

大规模定制环境下的决策案例库系统

黄海量

(上海财经大学信息管理与工程学院, 上海 200433)

摘要: 针对大规模定制决策的特点, 为实现决策案例的重用, 提出了一种面向大规模定制决策问题的案例库系统, 设计了基于框架结构的案例知识表示模型, 介绍了基于模糊加权的案例相似度计算和匹配算法, 该算法解决了大规模定制决策问题的结构化表达、检索匹配和重用问题, 开发了案例库的原型系统以支持案例管理、推理和基于案例的规则发现。

关键词: 案例推理; 大规模定制; 知识管理; 模糊匹配

Case-based System for Decision-making Under Mass Customization Environment

HUANG Hai-liang

(School of Information Management and Engineering, Shanghai University of Finance & Economics, Shanghai 200433)

【Abstract】 A case-based reasoning system for mass customization is presented to facilitate the reuse of knowledge or experience that lies in past decision projects. The case's knowledge representation model for mass customization decision is presented, which covers the case's information of background, alternatives, solving methods, process and results, etc. The algorithm designed for measuring case similarity is described, which is based on fuzzy mathematics. A software prototype with the functionalities of case retrieval, adaptation, reuse and rules discovering is implemented and verified to be effective and efficient for decision-making under mass customization.

【Key words】 case-based reasoning; mass customization; knowledge management; fuzzy match

1 概述

1.1 面向大规模定制的决策支持系统

大规模定制(Mass Customization, MC)是指以大规模生产的成本和速度, 为单个客户或特殊需求的市场定制生产任意数量产品的一种生产模式^[1-2]。它将大规模生产模式和定制生产模式的优势结合起来, 既满足日益增强的个性化需求, 又能保持大规模生产的低成本和高效率, 从而增强企业对市场的应变能力。目前, 越来越多的企业朝着MC方向发展, 研究和开发适合MC环境和特点的企业经营决策支持系统已成为一个重要方向。一般而言, MC决策问题具备如下特征: (1) 决策问题的复杂性。MC决策问题往往牵涉到多个领域, 需集中集体智慧才能加以解决。(2) 决策问题的突发性。由于MC模式下, 面临的市场是不断动态变化的, 客户需求和订单是随时产生的, 因此经营决策问题也往往是突发的、不可预知的。(3) 决策问题的相似性和可重复性。MC模式下, 虽然企业所生产的产品是不同的, 但是对于一个企业而言, 其决策问题却往往是相似的, 例如MC企业常常要进行产品多样化的成本核算、零部件的自制与外包决策等。因此, 以前决策的案例往往对后面的决策问题具有一定的参考价值。本文研究和开发了面向大规模定制的群体决策支持系统——MC-IGDSS^[3], 在系统中建立了案例库系统, 实现案例的记录、查询、匹配、重用等功能。

1.2 基于案例的推理

基于案例的推理(Case-Based Reasoning, CBR)是通过访问案例库中的同类案例(源案例)的求解从而获得当前问题(目标案例)解决方法的一种推理技术^[4]。从 20 世纪 80 年代提出以来, CBR已经先后在通用问题求解、医疗诊断、辅助CAD

设计等领域证明了其的有效性和实用性^[5-7]。

2 案例决策的框架表示模型

针对大规模定制决策问题的特点, 笔者建立了一种基于框架的决策案例知识表达模型。决策案例信息可以表征为解决某决策问题时的状态, 其内部是由表示该状态的一系列特征构成的。一个合格的案例记录表示应至少包括 3 部分内容: 案例发生的原因, 求解过程或方法, 案例的结果或效果。因此, 案例框架表示模型如下:

框架名: <决策案例>

SLOT1.项目基本信息

项目号:

项目名:

项目开始时间:

项目结束时间:

参与专家:

项目描述:

SLOT2.项目背景信息: 权重 W_1

客户多样化需求: 范围(强 1、较强 0.8、中 0.4、较弱 0.1、弱 0)/权重 w_{11}

生产能力相关: 范围(强 1、较强 0.8、中 0.4、较弱 0.1、弱 0)/ w_{12}
产品(可客户化)相关: 范围(强 1、较强 0.8、中 0.4、较弱 0.1、弱 0)/ w_{13}

营销相关: 范围(强 1、较强 0.8、中 0.4、较弱 0.1、弱 0)/ w_{14}

基金项目: 国家统计局研究基金资助项目(LX2006B10); 上海财经大学“211”基金资助项目

作者简介: 黄海量(1975 -), 男, 副教授, 主研方向: 企业信息化, 决策支持系统

收稿日期: 2007-01-23 **E-mail:** hlhuang@mail.shufe.edu.cn

市场相关：范围(强 1、较强 0.8、中 0.4、较弱 0.1、弱 0)/ w_{15}
 库存相关：范围(强 1、较强 0.8、中 0.4、较弱 0.1、弱 0)/ w_{16}
 供应链相关：范围(强 1、较强 0.8、中 0.4、较弱 0.1、弱 0)/ w_{17}
 SLOT3.项目特征：
 项目类型：范围(问题诊断 0、方案集评估 0.4、方案优化 0.6、
 方案创新 1)/权重 w_2
 缺省：方案集评估
 领域数量：范围(多领域 1，单领域 0)/ w_3
 缺省：多领域
 相关领域：(领域 1/权重 w_{41} ；领域 2/权重 w_{42} ；...)/ w_4
 关键词：(关键词 1/权重 w_{51} ；关键词 2/权重 w_{52} ；...)/ w_5
 SLOT4.决策目标：
 SLOT5.决策准则：范围()
 SLOT6.方案集：
 方案 1：
 方案 2：
 ...
 SLOT7.项目求解方法：
 通用模型：(通用模型号 1，模型参数集 1，使用时间 1，使用者 1；...)
 专用模型：(专用模型号 1，模型参数集 1，使用时间 1，使用者 1；...)
 群决策方法：(群决策方法号 1，数据存贮路径 1，使用时间 1，使用者 1；...)
 SLOT8.项目决策结果：
 决策结果：
 执行结果描述：
 决策效果评价：范围(好，较好，中，较差，差)
 SLOT9.参考案例：<框架名>
 SLOT10.备用槽：
 该框架模型记录了如下 5 个方面的信息：

- (1)案例本身的信息。体现为项目基本信息槽，记录了项目名称、编号、起止时间和参与专家等信息。
- (2)案例背景信息。体现为项目背景信息槽，记录了项目产生的企业内、外部环境因素，其中的 7 个侧面为大规模定制企业的决策项目所具备的代表性环境因素。
- (3)案例特征信息。记录了项目的一些特征要素，体现为项目特征槽、项目目标槽、准则槽，用于案例匹配。
- (4)求解过程信息。体现为方案集槽和求解方法槽。其中，前者描述案例的方案集，后者记录在求解过程中采用的具体决策方法，如决策模型、群决策方法(如 delphi 法等)以及它们的具体参数。
- (5)求解结果和效果信息。体现为项目决策结果槽，记录了项目的决策结果以及执行决策结果后的反馈情况。

此外，参考案例槽(可为 null)记录了该项目在决策时曾经参考的案例信息，为指向另一个案例框架的指针。这个槽用于标识案例之间的参考关系。备用槽将留作模型结构的扩展。

以该框架模型建立案例库，这样就可以完成 CBR 的所有重要功能：

(1)案例表达。通过框架模型可以结构化地表达决策案例的全部重要信息，使案例内部结构表达得清晰、完整、明确。

(2)案例检索/匹配。案例匹配的目的在于从检索出的相似案例集合中选出最相似的一个案例(或一个较小的案例集合)提交给用户。通过对需要检索的槽和侧面建立索引，可以检索出用户想要的案例。采用后文所述的模糊匹配算法，可以对案例进行某一域近似度或全局综合匹配度的计算，智能化匹配出与目标案例最相似的案例。匹配结果是目标案例相近

的案例集合(相似度大于用户所设阈值的所有案例的集合)并按照案例的相似度大小进行排序，用户可在此集合的基础上进一步进行查询，缩小集合直到满足用户要求为止。

(3)案例重用。方案集槽和求解方法槽记录了案例的求解过程，当前项目的决策过程可参考相似案例来进行，通过诱导重放^[8]的方法来实现案例的重用，即检索出相似案例对原问题的解决方法和步骤，在新的问题中予以应用。

(4)案例维护。框架结构便于完成案例的增、删、改，此外，由于模型记录了案例的因(项目原因或背景)果(决策方法和结果)信息，因此便于采用数据挖掘的方法来实现案例决策的规则发现，这将有助于进一步实现案例的智能化决策。

3 案例匹配算法

3.1 开放式数组域的近似度算法

开发型数组可表达为

$$X(x_1/w_1, x_2/w_2, x_3/w_3, \dots)$$

其中， x_i 为域中的成员元素； w_i 为 x_i 的权重， $i = 1, 2, \dots, n$ ， $0 < w_i < 1$ 。成员元素的数目 i 随不同实例而异，称之为开放式数组域，由于形如矢量的数学表达，因此也可以看作是开放式矢量。

设欲匹配的目标模板为 $B(b_1/w_1, b_2/w_2, b_3/w_3, \dots)$ ，待匹配的源矢量为 $A(a_1, a_2, a_3, \dots)$ ，则 A, B 之间的近似度算法如下：

(1)获得比较矢量。从 A 中检索 B 的成员 b_1, b_2, b_3, \dots ，形成校准后的源矢量 $A'(a_1', a_2', a_3', \dots)$ ，并以此建立 A, B 间的比较矢量 $\mu_{a,b}(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ 。其中， μ_i 为 a_i' 与 b_i 之间的相似度值， a_i' 和 b_i 完全相同时， $\mu_i = 1$ ，近似相同时 $0 < \mu_i < 1$ ，完全不匹配时(即 $a_i' = \text{null}$) $\mu_i = 0$ 。

(2)计算 A 与 B 的近似度 $\delta_{(A,B)}$ ，即

$$\delta_{(A,B)} = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i \omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}$$

当 $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ 时， $\delta_{(A,B)} = \sum_{i=1}^n \mu_i \omega_i$ 。

例如，“项目特征”槽中的“关键词”侧面，是一个开放式文本数组，设 $B=(\text{零件}/0.1, \text{多样化}/0.2, \text{成本}/0.3, \text{生产能力}/0.2, \text{评价}/0.2)$ ； $A=(\text{市场}, \text{成本}, \text{能力}, \text{多样化}, \text{决策})$ 。校准后， $A'=(\text{NULL}, \text{多样化}, \text{成本}, \text{能力}, \text{决策})$ 。

$$\mu_{a,b} = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n) = (0, 1, 1, 0.5, 0.5) \quad \delta_{(A,B)} = 0.7$$

3.2 枚举型域的近似度算法

枚举型域是指域中的变量取值为枚举型，其近似度为

$$\delta_{(A,B)} = 1 - |c(a_i) - c(b_j)|$$

其中， a_i 和 b_j 分别为 A, B 案例在枚举型域取值； c 为相关度函数，令 $0 < c < 1$ 。

例如“项目类型”侧面：其取值域为(问题诊断、方案集评估、方案优化、方案创新)，对域值分别赋以创新程度函数值 C_i ，根据决策问题的创新程度由低到高。若分别对枚举域(问题诊断、方案集评估、方案优化、方案创新)分别赋以值(0, 0.4, 0.7, 1.0)，又设 A 案例的决策类型为“方案集评估”，而 B 案例的决策类型为“方案优化”，则 A 和 B 在决策类型上的匹配度为 $1 - |0.4 - 0.7| = 0.7$ 。

3.3 案例综合匹配算法

案例的匹配域如图 1 所示。案例综合匹配是所有匹配域近似度值的加权求和， A, B 案例之间的综合匹配度 δ_{match} 计算如下：

$$\Delta_{match(A,B)} = \sum_{i=1}^5 \delta_i W_i$$

其中, $\delta_i = \sum_{j=1}^7 \delta_{ij} \omega_{ij}$ 。

由于 $0 < \delta_i < 1$, 令 $\sum_{i=1}^5 W_i = 1$, 因此 $0 < \Delta_{match(A,B)} < 1$ 。

域名称		域值类型	域近似度	域权重
项目背景信息	客户多样化需求	枚举型	δ_{11}	W_{11}
	生产能力(限制)		δ_{12}	W_{12}
	产品(可客户化)特点		δ_{13}	W_{13}
	营销特点		δ_{14}	W_{14}
	市场特点		δ_{15}	W_{15}
	库存特点		δ_{16}	W_{16}
	供应链特点		δ_{17}	W_{17}
项目决策类型		枚举型	δ_2	W_2
项目领域数目		枚举型	δ_3	W_3
相关领域		开放式文本数组型	δ_4	W_4
关键词		开放式文本数组型	δ_5	W_5

图1 案例匹配域(样表)

4 案例库原型系统的开发

案例库系统的总体结构如图2所示。

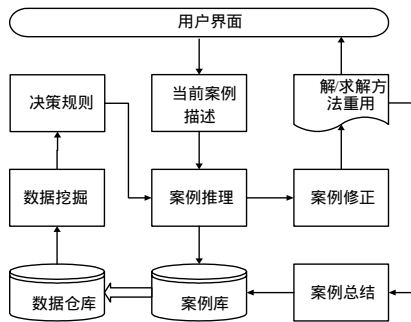


图2 案例库系统结构

该系统主要包括以下4个模块：

(1)系统维护模块：完成用户管理和系统设置功能。不同用户对系统的操作权限不同。

1)普通用户拥有案例检索和修改当前用户密码等权限；

2)超级用户(系统管理员)除拥有普通用户权限之外,可以对案例库进行管理和维护,包括案例的增、删、改,用户添加和授权等。

(2)案例推理模块。它是系统的核心,完成问题的案例化表达、案例库检索、修正和重用案例、案例的学习等。本案例为用户提供个性化推理,用户可以自定义指标权重、设定案例匹配阈值等。

(3)案例管理模块。案例推理的有效性和工作质量在很大程度上取决于案例库的规模、所存储案例的质量、对案例知

识的表示方法以及索引机制的确定。本模块的主要任务是完成对大规模定制决策问题案例结构的定义、修改,索引的增、删、改以及对案例库的浏览等。

(4)知识发现模块。知识发现模块用于归纳出案例解决方法中有规律性的知识(如决策方法、模型等等),是在案例推理基础上实现决策知识发现和总结的过程,用归纳出的知识指导用户决策。目前采用基于数据仓库的数据挖掘算法来实现知识发现,主要包括关联和聚类分析。关联是通过对大量决策案例的挖掘计算,发掘出决策问题的特征与所采用的决策手段(决策模型,群决策方法等)之间的隐含联系。聚类则是通过对决策问题特征的分析,将它们分别归入预先设定的不同类型,以此指导用户进行决策。

本系统的主要模块以 C#.NET 开发完成,在 Web 环境下使用和维护。案例库的使用过程是:用户通过浏览器登录系统后,首先设置需求属性(包括案例背景、案例特征等),然后对案例的生产、销售等相关性系数设置权值,提交给案例库系统。匹配得到案例结果后,用户可进一步详细浏览该案例(组)的全部信息(包括案例背景、案例求解过程和结果等),并可将该案例(组)设置为当前项目的参考案例加以绑定,便于用户随时查看。案例库的维护工作,包括案例的增、删、改和对案例施加评论,都由授权用户远程实施。

参考文献

- [1] Pine J. Mass Customizing Products and Services[J]. Planning Review, 1993, 21(4): 6-13.
- [2] Hart C. Made to Order[J]. Marketing Management, 1996, 5(2): 10-23.
- [3] 黄海量, 王丽亚. 面向大规模定制的网络化群体智能决策支持系统[J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(2): 200-205.
- [4] Barletta B. An Introduction to Case-based Reasoning[J]. AI Expert, 1991, 25(8): 43-49.
- [5] Wartson L. Case-based Reasoning: A Review[J]. Knowledge Engineering Review, 1994, 9(4): 327-354.
- [6] Kumar H S, Krishnamrothy C S. A Framework for Case-based Reasoning in Engineering Design[J]. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 1995, 33(9): 161-182.
- [7] Mcgovern J. Using Case Based Reasoning for Basis Development in Intelligent Decision Systems[J]. European Journal of Operational Research, 1994, 77(11): 40-59.
- [8] Mostow J, Barley M. Automated Reuse of Design Plans[J]. Progress in Engineering-artificial Intelligence in Engineering Design, 1993, 44(4): 1-16.

(上接第 191 页)

参考文献

- [1] 张澄波. 综合孔径雷达原理、系统分析与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 15-17.
- [2] 孙 洪. 合成孔径雷达图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005: 134-147.
- [3] Freund Y, Schapire R E. A Decision-theoretic Generalization of On-line Learning and an Application to Boosting[J]. Computer and System Science, 1997, 55(1): 119-139.
- [4] Schapire R E, Singer Y. Improved Boosting Algorithms Using Confidence-related Predictions[J]. Machine Learning, 1999, 37(3): 297-336.
- [5] Baraldi A. An Investigation of the Texture Characteristics Associated with Gray Level Matrix Statistical Parameters[J]. IEEE Trans. on Geo-science and Remote Sensing, 1995, 33(2): 293-303.