

多案例经验集成机制研究^{*}

Study on Mechanism of Experiences Integration from Multiple Cases

吴建林 姜丽红 薛华成

(复旦大学管理学院管理科学系 上海 200433)

摘 要 Based on cognitive analysis of prescriptive process of Case-Based Reasoning, this paper designs a mechanism of experiences integration from multiple cases, which is involved with two processes of vertical and horizontal experiences integration. Intelligence and flexibility of Case-Based Reasoning are increased by means of the mechanism of experiences integration from multiple cases in this paper.

关键词 Case-Based Reasoning

援例推理(Case-Based Reasoning)一词最早由 Janet L. Kolodner 教授为首的研究人员于80年代中期正式提出^[2],它来源于人的认知心理活动:人们在面临一个新问题时,往往使用以前处理过的类似问题的经验,根据经验去认识现有事物,进而选择信息、解释事物。CBR 是从经验中推理的一般规范,是一种类比推理方法^[1]。案例(case)是 CBR 系统的基本知识单元。当利用案例库中的基(base)案例类求解新问题领域的靶(target)案例时,传统 CBR 案例匹配算法总是试图寻求一个最好匹配的基案例,这种一对一的案例匹配是最基本的,也是最简单、直接的类比推理方法,但它明显存在不足的地方:

①最好匹配的基案例的解可能不会令用户满意,特别是对于决策问题领域^[7],大多数情况下只需要满意解,无需达到最优解。

②如果没有抽取到相似的基案例,则无法解释靶案例,它将学习过程排除在外。

③对于靶案例的求解需要集成多个从不同思维角度描述的基案例经验知识的情况,传统 CBR 系统无法满足。

④对于靶案例的求解需要集成多个基案例的不同片段知识的情况,传统 CBR 系统也无法满足。

特别是最后两点不足极大地阻碍了 CBR 系统的应用推广。从认知科学角度看,人们在解决一个新问题时,如果没有一个类似的旧问题可供参考,往往借鉴多个具有部分类似案例的经验,即将靶案例映

射到多个不同的基案例上,每个基案例提供解决靶案例的片段经验知识,然后集成所有片段经验知识形成靶案例解答的最初轮廓。这是纵向经验集成方式。另外,人们习惯于从不同的思维角度分析问题,寻找从不同思维角度描述的多个类似的基案例,然后,从多个基案例经验中获取启发信息,集成所有启发信息,经创造性思维产生解决当前问题的新方法。这是横向经验集成方式。

CBR 进行问题求解时,一对一案例匹配失败并不完全意味着案例库是无知的,失败的一个很重要原因是靶案例的复杂程度超出案例库中任何基案例的复杂程度。研究多案例经验集成机制不仅能有效地解决此问题,支持多案例经验的纵向集成,而且能支持多案例经验的横向集成。

一、CBR 过程的认知分析

CBR 问题求解过程可以分为五步^[3,4]:

•问题表达:根据标引规则(indexing rules)为靶案例分配指标(index),即抽取靶案例的主要特征,并输入 CBR 系统中。

•案例抽取:根据相似性度量算法,CBR 系统从案例库中抽取最好匹配的基案例。

•案例适配:比较靶案例和最好匹配基案例的内容及背景,调整基案例的解,产生当前问题的解答。

•答案校正:从用户和环境的反馈中校正问题的答案。

^{*} 本文研究得到国家自然科学基金项目资助,吴建林 博士后,薛华成 教授,博士生导师。

•案例库修改:如果基案例的解经调整后适合于当前问题,则将校正后的答案与靶案例一起添加到案例库中,以备将来用于解决类似问题。

其中,为当前问题分配指标和从案例库中抽取最好匹配的基案例是 CBR 系统问题求解的关键,而分配指标又是案例匹配的基础。因此,靶案例主要特征的抽取直接影响着 CBR 系统解决问题的有效性。

按照人类的认知思维模式,当人们面临一个新问题时,首先采用的是直觉思维方法,从人脑的长期记忆中搜寻过去解决类似问题的经验,启发产生新问题的解决方案。同时,由于新旧问题的复杂程度不同,人们经常从多个部分相似的案例中学习片段知识,此时,人们的思维中已经潜在地将问题进行了分解,使每一子问题映射到一个相似案例上,然后集成所有片段知识,形成当前问题的初步解答。而且,人们经常利用创造性思维方法,从不同角度分析问题,抽取从不同角度描述的类型案例,创造性地集成所有基案例的经验,形成解决当前问题的新观点。

从人类的认知过程中可以看出:问题的多角度类比、问题的分解和子问题的求解过程是同步交叉进行的,而且是动态协调进行的,问题的多角度类比和问题的分解都要求学习新知识,换句话说,学习始终贯穿于问题求解过程中,因而,人类的问题求解过程具有较高的柔性(flexibility)。

对于复杂程度较低的问题,问题分解过程可以隐式地由人完成,CBR 系统帮助形成每一隐式子问题的解答,用户利用自己的心智集成所有子问题的解答,形成当前问题的完整答案。对于复杂程度较高的问题,问题的分解层次较多,由于人们认知能力的限制,隐式分解问题比较困难,此时,需要系统方法辅助。

一般的问题分析和问题设计方法是分离、孤立地帮助用户解决问题的,问题分析帮助用户分析问题的本质结构,而问题设计则为用户如何解决问题提供过程化的方法。传统的软件系统都寻求问题设计的程序化、自动化,CBR 系统原则上也是问题设计的自动化,没有将问题辅助分析活动考虑入推理流程中。这种推理方式是静态的,不符合人类问题分解、逐步求精的思维模式。由于人的生理和心理的限制,以及问题及其环境的复杂性,问题的分析很难在设计之前全面完成,问题求解应该是不断发掘隐式知识和模糊性不断缩减的过程,在这个过程中,问题的分析和设计是迭代进行的。因此,CBR 系统应该吸收柔性推理^[6]的思想,将问题的辅助分析活动纳

入推理流程中,提高系统对外界环境变化反应的柔性。

传统 CBR 系统由于只考虑问题的设计阶段,因而可以采纳规范方法设计推理过程,这种程序化的推理方式只是人类智能的低级替代。若要提高 CBR 的智能性,必须将主动学习过程嵌入原来的推理过程中,辅助用户通过学习不断发掘隐式知识,进行问题的逐步分解,同时帮助用户从多个不同的思维角度分析问题。因此,纳入问题辅助分析活动的 CBR 系统不可能按照规范方法实现,而要采用描述方法,系统的一部分程式化,一部分提供智能辅助,一部分交给用户来实现。这是因为专家系统只是一个辅助工具,它不可能代替人的行为,让专家系统给人以启发,让人完成擅长的心智推理,人机达到和谐的统一,比纯粹的“机器思维”更合理、可信。这样的实现方法不仅减少了 CBR 系统的复杂性,而且提高了系统的可实现性。

二、多案例经验集成机制

为了提高 CBR 系统的智能性和柔性,须将问题的多角度类比思想、动态的问题分解方法和 CBR 推理过程集成在一起,使问题求解过程更自然,更符合人类的认知思维模式。一个大问题分解为若干个小

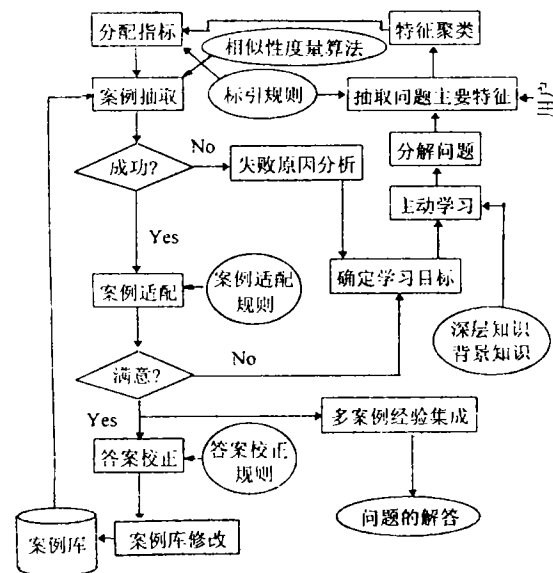


图1 多案例经验集成机制

的子问题集合后,针对每一个子问题, CBR 从案例库中抽取类似的基案例,寻求解决子问题的方案,大问题的解答就是所有子问题解答的集成,这就是多案例经验纵向集成机制的基本思想。另外,将一个问

题映射到从不同角度描述的多个基案例上,可以集成不同的启发知识,产生求解问题的创造性观点,这就是多案例经验横向集成机制的基本思想。多案例经验集成机制如图1所示。

多案例经验集成机制的大致流程如下:

1. 用户面对待求解的问题,根据自己拥有的内含知识,了解问题的背景知识,并根据 CBR 系统提供的标引规则,抽取问题的主要特征。

2. 根据相似性、相干性和协变性原则对问题的主要特征进行聚类。特征聚类是一个重要的环节,因为用户本身拥有的内含知识具有广泛性,可能出现从多个不同的思维角度抽取问题主要特征的情况,而不同的思维角度对于 CBR 系统来说是透明的,如果不对特征进行聚类,势必导致案例匹配失败,而且连失败的原因也很难描述清楚。通过相应规则聚类问题主要特征,就可以将隐含于用户大脑中的不同思维角度显式地以特征类的形式表达出来,不同的特征类反映了用户不同的思维角度。针对不同的特征类,利用 CBR 系统可以抽取从不同角度描述的类型基案例,进而实现多案例经验的横向集成。如果用户只是从一个思维角度抽取问题的主要特征,那么就只有一个特征类。

3. 根据标引规则对问题主要特征分配指标值。

4. CBR 系统根据相似性度量算法从案例库中抽取最好匹配的基案例。如果案例抽取失败转5,成功转6。

5. 分析案例匹配失败的原因,确定搜寻深层知识的学习目标,通过主动学习获取进一步分解问题的知识,然后将问题分解为更小的子问题集合。针对每一个子问题,重复1。

6. 分析比较当前靶案例和抽取出来的基案例的背景信息,并根据案例适配规则调整基案例的解。如果用户对调整后用于靶案例的解不满意,转7,满意转8。

7. 用户对基案例的解不满意,说明用户抽取出来的问题主要特征存在不足。这时,仍然需要确定搜寻深层知识的学习目标,通过主动学习获取深层知识,分解问题,对每一子问题重复1。

8. 用户满意调整后的解,一方面, CBR 系统获取用户和环境的反馈信息,根据答案校正规则校正靶案例的解,并将靶案例及其解答存储入案例库中,以备将来用于解决类似问题。另一方面,用户根据问题分解的层次结构,进行多案例经验的纵向集成,形成问题的最终解答;同时,根据问题的特征类个数及

其关系,进行多案例经验的横向集成,形成问题求解的创造性观点。

多案例经验集成过程是递归的,即对每一子问题,多案例经验的纵向和横向集成都可以重复采用相同的过程。在这个递归过程当中,完全按照规范方法实现所有环节是不可能的,必须采用描述方法,由 CBR 自动实现案例抽取、答案校正和案例库修改等环节,辅助用户实现抽取问题主要特征、特征聚类、分配指标、案例适配、失败原因分析等环节,用户自行完成确定学习目标、分解问题、主动学习、多案例经验的纵向和横向集成等环节。因此,多案例经验的集成机制并没有增加援例推理过程的复杂性,相反,由于用户一定程度参与到援例推理过程中,使得整个系统的实现更为容易。

三、集成机制的主要过程特性分析

多案例经验集成机制主要包括纵向和横向两种集成过程,这两个过程又基于下列四个基本过程:动态问题分解过程、主动学习过程、特征聚类过程和援例推理过程。它们的关系如图2所示。

1. 多案例经验纵向集成过程

多案例经验纵向集成过程基于动态问题分解过程、主动学习过程和援例推理过程。

(1)主动学习过程:由于用户认知能力的有限性、问题和环境的复杂性,使得不可能在全面掌握问题求解知识后设计问题解决方案。在解决问题之前,许多问题求解知识对于用户来说是隐含的,特别是一些深层知识。换句话说,当用户面临一个新问题时,其拥有的知识可用程度不足以解决问题。此时,用户必须通过确立问题分解的目标,进一步搜寻深层知识,提高知识的可用程度,获取的知识用于求解子问题。随着主动学习过程的不断进行,获取的知识不断深化,用户拥有的知识可用程度逐步提高,问题的分解求精也逐步深入。

主动学习过程是在案例匹配失败和用户不满意靶案例建议解(调整后的基案例解)的情况下被激活的,它是问题分解的基础。

(2)动态问题分解过程:由于用户拥有的问题求解知识的可用程度是在不断的主动学习过程中得到提高的,因此不可能按照事先规定好的过程求解问题,静态地分解问题缺乏对环境变化作出快速反应的柔性,对于复杂问题尤为如此。因此,应该摒弃传统的过程驱动的问题分解方式,根据用户拥有知识的可用程度,确定问题分解目标,通过主动学习获取

深层知识,分解问题。由于问题的分解求精依赖于知识的可用程度,所以问题分解是知识驱动的,它不再和问题设计过程分离,而是协调地交织在一起。

(3) 援例推理过程:为问题特征类中的特征分配指标值,根据相似性度量算法抽取基案例,比较基案例和靶案例的内容和背景,按照案例适配规则调整基案例的解,形成靶案例的建议解。如果用户满意建议解,则根据问题分解的层次结构纵向集成所有子问题的建议解,产生问题的全局解。另外,对建议解进行校正,将其与靶案例一起存储入案例库中。

2. 多案例经验横向集成过程

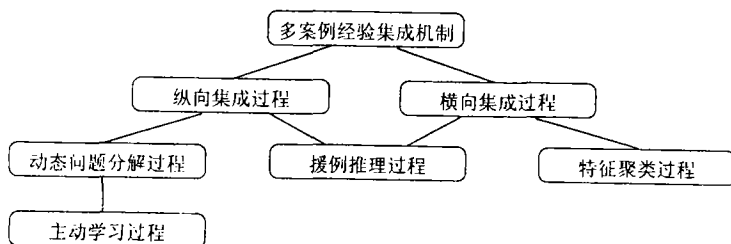


图2 多案例经验集成机制主要过程间的关系

多案例经验横向集成机制为用户从多个不同角度思考问题创造了条件,用户可以学习从不同角度描述的多个类似案例的经验,通过不同思维碰撞,形成问题求解的创造性解答。多案例经验横向集成过程基于特征聚类过程和援例推理过程。

(1) 特征聚类过程:将用户从不同思维角度抽取出来的问题主要特征按照相似性、相干性和协变性原则进行聚类。如果用户明确自己是从何种思维角度思考问题,特征类可以由用户明确地阐明,即特征聚类过程由用户完成。特征聚类方法很多,如模糊聚类、模糊相似优先比等方法^[7]都可以用来聚类问题的主要特征。

(2) 援例推理过程:类似于多案例经验纵向集成机制中的援例推理过程。当用户满意每个从不同思维角度考察的建议解时,从中抽取求解问题的启发知识,通过思维碰撞,实现多案例经验的横向集成,形成问题的创造性解决方案。

通过以上两个主要过程的分析,可以看出多案例经验集成机制的一些优点:①具有较高的反应外界环境变化的柔性。因为用户通过主动学习机制既可以获取问题求解的深层知识,又可以获取外界环境变化的知识,环境的任何变化都能被用户识别。②对不同用户的不同问题求解方式具有较高的适应性。因为问题的分解是动态的,每个用户可以按照自己的思维习惯、方式及经验分解问题。③突破传统规范性智能推理方式,采用描述性方法,将机器智能和人类智能有机地交织在一起,有效地支持多案例经验集成。④多案例经验纵向集成机制将动态的问题

分解过程、主动学习过程和援例推理过程集成在一起,使得经验的学习过程更类似于人类解决问题时的层次分解、逐步求精的思维模式,减轻了用户的认知负担。⑤多案例经验横向集成机制将特征聚类过程和援例推理过程集成在一起,允许用户从不同角度学习过去的经验,通过不同思维的碰撞,便于产生创造性问

题求解方案。

参考文献

- [1] Stephen Slade, Case-Based Reasoning: A Research Paradigm, AI Magazine, Spring 1991
- [2] Janet L. Kolodner, Improving Human Decision Making Through Case Based Decision Aiding, AI Magazine, Summer 1991
- [3] Bradley P. Allen, Case-Based Reasoning: Business Applications, Communication of the ACM, 37(3) 1994
- [4] Someswar Kesh, Case Based Reasoning, Journal of Systems Management, July/August 1995
- [5] Patrick Brezillon and Suhayya Abu-Hakima, Using Knowledge in Its Context: Report on the IJCAI' 93 Workshop, AI Magazine, Spring 1995
- [6] 吴建林、李怀祖, 柔性推理研究, 计算机科学, 23(1) 1996
- [7] 贺仲雄、王伟, 决策科学: 从最优到满意, 重庆出版社, 1988