



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 89106093.6

[51] Int. Cl⁵

G06F 15/40

[43] 公开日 1990年2月21日

[22] 申请日 89.7.24

[30] 优先权

[32] 88.7.25 [33] US [31] 224,508

[71] 申请人 西屋电气公司

地址 美国宾夕法尼亚州

[72] 发明人 卡尔·E·哈皮尔

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
代理部

代理人 范本国

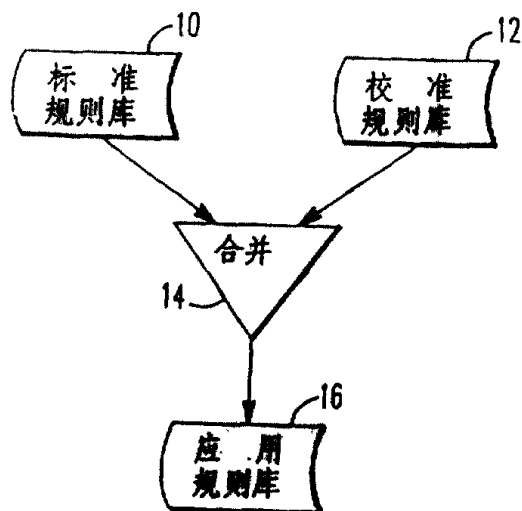
说明书页数: 7

附图页数: 1

[54] 发明名称 建立、维护和使用专家系统的方法

[57] 摘要

本发明为一种建立、维护和使用专家系统的方法, 该方法是把专家系统的规则库分成标准规则库和校准规则库。标准规则库存入一个只读文件, 而校准规则库则存在一个读/写文件中。为同一型号的几个单元或同一类型的几台设备提供的完全相同的标准规则库, 同时各个单元又具有其自身的校准规则库。一个单元的操作者可以访问校准规则库, 并能对它作适当的修改。适应于某一特定单元的校准规则库与标准规则库相合并, 从而形成可用来检验设备的应用规则库。



<39>

1. 一种在一个包含许多台（或件）的不同的被控设备的定义域内建立、维护和使用一种可变换的计算机专家系统规则库的方法，该方法包括下列步骤：

（a）把上述规则库定义域内的不同单元所共用的标准特征存入一个依次只读标准文件，其特征在于：

（b）把上述的规则库定义域内的不同单元所特定的校准特征存入至少一个依次可改动的校准文件，

（c）把应用于每个单元的标准文件和校准文件加以合并，从而在该规则库的定义域内得到一个新的经修改的专家系统。

2. 一种如权利要求1所述的方法，还包括下列步骤：

（d）通过（i）改变原来存入的校准特征，和（ii）加入新的校准特征这二个方法中的至少一个来改动校准文件，

（e）在步骤（d）中的改动之后重复步骤（c）中的合并操作。

3. 一种如权利要求1所述的方法，还包括下列步骤：

（d）建立一个新的校准文件，

（e）把上面的新校准文件与用于规则库的定义域内的另一其他单元的标准文件加以合并。

4. 一种如权利要求1所述的方法，还包括下列步骤：

（d）通过执行下列步骤来修改应用于某一单元的标准特征：

（d1）重新建立去掉一个标准特征后的标准文件，

(d 2)把上面的那个标准特征作为一个新的校准特征加入校准文件。

(d) 重复步骤 (c) 中的合并。

5. 一种如权利要求 1 所述的方法，其中步骤 (b) 包括下列步骤：把根据一个第二条件的至少一个第二可信度为一个第一条件建立一个第一可信度这一规则作为一个校准特征存贮起来。

6 一种如权利要求 1 所述的方法，其中步骤 (b) 包括下列步骤：把在应用规则库产生的报告中建立起一种诊断的排除这一规则作为一个校准特征存贮起来。

7. 一种根据权利要求 1 所述的方法，其中所述的步骤 (b) 包括：

(b 1) 为第一和第二单元建立第一和第二校准文件，

(b 2) 把根据第二条件的至少一个第二可信度来建立第一条件的的第一可信度这一规则作为第一校准文件的校准特征之一存贮下来，

(b 3) 把为了根据第二可信度而建立第一可信度设立一个充分条件这一规则作为第二校准文件的校准特征之一存贮下来，

其中，步骤 (c) 还包括把第一和第二校准文件中的每一个分别与适用于第一和第二单元的标准文件相合并。

建立、维护和使用专家系统的方法

本发明涉及计算机专家系统的建立、维持及使用，更具体地说，是涉及用于同一类型的不同设备的专家系统规则库的建立和维护。

目前，专家系统在检验设备（特别是运行中的设备）方面的应用越来越广泛。在许多种类的设备如电力公司所用发电机及规模相似的其它一些设备中，总有几台设备是同一类型或型号的，制造时被做得实际上完全一样。但是，由于制造过程或者设备运行环境的差异，与某一特定单元相一致的一个类型的不同设备在某些参数或检测器读数上总会有些变动。这种特性通常被说成（例如）：“这台机器容易发热”，或者，“这台机器发热得较慢”，等等。

现有的专家系统通过为每一台设备维护一个规则库的方法允许这些单元间的变动存在。如果发现应当对同一类型的所有设备的规则库加以修改的话，必须对每个规则库进行单独修改。这种改动不能采用只进行一次改动然后把改动内容拷入其它规则库的方法，因为这样一来某台具体设备的特有特征将被进行第一次修改的那个规则库中特征所改写。有些专家系统通过把特征分为定义规则的一个文件和定义参数的一个文件的方法来缓解这些问题。这样做固然可以把规则的改动从一个规则库拷入另一个规则库不影响各参数，但是并不能允许对某一台具体设备所特有的规则进行修改，也不允许对某一型号的所有设备所公用的参数文件进行修改。

本发明的一个目的是提供一种有效地建立和维持一种能对非常相似

的几台设备进行检验的计算机专家系统。

本发明的另一目的是提供维护对这种一种专家系统的规则库的公共特征的控制而又允许规则库根据某台具体设备而修改的一种方法。

广义地说，本发明是一种建立、维护和使用一种一个定义域内的计算机专家系统规则库的方法，该方法包括下列步骤：在规则库的定义域中的一个顺序只读标准文件中存入各个不同单元公用的标准特征，在规则库的定义域中的至少一个顺序可改动校准文件中存入各单元的独特的校准特征，把标准文件和校准文件加以合并，以应用于规则库定义域中的一个单元。

为了使本发明能被更好地理解并马上实施，下面只以范例的方式结合附图描述本发明的一个最佳实施例。附图中，

图 1。是根据本发明的最佳实施例的专家系统规则库的文件结构方框图。

图 2 A。是先有技术中的规则库的规则网络图。

图 2 B。是本发明的一个最佳实施例的规则库的规则网络图。

图 1 中的方框图示出了本发明的一个基本特征。标准规则库 10 以只读方式存储以备后用。不同单元在规则库定义域内公共的标准特征存入标准规则库 10 中。同时建立另一个分开的文件 12，其中存入可能是因各单元而异的规则库域内的校准特征。校准规则库 12 是一个读/写文件，是一个可顺序地修改的校准文件。在规则库第一次使用之前，标准规则库 10 和校准规则库 12 还需进行一次如数字 14 所示的合并，从而形成一个应用数据库（最好是一个只读文件）。应用数据库 76 可被用作一个常规的专家系统规则库在该规则库的定义域中对设备进行检验。这样规则库常用米诊断重型设备（如发电站

里的发电机)的运行故障的起因,这样,在某个部件完全报废之前的预定的关机期间内就能对故障部件进行修理。应该理解的是,这不是本发明的专家系统规则库的唯一应用,本发明可用于适合其他不同目的的各种专家系统。

一旦由于某一条件改变或者规则库定义域中有关某一具体单元或设备的设置发生变化而需要更正应用规则库 16 时,就对校准规则库 12 进行修改,并重复合并操作 14,建立一个新的应用规则库 16。另一方面,如果一旦判定对应用规则库 16 所作的修改适用于标准规则库 10 的定义域内的所有或者差不多所有单元时,就建立一个新的标准规则库 10,并使之与对应于各个单元的校准规则库 12 相合并从而为定义域中的各单元建立应用规则库 16。对标准规则库 10 的修改远没有标准规则库 12 的改动那样频繁。在某些场合下,根据标准规则库 10 的改动有必要改动某些甚至全部校准规则库,但是在典型情况下对标准规则库的改动的效率要比在常规的专家系统中高得多。在常规的系统,只有多个应用规则库 16 存在,每个应用规则库对应了某一具体单元,与对应于同一定义域中的或同一类设备的其它单元的应用规则库 16 相比具有许多公用的特征,但每个规则库必须单独改动。

以发电厂的发电机为例,一般用一种型号几台发电机来构成不同的发电厂,这在全美国和全世界都是如此。在某些情况下,一家电力公司可能拥有几台同型号的设备,有的甚至就装在同一发电厂。在这几台同型号的设备单元装在同一发电站又是差不多同时制造和投入运行的情况,各单元之间就可能具有最大的相似性。但是,就是在这样的情况下,制造过程的差异或因停机时间不同导致的所带的负载的不同

11

等等因素能使各单元之间产生微小的差异，特别是运行几年之后更是这样。由于运行条件的差异，装在不同的电力公司中的同一型号的单元之间可能具有更大的差异，特别是那些在电力网络及运行条件不同的其它国家内工作的单元差异更大。

同一型号的各台发电机均用一个独立的应用规则库 16 来检验。这个应用规则库是由一个适用于这个型号的所有发电机单元的标准规则库 10 与相应的那个发电机单元或者说那台发电机所独有的标准规则库 12 合并而成的。在上面描述的情况下，可以推测，应用规则库 16 中的大多数特征是从标准规则库 10 中得出的，因为各单元之间存在很大的相似性。还可以推测的是，在别的国家工作的单元在校准规则库 12 内具有最多数量的校准规则，这是因为那些单元的运行条件与工作在美国范围内的单元的运动条件可以说是最不相同的。

图 2 A 和 2 B 提供了校准规则库 12 的特征与标准规则库 10 中的特征合并的具体例子。图 2 A 和 2 B 中的规则网络图示出了三个前提 H_1 、 H_2 和 H_3 ，是择结合起来从而提供故障 M_1 的诊断的。虽然图中未画出前提 H_1 、 H_2 和 H_3 的输入情况，这些前提正象本技术领域内公知的那样是通过对检测器的读数或其它输入数据应用规则来确定的。图 2 A 中的规则网络图示出：如果每一个前提 H_1 满足第一条规则 R_1 的要求，或者第二及第三个前提分别满足规则 R_2 和 R_3 ，并且一起满足规则 R_4 的要求，那末，故障 M_1 即被诊断出来。

在常规的专家系统中，如果某一特定单元的一条规则（如规则 R_1 ）需要改动，则需对该规则本身加以改动，这样，对应于该特定单元的应用规则库中的规则 R_1 与对应于该型号其它单元的规则库中的规则库不同。随着时间的流逝，很有可能该型号的各单元的规

则库中没有2个是完全一样的。结果，如果根据此型号的运行情况得到的其它情况判定要改动该型号的所有单元的规则 R_1 时，对 R_1 所作的改动必须对每一应用规则库逐个进行。

正象这里要强调的那样，因单元而异的规则库中的特征（不管是表示参数还是表示规则）都存入标准规则库12中。这样，一旦需要改动一个规则如对应于图2A中的规则 R_1 的那条规则，则存入某一特定单元的校准规则库中的图2B中的 R_1 被改动。再举个例子，假定前提 H_1 、 H_2 和 H_3 及规则 R_2 和 R_3 均存储在标准规则库中，如果需要为该型号的所有单元改动规则 R_2 ，则只需对标准规则库的一个拷贝进行修改，然后在每个有应用数据库存在（为该型号的每个单元）的场合都拷入或重新建立标准规则库即可。然后，只需进行一次合并操作14从而重建应用数据库16。修改应用数据库所要的拷贝和合并操作都是自动进行的，不需要输入任何特别的指令。

对校准规则库能进行的改动中包括修改先前存入校准特征（如规则 R_1 ）和加入新的校准特征。举例来说，假设原先存储在校准规则库中的图2B中的规则 R_1 指示出：如果前提 H_1 成立，在一定条件下可诊断出故障 M_1 ；这个规则可以改成：有一个立即结点 M_1 存在，即只要规则 R_1 满足， M_1 即被诊断出来。

换句话说，在标准规则库中没有任何规则指示出：故障 M_1 被诊断出来。只有把规则 R_1 、 R_2 和 R_3 与存储在校准规则库12中的立即结点 M_1 在标准规则库中合并后，应用规则库16不会具有如图2B中所示的规则网络图。

另一方面，如果图2A中的规则 R_1 存储在标准规则库10中并希望生成一个如图2B所示的应用规则库时，就必须要么建立一个不

带规则 R_1 的新的标准规则库，要么想办法改写掉规则 R_1 。标准规则库和校准规则库中的所有规则最好都包括在应用规则库内。这样，一旦某个标准特征不能用增加标准特征的办法来加以改动，该标准特征就应该被消除掉。

图 2 B 中用曲线示出的校准规则表示了不同类型而校准特征的例子。规则 R_{C1} 是作为一个校准特征存贮为一个第一条件 (M_1)，根据一个第二条件 (对前提 H_2 和 H_3 应用规则 R_2 和 R_3) 的至少一个第二可信度建立一个第一可信度的规则的例子。校准特征的另一种应用排除掉对一直显示着的因此不提供有用信息的故障的诊断。这可以用下面的方法来实现，即把下列的规则 (R_{C1}) 作为校准特征之一存贮起来：只要故障 M_1 达到一个可信度值 (实际是不可能达到的)，故障 M_1 即被诊断出来。在这种情况下，规则 R_{C1} 除了其目的或结果是为了为立即结点 M_1 ，而不是故障 M_1 设定可信度之外，与图 2 A 中的规则 R_1 完全相同。

有关怎样用校准规则库来修改标准规则库，还可以给出许多其它的例子。存贮在校准规则库中的特征不光限于规则，还可以包括参数或者在一个特定的专家系统中用来确定规则库或知识库的特征。目前，市场上能买到许多不同的专家系统。举个例子来说，从德克萨斯仪器公司可买到一种能在 IBM 兼容微机上执行的叫做“个人咨询系统”的专家系统，该系统外壳能使规则库包含分离的待建立和存取的规则和参数的文件。其它一些专家系统外壳中的规则库也可以用其它方法分离存贮在一个规则库中的特征。在各种不同的定义规则库的方法中都可以使用本发明，而且本发明不仅仅限于只包含参数和规则的规则库。

此外，本发明也不限于使用只适用于一种型号或类别的设备的标准规则库。有许多设备的型号和类别是相似的，如水冷式和气冷式发电机，它们有相同的部件，也有其他一些稍有区别的部件（如冷却系统）。此时，可以为水冷和气冷式发电机建立一个标准规则库和二个校准规则库，一个为气冷式发电机而建，一个为水冷式发电机而建。水冷式发电机的校准规则库可以和标准规则库合并，从而构成一个水冷式发电机的标准规则库；而气冷式发电机的校准规则库也可以和标准规则库相合并，形成气冷式发电机的标准规则库。在某一定型号的标准规则库与该型号中某一特定单元的最终校准规则库合并之前，上面的那种处理可以为不同型号的气冷或水冷式发电机重复进行。在这种情况下，校准规则库中（如水冷式发电机的）包括定义根据第二条件的至少一个第二可信度来为第一条件建立第一可信度这一规则的校准特征，而气冷式发电机的第二校准文件中的一个校准特征则可能是一个规定根据第二可信度建立第一可信度的充分条件的特征。换句话说，在水冷式发电机中，第一可信度是通过对第二可信度进行一种不变的测试后确定的，而在气冷式发电机中，第一可信度是对第二可信度使用公式求得的。

从前面的详尽说明可以明显看出本发明的许多特征和优点，后面的权利要求书旨在覆盖本发明的真实范围的方法的特征和优点。此外，本技术领域内的熟练人员可以不费力气地对本发明作许多修改，因此，本发明并不限于图示出和描述过的结构和操作。因此，所有适当的修改和替代都应视为落入本发明的范围。

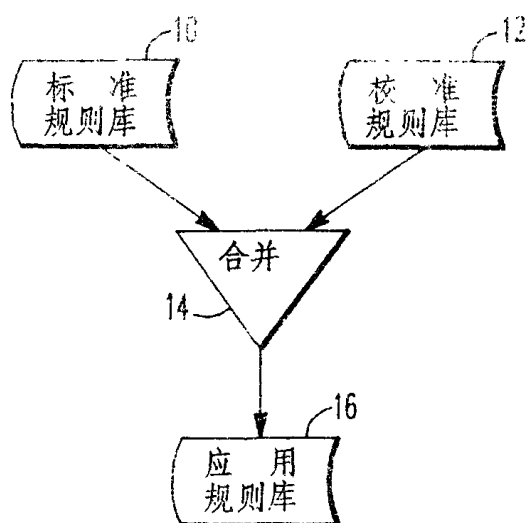


图.1

图.2A

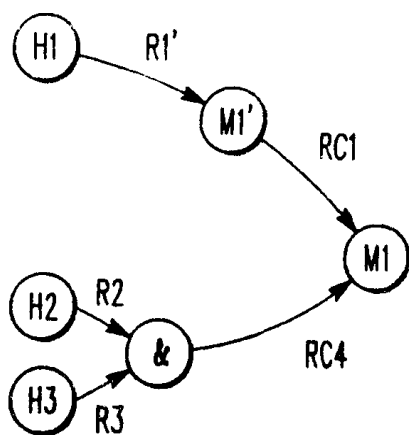
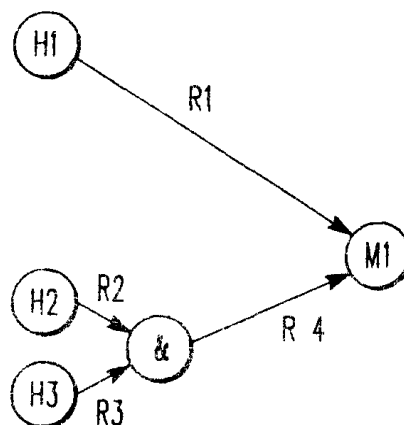


图.2B