

58-62

复合事例推理的方法研究^{*}

The Research on Hybrid Case-Based Reasoning Method

陈建国 潘云鹤

TP18

(浙江大学人工智能研究所 杭州310027)

摘要 A number of Case Based Reasoning(CBR)systems have been applied in the various fields. However, most of the CBR systems are hybrid because the CBR system cooperates with one or more other reasoning systems. This paper illustrates the structure, principle and work mode of the hybrid CBR systems in detail. Compared with the pure CBR systems, the reasoning ability of the hybrid CBR systems is shown to be higher in both efficiency and accuracy through the explanation of an example.

关键词 Hybrid Case-Based Reasoning, Case-Based Reasoning, Multi-Reasoning Technology, Artificial Intelligence

一、引言

大多数推理系统是混合的,这是因为它们包含了各种不同类型的子系统。复合系统可以是包括模拟子系统和数字子系统。对基于知识的系统(KBS)而言,复合系统是包括事例、规则、框架结构、约束满足的系统,或是一个传统 KBS 和一个神经网络子系统的集成系统。本文叙述了基于事例的推理系统和其它推理系统的集成系统结构。

基于事例推理(CBR)系统是一个用以前经验解决新问题的推理系统。CBR 系统根据新问题的主要特征,从已经构造的、存贮了解决过去问题的正确和失败经验的事例库中选出类似事例的解决方案,这里正确经验用于指导挑选,而失败经验用于避免错误,从中挑选出最佳的方案。调整方案使其满足新问题,然后将最后的方案存入事例库中。

CBR 系统已经使用于广泛的领域之中。但是,在这些系统内部,推理和问题求解的过程又是如何?是仅仅使用纯粹的 CBR 技术还是在 CBR 的基础上结合了其它的推理技术?

研究表明,在许多 CBR 系统中,CBR 技术是与其它推理技术合作来解决特定的新问题。的确,正是结合了其它的推理方法,CBR 的推理能力和推理效

率得到了提高,使用领域得到了拓宽。

二、基于事例的推理

Aamodt 和 Plaza 曾经将纯粹的 CBR 技术概括为四个阶段^[1]:1)检索。在事例库中查找与当前问题最相似的事例。2)复用。重新使用事例库中的事例,解决新问题。3)调整。如果必要,调整新的方案。4)保留。将成功的新方案保存。

CBR 系统的第一步是建立一事例库。事例库一开始不必很完整,正如上述第四步所示,新的解决方案将保存到事例库中。因此,随着时间的推移,事例库将渐趋完整。然后,新问题与库中的事例匹配,检索出一个或多个事例。如果检索的结果多于一个,需要从中选出一个最佳的方案。第二步复用是利用匹配得到的事例的解决方案,测试它是否满足要求。除非满足要求,否则需对方案进行调整,产生一个新方案。最后将成功的方案存入事例库中。

三、基于事例推理的复合系统

在大量实用的 CBR 系统中,有一些系统采用“纯”CBR 技术,即它们仅仅依靠 CBR 技术得出的方案来解决问题。但是,大多数用于复杂任务(例如设计及创新工作)的 CBR 系统是一个复合系统。在

^{*}国家自然科学基金资助课题。陈建国 博士生;潘云鹤 中国工程院院士,浙江大学校长,博士生导师。

这些系统中, CBR 技术是核心。在 CBR 技术的基础上, 结合了一些其它的推理方法, 有时将这些辅助推理系统称为“合作推理器”或“协推理器”。在复合 CBR 系统中常用的协推理器有定性模拟器、约束满足系统、基于规则推理(RBR)系统和基于模型推理(MBR)系统等。

复合 CBR 系统在 CBR 基础上有一个附加的推理系统, 这些协推理系统不是 CBR 系统的一部分, 物理上它们拥有自己的组成部分。以 CBR 和 RBR 的集成系统为例: 在一个 CBR 系统中, 有一个启发性规则集来指导调整, 这些启发性规则是 CBR 系统的一部分; 而 RBR 系统中的启发性规则是独立的、隔离的 RBR 系统的一部分。在集成系统中, 调整两个推理机构之间的控制、通讯、合作的不同方式反映了启发性规则复杂度和功能的极大差别。

复合 CBR 系统中, 常见的有三种结构^[2], 如图1所示:

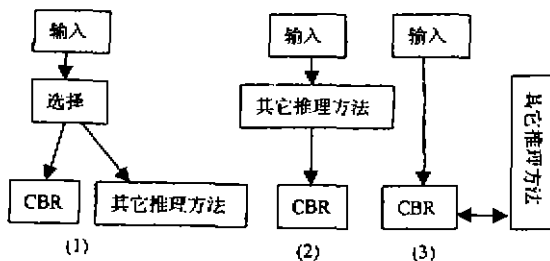


图1 复合 CBR 系统结构

在第一种复合结构中, 用一些控制模块来选择是使用 CBR 系统还是使用协推理器。这一类的系统有: CASEY、ROUTER 等。CASEY 是一个心脏疾病的诊断系统。它在 CBR 系统上还有一个 MBR 系统。当 CASEY 没有与当前情况类似的旧事例时, 则使用 MBR 系统, 该系统从“第一原则”出发产生一个解决方案。一旦 MBR 系统产生了一个方案, 对该方案的因果解释被存入事例库中。ROUTER 是一个道路规划系统, 它使用 CBR 系统和一个数字式 MBR 系统。对于一个新问题时, ROUTER 使用启发性准则选择使用哪一个推理器。

在第二种结构中, 协推理器是 CBR 系统的预处理器。例如 PANDA、JULIA 等。PANDA 是一个点火发动机设计系统, 在系统中, RBR 推理器充当系统其它部分的预处理器, 即用户非正式地描述需求, RBR 翻译器将这些要求转变为正式的设计指标, 这些指标作为 CBR 系统的输入。JULIA 是用于规划

膳食的 CBR 系统, 它拥有一个初始调整转换集。

第三种是一种客户/服务器方式, CBR 使用协推理器来增强自身的推理过程。这一类的系统更多: CADSYN、KRITIK 等。CADSYN 是房屋结构设计系统, 它将设计事例与综合领域知识相结合。在系统中, 一个约束满足协推理器转换设计事例, 使其与新情况匹配, 然后设计约束用于检验新设计。协推理器的输出作为修理过程的基础, 即协推理器辅助 CBR 系统。对修理过的设计重复进行修理, 直到取得一个稳定的设计。KRITIK 是一个设计系统, 它使用一个 MBR 系统来指导调整。目前, 大多数复合 CBR 属于第三种结构。

还有些系统结合了上述3种结构中的2种或全部, 例如 CADET 和 CABARET。CADET 是一个专用于流体力学的设计系统, 它使用过去设计的事例库来实现所需系统的部分功能。它的结构围绕着一个由控制模块管理的黑板。控制模块存取三种形式的合成方法, 即基于规则、基于事例和基于搜索的合成方法。通过存取一个定性仿真系统和约束检查系统, 评估模块审核潜在的设计。CADET 很复杂, 功能也很强。需要时, 它复合各种推理策略, 它有时被认为是第一类系统, 有时具有第三类系统的结构。CABARET 是一个与领域无关的推理系统, 它将 CBR 和使用一套控制启发性准则的 RBR 系统相结合。根据控制启发性准则, CABARET 可以是三个类型中的任何一种结构。

在特定的领域中, 由于任务的复杂性, 使用复合 CBR 系统是必要的。对于不同的子任务, 使用不同的推理过程。在设计、诊断、规划或修理等领域中, 仅仅依靠纯 CBR 技术是不够的。必须运用辅助的推理技术。一个由 CBR 系统和其它推理系统组成的集成系统的能力远远超过了两个推理系统单独使用时所具有的推理能力之和。

四、复合 CBR 系统的优化方式

在一个复合 CBR 系统中, 必须考虑使用什么样的协推理器以及如何使用它们。一个 CBR 系统的推理过程分为以下几个子任务: 问题说明、事例匹配、事例选择、事例调整、事例评估和事例修理等。因此, CBR 系统在任何一个推理阶段运用协推理器都可使自身得到加强。然而, 对于一个特定领域的一个特定任务来说, 仅仅需要一定局部的加强。因此, 有必要分析特定领域的任务, 以确定应该增加什么协推理器和在什么地方使用协推理器。

一旦选择好推理器,则需要考虑各种部件合作的方法,通常有二种合作方法:紧耦合法和松耦合法:

- 紧耦合法,系统算法描述通讯和控制策略。

- 松耦合法,系统动态确定控制,系统中各部件不是紧密相连。

紧耦合法具有效率高和较大的交互性等特点,松耦合法却更灵活。下面我们详细讨论一种复合 CBR 系统:CBR 与 RBR 的集成系统。希望通过讨论,使我们能对复合 CBR 系统的了解更为具体。

五、一个例子:CBR+RBR 集成系统

CBR 系统适用于经验丰富的领域,而 RBR 系统在知识丰富的应用环境中能够得到合理运用。一个 CBR 系统主要使用过去的经验作为其求解工具,因而当以前的经验不是全局的良好表示时,它的求解能力就会受限制。相反,RBR 系统需要一个构造良好的领域理论作为其推理基础,它并不使用储存在以前经验中的知识。

CBR 技术是一种归纳推理方法,它对新事例的推理是通过将它与以前存贮在系统中的事例比较而得到。在求解新问题时,CBR 以旧经验为例子,并使用从旧经验得到的同样策略。因此,对于理解不良的面向经验的问题领域,CBR 被认为是一种有效的求解策略。

RBR 技术是一种演绎推理方法,它通过运用丰富的领域理论来指导求解器,以达到一定的目的。RBR 使用演绎方法,从一套规则推演出解决方案。当问题领域理论良好定义时,它使用存在的领域理论,比其它推理方法更有效。

归纳和演绎推理方法各有特长和弱点。一般来说,CBR 系统适用于经验丰富,但知识贫乏的领域;而 RBR 系统能够处理知识丰富且系统阐述的领域。因此,将 CBR 和 RBR 合二为一的集成系统将拥有两者的长处,克服两者的不足。所以,集成系统可用于知识贫乏和经验不足的问题领域。

1. CBR:归纳推理方法

CBR 系统根据事例的基本特征,将新问题与以前成功求解的旧事例相匹配,从而避免了不正确的推理过程。CBR 系统的主要过程是记忆和调整、知识表达、建立索引机制、如何使用不同的搜索策略执行匹配过程、以及有一个以上的匹配时如何选择最好的一个等。CBR 系统通过以下几步改进问题求解过程:

- 它允许问题求解器从以前经验推理来解决新问题。

- 它允许问题求解器将注意力集中在问题领域的主要特征上。

- 它避免了以前的错误推理。

总之,CBR 方法在经验丰富和知识不足的问题领域是一个有力的推理方法。

2. RBR:演绎推理方法

RBR 系统的领域理论通常用一套产生式规则来表示,即 IF-THEN 语句。这些语句定义了问题领域概念间的逻辑关系。这类系统通过使用从专家处得到的领域知识来解决问题。问题求解过程包括在知识库的搜索,它能引导问题求解器达到目标状态。专家系统就是演绎推理系统的例子,前提是一个专家的知识可以包括在一套规则之中。

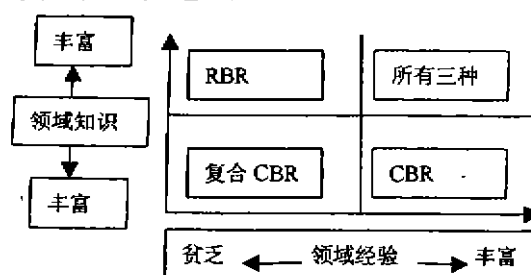


图2 CBR、RBR 和复合 CBR

与领域经验及知识的关系

3. 归纳推理方法和演绎推理方法的集成

将归纳推理方法和演绎推理方法相结合的复合系统,在问题求解时,既可以使用存在的领域知识,又可以使用过去的经验。该方法克服了在经验贫乏且知识贫乏领域中 CBR 和 RBR 的不足。与 CBR 与 RBR 相比,复合 CBR 系统在几个方面独特之处:

- 它具有演绎机制,以前事例可以被扩展和说明,这个机制综合了事例库中的事例,通过扩展增强了问题求解能力。

- 它使不改变旧事例而改变策略或规则成为可能。

- 它将以前的经验与策略和规则相结合,这使得决定更符合于环境。

CBR、RBR 和复合 CBR 系统的适用性与领域经验知识的关系如图2所示^[1]。

4. CBR 和 RBR 集成系统分类

对于将 CBR 和 RBR 的组合,已经提出了许多方法。每种方法都是围绕特定的知识要求来设计的。

例如,有些方法拥有单独的规则和事例;有些方法从一个知识源开始,然后从第一个知识源派生出第二个。在这些方法中,规则和事例的集成方式也有所不同,有些强调 CBR 和 RBR 如何以及何时相互激发;

而有些将注意力集中在如何协调 CBR 和 RBR 相冲突的结果。根据这些区别,图3表示了这些方法的层次结构。

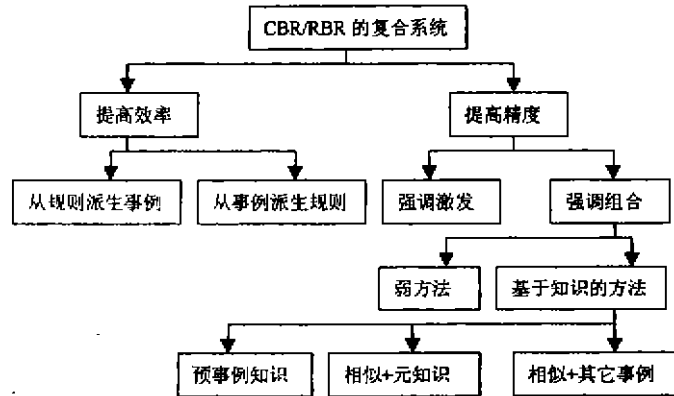


图3 CBR 和 RBR 集成方式

第一个分支点测试集成方法使用的规则和事例是相互依赖的还是相互独立的。如果是相互依赖的,则意味着一方是从另一方派生而来。这种方法称为“效率提高法”,主要动机是以一种能提高问题求解效率的方式表达知识;规则和事例相互独立的方法称为“精度提高法”,主要出发点是通过开发多个知识源提高问题的精度。

(1)“提高效率法”系统 根据知识派生的源和方向,“提高效率法”可进一步划分为“从规则派生事例”和“从事例派生规则”两种。

在“从规则派生事例”中,复合 CBR 系统拥有从规则派生而来的事例。这些事例是以前碰到的特定情况下如何使用规则的记录。通过从这些事例的推理,系统用不着从零开始运用规则来求解新问题,从而避免了长时间的推理过程。然而,从规则派生所得的事例集 C 很可能会最大,如果缩减事例集 C,则可能会使被删除的事例将得不到正确表示。

在“从事例中派生规则”的系统中,通过一些综合过程推断出规则。这些系统必须依然保存事例。因为规则很难表达事例的全部知识。在这些系统中的规则可作各种用处,例如,使数据表达更紧凑或对事例存取更有效。但是,转换得到的规则集 R 有可能很大,这是因为对每一个目标领域,事例能够产生细微的不同规则。为了减少集 R,将过多的规则用少量的更一般化的规则来代替(用归纳程序处理多个事例可以达到此目的)。不过,不论怎么处理,这样的综

合超过了 CBR 从原来事例得到的综合,因而有可能过分综合。

规则和事例任何一个方向的转换都会引起效率低或不可靠的表示。这种情况的程度如何决定了是采用转换还是采用一个混合系统。在一定的领域中,从事例到规则的转换(由归纳程序完成)是合理的。然而,转换会留下两套规则:原有的规则和从事例派生的规则,这两套规则必须进行集成。

(2)“提高精度法”系统 使用独立的规则和事例的系统也分成两组。第一组强调如何及何时激发相应的 CBR 和 RBR 部分。第二组强调一旦激发了推理部分,如何结合相应的结果。

第一组用于为支持用户的状态而收集证据,这些系统对用户的状态正确与否不作明确的决定,因此它们不解决 CBR 和 RBR 之间的冲突,而仅仅提供所有的证据。这些系统的重点不在于结合 CBR 和 RBR 的结果,而是决定从对目标问题有利的角度出发,何时激发 CBR 和 RBR。例如,如果规则推理的结果不理想,则激发系统中与规则不同的事例。

第二组系统强调协调 CBR 和 RBR 的结论。协调的方法可通过弱方法和基于知识的方法来实现。

弱方法是一种不需要领域知识的通用方法。使用弱方法的系统无需领域知识来决定是使用规则还是使用事例,而是采用一定的策略。例如当 CBR 适用时先使用 CBR 系统;或根据 CBR 和 RBR 的输出按一定的方式求出解决方案。

