

刘利军, 杨镇伟, 龙智新, 等. 基于知识工程的大型邮轮客舱内饰智能辅助设计研究[J]. 智能计算机与应用, 2025, 15(5): 105-110. DOI:10.20169/j.issn.2095-2163.250514

基于知识工程的大型邮轮客舱内饰智能辅助设计研究

刘利军¹, 杨镇伟¹, 龙智新¹, 姚淑敏¹, 蒋祖华²

(1 陕西科技大学 机电工程学院, 西安 710021; 2 上海交通大学 机械与动力工程学院, 上海 200240)

摘要: 针对大型邮轮客舱内饰设计多以员工经验为主, 设计知识不能充分利用, 进而导致设计效率低下等问题, 本文提出一种基于知识工程的大型邮轮客舱内饰智能辅助设计方法。首先, 根据客舱设计特点, 提出智能辅助设计系统4层架构, 包括数据层、模型算法层、接口层和应用层, 并对4层架构及其内在关系展开详细论述; 然后, 分析规则和案例数据的特点, 采用产生式表达法描述规则知识, 并提出针对案例知识的5维表示结构, 确定案例知识在知识库中的存储方式, 针对案例推理中特征元素为词汇的问题, 采用 Word2Vec 模型对其进行向量化表示, 采用加权 KNN 算法计算目标案例与案例库中子案例的相似度, 基于规则推理(RBR)和案例推理(CBR)构建针对客舱内饰的推理流程及方法。最后, 以大型邮轮阳台房灯饰设计为例, 验证系统的可行性。

关键词: 客舱; 内饰设计; 规则推理; 案例推理

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 2095-2163(2025)05-0105-06

Research on intelligent assistive design for cruise ship cabin interiors based on knowledge engineering

LIU Lijun¹, YANG Zhenwei¹, LONG Zhixin¹, YAO Shumin¹, JIANG Zuhua²

(1 College of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China;

2 School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: This article proposes an intelligent assistive design method for the interior decoration of large cruise ship cabins based on knowledge engineering. Firstly, in consideration of the unique characteristics of cabin design, a four-layer architecture for the intelligent assistive design system is presented, comprising the data layer, model algorithm layer, interface layer, and application layer. Detailed elaboration on the four-layer architecture and its inherent relationships is provided. Subsequently, an analysis of the characteristics of rule-based and case-based data is conducted. The rule-based knowledge is described using production rules, and a five-dimensional representation structure is proposed for case-based knowledge. This structure determines the storage method for case-based knowledge within the knowledge base. Addressing the issue of feature elements being expressed in terms of vocabulary in case-based reasoning, the Word2Vec model is employed to vectorize the representation of these elements. Furthermore, a weighted K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm is used to calculate the similarity between the target case and sub-cases within the case library. A reasoning process and methodology specific to cabin interior decoration are constructed based on both Rule-Based Reasoning (RBR) and Case-Based Reasoning (CBR). Finally, the feasibility of the system is validated through a case study involving the design of lighting fixtures for large cruise ship balcony cabins.

Key words: cabin; interior design; CBR; RBR

0 引言

豪华邮轮, 被誉为“海上流动度假村”, 集观光、旅游、休闲、娱乐于一体^[1], 豪华邮轮更是奢华与舒适的缩影。然而, 一个成功的邮轮之旅不仅仅取决

于目的地和船上设施, 内饰设计也是其中不可或缺的关键元素。作为交叉学科领域, 邮轮客舱内饰设计凝聚了空间规划、美学设计、人机工程学等多重专业领域的精华, 为海上旅行提供了一种独特而不可或缺的环境, 内饰设计在塑造乘客体验、促进感情共

基金项目: 工信部高技术船舶项目。

作者简介: 杨镇伟(1998—), 男, 硕士, 主要研究方向: 知识工程; 龙智新(1999—), 男, 硕士, 主要研究方向: 数字孪生, 知识工程。

通信作者: 刘利军(1978—), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向: 知识工程, 工业工程。Email: liulijun@sust.edu.cn。

收稿日期: 2023-10-20

鸣以及维系航行期间舒适性和愉悦感方面至关重要,同时也是邮轮豪华性的象征。但是,目前国内对于豪华邮轮的设计研究尚处于初步阶段,自主设计建造以及国产相关设计系统和软件基本空白,特别是美学设计的缺乏导致邮轮内饰设计成为国内豪华邮轮设计的一大短板,进而制约了邮轮的整体设计效果。

国内外相关学者针对邮轮客舱开展研究,文献[2-3]基于能量法和遗传算法建立客舱室内布局模型。文献[2]考虑舒适性、室内流线等因素对阳台房室内设备进行布局优化,而文献[3]考虑无障碍元素,建立无障碍客舱布局优化模型,对无障碍客舱进行智能布局设计。文献[4]运用人机工程学深入分析客舱“人-机-环境”关系,得到适宜的客舱家具尺寸,并建立客舱布局优化模型进行室内家具布局优化。文献[5]以室内结构和空间为基础建立客舱综合评价模型,对客舱的人机工程设计进行评估。文献[6]建立客舱综合评价模型并利用客舱三维可视化开发软件,对客舱设计效果进行了直观评价。

分析可知目前关于客舱的研究大多集中在客舱室内智能布局及评价,对以往成功的设计经验及案例利用较少,对设计知识缺乏重用。

本文考虑以往成功设计经验及运用案例推理和规则推理技术,构建客舱内饰辅助设计模型,并基于Vue、Django等Web开发技术,开发客舱内饰智能辅助设计系统,将客舱内饰辅助设计模型融入该系统,以实现客舱内饰的智能化设计,最后以大型邮轮阳台房为例,验证系统的可行性。

1 基于CBR/RBR的客舱内饰智能辅助设计系统架构

邮轮客舱设计过程中涉及到多学科、多维度的知识,在内饰设计方面,广泛涉猎了国外豪华邮轮成功的设计案例以及总结专家所积累的设计经验,为使客舱设计知识得到充分利用,本文利用知识工程相关技术开发基于CBR/RBR的客舱内饰智能辅助设计系统,为设计人员提供便利,系统架构如图1所示,系统架构共分为4层:

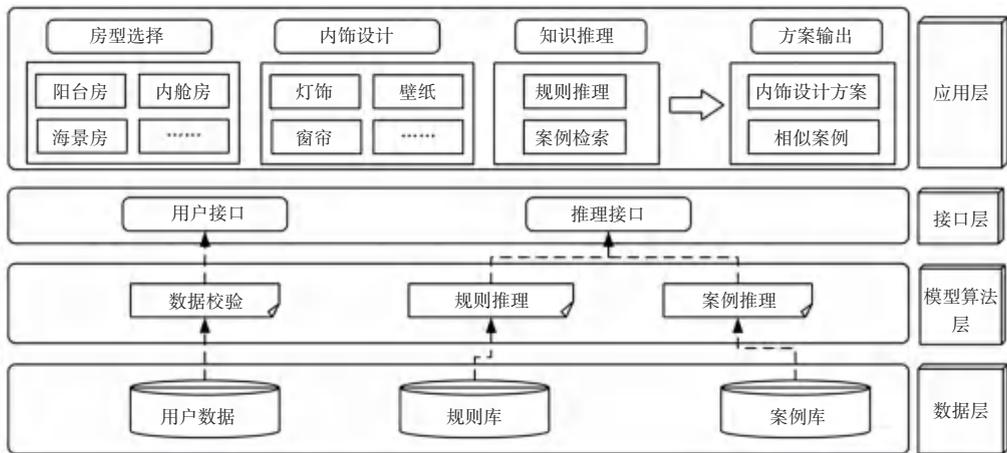


图1 系统架构图

Fig. 1 System architecture

(1)数据层。是包括客舱内饰设计所需的各种数据,是辅助设计的基础,根据设计需要,将数据分为规则知识、案例知识、用户数据等,提取各类数据的关键信息,分别存储在数据库中,如采用产生式表达式表示规则知识并存储在数据库中,提高知识的重要性。

(2)模型算法层。是内饰辅助设计过程中所用到的模型与算法的集合,在接收前端数据的同时,直接与数据库进行交互,基于两者进行相关推理计算,最后将输出结果通过接口层返回前端并展示在应用层中。

(3)接口层。是应用层与模型算法层交互的节

点,上承应用层,接收应用层的输入,下接模型算法层,将应用层的输入数据发送到特定模型用于推理计算,并接收相关模型算法的输出结果返回给应用层。

(4)应用层。旨在构建一个直接与用户进行智能交互的界面,将复杂的功能流程、数据处理以及计算过程转换成直观且易于理解的视觉化展示,方便用户进行操作。在此过程中,接收用户的输入数据并向接口层发出请求,通过接口层将数据发送到模型算法层进行处理,最终将特定模型的计算结果以图形、图表等形式可视化展示在前端界面上。

2 客舱内饰智能辅助设计流程及方法

基于第 1 节提出的智能辅助设计系统架构, 根据大型邮轮客舱的设计过程及特点, 构建以 CBR+RBR 为核心的内饰辅助设计方法, 如图 2 所示。首先以内饰设计信息为输入, 提取内饰设计特征, 进而

基于规则库、案例库进行规则匹配、相似度计算, 基于规则推理得到合适的推理方案, 同时基于案例推理得到相似度最高的案例。案例中同时包含着以往设计中图纸、文档等区别于规则推理结果的丰富信息, 可供设计人员参考, 在一定程度上提高设计效率。

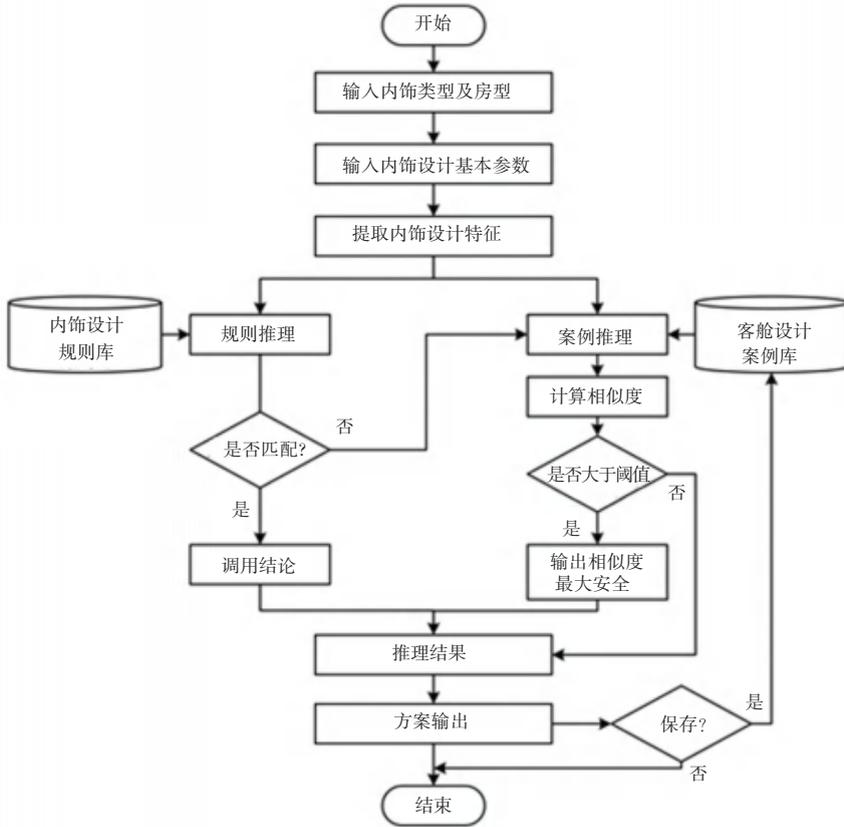


图 2 辅助设计流程

Fig. 2 Aided design process

2.1 基于规则推理的客舱内饰设计

大型邮轮客舱按照豪华程度分为内舱房、海景房、阳台房、豪华套房等^[7-10], 不同房型的内饰具有不同设计标准, 随着房型级别的提升, 内饰的豪华程度也存在很大差别, 因此适合采用基于规则的推理。规则类知识一般使用产生式表达法进行储存, 例如 IF condition THEN result, 条件 (condition) 可以是一个条件或者一系列条件的集合, 结论 (result) 可以是最终结论、也可以是另一个规则的前提条件, 基于规则推理 (RBR) 求解过程是从规则库中反复比较直到得出最终结果的过程。灯饰规则推理如图 3 所示, 这里以此为例, 说明客舱内饰设计的一般过程。首先, 获取用户一系列输入 $[R, U, Loc, H]$, 这里 R 表示房型, U 表示灯饰用途, Loc 表示位置, H 表示灯

饰高度, 用户输入中包含用于规则推理的多个前置条件, 基于用户输入分别匹配规则库中多张规则表, 最终得到推理结果的集合 $[Ra, T, S, Lu, Tem]$, 这里 Ra 表示显色指数, T 表示灯饰类型, S 表示规格, Lu 表示亮度, Tem 表示色温。

2.2 基于案例推理的客舱内饰设计

基于案例推理 (CBR) 通过寻找相似案例的解决方案进而尝试解决在实际设计过程中遇到的新问题, 在人工智能领域有着非常广泛的应用^[11-13]。大型邮轮的设计建造涉及多学科、多维度, 往往会积累非常丰富的设计经验, 包括设计案例、故障解决方法等, 采用案例推理能够有效利用以往设计经验, 提高设计效率。本文提出针对大型邮轮客舱内饰设计的案例表示结构及相似度计算方法。

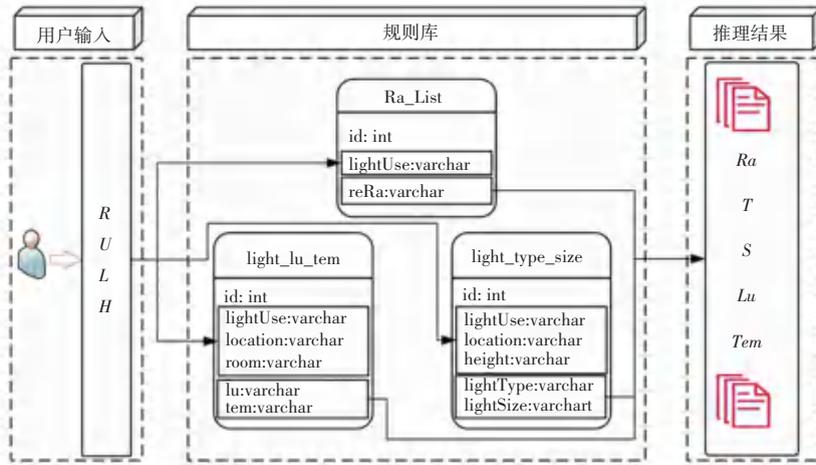


图 3 灯饰规则推理

Fig.3 Light RBR

2.2.1 案例的表示结构

合理的案例表示结构能够提高案例检索的速度及案例推荐的质量^[14-15],本文结合邮轮客舱设计特点,提出针对客舱内饰设计的 5 维案例表示结构,如下所示:

$$C = \{N, B, G, I, A\} \quad (1)$$

其中, N 表示案例编号,是数据库中案例信息的唯一标识属性; B 表示客舱基本属性的集合, $B = \{SC, CC, CT\}$, 这里 SC 为邮轮编号; CC 为客舱编号; CT 为客舱类型; G 表示客舱几何属性信息的集合, $G = \{CA, URS, CF\}$, 这里 CA 为客舱面积; URS 为空间利用率; CF 为客舱内设施的集合信息,包括设施的长、宽、高、位置信息等; I 表示内饰信息的集合; A 为客舱附加信息的集合,包括客舱 CAD 设计图纸、渲染图位置等。

2.2.2 特征向量的构建与归一化

(1)特征向量的构建。按照定义的案例描述结构 C 将案例信息结构化存储在数据库中。为进行案例相似度计算,还需从案例结构中提取出能够代表此案例的特征向量 F_i , 数学公式具体如下:

$$F_i = [f_1, f_2, f_3, \dots, f_n] \quad (2)$$

其中, F_i 表示第 i 个案例的特征向量, f_n 表示从案例描述结构 C 中提取的能够代表案例的特征元素。对于特征向量 F_i 的表征存在 3 种情况,即元素 f_n 为数字、 f_n 为词汇、 f_n 部分为数字部分为词汇。

(2)词汇的向量化。因为所构建特征向量 F_i 的元素 f_n 为词汇时,无法进行相似度计算,所以需对词汇进行向量化表征,进而基于词向量来做相似度计算并进行案例推理。本文采用词嵌入 (Word Embedding) 技术对 f_n 中的词汇进行向量化表示。

词嵌入是自然语言处理 (NLP) 中将词转换为向量的一种方法,主要通过大规模语料库学习得到,最终将每个词表示为高维空间中的向量。Word2Vec 是一个包括输入层、隐藏层和输出层的 3 层神经网络,同时包括 Skip-Gram 和 CBOW (Continuous Bag-of-Words Model) 两种不同的模型。Skip-Gram 主要通过目标词汇来预测上下文词汇, CBOW 主要通过上下文词汇来预测目标词汇,其基本结构如图 4 所示。采用 CBOW 模型实现词汇的向量化,并使用负采样技术加快模型的训练过程。

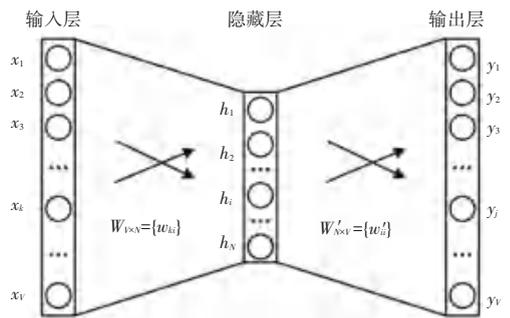


图 4 CBOW 模型

Fig.4 CBOW model

(3)特征向量归一化。为加快模型收敛,消除各维数据之间的数量级差别,需对特征向量 F_i 中的多维特征元素 f_n 进行归一化处理,具体公式如下:

$$y_i = \frac{f_{ij} - \min(f_i)}{\max(f_i) - \min(f_i)} \quad (3)$$

其中, f_{ij} 表示 f_n 第 j 个元素。

2.2.3 相似度计算

确定案例描述结构与案例特征向量之后,计算目标案例 $X_i = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]$ 与数据库中案例 $Y_i = [y_1, y_2, y_3, \dots, y_n]$ 的相似度,计算公式如下:

$$SIM(X_i, Y_i) = 1 - \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i (x_i - y_i)^2} \quad (4)$$

其中, w_i 表示第 i 个特征向量元素的权重,

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1.$$

3 案例

3.1 Word2Vec 实现

本文使用 Python 开源工具包 Gensim 训练 Word2Vec 模型,基于 Jieba 库和停用词表对文本进行分词处理并过滤停用词,采用 CBOW 模型和负采样(Negative sampling)的方法训练模型,设置向量维数为 30,窗口长度和负采样数为 5。训练完成后阳台房 Word2Vec 词向量表示如图 5 所示。

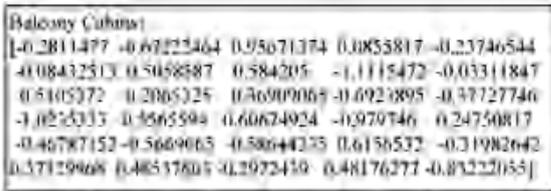


图 5 阳台房词向量

Fig. 5 Word vector of balcony room

3.2 系统实现

客舱内饰智能辅助设计系统基于主流的 Web 开发技术进行研发,采用前后端分离架构,前端与后端之间只通过预先定义接口进行数据的传递,前后端分离便于后期的功能的扩展和系统维护。系统前端开发采用具备广泛适用场景的开发框架 Vue,后端开发采用基于 Python 的 Django 框架。基于 Vue+Django 的前后端分离架构不仅为客舱内饰辅助设计系统赋予了现代化的技术基础,更能够大大提高开发效率。系统开发所采用的主要框架及版本见表 1。

表 1 系统开发框架及版本

Table 1 System development framework and version

| 语言及框架 | 描述 | 版本 |
|------------|---------------|--------|
| Vue | JavaScript 框架 | 2.6.14 |
| Element UI | Vue 组件库 | 2.15.9 |
| Django | 后端开发框架 | 3.2.19 |
| MySQL | 数据库 | 8.0.31 |
| Python | 开发语言 | 3.7.16 |

下面以阳台房灯饰设计为例,进行灯饰的智能辅助设计,灯饰设计界面包括 3 部分:用户输入、规则推理结果、案例推理结果。具体来说,用户输入包括房型、用途、位置和高度,输入以上信息后,点击推

理即可匹配案例库、规则库生成推理结果,基于规则推理生成灯饰属性推理方案,包括显色指数、类型、规格、亮度和色温,系统界面如图 6 所示。



图 6 客舱内饰智能辅助设计系统界面

Fig. 6 Cabin interior intelligent assistive design system interface

4 结束语

针对大型邮轮客舱设计知识利用率不高、设计效率较低等问题,本文基于案例推理/规则推理,提出客舱内饰辅助设计方法。根据大型邮轮客舱设计特点,分别从规则推理方法、案例表示、相似度计算等方面进行研究,特别针对案例推理中特征元素为词汇的问题,采用 Word2Vec 的 CBOW 模型和负采样(Negative Sampling)训练模型进而对词汇进行向量化表示,语义相近的词汇向量之间的相似度更高,同时采用词向量的方式能够增加案例描述元素的多维性,在一定程度上提高案例推理的准确性。最后,基于当下主流的 Web 技术开发客舱内饰智能辅助设计系统,辅助设计人员进行内饰设计,提高设计效率。

参考文献

- [1] 万水生. SDARI 对豪华邮轮设计的一点思考[J]. 船舶设计通讯, 2014(22): 8-10.
- [2] 蔡薇, 谭欣静, 陈琪, 等. 基于改进能量法的邮轮客舱智能布局设计[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2020, 44(2): 265-269.
- [3] 蔡薇, 陈邦乔, 胡敏, 等. 面向邮轮无障碍客舱配置的智能布局[J]. 船舶工程, 2022, 44(12): 15-23.
- [4] 谭欣静. 邮轮客舱“人-机-环境”关系及设计研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2020.
- [5] 陈思旭, 商蕾, 汪敏, 等. 基于模糊层次分析的邮轮客舱设计综合评价研究[J]. 舰船科学技术, 2021, 43(21): 68-73.
- [6] 陈武, 彭飞, 牟金磊, 等. 舰艇舱室居住性指标体系及其模糊关联评估优化研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2015, 39(6): 1263-1268.
- [7] 李晓文, 朱兆一, 熊云峰, 等. 基于信息集成算子的舰船舱室设计方案评估[J]. 大连理工大学学报, 2018, 58(4): 357-361.
- [8] 蒋艳. 多属性决策中参数敏感性研究及应用[D]. 武汉: 华中科技大学, 2002.

- [9] 张洪美,徐泽水,陈琦. 直觉模糊集的聚类方法研究[J]. 控制与决策,2007,22(8):882-888.
- [10] 余晓东,雷英杰,宋亚飞. 基于核距离的直觉模糊 c 均值聚类算法[J]. 电子学报,2016,44(10):2530-2534.
- [11] 兰蓉,程阳子. 基于直觉模糊相似度的刑侦血迹图像分割算法[J]. 西安邮电大学学报,2018,23(4):34-39.
- [12] VERMA H, AGRAWAL R K, SHARAN A. An improved intuitionistic fuzzy c-means clustering algorithm incorporating local information for brain image segmentation[J]. Applied Soft Computing,2016,46:543-557.
- [13] NGUYEN N. A new knowledge based measure for intuitionistic fuzzy sets and its application in multiple attribute group decision making[J]. Expert Systems with Applications, 2015, 42(22): 8766-8774.
- [14] GUO Kaihong, ZANG Jie. Knowledge measure for interval valued intuitionistic fuzzy sets and its application to decision making under uncertainty[J]. Soft Computing, 2019, 23(16): 6967-6978.
- [15] 柳化松. 基于人机交互的邮轮客舱设计评价方法研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2020.