

文章编号: 1001-0920(2004)05-0557-04

基于模糊覆盖集的企业诊断模型及其求解策略

于 伟, 沈 晖, 刘阶萍, 陈禹六
(清华大学 自动化系, 北京 100084)

摘 要: 针对企业诊断领域缺乏合理模型和科学方法论指导的现状, 提出一个形式化的基于模糊覆盖集的企业诊断模型, 并将此模型与企业 AS-IS (当前系统) 建模过程进行关联, 给出了从企业 AS-IS 模型到诊断模型的映射方法, 得到一种易于操作的实例化的企业诊断模型, 进而针对该诊断模型给出了相应的求解策略

关键词: 企业诊断; 模型; 模糊覆盖集; 诊断推理

中图分类号: TP399

文献标识码: A

Enterprise diagnostic model and its solving strategies based on fuzzy set-covering

YU Wei, SHEN Hui, LIU Jie-ping, CHEN Yu-liu

(Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084, China Correspondent: YU Wei, E-mail: yuwe100@tsinghua.org.cn)

Abstract In order to solve the problems in enterprise diagnosis area, which lacks reasonable models and scientific methodologies so far, a formal enterprise diagnostic model based on fuzzy set-covering is proposed. To assure the operability of its modeling process, through associating this diagnostic model to enterprise AS-IS modeling process, a mapping method from enterprise AS-IS model to diagnostic model is provided, thus an instance of this generalized model can be generated. Based on this instance model, relevant solving strategies are proposed.

Key words: enterprise diagnosis; model; fuzzy set-covering; diagnostic inference

1 引 言

企业诊断的目的在于全面、有效地发现企业系统运行中存在的问题, 是企业进行 BPR 和实施企业信息化的基础。目前的企业诊断通常由企业咨询专家根据经验完成, 其过程繁琐而缺乏科学依据; 同时由于咨询专家的个人偏好和经验上的不足, 往往导致诊断结果出现偏差和遗漏。尽管有人尝试开发专家系统来帮助企业诊断的实施, 但基本上都是针对标准化程度较高的特定企业功能模块(如财务)进行系统设计和实现, 尚缺乏全面有效的企业诊断模型

和求解策略进行指导。

“诊断”过程实际上是复用实践中不断积累的诊断知识的过程, 而基于知识的诊断推理正是这样一门研究如何通过已有知识来求解通用诊断问题的学科^[1]。目前该学科一些发展较成熟的理论已成功地应用于医疗和设备诊断方面, 而在企业诊断领域尚未得到有效的应用。

本文针对企业系统的特殊性, 基于通用诊断推理领域的相关成果, 建立一个形式化的企业诊断模型并给出相应的求解策略。

收稿日期: 2003-01-20; 修回日期: 2003-06-12

基金项目: 国家 863 计划项目(2001AA 415340)。

作者简介: 于伟(1978—), 男, 河南开封人, 硕士生, 从事 BPR 中知识管理与决策支持方法的研究; 陈禹六(1937—), 男, 上海人, 教授, 从事复杂系统建模分析、CM 系统体系结构及设计和实施方法论等研究。

2 基于模糊覆盖集的企业诊断模型

2.1 企业诊断模型的形式化定义

参考Reggia 等人^[2]给出的通用诊断问题的形式化定义和Yager、杨叔子等人^[3,1]在覆盖集诊断模型的模糊扩展方面所作的工作,结合企业诊断问题的实际情况,这里给出企业诊断模型的3个形式化定义

定义1(企业诊断问题) 企业诊断问题可用一个6元式 $P = \{D, I, R_{DI}, R_{DD}, R_{II}, I^*\}$ 来描述,其中:

1) $D = \{D_1, D_2, \dots, D_L\}$, $D_i = \{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{in_i}\}$ ($i = 1, 2, \dots, L$) 表示企业系统各层次上所有可能存在故障的非空有限集合, d_{ij} 表示企业系统第 i 层第 j 个可能故障;

2) $I = \{I_1, I_2, \dots, I_L\}$, $I_i = \{PI_{i1}, PI_{i2}, \dots, PI_{im_i}\}$ ($i = 1, 2, \dots, L$) 表示企业系统各层次上所有评价指标的非空有限集合, PI_{ik} 表示第 i 层第 k 个评价指标;

3) $R_{DI} = \{R_{DI1}, R_{DI2}, \dots, R_{DIL}\}$, $R_{DIi} = \{d_{ij},$

$PI_{ik} \mid d_{ij} \in D_i, PI_{ik} \in I_i\} \subseteq D_i \times I_i$ ($i = 1, 2, \dots, L$) 表示企业系统各层次上 D 到 I 之间的因果映射关系集合;

4) $R_{DD} = \{R_{DD1}, R_{DD2}, \dots, R_{DD(L-1)}\}$, $R_{DDi} = \{d_{ij}, d_{(i+1)k} \mid d_{ij} \in D_i, d_{(i+1)k} \in D_{i+1}\} \subseteq D_i \times D_{i+1}$ ($i = 1, 2, \dots, L - 1$) 表示 D 中各故障 d_{ij} 之间的层次网络关系;

5) $R_{II} = \{R_{II1}, R_{II2}, \dots, R_{II(L-1)}\}$, $R_{IIi} = \{PI_{ij}, PI_{(i+1)k} \mid PI_{ij} \in I_i, PI_{(i+1)k} \in I_{i+1}\} \subseteq I_i \times I_{i+1}$ ($i = 1, 2, \dots, L - 1$) 表示 I 中各评价指标 PI_{ij} 的层次分类关系;

6) $I^* \subseteq I$ 表示已知的企业系统针对各层评价指标的评价结果集合

在该定义中, D, I, I^* 为模糊集合; R_{DI}, R_{DD}, R_{II} 为模糊关系集合. 这几个集合之间的关系可用图1表示(出于可读性的考虑, I^* 未在图中出现), 其中 R_{DI} 是诊断所需的最重要的先验知识, 是模糊覆盖集思想的集中体现

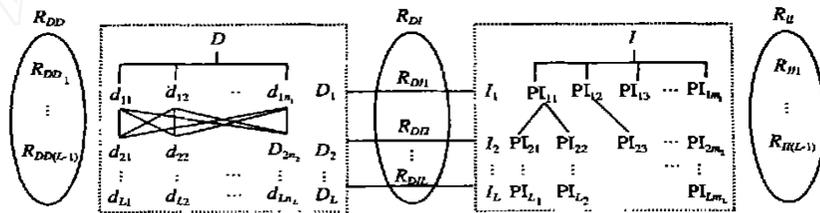


图1 企业诊断模型

定义2(企业诊断问题的解释) 对某一企业诊断问题 P , 一个模糊故障集合 $D_i^* \subseteq D_i$ 是 I^* 在第 i 层次上的一个解释, 如果:

1) $\text{Exp lain}(I_i^* \mid D_i^*) \geq \alpha$ ($0.5 \leq \alpha \leq 1$) 为事先定义的一个阈值, 即 D_i^* 在 α 程度上覆盖 I_i^* (简称为 I_i^* 的一个 α -覆盖);

2) D_i^* 按某一节约原则在 I_i^* 的所有 α -覆盖中为最节约的(如: 采用最小模原则, 对于任何其他 I_i^* 的 α -覆盖 D_{ji} , 均有 $|D_i^*| \leq |D_{ji}|$).

定义2.1(解释程度的度量) D_{ji} 对 I_i^* 解释程度的度量定义为:

$$\text{Exp lain}(I_i^* \mid D_{ji}) = \frac{[p a_{PI_{ij}} + q b_{PI_{ij}}] \text{Exp lain}(PI_{ij} \mid D_{ji})}{a_{PI_{ij}} I_i^*(PI_{ij}) + b_{PI_{ij}} I_i^*(PI_{ij})}$$

其中:

$$1) a_{PI_{ij}} = \frac{I_i^*(PI_{ij})}{\sum_{PI_{ik} \in I_i^*} I_i^*(PI_{ik})}, I_i^*(PI_{ij})$$

$[0, 1]$ 表示 PI_{ij} 在 I_i^* 上的隶属度, 显然有 $a_{PI_{ij}} \in [0, 1]$

2) $b_{PI_{ij}} \in [0, 1]$ 且 $b_{PI_{ij}} = 1$ 为第 i 层第 j 个指标在第 i 层中的权重(可由AHP法引入领域专家对同层指标的两两比较计算得到);

3) $p + q = 1$ (p 和 q 由专家根据实际问题给出, 分别表示指标隶属度值和指标权重这两个因素对于 D_{ji} 解释 I_i^* 影响程度的大小);

$$4) \text{Exp lain}(PI_{ij} \mid D_{ji}) = \text{Max}_{d_{ik} \in D_{ji}} [1 - (1 - I_i^*(PI_{ij}) + R_{DIi}(d_{ik}, PI_{ij}) - D_{ji}(d_{ik}))]$$

式中: $R_{DIi}(d_{ik}, PI_{ij}) \in [0, 1], D_{ji}(d_{ik}) \in [0, 1]$ 分别表示 (d_{ik}, PI_{ij}) 在 R_{DIi} 上的隶属度和 d_{ik} 在 D_{ji} 上的隶属度

可以证明, 按上述定义的 $\text{Exp lain}(I_i^* \mid D_{ji})$

[0, 1], 事实上, 作为对定义的合理补充, 在要求 $\text{Exp lain}(I_i^* | D_j)$ α 的同时, 应要求所有的 $\text{Exp lain}(P_{I_j} | D_j)$ $\beta, 0.5 \leq \beta < 1$ 也为事先定义的一个阈值

定义 3(企业诊断问题的解) 企业诊断问题 P 在某一层次 $i (i= 1, 2, \dots, L)$ 上的解 $\text{SOL}_i(P)$ 是 I^* 在第 i 层次上所有解释 D_i^* 中具有最大解释程度的解释 D_i^0 所构成的集合, 即 $\forall D_i^0 \in \text{SOL}_i(P),$

$$\text{Exp lain}(I_i^* | D_i^0) = \text{M ax}_{D_i^*} \{ \text{Exp lain}(I_i^* | D_i^*) \}.$$

基于上述定义, 这里给出该企业诊断模型的一个假设:

假设 1(最深层故障事件独立性假设) 最深层故障集中的所有故障事件是相互独立的

这一假设基本符合企业故障产生和传播的实际情况

2.2 从企业 AS-IS 模型到诊断模型的映射

为保证企业诊断模型建立的科学与合理性, 本文提出一种结合企业 AS-IS 建模的企业诊断建模方法, 实现由企业 AS-IS 模型向企业诊断模型的合理映射

企业的 AS-IS 模型是对企业系统当前运行状况的形式化描述, 是进行企业诊断的基本依据 其建模过程要考虑企业系统的各个视图, 基本步骤可归纳如下(如图 2 右部所示): 首先建立企业的顶层模型, 对企业系统进行全面概括的描述; 然后对企业进行功能和组织上的分解, 得到更为详细的功能模型和组织模型; 最后细化描述企业的业务流程, 建立过程模型 与此同时, 为了对企业从功能、组织到最基本的业务流程的运行状况进行评价, 需要建立一套完整的评价指标体系来进行指导(即评价模型).

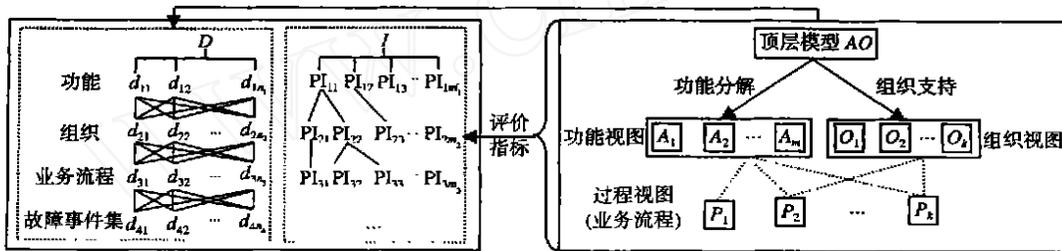


图 2 从企业 AS-IS 模型到诊断模型的映射

结合图 1 所示的企业诊断模型, 可以建立从 AS-IS 模型到诊断模型的一种映射关系, 如图 2 所示 图 2 左部所示的企业诊断模型可由右部所示的 AS-IS 模型直接提炼获得, 其中:

1) 故障集合 D 按功能、组织、业务流程及底层的故障事件集逐层分解, 与 AS-IS 模型的建立过程完全对应 具体来说, 故障集合的第 1 层次与 AS-IS 功能模型 A_1, A_2, \dots, A_m 相对应, 即 $d_{1i} = A_i (i= 1, 2, \dots, m)$, 定位企业发生故障的功能模块; 第 2 层次与 AS-IS 组织模型 O_1, O_2, \dots, O_n 相对应, 即 $d_{2i} = O_i (i= 1, 2, \dots, n)$, 定位发生故障的组织单元; 第 3 层次与 AS-IS 过程模型 P_1, P_2, \dots, P_k 相对应, 即 $d_{3i} = P_i (i= 1, 2, \dots, k)$, 进一步定位发生故障的业务流程; 底层的故障集合则应由企业诊断专家进行定义, 表示具体可能发生的故障事件, 即企业诊断所应给出的候选结论 应该指出的是, 底层的故障集合也可进行相应的分解, 直到满足诊断所要求达到的可操作程度为止

2) 评价指标集 I 直接引用企业系统的评价模型

3) 关系集合 R_{DD} 和 R_{II} 由 AS-IS 模型中各视图之间的关联信息获得, R_{DI} 的确定则需要进一步引入领域专家的经验知识

3 企业诊断模型的求解策略 (PSM)

本节将针对提出的实例化的诊断模型(图 2), 给出其相应的求解策略 基本思路是: 通过引入企业不同层次专家对于 AS-IS 系统的评价, 不断缩小故障诊断范围, 由高层到低层逐层进行故障定位

根据企业模型的层次, 具体诊断步骤可归纳为如图 3 所示的 4 个阶段 因各阶段诊断方法相同, 故这里仅以功能诊断阶段为例进行详细论述

企业功能诊断阶段的参与者主要是企业高层管理人员, 目的是发现当前企业在哪些功能模块上最有可能存在问题 这一层次诊断所依据的是企业当前功能集合 D_1 和高层管理人员所关心的评价指标集合 $I \subseteq I^*$ 在该层的分解 I_1^* (由企业高层管理人员对相应的评价指标进行隶属度赋值, 通过模糊关系运算, 最终可以得到用于求解功能故障的评价结果集 I_1^*).

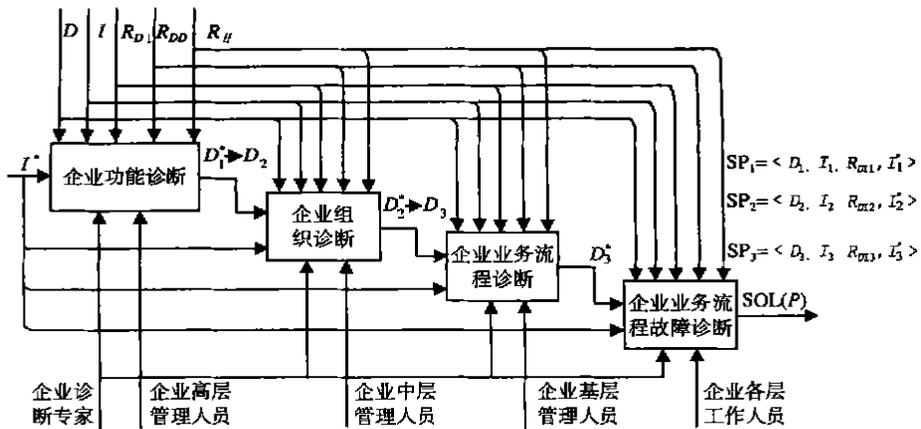


图3 企业诊断模型的求解策略 (DEFO 描述)

至此, 功能集合 D_1 和功能层评价结果集 I_1^* 已经确定, 因而, 功能层次的企业诊断问题便可简化为一个4元式 $SP_1 = \langle D_1, I_1, R_{D1}, I_1^* \rangle$, 从而将功能层次诊断归结为一个经典的单层模糊节约覆盖集诊断问题, 其具体求解算法可采用两种方式: 一种为并行诊断算法, 即一次给出诊断问题的所有指标评价结果; 另一种为序贯诊断问题求解, 即以“假设 - 测试”循环为核心的逐步求精的诊断过程, 可直接引用文献[1]中的相关算法进行求解

通过上述过程可求得功能层次的解, 即功能故障集 D_1^* ; 将诊断范围确定下来, 与该功能范围相对应的组织范围 $D_2 \subseteq D_1$ 可通过 R_{DD1} 确定, 作为组织层次诊断的组织集合; 再通过组织层和业务流程层逐层缩小范围进行故障定位

4 应用实例

作者基于本文所提出的理论和方法开发了一个企业诊断专家系统, 并已在某机床企业的设计部门得以应用. 通过诊断, 最终成功地发现了该部门在“设计准备、工艺文档管理、方案设计及设计文档管理”等4个方面存在的问题. 限于篇幅, 此处不予详述, 具体过程可参见文献[4].

5 结论

本文基于模糊理论和覆盖集技术提出的企业诊断模型, 是对两种理论在企业诊断领域的综合与扩展: 多层次的模型结构相对于单层次的模型结构来说, 能更好地体现企业系统的实际情况; 采用对评价指标的综合评价结果作为发现企业故障的依据相对于传统的利用征兆发生作为故障出现的判据而言更易于操作, 从而使该诊断模型具有较强的合理性. 为保证企业诊断建模及求解过程科学有效, 结合成熟的企业AS-IS建模方法, 形成了一套完整而切实可行的企业诊断建模方法和求解策略

参考文献 (References):

- [1] 杨叔子, 丁洪, 等. 基于知识的诊断推理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1993. 76-96
- [2] Reggia J A, Nau D S, Wang P Y. A formal model of diagnostic inference I and II[J]. *Information Sciences*, 1985, 37(1-3): 227-285
- [3] Yager R R. Explanatory models in expert systems[J]. *Int J of Man-Machine Studies*, 1985, 23 (5): 539-549
- [4] Yu W, Shen H, Liu J P, et al. A formal model of enterprise diagnostic expert system based on fuzzy set-covering[A]. *The 2nd Int Conf on Information and Management Sciences*[C]. Chengdu, 2003. 306-310