

构造诊断专家系统知识库的新方法

李跃新 (吉林大学计算机系)

摘 要

通常的专家系统技术强调表面知识,一旦被诊断的问题超出了表面知识的范围,系统功能就显著下降,这样专家系统的能力受到了一定限制。本文以 IDM-EL (诊断机械设备系统) 为例,强调深层知识,提出诊断专家系统中的经验知识和原理知识,并以这两种类型知识构成专家系统。在诊断过程中,通过这两种类型知识的相互作用,使整个系统更加完善,功能更强。

一、引 言

一个诊断方面的人类专家具有与问题有关的各种不同的知识,其中包括该领域的一切物理性质和处理特定问题的基本步骤。他们还具有该领域的基本知识,即“深层的”、“因果关系”的知识,其中包括与问题有关的基本原理,物理问题的基本知识。当诊断具体问题时,专家能提供问题的起因和后果等信息。第三种类型的知识常称为“表面的”,“经验的”知识,这种知识是根据经验,通过反复诊断领域问题及使用“领域基本知识”而获得的。它给专家提供了求解问题的捷径,所以专家解决问题比新手更快,更有效,更精确。

当然,各种类型知识之间并没有十分明确的界线,它们只不过是常识到经验知识这一连续统一体中的一个简单划分。当诊断一个问题时,专家将以高度综合的方法使用所有前述各种类型的知识。起初,专家试图使用经验知识,因为这种知识提供了一个快的,有效的解决问题的方法。如果没有经验知识可用,专家很轻易地使用那些他认为既必要又适当的其他类型的知识。例如,在试图决定为什么汽车不能启动时,专家怀疑电池有问题,可能换电池或重新充电。根据经验,有时这样做是可行的。专家之所以这样做是受电池使用时间太长或被腐蚀无电的经验知识所驱使的。若这样做不行,他可能就要考虑电路方面的问题,用到原理知识,即电路有故障,则没有电流,所以汽车不能启动。

通常的专家系统技术,往往侧重于表面知识。即使深层知识被使用,也常常以表面知识相同的方法编码,应用,结果专家系统中的新有知识以同类

对待,专家系统给人的印象是其能力有限。由于知识的性质,解释能力不够,每当遇到一个超过专家系统能力之外的问题时,系统的性能很快下降。

近来,国外对专家系统,特别是诊断与维修领域的专家系统的研究,已经强调深层知识。如 Davis 关于电器设备故障诊断用结构与原理方法的研究^[1], Chandrasekara 与 Mittal 研究的从医疗诊断领域中的深层知识编译诊断知识^[2], de Kleer 关于提供设备行为、解释设想和定性物理过程的研究^[3]。然而关于领域问题的基本原理与专家的经验知识相结合以更好地处理问题的研究工作还做得很少。如果专家系统不具备与人类专家能力相似的知识,就不可能指望它有得意之举。

怎样才能使专家系统具备与人类专家能力相似的知识呢?这要求我们在构造专家系统时,不仅要强调专家的经验,而且要注意领域的基本原理知识。这两种类型的知识各自用我们认为对它们是最适合的方法表示,构成两种不同类型的知识库,其中有各自的推理机。这样它们在各自的权力范围内自成一个专家系统。这两个系统通过一个执行器综合起来成为一个诊断特定问题的专家系统(图1)。这个执行器也有一个知识库,它维护诊断过程的中间结果和数据,并且还提供经验与原理知识之间的“变换”方法。这样的系统能解决那些无经验知识可用情况下的问题,即使遇到知识表示范围外的问题,系统性能也不致于显著下降。

二、构造原理知识库与经验知识库

如何实现上述系统呢?现用已实现的 IDM-EL 系统为例,进行说明。

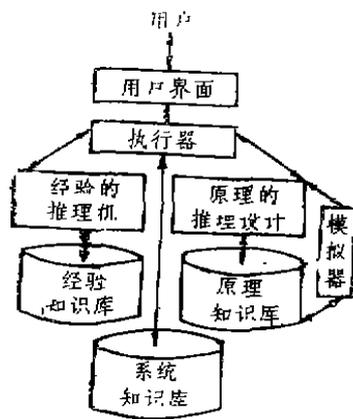


图1 综合诊断法原理框图

首先是原理知识库的建立。我们认为，任意的机械或电气设备是由若干功能部件组成，这些部件可认为是功能元，它表示了在很多不同设备上的一般功能。如电池不管在什么设备上，它的功能是提供电能。这些功能元还含有部件故障的定义。如电路中没有电流，则电路一定不是闭合的，这个故障是由于断路，短路或电池失电引起。人类专家在没有经验知识可用时，就运用设备中各部件的原理知识，来判断问题，诊断那些他不熟悉的设备。

一个设备可以抽象地认为由一个功能元集合组成，把功能元的见解用来对计算机描述特定设备及功能。用这些功能元定性模拟处于诊断下的设备。常用的功能元有：1) 转换器，作用是传输物质A且转换成B，2) 规则器，根据控制变量S，对输入物质A产生一个变换，3) 存储器，仅用来存储要输出的物质，4) 导线，在两个功能元之间传输物质。

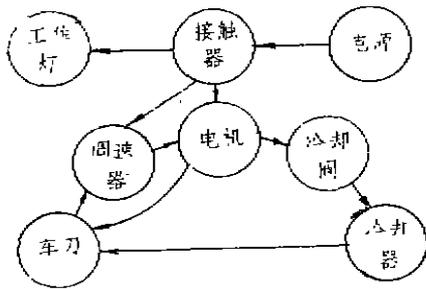


图2 简单的机床控制系统的原理知识库

图2表示了一个简单的机床控制系统的原理知

识库，每个结点为一个系统部件，用功能元表示，如电源可以认为是存储器，车刀是转换器，调速器是规则器，箭头是导线。采用这种信息的概括，当系统诊断不熟悉但相似的设备时也能使用。如象特定机床上的电机是不同类型电机中的一元，但它们有相同的工作原理，在系统中扮演同样的角色——电能转换成机械能。

一旦设备用这些功能元表示在计算机内，给出系统中某个部件状态的特定值（如接触器），IDM-EL 系统能通过模拟确定该部件在设备中的作用，进而得出确定值。模拟开始时故障行为由错误的症状得出。这种模拟是根据输入或输出设备部件的物质和它们的量得出的，例如，输入到车刀上的物质是电机的电力和冷却装置的冷却液，而作为转换器，它把这两种输入转化为进刀量，即削尖头上的工作。模拟如此一步一步地进行，直到在某时刻得到某个部件的输入（输出）。如果车刀温度过高，常在的错误是冷却阀没打开，或没有冷却液，或电机转速过高。

另外一个方法是利用诊断原理规则指导诊断。这些原理规则检查功能部件和特定分立部件或组件的故障问题。这些规则依据的是各功能部件的输入和输出值：

- 1) 如果不知道一个功能部件的输入值，则询问用户；
- 2) 如果一个功能部件的输出不正确，则检查它的输入；
- 3) 如果一个功能部件的输入不正确，则检查它的输入源；
- 4) 如果一个功能部件的输入正确，但输出不正确，则可假设被检查的部件有故障。

一旦故障被查出，系统就提出一些解决问题的办法。

在人类专家进行诊断时，首先检查设备的最初信息和现象，由此提出假设，从分析初始数据，测试设备获得更多信息，演绎出结论，并作必要的处理，一旦这样做失败了，专家又重新开始诊断。不管什么类型的知识（经验的，原理的，常识的）都遵循这一过程。

在系统中经验知识的形式反映了这个诊断过程，系统用语义网络把知识库构成三个不同级别的求解问题知识（图3）。第一级是信息级，包含与现象，测试有关的知识，如“汽车不能启动”。这一级知识与提供设备可能的物理状态的假设级知识结



解级：矫正法，修理过程，计划处理，维护等 -
假设级：物理或生理的状态，目标，推论等
信息级：观察，测试，信号数据，症状等

图3 经验知识库的一般构造

合，如“电池耗尽或漏电”。反过来这些假设又与其他信息有关，如“车灯明暗程度如何？”这些假设又与提出处理问题的解级结合，如“更换电池或充电”。这种技术为专家系统提供了结构，为诊断过程提供了框架。

系统在搜索时，最初的数据是在信息级获得的，然后提出可考虑的假设。这个假设再提出更多的需要从信息级获得的数据。搜索在假设与信息级之间反复进行直到假设被足够的证据所证实。然后沿着假设与解级之间进行搜索。如果结论与给定的问题不相符合，则可以考虑其他的结论或搜索引起故障的其他原因。

三、原理知识与经验知识相互作用

在诊断问题时，这两种类型的知识得进行相互作用。什么类型的知识在诊断过程中起控制作用是每时每刻都在变化的。IDM-EL系统能综合这两种类型的知识。从一个知识源获得的信息很容易地通过执行器转化为其他知识源的信息，如当“经验专家”在询问工作灯是亮的时，“原理专家”一定能自动演绎出从电源到接触器及接触器到电机的导体是正常的，作为结论，“经验专家”不必问用户接触器是否正常。IDM-EL系统初期是由“经验专家”控制，如果失败，控制由“原理专家”取代。当“经验专家”在控制诊断时，“原理专家”在一旁“观望”。“观望”携带着由“经验专家”获得它可能模拟有关问题的信息。模拟揭示的新信息也由“经验专家”通过相同的系统知识库获得。然而一旦超出“经验专家”的能力，它不会再被使用，“原理专家”很容易携带着从“经验专家”那里得知的事实及处理事项，用前述的四条规则指导诊断过程。如果问题已知，“经验专家”常先用于诊断，这样做找出问题的解是迅速的，因为它的知识是根据表面的启发式论据，即使没有理解它们的含义，但找出问题的解是高效的。如果求解失败，由于提供了已经被确定的设备

正常工作的部件，所以导致“原理专家”能更有效的求解。总之快速求解靠“经验专家”，而完整，良好的解释靠“原理专家”，如此交替使用是非常有效的。

这两种类型的知识相互作用的另一个方面就是学习。学习是一个需要从原理知识与众多的经验知识结合产生新的经验知识的过程。在理论上，IDM-EL系统打算提供这样做的框架，因为它包含了必要的原理知识和一种表示经验知识的方法。经过一段时间后，依据“原理专家”在诊断问题时所得的经验，系统能获得从什么样的初始症状会导致什么样的诊断结论的知识。每条经验将以某种方式“存储”在计算机内且与其他的经验比较，当有足够的证据证实一个特殊症状集会致一个特定的故障（或若干故障）时，这个知识就被转化到经验知识库中。当然，这样做确有一定的困难，问题也必定不少，这些问题有待进一步研究。

参考文献

- [1] Pamela K. Fink and John C. Luthy, "Expert systems and Diagnostic Expertise in the Mechanical and Electrical Domains", IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, vol. SMC-17, No.3, MAY/JUNE 1987
- [2] Davis, "Reasoning from first Principles in electronic troubleshooting", Int. J. Man-Machine Studies, vol.19, No.5, Nov 1983
- [3] B. Chandrasekaran and S. Mittal "Deep versus compiled knowledge approaches to diagnostic problem-solving", Int. J. Man-Machine Studies, Vol.19, No.5, Nov.1983
- [4] J. de Kleer and S Brown, "Foundations of envisioning, "in Proc. Nat. Conf. Artificial Intelligence, Aug, 1982.
- [5] [美]S. M. Weiss C. A. Kulikowski 著. 宫富光 陈字孔译, 管纪文校《专家系统设计实用指南》吉林大学出版社
- [6] 管纪文著《专家系统研制》(研究生油印教材)