

基于事例推理的继电保护运行管理专家系统

王文君,张沛超,郁惟镛

(上海交通大学电力系,上海 200240)

摘要: 基于事例推理(CBR)是近年来专家系统领域内的一个热点问题。首先介绍了 CBR 的概念和关键技术,并将其应用于网调继电保护运行管理专家系统。结果表明,与传统的基于规则推理(RBR)相比,CBR 具有效率高且有自学习能力的优点。

关键词: 基于事例推理; 基于规则推理; 继电保护; 专家系统; 自学习

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2001)12-0018-05

1 引言

近几年来,国内外学者对专家系统在电力系统中的应用作了大量的研究工作,并开发成功了许多系统。这些系统大都是基于规则推理(Rule-Based Reasoning)的。对于这些系统的知识库,由于领域专家可能难以明确表达他的全部知识,因此往往需要领域专家和知识工程师反复交换意见,即便如此,获取的知识仍然可能是不全面的。更为不利的是,这些知识往往是静态的,不能适应领域知识不断发展变化的要求,因而导致专家系统难以实现自学习功能,使得开发出的系统生命周期很短,从而大大限制了专家系统在该领域的进一步应用。

而电力系统领域专家在实际工作中的思考方式是非常简洁实用的,这就是除了采用必要的规则推理以外,他们更多的是利用其脑海中已熟知的典型方案,根据对比实际问题,加以适当修改和调整,从而得到符合实际问题的求解方案。这种思维方式恰好和智能界近来兴起的基于事例的推理(Case-Based Reasoning)方法相吻合。

在我们开发的网调继电保护运行管理专家系统中采用了 CBR,取得了良好的效果。本文将对此作详细的介绍。

2 CBR 简介

CBR 起源于 70 年代,是人工智能发展过程中涌现出来的区别于 RBR 的一种推理模式。其核心思想是:当求解问题时,在以前类似的求解问题的成功范例基础上进行推理,而不必一切从头作起^{[1][2]}。因此,人们常采用基于事例推理来提高解决问题的效率。

在 CBR 中,事例库模拟人脑的记忆,存储了一些过去的相关经历(事例),这些事例按一定的方式

组织,以便在需要的时候能及时取出。回忆过程对应了 CBR 中从事例库中检索出相关事例的过程。被检索的候选事例可能与新的情形不完全一致,这时需要对该候选事例的某些特征进行修改,以适应新的情况。修正后的事例是否适应实际情况,还需要得到检验。如果经过检验发现不符合实际情况,还需要进行修改,最后新的事例以一定的策略加入事例库中(见图 1)^[3]。这样通过对旧事例的证实和修正,可不断获得新的知识,因此,通过 CBR 技术的应用,就达到了知识动态学习更新的目的。

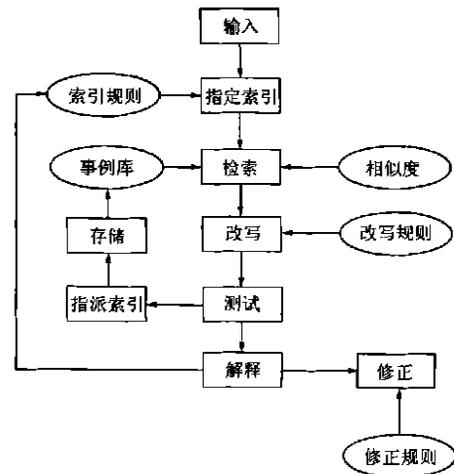


图1 基于事例的推理流程图

3 CBR 的关键技术

CBR 的关键技术包括:事例表示方法,事例索引方法,事例检取方法。

3.1 事例表示方法

CBR 系统的核心是事例库。CBR 系统的性能和效率在很大程度上依赖于事例的组织 and 表示方法。它将直接影响事例检取、应用、修订和存储方法。

一个事例通常包括三部分内容:(1)问题情景描述;(2)求解问题的方法、过程、假设或解释;(3)最后的结果。

事例表示法可广泛采用各种 AI 表示法,例如规则、一阶谓词、语义网络、框架、面向对象以及关系型数据库等表示法。应根据具体问题域的特点和要求选择合适的表示法。

3.2 事例索引方法

事例检索和事例存储都需要利用事例索引。事例索引对提高整个系统的推理和学习效率非常关键。在一些简单的系统中,往往选择所有问题特征做为索引。这对于大型系统,会消耗大量的计算机资源。在大型系统中,应该根据一定的原则正确地选择索引。常用的索引方法有相似法、差异法、归纳法(如 ID3 算法)等。

3.3 事例检取方法

给定问题描述后,CBR 将根据一种事例检索算法,使用事例索引,从事例库中检索出与该问题描述最为相近的一个事例。

必须注意的是,CBR 系统中的事例检索和数据库系统中的数据查询有着很大的区别。后者对数据总是进行精确的匹配,而前者则需要对事例进行模糊的或者部分的匹配。这是因为,针对新的问题,一般不在事例库中找到与之完全匹配的旧事例,而总有所差别。最近邻法^[4](Nearest neighbour)是常用的事例检索方法。该方法利用相似度函数来进行检索,其表达式为:

$$MC^k = \frac{\sum_{i=1}^n i \sin(f_i^l, f_i^r)}{\sum_{i=1}^n i}$$

式中: i 是第 i 个问题特征的权重, f_i^l 和 f_i^r 分别是输入事例和输出事例的第 i 个问题特征的值, $\sin(f_i^l, f_i^r)$ 是输入事例与输出事例之间的属性相似度, MC^k 是考虑到权重后的综合相似度。

4 基于事例推理开发的网调继电保护运行管理专家系统

4.1 概述

图 2 是某网调继电保护运行管理事例库结构图:

其中,事例库中线路操作的事例特征为:

- (1) 电压等级:500kV、220kV
- (2) 线路结构:两双母、两 3/2、双母-3/2
- (3) 主接线上开关状态:正常、全停、停对侧 ...

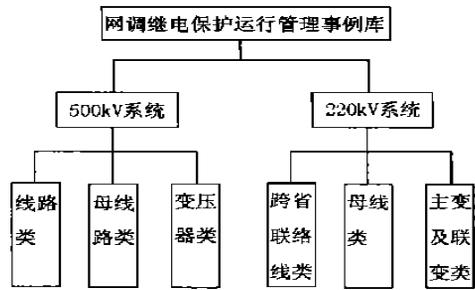


图 2 网调继电保护运行管理事例库结构图

- (4) 输电线运行状态:正常、停两侧、停一侧
- (5) 线路电抗器开关状态:正常、停两侧、停一侧
- (6) 母联状态:正常、母联代线路开关
- (7) 同串变压器的状态:正常、停一侧
- (8) 联接变压器的状态:正常、全停、停高压侧、停中压侧、停低压侧

事例库中所有的事例均以电压等级为索引。

本专家系统中的事例以文本格式保存在事例文件中。程序运行时,首先读入事例文件,保存在内存中,并建立索引。用户输入新事例后,通过事例匹配技术在事例库中查找出与用户事例最匹配的旧事例,最后将解决方案显示在屏幕上,如果用户不满意,可以对事例进行适当地修改,然后把该事例加入事例库中,从而实现了自学习的功能。

4.2 实例

下面以网调 500kV 线路操作为例,事例库中共有 16 个事例,现以事例 3(图 3)为例说明之。

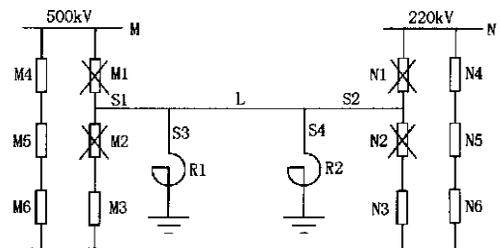


图 3 3/2 接线,线路两侧开关停及线路停

方式说明:MN 线停电检修,M1、M2、N1、N2 停。

事例的描述

事例 03:

特征:

- 电压等级:500kV
- 接线方式:两 3/2
- 主接线上开关状态:全停
- 输电线的状态:停两侧
- 线路电抗器开关状态:停两侧

保护对策通则:

动作1:将MN线路两侧保护及电抗器保护停用;

动作2:将稳定措施停用;

动作3:将两侧重合闸停用;

动作4:将M1、M2开关的失灵保护停用;

动作5:将N1、N2开关的失灵保护停用;

动作6:系统稳措安排由运行科决定;

动作7:恢复送电时,请按现场规程投入被停用保护及投入重合;

动作8:按运行科通知决定是否恢复本线路稳定措施。

4.3 CBR与RBR比较

(1) RBR系统本身不会学习,其知识库也不会有任何扩充,所以它只能解决事先定义好的问题;而自学习是CBR系统的基本功能,它能够由推理结果,通过学习机制总结事例知识,然后自行加入事例库,这正是CBR的生命力所在。

(2) CBR可以将与当前事例相似的事例展现在用户面前,供参考修改,而不必一切从头开始那些不仅繁琐、而且没有任何创新意义的重复劳动,这部分工作往往占整个工作的大部分甚至绝大部分。

(3) 对于纯RBR系统来说,由于领域规则之间、领域规则与控制规则之间仍有许多依赖关系,这使得系统增加或修改知识的调试工作量很大。

总之,采用CBR方法可以较好的模拟专家的联想、直觉、类比、归纳、学习、记忆等思维过程,但它的推理显得有些牵强、不可解释且缺乏系统性,这是由于它缺少演绎能力的缘故。如果我们在一些必要的

环节中再引入演绎推理能力极强的RBR方法,不仅会大大增强系统的灵活性及综合能力,还会明显减少事例检索及事例库的负担。所以CBR和RBR相结合会使专家系统的适应能力与自学习能力大大增强。

5 结语

CBR是一种区别于传统的RBR的新型推理方法。本文提出了将CBR应用于继电保护管理专家系统,并以网调继电保护运行管理专家系统为例,证明了其可行性。同时指出,CBR和RBR相结合会使专家系统的适应能力与自学习能力大大增强。

参考文献:

- [1] Watson I. An introduction to case-based reasoning. In Progress in Case-Based Reasoning, 1995:3-16.
- [2] Marir F & Watson I. Case-based reasoning: a categorised bibliography. The Knowledge Engineering Review, 1994, 9(4):382-419.
- [3] 雷永刚,等.冷挤压工艺设计的CBR系统及其关键技术研究.上海交通大学博士学位论文,2000.
- [4] Aamdt A. Explanation-driven retrieval, reuse, and learning of cases. In EWCBR-93. First European Workshop on Case-Based Reasoning. University of Kaiserslautern SEKI Report SR-93-12. 1993.

收稿日期: 2001-05-10

基金项目: 上海市教育委员会重点学科项目

作者简介: 王文君(1977-),男,硕士,从事专家系统在电力系统中的应用研究; 张沛超(1970-),男,硕士,讲师,研究方向为专家系统在电力系统中的应用; 郁惟镛(1940-),男,教授,博导,主要从事电力系统及其自动化的教学与研究工作。

The protection operation management expert system based on CBR

WANG Wen-jun, ZHANG Pei-chao, YU Wei-yong
(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: Case-Based Reasoning (CBR) is a hot spot in expert system field in recent years. Firstly, the concept and key techniques of CBR are introduced, then the application of CBR to Protection Management Expert System in the dispatch center is discussed. The case demonstrates that CBR has the characteristics of high efficiency and self-learning with contrast to conventional Rule-Based Reasoning (RBR).

Keywords: case-based reasoning; rule-based reasoning; relay protection; expert; self-learning

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告