显示,CR值均小于0.1,由此可确定该判断矩阵的一致性符合要求,在可接受的范围内。

表4 一致性检验的结果统计
Tab.4 Result statistics of consistency test

	A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
$\lambda_{\max}$	4.097 3	2	3.009 2	2	3.009 2
CI	0.032	0	0.004 6	0	0.004 6
RI	0.9	0	0.58	0	0.58
CR	0.036	0	0.007 9	0	0.007 9

3 应用

3.1 方案设计

在方案生成阶段,由所得数据分析(见图4),

根据权重高低对设计要素采取优先考虑原则,确保方案的完整性,以及重要的设计需求得以实现。将各设计要素的模型与具体的设计点建立联系,得到图 5 所示的造型特征,最后将这些造型特征融合创新、整合完善,指导生成方案集,见图 6。方案一是墙壁内嵌的折叠床设计,床体可翻折,使用后可将其收纳进墙壁;方案二将陪护床与病床相结合,使用病床的护栏翻折与侧面伸板,提供一定的休息空间;方案三选择了多次折叠的地面床设计,收纳起来可作凳子使用。

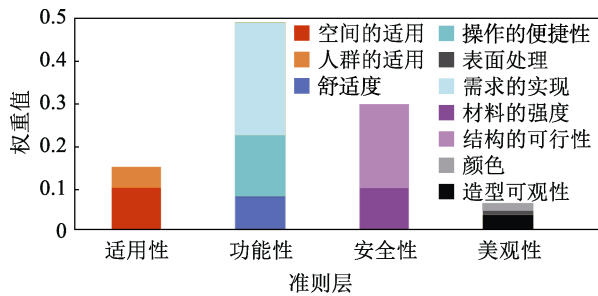


图 4 设计要素权重分析

Fig.4 Weight analysis of design elements

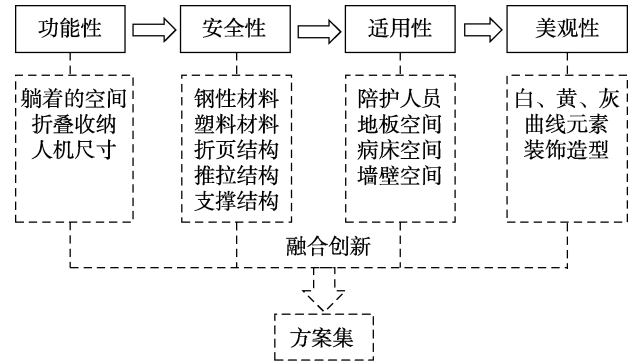


图 5 方案生成流程

Fig.5 Scheme generation process

3.2 模糊综合评价

模糊综合评价又称模糊多目标决策,被广泛应用于研究性学习系统、天气预报、医疗诊断、服务质量评价等^[14]。它把数学的运用领域从精确现象扩大到模糊现象的范围,处理复杂的系统问题。因此运用模糊评价对 3 个初步方案进行定量评估,以得到最佳的设计选择,并对方案做进一步的优化处理。

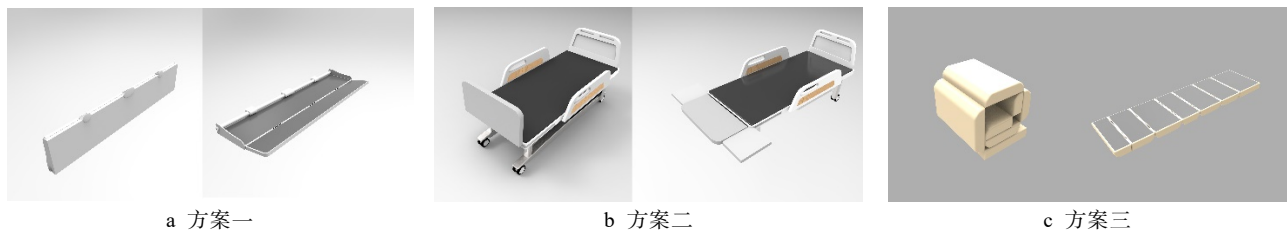


图 6 初步方案集

Fig.6 Preliminary scheme set

首先需要建立评价指标和评价等级,确定评价指标集 $a = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$, 分别代表适用性、功能性、安全性和美观性; $a_i = \{a_{ij}\} (i, j = 1, 2, 3, 4)$, 代表因素层评价指标集合。确定评判集合 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{\text{好, 较好, 一般, 差, 很差}\}$, 为其赋值为 $V = \{100, 80, 60, 40, 20\}$ 。

按照模糊综合评价方法的要求,选择 10 名产品设计专家对方案集合进行评价打分,构造评价矩阵和权重,由表 2 可知,各评价要素的权重向量为 $W_A = (0.1493, 0.4884, 0.2986, 0.0637)$, $W_{A1} = (0.6667, 0.3333)$, $W_{A2} = (0.1634, 0.2970, 0.5396)$, $W_{A3} = (0.3333, 0.6667)$, $W_{A4} = (0.5396, 0.1634, 0.2970)$ 。评价矩阵如下, N_1 代表方案一的评价矩阵, N_2 代表方案二的评价矩阵, N_3 代表方案三的评价矩阵。

$$N_1 = \begin{pmatrix} 0.2667 & 0.53 & 0.1 & 0.1333 & 0 \\ 0.2673 & 0.5217 & 0.1 & 0.1466 & 0 \\ 0.2 & 0.6333 & 0.667 & 0.1 & 0 \\ 0.0867 & 0.5634 & 0.2133 & 0.0837 & 0 \end{pmatrix}$$

$$N_2 = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.534 & 0.1333 & 0.0333 & 0 \\ 0.3213 & 0.5460 & 0.0866 & 0.046 & 0 \\ 0.1994 & 0.6665 & 0.0333 & 0.1 & 0 \\ 0.1946 & 0.5921 & 0.1594 & 0.054 & 0 \end{pmatrix}$$

$$N_3 = \begin{pmatrix} 0.1666 & 0.4665 & 0.2 & 0.1666 & 0 \\ 0.2297 & 0.546 & 0.1376 & 0.0866 & 0 \\ 0.2 & 0.6333 & 0.1 & 0.0667 & 0 \\ 0.154 & 0.5327 & 0.1594 & 0.1539 & 0 \end{pmatrix}$$

由方案模糊评价矩阵,算出各方案具体评价结果,计算三个方案的整体评价权重向量:

$$A_{N1} = W \circ N_1 = (0.2356, 0.5542, 0.0973, 0.1257, 0)$$

$$A_{N2} = W \circ N_2 = (0.2736, 0.5831, 0.0823, 0.0607, 0)$$

$$A_{N3} = W \circ N_3 = (0.2066, 0.5594, 0.1371, 0.0969, 0)$$

计算百分制评价结果:

$$S_{N1} = A_{N1} \circ V = 78.76$$

$$S_{N2} = A_{N2} \circ V = 81.37$$

$$S_{N3} = A_{N3} \circ V = 76.47$$

由上述评价结果可得,方案二为最佳设计选择。

根据方案二的评估模型,对各设计要素的准则层做进一步的评判。

$$S_1 = A_1 \circ V = 82.002$$

同理可得, $S_2=82.846$, $S_3=79.260$, $S_4=78.552$ 。根据所得数据,对方案做进一步优化,对安全性和美观性做了加强,在挡板的下方增加了收纳支架,以增强床体的稳定性和安全性。产品的整体造型做了优化处理,对美观性做了相应的设计补充,最终效果见图7。



图7 医院陪护病床创新设计
Fig.7 Innovative design of hospital escort beds

4 结语

为了避免决策人员的主观性与随意性,文中将层次分析法和模糊综合评价有效结合,对陪护方案进行设计评估,选择最佳的设计方案,并进一步完善。最终选择的方案二,其得分是81.37,评价等级介于“好”和“较好”之间,整体设计方案得到了肯定。根据模糊评价的数据分析,设计方案在具体的细节上做了处理,对安全性和美观性做了进一步优化。借助层次分析法为设计方案提供引导,最后生成结果,由模糊综合评价选择方案,并为方案优化提供具体的建议方向,指导方案生成,提高设计质量。

利用直观数据的准确表达,构建了指标体系层次模型,对各设计因素进行分析比较和综合考量,对设计要素有所侧重。将设计方案的评价结果通过评价分数等级进行直观展现,不仅有利于设计方案的选择,而且为设计的深度优化提供了方向,可为同类产品的设计生成及完善提供一定的方法借鉴。

参考文献:

[1] 侯志蓉. 病人对陪护需求的调研分析[J]. 现代护理, 2004(10): 906-906.
HOU Zhi-rong. Investigation and Analysis of Patient Undefined Demand for Accompanying Care[J]. Modern Nursing, 2004(10): 906-906.

[2] SONG D W. A Competitive Analysis of Chinese Container Ports Using the Analytic Hierarchy Process[J]. Palgrave Macmillan UK, 2015, 6(1): 34-52.
[3] 颜梅. 病人临床陪护人员需求情况调查分析[J]. 现代医院, 2011, 11(8): 121-122.
YAN Mei. Investigation and Analysis on the Needs of Patients with Clinical Carers[J]. Modern Hospital, 2011, 11(8): 121-122.
[4] 常瑜. 基于层次分析法的扫地车造型模糊综合评价方法及应用[J]. 机械设计, 2017, 34(3): 121-125.
CHANG Yu. Fuzzy Comprehensive Evaluation Method and Its Application of Floor Sweeping Vehicle Modeling Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(3): 121-125.
[5] 孟令浩. 产品设计中的人的因素[J]. 人类工效学, 2018, 24(4): 71-74.
MENG Ling-hao. Human Factors in Product Design[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2018, 24(4): 71-74.
[6] 陆宁. 基于模糊层次分析法的自动排泄处理器设计评估[J]. 包装工程, 2018, 39(8): 151-155.
LU Ning. Design Evaluation of Automatic Excretory Processor Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(8): 151-155.
[7] THOMAS L. Decision Making Analytic Hierarchy and Network Processes[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2004(1): 1-35.
[8] 董君. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 科技资讯, 2015, 13(29): 218.
DONG Jun. Analysis and Application of Analytic Hierarchy Process Weight Calculation Method[J]. Science & Technology Information, 2015, 13(29): 218.
[9] 陶艺文, 陈炳发. 沉浸感界面交互设计评估方法研究[J]. 机械制造与自动化, 2017, 46(5): 169-173.
TAO Yi-wen, CHEN Bing-fa. Research on the Evaluation Method of Immersion Interface Interaction Design[J]. Machine Building & Automation, 2017, 46(5): 169-173.
[10] 李永锋, 侍伟伟, 朱丽萍. 基于灰色层次分析法的老年人APP用户体验评价研究[J]. 图学学报, 2018, 39(1): 68-74.
LI Yong-feng, SHI Wei-wei, ZHU Li-ping. Research on the Evaluation of APP User Experience in the Elderly based on Grey Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Graphics, 2018, 39(1): 68-74.
[11] 丁玮. 基于AHP法对单兵火箭弹弹丸炸点精度影响因素的分析改进[J]. 兵器装备工程学报, 2016, 37(5): 29-35.
DING Wei. Analysis and Improvement of the Factors Affecting the Accuracy of Single Rocket Projectile Exploding Point Based on AHP Method[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2016, 37(5): 29-35.
[12] 鲁丹. 基于层次分析法的BIM内容库网站评价研究[J]. 图学学报, 2015, 36(2): 298-305.
LU Dan. Research on website Evaluation of BIM Content Library Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Graphics, 2015, 36(2): 298-305.
[13] 康辉. 基于层次分析法的汽车设计方案评价模型[J]. 包装工程, 2014, 35(22): 53-57.
KANG Hui. Evaluation Model of Automobile Design Scheme Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(22): 53-57.
[14] 许雪燕. 模糊综合评价模型的研究及应用[D]. 成都: 西南石油大学, 2011.
XU Xue-Yan. Research and Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Model[D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2011.