

基于涟波下降规则的设计知识管理系统

张 颢^{1,2}, 夏国平¹, 李雪峰^{1,2}, 王 君¹

(1. 北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100083; 2. 沈阳建筑大学信息与控制工程学院, 沈阳 110168)

摘要: 设计过程是一个知识密集型过程。为了向企业提供有效和准确的设计知识, 在分析涟波下降规则工作原理的基础上, 提出了基于涟波下降规则的设计知识管理系统架构, 给出了该系统的定义, 进一步研究了该系统的主要功能。依据提出的架构及其主要功能, 通过一个应用实例, 验证了研究成果的有效性。

关键词: 涟波下降规则; 设计知识; 设计知识管理系统; 知识获取

Design Knowledge Management System Based on Ripple Down Rules

ZHANG Zhao^{1,2}, XIA Guo-ping¹, LI Xue-feng^{1,2}, WANG Jun¹

(1. School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100083;

2. College of Information & Control Engineering, Shenyang Architectural University, Shenyang 110168)

【Abstract】 Design is a knowledge-intensive process. Considering the features of ripple down rules (RDR) method, this paper proposes and analyzes a framework for RDR-based design knowledge management system (RDR_DKMS). The functions of the system are analyzed. An example is given to describe the application of the RDR_DKMS. The proposed framework and the critical functions can assist enterprises to build their design knowledge management systems more easily.

【Key words】 ripple down rules(RDR); design knowledge; design knowledge management system(DKMS); knowledge acquisition

设计是一个知识密集型过程, 设计能否成功取决于所需要的设计知识。在产品设计过程中, 常常遇到以下几类典型问题:

- (1) 由于设计人员的变动, 设计过程中形成的技术诀窍不能正确、完整地传递, 从而导致设计知识无法继承、重用;
- (2) 对已有设计知识了解不透彻, 导致设计错误的重复;
- (3) 设计新手通常不知道运用哪些设计知识解决现有问题;
- (4) 专家与知识工程师之间存在不同知识语境问题, 导致沟通困难, 从而使获取的设计知识准确率降低。

为了有效解决这些问题, 本文将涟波下降规则引入到设计知识管理系统(design knowledge management system, DKMS)的构建中, 使企业易于实现其设计知识管理系统, 该系统架构可以在专家进行设计的过程中及时对专家的知识进行获取、组织及应用, 且通过和用户进行交互, 对知识逐步进行处理和加工, 能够向用户提供所需要的设计知识。

1 设计知识管理

很多产品的开发依赖于已有的设计知识, 一个有经验的设计人员在设计一个新产品时, 通常先考虑已有的设计实例和设计经验, 然后制定方案, 直到完成整个设计。如何对以往大量的设计知识进行有效的管理, 提高对设计知识的共享和重用, 是企业急待解决的问题。国内外很多学者在这方面做了大量的工作^[1-4]。这些研究成果都具有较高的学术价值, 并且各具特点, 但笔者发现目前关于设计知识管理的研究大多数集中在不同类型的显性设计知识的管理上, 关于设计经验知识管理的研究相对滞后。因此, 如何对这些设计经验知识进行有效管理成为了一个新的研究热点, 本文将涟波下降规则应用于设计知识管理系统的构建中, 针对设计经验知识

的管理进行了深入研究。

2 基于涟波下降规则的设计知识管理系统架构

2.1 工作原理

涟波下降规则(ripple down rules, RDR)是一种专家系统方法论, 是由澳大利亚新南威尔士大学的Compton教授 1989年提出的^[5], 它是用于知识表示和获取的一种方法, 从某种角度来看, RDR方法是CBR方法的一种变形, RDR方法将规则引入到了CBR方法中, 用规则来索引案例, 以一种错误驱动机制来获取知识。图 1^[6]给出了一个以RDR构建的知识结构。它是一个二叉树的表示形式, 二叉树上的每个节点都是由一条规则和与该规则相关联的“基础案例(cornerstone case)”构成的。为当前问题寻求结论的过程就是一个遍历二叉树的过程。当专家根据以往的成功经验发现运用RDR得出的结论是错误或专家不满意这个结论的时候, 他就要添加新的规则, 阻止错误结论的产生。专家在添加新规则的同时, 要提供对应新规则的基础案例, 以及新规则应用的上下文, 并将当前案例同案例库中的所有基础案例作比较, 产生出差异列表, 如图 2 所示^[6]。

近年来, 关于RDR方法的研究很多, RDR方法也已经逐渐被应用到各种不同的领域中, RDR的结构也在不同程度上得到了拓展^[7,8]。本文把RDR方法应用到了设计领域中, 使企业对其设计经验知识的管理更加有效。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70401001); 航空科学基金资助项目(04J51057)

作者简介: 张 颢(1974 -), 女, 博士研究生, 主研方向: 信息系统, 知识管理, 知识系统工程等; 夏国平, 教授; 李雪峰, 博士; 王 君, 博士、副教授

收稿日期: 2006-11-21 **E-mail:** zhaocer@buaa.edu.cn

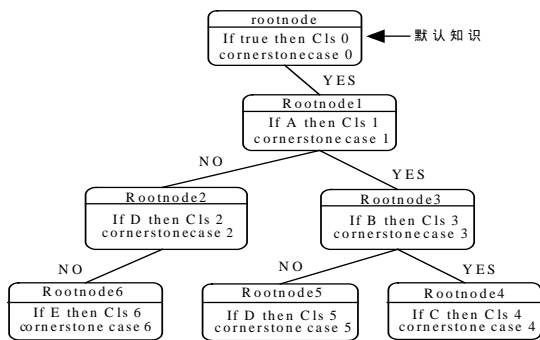


图1 RDR 中知识的结构

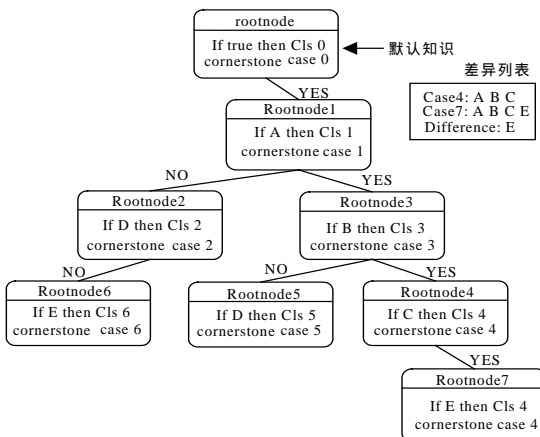


图2 RDR 产生的差异列表

2.2 设计知识管理系统的架构

由于专家和知识工程师之间的知识语境不同以及他们所拥有的专业知识不对称,给设计知识的获取带来了很大的障碍,目前企业正在试图寻求一种方法来构建设计知识管理系统,该系统在构建时可以在知识工程师极少介入或不介入的条件下由专家自主完成,不但拥有直接与自动获取软件进行交互的功能,而且同时具备对这些设计知识进行验证、维护及重用等功能。

考虑到 RDR 方法的工作原理及企业的上述需求,本文将 RDR 引入到了设计知识管理系统的构建中,提出了一个基于涟漪下降规则的设计知识管理系统(RDR-based design knowledge management system, RDR_DKMS)架构,见图 3。

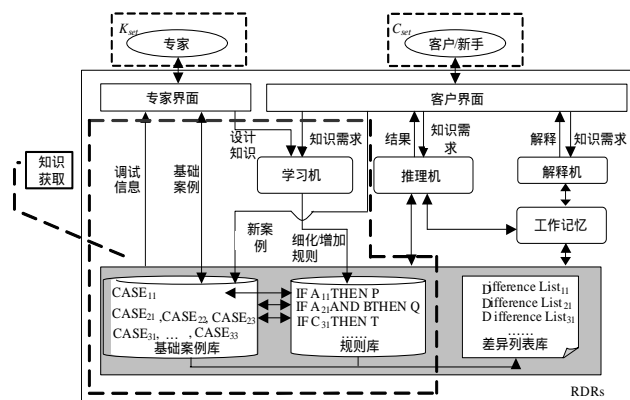


图3 RDR_DKMS 架构

在 RDR_DKMS 中,几乎不需要知识工程师的介入。专家、用户和计算机直接对话,当专家运用他们的专业技能、经验回答问题时,RDR 系统(ripple down rules system, RDRs)可以对设计知识进行编码,从而达到设计知识的获取和转移,

在 RDRs 的知识获取过程中,知识工程师并没有完全失去作用。其主要作用是与领域专家合作,根据其提出的要求,开发友好、透明的用户界面,编制相应的知识库维护程序,尽可能简化各种操作,提高知识获取的效率和准确性。

2.3 RDR_DKMS 的定义

依据上述架构和 RDRs 的工作原理,将基于 RDR 的设计知识管理系统定义如下:

定义 1

$$RDR_DKMS = \{K_{set}, RDRs, C_{set}\}$$

$$K_{set} = \{E_a, K_a, cB\}$$

$$C_{set} = \{U_a, krB\}$$

其中, K_{set} 表示人类专家、专家提供的设计知识以及由这些设计知识组成的解决方案这三者的集合; E_a 表示可以提供设计知识的专家集,是能够完成具体设计任务的专家组; K_a 表示专家确定的设计知识集,这些设计知识组成了基础案例的解决方案; cB 表示专家用于支持设计知识的基础案例集合。 C_{set} 表示用户和用户需求的集合; U_a 表示用户(咨询者和新手)的集合; krB 表示由用户的知识需求构成的集合。

定义 2

$$RDRs = \{Interface, Inference_M, Learning_M, Working_M, Explanation_M, KB_RT\}$$

$$Interface = \{Interface_E, Interface_C\}$$

$$KB_RT = \{CornerStone_B, Rule_B, DifferentList_B\}$$

RDRs 表示联系 K_{set} 和 C_{set} 的基于 RDR 的系统,如图 3 所示。其主要组成描述如下:

(1)Interface 表示系统的界面,完成人机交互、问题描述、结果显示和系统的总体控制,为系统和用户之间提供交流的桥梁。其中,Interface_E 表示系统与专家间的交互界面,Interface_C 表示系统与用户/新手间的交互界面。

(2)Inference_M 表示推理机,根据实时更新知识库中的设计知识进行实时推理,求得问题的解决方案。

(3)Learning_M 表示学习机,在进行实时推理之前,负责创建和维护知识库,进行设计知识的获取。

(4)Working_M 表示工作记忆,用于存储用户经常搜寻的设计知识,便于用户/新手查询。

(5)Explanation_M 表示解释机,对系统所得出结论进行解释,为用户提供直观、可视化的设计过程。

(6)KB_RT 表示实时更新的知识库,它是由规则库 Rule_B 以及对应规则的基础案例库 Cornerstone_B、新案例与基础案例的差异列表库 DifferentList_B 组成的,由于基础案例库是由规则库生成,因此基础案例库和规则库是相互包含的,规则可以由案例表示,基础案例可以用规则来解释。

RDRs 表示联系 K_{set} 和 C_{set} 的基于涟漪下降规则的系统,在 RDR_DKMS 中, K_{set} 和 C_{set} 之间的关系是通过 RDRs 实现的,专家提供的设计知识的不同组合和表示,形成若干个解决方案,解决方案对应着若干条规则,这些规则组成了规则库,同时,专家又要提供与这些规则相对应的基础案例,这些基础案例构成了基础案例库,因此,从全局的角度来看,基础案例库既属于 K_{set} 又属于 RDRs,同样用户的知识需求也要形成新的规则和与之对应的问题案例,问题案例既属于 C_{set} 又属于 RDRs。以规则的形式来索引案例,使专家和用户有了能共同理解的含义。用户可以由多人组成,专家也可以由多个专家组成,但无论他们如何组成,这里都分别将其视为一个整体,他们之间的各种活动是通过 RDRs 实现的。

3 RDR_DKMS 的主要功能

3.1 知识获取、维护和验证功能

知识获取对于每个知识管理系统来说都是极其重要的，图 3 中加重的虚线框架部分表示了在 RDR_DKMS 中进行设计知识获取的过程。在 RDR_DKMS 中，可以将构建知识库的过程视为知识获取的过程。图 3 表示的是在 RDR 中如何进行知识获取的过程。只有当 RDR 的某条规则对当前案例进行错误分类时，才需要专家增加一条新的规则。RDR 系统会请求专家从差异列表中挑选出新规则的条件，这个差异列表是从当前案例和基础案例进行比较的过程中产生的。被 RDR 系统错误分类的当前案例与其所产生的新规则作为对当前节点更加细化的节点或并列的节点被存储到二叉树的最终节点上。显然，在这一知识获取的过程中没有去除或更改任何设计知识。

在上述基于 RDR 系统的知识获取过程中，该系统在专家对 RDR 系统内部知识组织情况一无所知的情况下，就可以进行知识的获取。每当增加一条新规则(知识获取)时，专家都要判别新规则的正确与否，事实上，这个过程也是对知识进行维护和验证的过程。因此，在 RDR_DKMS 中，构建系统、原始知识的获取、维护阶段以及使用系统进行推理这 3 个活动之间没有明晰的界限。这三者是作为知识获取的一部份来实现的。专家可以很快地构建 RDR 系统，这一过程几乎可以在没有知识工程师的帮助下完成，同时，他们可以完全自主地维护这个系统。因此，RDR_DKMS 的知识获取相比其他设计知识管理系统更加高效、可靠。

3.2 RDR_DKMS 的解释和引导功能

从图 3 可以看出，解释机与推理机的协调使用，可以解释一个特定结论产生的原因，其中知识库中的差异列表库可以向用户解释产生不同结论的原因。此外，RDR_DKMS 可以将专家运用设计知识解决目标问题的过程用规则追踪二叉树的形式表示出来，规则存在的情境、上下文、规则路径以及与每个规则对应的基础案例可以为用户提供更深入的关于专家运用设计知识解决问题的视图，使用户看到专家是在何种条件和情境下运用何种设计知识作出结论的，这为用户提供了更为详细的推理路线。这种可视化的解释形式对于用户而言是非常必要的，尤其对设计领域的新手而言，显得尤为重要，RDR_DKMS 的解释功能为企业设计人员的培训提供了有力的支撑。

RDR_DKMS 中的工作记忆单元可以使用户明确哪些设计知识是常用的，便于用户的查询，RDR_DKMS 同时可以引导用户依照其当前的设计需要和偏好，以更好的方式使用、重用这些设计知识。此外，用户可以根据系统提供的知识库的规则、设计案例的数量，评估系统的准确性和可信程度，从而增强用户使用该系统的信心。RDR_DKMS 架构为现有关于解释的研究提供了其他可能的视角。为了更好地说明 RDR_DKMS 架构的应用状况，本文给出了一个应用实例，进一步验证了该架构的准确性和可靠性。

4 RDR_DKMS 在航空领域中的应用

依据上述系统架构，与我国东北某国有特大型航空产品制造企业合作，构建了一个设计知识管理系统：RDR_DKMS-HF，用以支持飞机设计。以机翼设计为例，其界面如图 4 所示。RDR_DKMS-HF 具有如下优点：

(1)以设计用户为中心，降低了知识工程师介入知识获取过程的程度，重视用户需求。设计动态、可视化的系统交互界面(CGI)，使

用户与计算机之间的交互更加简单，便于人机交流，很大程度上缓解了知识获取的“瓶颈”问题，提高了知识获取的准确率。

(2)设计知识获取、维护与验证活动几乎是在同一时刻进行的，是一个统一的整体。

(3)设计过程中所获取的知识都是清晰、明确的。系统将目标空间分解成很小的部分，变复杂为简单，易于找到具体目标问题的解决办法，便于企业进行设计知识重用。

(4)在设计过程中，专家构建知识库的过程，即知识获取的过程对于不同的用户而言都是不可多得的好老师，尤其是在用户是新手的情况下。因为新手在规则追踪树的帮助下，可以完成一个完整的学习过程，新手可以看到专家是如何解决问题而得出结论的。RDR_DKMS-HF 的规则追踪树见图 5。

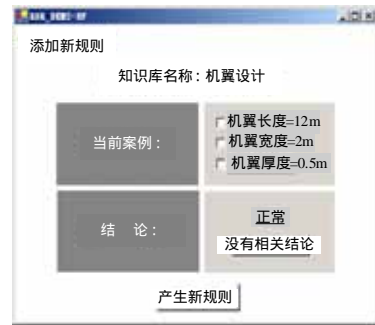


图 4 RDR_DKMS-HF 产生新规则的界面

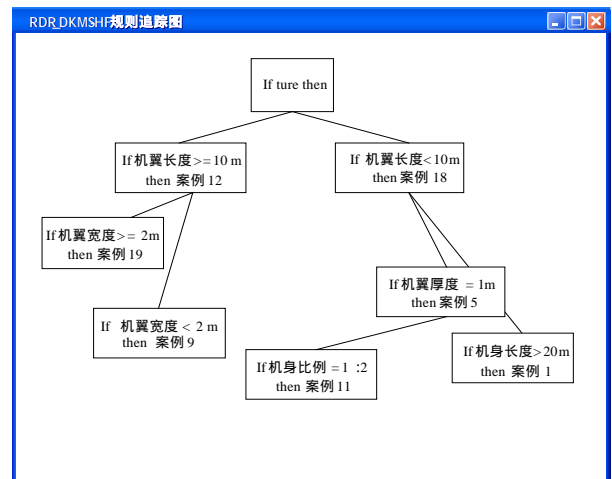


图 5 RDR_DKMS-HF 的规则追踪树

RDR_DKMS-HF 是运用 RDR 投入使用的设计知识管理系统，这个系统在最初运行使用时的规则数目为 53 条，一年之后增长成为 4 000 多条，且准确率从 87% 上升为 98.7%，从而验证了将 RDR 引入设计知识管理系统的可行性。

5 结论与展望

本文将 RDR 引入到设计知识管理系统框架的构建中，在分析 RDR 工作原理的基础上，提出基于 RDR 的知识管理系统的架构，并给出了设计知识管理系统的定义，研究实现了 RDR_DKMS 的主要功能。领域专家可以在知识工程师不介入的情况下，独立地运用 RDR_DKMS 进行设计经验知识获取、维护以及验证。与此同时，RDR 系统可以完成对其设计知识的编码。成果以中国航空企业飞机设计为研究背景，以航空企业已积累的飞机设计知识为研究基础，本着先进、实用的研究思路，本研究解决了部分设计知识获取、维护过程中的难题，具有较强的可行性。其中一部分研究成果在中国某航空企业已经进入运行阶段。

(下转第 261 页)