

doi: 10.3969/j.issn.0490-6756.2018.06.011

基于模糊综合评价方法的实例检索策略研究

霍云亮¹, 胡晓兵¹, 杨 雄¹, 范如谷²

(1. 四川大学制造科学与工程学院, 成都 610065; 2. 中国水利水电夹江水工机械有限公司, 乐山 614100)

摘要: 针对实例推理设计中如何快速按一定的相似度检索出相关实例的问题, 提出了一种基于模糊数学综合评价的检索方法, 用面向对象的实例表达方法, 主要研究如何确定机械设计依据的属性特征的相似度, 将模糊数学概念、灰色关联分析理论应用于实例检索过程中, 用层次分析法和熵值法确定特征属性的组合权重. 以启闭机设计为例, 验证了检索算法的高效性、可靠性和实用性.

关键词: 数字化设计; 卷扬式启闭机; 实例推理; 检索策略

中图分类号: TP39 **文献标识码:** A **文章编号:** 0490-6756(2018)06-1197-07

Case retrieval strategy based on fuzzy comprehensive evaluation method

HUO Yun-Liang¹, HU Xiao-Bing¹, YANG Xiong¹, FAN Ru-Gu²

(1. School of Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. Sinohydro Jiajiang Hydraulic Machinery Company Limited, Leshan 614100, China)

Abstract: Aiming at the problem of how to quickly retrieve the relevant instance according to a certain degree of similarity in case reasoning design, this paper proposes a retrieval method based on fuzzy comprehensive evaluation. With object-oriented case representation methods, we mainly study how to determine the similarity of attribute characteristics in mechanical design basis. The proposed retrieve method introduces fuzzy mathematics and grey relation analysis into the case retrieval process, and the combination weight of feature attributes are determined with the analytic hierarchy process and entropy value method. Taking the hoist design as an example, the efficiency, reliability and practicability of the proposed retrieve method are validated.

Keywords: Digital design; Hoist; CBR; Retrieval strategy

1 引言

基于实例推理(Case-Based Reasoning, CBR)是人工智能领域新兴的一种问题求解方法, 它根据目标实例要求得到历史记忆中结构化存储的源实例, 并由源实例进行相应的判断与推理来指导目标实例求解^[1]. 近年来广泛应用于多个领域如机械设计、公司决策和医疗诊断, 并取得了很好的效果, 现

代机械设计中应用 CBR 技术可减少繁杂的计算和标准件选型流程、缩短设计周期、提高产品开发效率、保证产品质量.

国内外学者对 CBR 技术在机械设计领域的应用进行了大量的研究, 如李成华等做的铲式播种机数字化设计实例检索策略研究^[1], 张晓丽等做的基于 CBR 的机械产品智能设计方法研究^[2]都在相关领域取得了成功, 然而目前关于启闭机实例推理方

收稿日期: 2018-03-23

基金项目: 四川省科技支撑计划(2017KJT0018-2017GZ0066, 2016KJT0059-2015GZ0014, 2016KJT0082-2016GZ0162)

作者简介: 霍云亮(1993-), 男, 甘肃省陇西人, 硕士研究生, 研究方向为智能制造. E-mail: 2565864310@qq.com

通讯作者: 胡晓兵. E-mail: xbh9009@qq.com

面的研究较少。

启闭机设计不但需要设计人员做大量的计算且还需要大量的专家经验数据,使其有设计流程复杂、研发周期长等特点,针对上述问题本文提出一种 CBR 技术在启闭机快速设计系统中的应用策略,运用模糊数学的概念和灰色关联度来权衡启闭机目标实例和实例库中备选实例的相似度,提出一种基于层次分析法和熵值法确定实例特征属性组合权重的方法和多层次综合评价匹配的检索算法。通过对启闭机设计系统实例库的检索匹配寻找在规定匹配度范围中的实例(集),并对其修正为目标实例,达到提高设计效率、减少重复劳动的目的。

2 实例表达方法

启闭机结构形式直接影响启闭机的整机配置及工作性能,启闭机智能快速系统采用 CBR 技术,其关键在于合理的实例表达方式以及高效、准确的实例检索算法。实例表达是实例检索、修改和学习的基础,其结构和内容直接影响到系统的性能^[1],能否采用合理的实例表达方法对实例完整表示直接影响系统实例库的结构和组织形式,进而影响到实例检索求解的可靠性和稳定性。

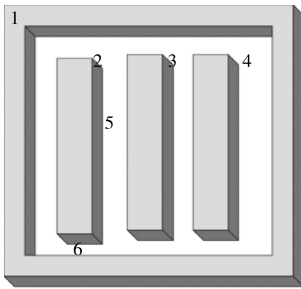


图 1 实例表达结构图
Fig. 1 Expression structure diagram
1. 框架; 2. 属性槽; 3. 规则槽; 4. 方法槽; 5. 编码侧面; 6. 特征侧面

面向对象法(Object Oriented, OO)提出将客观世界、复杂事物、所有对象都分成各种对象类,对象类可封装、继承和响应。本文采用该方法进行实例的表达,实例概念与实例的关系既是类和对象的关系,实例概念(类)定义该类的共性和操作该类的方法,特定的实例为实例类的对象。面向对象的实例表达方法引入框架法 BNF 来表示实例结构如图 1,将其特征属性、修改规则、和操作方法分别归槽到属性槽、规则槽和方法槽,属性槽又分为编码侧面和特征侧面来分别表达实例的结构信息和特征参数,规则槽表达实例修改知识,方法槽表达实例

的操作方法。启闭机实例特征有:孔口信息 f_1 、门槽信息 f_2 、实验载荷倍数 f_3 、扬程 f_4 、上极限 f_5 、载荷信息 f_6 、工作级别 f_7 、起升速度 f_8 以及电源信息 f_9 。

3 检索算法研究

3.1 算法概述

本文以权值最近邻法为基础,结合模糊数学的相似优先比方法提出一种多层次综合检索算法进行实例检索。多层次综合检索匹配算法划分为结构编码级、特征属性级和组合特征属性级,在单独特征级别上进行相似性计算,在多个特征组合级别上进行综合评判^[3]。该算法在启闭机智能快速设计系统中的应用流程如图 2,结构编码级提供目标实例结构信息和已有实例的结构信息的匹配信息,如果不存在与目标实例结构信息相同的实例则直接进入系统设计程序,否则进行同结构信息下的实例检索;特征属性级比较同类型特征属性的近似程度并将之抽象为两个向量之间相似度的比较;组合特征属性级综合考量实例的多个特征的匹配程度,采用模糊数学的方法,通过马氏距离度量两向量之间的相似度,再通过灰色关联理论完成实例匹配。

3.2 模糊数学概念下的特征相似度度量

假设设计实例 C_0 的特征为 $P^0 = (f_1, f_2, \dots, f_n)$, 设计系统实例库中同编码信息的备选实例 C_j 的特征为 $P^j = (f_1^j, f_2^j, \dots, f_n^j)$, 主要问题转化为如何度量两特征向量的相似性,为此建立模糊相似关系矩阵。

$$R(P^0, P^j) = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \cdots & f_n \\ \begin{matrix} f_1^j \\ f_2^j \\ \vdots \\ f_n^j \end{matrix} & \begin{bmatrix} s_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & s_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & s_n \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

启闭机实例特征的表达向量大都存在元素关联关系,如孔口信息 f_1 中孔口宽度与孔口长度,再如工作级别 f_7 中的机构级别和整机级别等。马氏距离能(Mahalanobis)充分考虑特征向量的每个元素之间的相似程度以及各个变量之间相关性^[4],因此舍去用来度量两向量线性关系的相关系数法和其他几种同等对待各元素误差的向量相似度度量方法(如 Eudidean 距离和 Manhattan 距离等),采用马氏距离来度量两向量之间的相似程度,具体形式如下。

$$D_{ij} = D(f_i^j, f_i) = \sqrt{(f_i^j - f_i)^T S^{-1} (f_i^j - f_i)}$$

$$S = \begin{bmatrix} \text{cov}(x_1, x_1) & \cdots & \text{cov}(x_i, x_j) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{cov}(x_j, x_i) & \cdots & \text{cov}(x_i, x_i) \end{bmatrix}$$

$$S_{ij} = \frac{1}{1 + D_{ij}} \quad (2)$$

其中, S 是备选实例集的第 i 个特征向量组的协方

差矩阵; D_{ij} 是备选实例 j ($j = 1, 2, 3 \cdots m, m$ 为备选实例集中备选实例的个数) 的第 i 个特征向量 f_i^j 和目标实例的第 i 个特征向量 f_i 之间的马氏距离, S_{ij} 表征备选实例 j 的第 i 个特征的向量 f_i^j 和目标实例的第 i 个特征向量 f_i 之间的相似度, 两向量之间的距离越小其相似度越大。

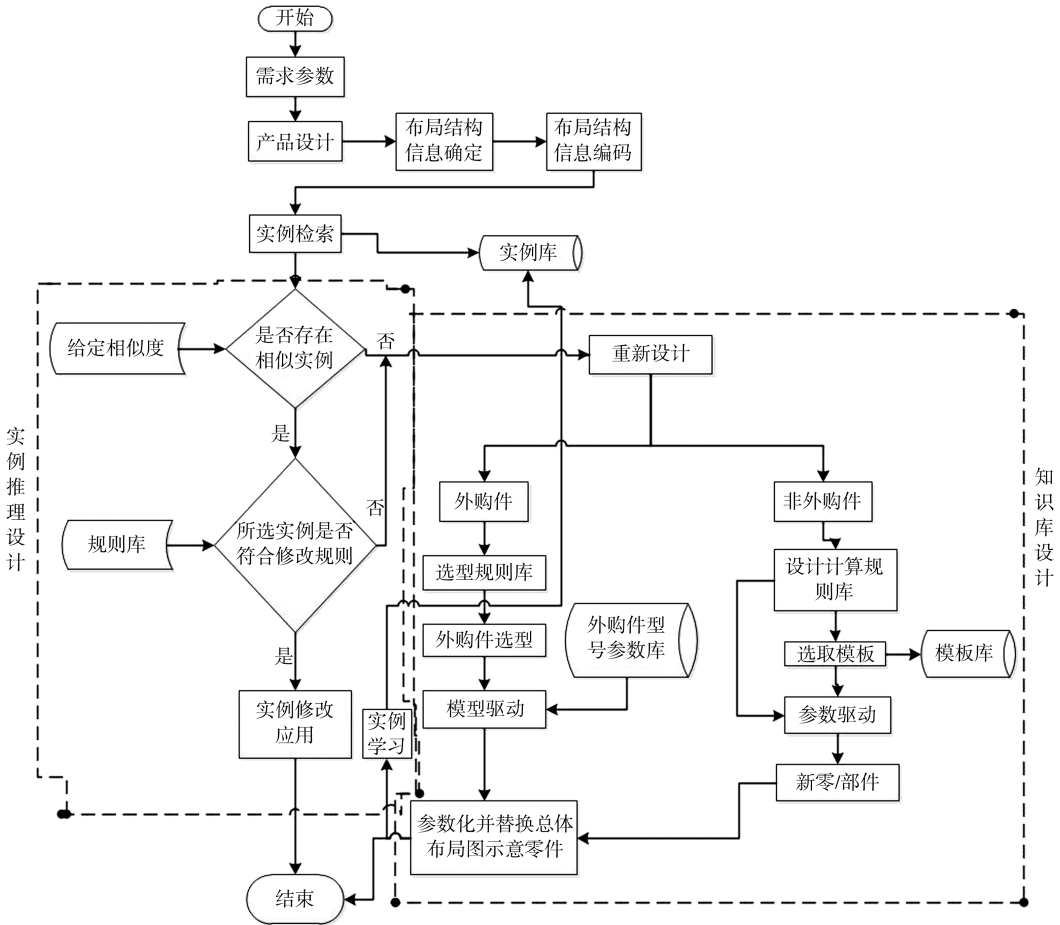


图 2 启闭机智能设计流程图
Fig. 2 Design flow chart of hoist

3.3 组合权重的计算

固定卷扬启闭机的特征向量中经常出现空集如孔口信息 A 、门槽信息 B , 该类特征的变异空间大、对方案设计的影响程度的不确定性高, 因此在实例检索算法中, 以层次分析法 (Analytical Hierarchy Process, AHP) 和熵值法来确定权重. 将反映决策者对特征属性的偏好或认为属性重要程度的权重定义为 $w^{(1)}$, 反映属性所含信息量对决策结果的贡献权重定义为 $w^{(2)}$.

3.3.1 基于 AHP 确定 $w^{(1)}$ 层次分析法将复杂问题分解为各个组成因素, 再将这些因素按支配关系分成若干组, 形成有序的递阶层次结构^[5-9], 通过两两比较的方式确定层次中的诸因素相对重要

性总排序, 构成反映决策者对特征属性的偏好的属性和截断目标实例中信息为空的指标的权重的权重向量 $w^{(1)} = (w_1^{(1)} w_2^{(1)} w_3^{(1)} \cdots w_m^{(1)})$,

3.3.2 基于熵值法的客观信息权重确定 为了考虑实例特征表达要引入诸多特征向量, 讨论备选实例集的第 i 个特征向量组成的向量集, 部分向量集的离散程度很大如扬程 f_4 , 部分向量集的离散程度很小如实验载荷系数 f_3 , 仅将两者散点图表示如图 3. 考虑到确定特征权重时在备选实例库中变化微小的特征应该对决策的影响程度要小, 因此引入熵值法来确定特征权重.

在信息论中, 熵是对不确定性的一种度量, 若不确定性越大, 则熵也越大. 同时, 根据熵的特

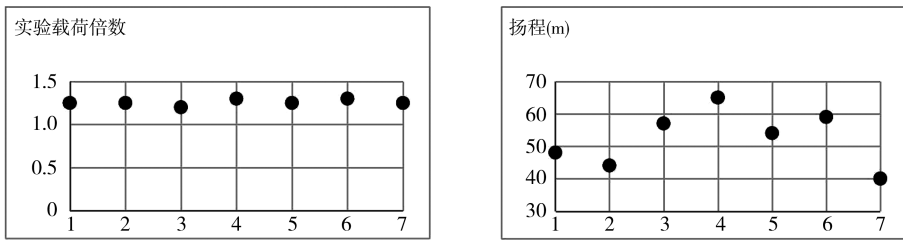


图 3 实例库实验载荷倍数与扬程离散程度对比图

Fig. 3 Discrete degree correlation of experimental load multiple and lift in cases

性,也可以用它来判断某个指标的离散程度,指标的离散程度越大,意味着该指标对该事件的综合影响越大^[10-15].以下利用信息熵来计算各指标的权重.

目标实例 C_0 的 m 个指标(特征参数)与元素个数为 n 的备选实例集 C_n 的 m 个指标的相关系数组成决策矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n} (i=0, 1, \dots, m, j=0, 1, \dots, n)$. 将相似系数组成的决策矩阵标准化为 $R = (r_{ij})_{m \times n}$, 具体公式为

$$\text{对于数值越大越优的指标 } r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^{\min}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}} + 1$$

$$\text{对于数值越小越优的指标 } r_{ij} = \frac{x_i^{\min} - x_{ij}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}} + 1 \quad (3)$$

将评价第 i 个指标的熵定义为

$$H_i = -K \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

$$K = (\ln n)^{-1}$$

$$f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}} \quad (4)$$

评价第 i 个指标的商权定义为

$$\omega_i^{(2)} = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (5)$$

其中, $0 < H_i \leq 1$, H_i 越小说明该评价对象对决策的综合影响越大,其商权就会越大,在决策时就越应该重点考虑该项指标.

3.3.3 综合考虑特征重要性和特征信息贡献权重的确定 第 i 个特征的组合权重

$$\omega_i = \frac{\omega_i^{(1)} \omega_i^{(2)}}{\sum_{i=1}^m \omega_i^{(1)} \omega_i^{(2)}} \quad (6)$$

3.4 灰色关联理论下的综合特征匹配法

灰色关联分析是灰色系统理论中十分活跃的一个分支,其基本思想是根据序列曲线几何形状来判断

不同序列之间的联系是否紧密^[7].采用灰色关联理论来描述启闭机的目标实例与备选实例之间的相似程度,即对实例的每个特征进行综合相似匹配,具体过程见下.

(1) 确定比较向量 $\mathbf{R}_i = (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, \dots, r_{in})$ 和参考向量 $\mathbf{R}_0 = (0, 0, 0 \dots 0)$, \mathbf{R}_i 表示备选实例集中的第 i 个实例的特征向量, \mathbf{R}_0 表示目标实例的特征向量.

(2) 计算 $R_i(j)$ 和 $R_0(j)$ 的关联系数 $\xi_i(j)$, 在 $m \times n$ 的决策矩阵中 $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m$ ^[10].

$$\xi_i(j) = \frac{\min_j \min_i \sigma(j)_i + \rho \max_i \max_j \sigma(j)_i}{|\sigma(j)_i| + \rho \max_i \max_j \sigma(j)_i}$$

$$\sigma(j)_i = r_{0j} - r_{ij} \quad (7)$$

其中, $0 \leq \rho \leq 1$, 是分辨系数,在一般情况下取 $\rho = 0.5$. r_{0j} 是参考向量 \mathbf{R}_0 的第 j 个元素, r_{ij} 表示比较向量 \mathbf{R}_i 的第 j 个元素.

(3) 加入组合权重的灰色关联度计算

$$a_i = \sum_{j=1}^m \omega_j \xi_i(j) \quad (8)$$

灰色关联度系数 $0 \leq a_i \leq 1$, 用来反应备选实例 i 与目标实例的特征综合匹配的相似程度, a_i 越大表示相似程度越高.

4 检索算法应用

为了验证上述检索方法,用该方法对某水利水电机械公司“3600 KN 持住力固定卷扬式启闭机”进行实例推理,备选实例集是该公司十五年内设计的与目标实例具有相同结构形式编码的固定卷扬式启闭机项目集合.

4.1 问题概述

启闭机在设计时主要参数信息有:孔口信息 f_1 、门槽信息 f_2 、实验载荷倍数 f_3 、扬程 f_4 、上极限 f_5 、载荷信息 f_6 、工作级别 f_7 、起升速度 f_8 以及电源信息 f_9 , 其中孔口信息、门槽信息和实验载荷倍数有时合同信息不会给出.在此条件下一般只能计算出少数参数,如果能借助前面的已经工程验证

的实例项目就能大大提高效率. 为此采用 CBR 技术来匹配与目标实例相似度大的实例加以修改, 如若没有匹配实例在进行全新产品设计.

4.2 实例匹配过程

启闭机目标实例特征参数与备选实例库实例集的特参参数如表 1 所示. 表 2 所示为计算的目标实例 $P^0 = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ 与备选实例集 $P^i = (f_1^i,$

$f_2^i, \dots, f_n^i)(i=0, 1, \dots, m)$ 特征之间的相似系数, 按照表 2 构建标准决策矩阵 1 计算商权, 根据相似系数构建备选方案的组合特征级比较向量, 计算特征关联度系数如表 3 所示. 再计算灰色关联度来比较目标实例与备选实例的综合相似程度.

表 1 备选实例集
Tab. 1 Alternate instance set

特征属性	特征名称	备选实例集							目标实例
		1	2	3	4	5	6	7	
孔口信息 f_1	孔口宽度(m)	12.4	/	9.5	20	9.8	/	17.9	/
	孔口长度(m)	16	/	13	23.7	14	/	21.2	/
门槽信息 f_2	门槽长度(m)	14.8	/	8.7	18.7	9.2	/	16	/
	门槽宽度(m)	12	/	11.6	23	13	/	20.7	/
实验载荷倍数 f_3	实验载荷倍数	1.25	1.25	1.20	1.30	1.25	1.30	1.25	1.25
扬程 f_4	扬程(m)	48	44	57	65	54	59	40	62
上极限 f_5	上极限(mm)	3100	3000	4000	5700	3200	4000	3000	5700
载荷信息 f_6	启闭力(KN)	1800	2000	1200	1400	1300	1000	2000	1000
	持住力(KN)	/	/	3000	2000	/	2500	/	3600
	闸门重量(KN)	120	/	150	/	/	/	/	/
起升速度 f_7	起升速度(m. min ⁻¹)	2	1.75	1.75	2	1.5	1.75	2	2
工作级别 f_8	整机级别	A3	Q2	A4	Q3	Q3	A3	Q3	Q2
	机构级别	Q3	Q2	Q2	Q3	Q3	Q2	Q3	Q2
电源信息 f_9	电压(V)	220	380	380	220	380	380	220	380
	频率(Hz)	60	50	60	50	60	50	50	50

特征 f_6 中以启闭力和持住力最大者为启闭设计依据. 设计标准, f_8 中以级别最高者(一般为机构级别)为设

表 2 特征相似系数表
Tab. 2 Characteristic similarity coefficient

备选实例	$d_1 \sim s_1$	$d_2 \sim s_2$	$d_3 \sim s_3$	$d_4 \sim s_4$	$d_5 \sim s_5$	$d_6 \sim s_6$	$d_7 \sim s_7$	$d_8 \sim s_8$	$d_9 \sim s_9$
1	0.3461	0.2601	1	0.4251	0.3062	0.2887	1	0.3483	0.2711
2	1	1	1	0.3567	0.2983	0.3134	0.4266	1	1
3	0.3332	0.4020	0.0015	0.6396	0.4030	0.5490	0.4266	1	0.5834
4	0.2843	0.2846	0.0015	0.7473	1	0.3134	1	0.3483	0.3065
5	0.2809	0.3961	1	0.5259	0.3146	0.2410	0.2711	0.3483	1
6	1	1	0.0015	0.7473	0.4030	0.3991	0.4266	1	1
7	0.3089	0.3056	1	0.2874	0.2831	0.3134	1	0.3483	0.3065

熵权计算标准决策矩阵

1.0907	1	2	1.2994	1.0322	1.1549	2	1	1
2	2	2	1.1507	1.0212	1.2351	1.2133	2	2
1.0727	1.1918	1	1.7658	1.1672	2	1.2133	2	1.4285
1.0047	1.0331	1	2	2	1.2351	2	1	1.0486
1	1.1838	2	1.7658	1.0439	1	1	1	2
2	2	1	2	2	1.5133	1.2133	2	2
1.0389	1.0615	2	1	1	1.2351	1	1	1.0486

表 3 关联系数表

Tab. 3 Correlation table

备选实例	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4	ξ_5	ξ_6	ξ_7	ξ_8	ξ_9
1	0.5927	0.6598	0.3343	0.5421	0.6221	0.6359	0.3343	0.5912	0.6504
2	0.3343	0.3343	0.3343	0.5854	0.6282	0.6165	0.5412	0.3343	0.3343
3	0.6019	0.5560	1	0.4401	0.5554	0.4781	0.5412	0.3334	0.4629
4	0.6394	0.6392	1	0.4021	0.3343	0.6165	0.3343	0.5912	0.6218
5	0.6422	0.5596	0.3343	0.4888	0.6156	0.6768	0.6504	0.5912	0.3343
6	0.3343	0.3343	1	0.4021	0.5554	0.5578	0.5412	0.3343	0.3343
7	0.6200	0.6225	0.3343	0.6369	0.6404	0.6165	0.3343	0.5912	0.6218

4.3 结果分析

根据 AHP 方法对各个特征要素进行主观权重评价,由于目标实例中特征 f_1 和 f_2 没有给出,要对其进行权重截断处理确定 $w^{(1)} = (0, 0, 0.05, 0.25, 0.25, 0.25, 0.1, 0.05, 0.05)$, 依据标准决策矩阵确定基于熵值法的客观信息权重 $w^{(2)} = (0.1109, 0.1111, 0.1109, 0.1115, 0.1110, 0.1117, 0.1112, 0.1107, 0.1111)$, 组合权重 $w = (0, 0, 0.0498, 0.2504, 0.2493, 0.2519, 0.0999, 0.0494, 0.4993)$, 计算各备选实例集和各元素的关联系数 $a = (0.8850, 0.7126, 0.7206, 0.7622, 0.7241, 0.6670, 0.8641)$. 根据关联系数大小得备选实例 1 与目标实例最为相似, 完成固定卷扬式启闭机的实例检索.

根据专家经验知识,由启闭力(持住力) f_6 决定的钢丝绳直径 d , 合同信息提供的扬程 f_4 决定了卷筒装置形式,卷筒装置是启闭机的核心部件,其余部件诸如电动机、减速器等主要是为了给卷筒缠绕提供动力和制动力,可以按需选型,在根据 AHP 方法确定各个特征要素权重 $w^{(1)}$ 时也体现了这一点. 由于备选实例 1 与目标实例具有最为相似的启闭力(持住力)与扬程的关系有 $\frac{48-30}{1800} \frac{62-30}{3600}$, 其中经验设计时使用两层缠绕卷筒的极限扬程值为 30~35 m, 故选备选实例 1 以修改生成目标实例.

5 结 论

(1) 通过层次分析法确定实例特征的专家主观权重,引用熵值法反映备选实例集中各个特征贡献信息的大小,通过组合权重计算综合表达各特征属性重要性和决策者意向信息,保证了实例检索的可靠性和稳定性.

(2) 使用模糊数学概念将目标实例和备选实例之间的特征信息进行匹配,再用灰色关联理论计算备选实例集元素与目标实例的相似系数,以此为为基础的检索算法可以有效解决混合属性构成的实例匹配检索问题.

(3) 以某水利水电机械公司固定卷扬式启闭机设计为例,验证算法的可行性和实用性,相比于只考虑启闭力和扬程等关键特征的人工推理该检索算法更为高效、全面、客观.

参考文献:

[1] 李成华, 杨宇, 张晓冬, 等. 铲式播种机数字化设计实例检索策略研究[J]. 农业机械学报, 2010, 41: 31.
 [2] 张晓丽, 李鑫, 郭智春, 等. 基于 CBR 的机械产品智能研究方法研究[J]. 大连理工大学学报, 2008, 48: 835.
 [3] 汤文宇, 李玲娟. CBR 方法中的案例表示和案例库的构造[J]. 西安邮电大学学报, 2006, 11: 75.

- [4] 张宇,刘雨东,计钊. 向量相似度测量方法[J]. 声学技术, 2008, 28: 552.
- [5] 袁文涛. 基于CBR汽车检具智能设计系统的研究与开发[D]. 镇江: 江苏大学, 2017.
- [6] 李丽梅,杨克昌. 南水北调中线邢石段工程闸门启闭机设计[J]. 水科学与工程技术, 2013, 6: 62.
- [7] 年志刚. 甘蔗收获机械智能设计系统知识库、实例库系统关键技术研究[D]. 南宁: 广西大学, 2006.
- [8] 梁政,董超群,田家林,等. 层次分析法确定压缩机整体评价部件权重[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2014, 36: 116.
- [9] 刘思峰,蔡华,杨英杰. 灰色关联分析模型研究[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33: 2041.
- [10] 刘畅,范彬. 基于熵值法的加权最小二乘支持向量机[J]. 计算机科学, 2017, 44: 428.
- [11] 刘日,李建国,王小农. 立体车库车位分配建模与仿真[J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2018, 39: 19.
- [12] 赵智昊,王志民,孙杨,等. 双基地FDA-MIMO雷达角度、距离及速度无模糊估计方法[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2017, 54: 1202.
- [13] 肖锦琦,王俊峰. 基于模糊哈希特征表示的恶意软件聚类方法[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2018, 55: 469.
- [14] 王大羽,张文娟. 利用改进曲波变换特征提取的CBIR算法[J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2017, 29: 129.
- [15] 吕俊瑞,罗学刚,岐世峰,等. 基于模糊度量视觉特征的非局部均值去噪[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2018, 30: 408.
- [16] 徐元浩,殷国富,许德帮,等. 基于CBR的机床导轨智能设计研究[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36: 176.

引用本文格式:

中文: 霍云亮,胡晓兵,杨雄,等. 基于模糊综合评价方法的实例检索策略研究[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2018, 55: 1197.

英文: Huo Y L, Hu X B, Yang X, *et al.* Case retrieval strategy based on fuzzy comprehensive evaluation method [J]. J Sichuan Univ; Nat Sci Ed, 2018, 55: 1197.