

# 应用于汽车诊断的ODX数据交换系统的建议

A.Cremmel<sup>\*,\*\*</sup>, A. Azarian<sup>\*,\*\*</sup>, A. Siadat<sup>\*\*</sup> (IEEE会员)

\* SIEMENS AG A&D AS AP SE 3 IC, Siemensallee 84, 76187Karlsruhe, GERMANY

\*\*LGIPM-ENSAM, 4 Rue Augustin Fresnel, 57078 Metz, FRANCE

电子邮件: [cardiagnosis@aureliencremmel.com](mailto:cardiagnosis@aureliencremmel.com); [armin.azarian@siemens.com](mailto:armin.azarian@siemens.com); [ali.siadat@ensam.fr](mailto:ali.siadat@ensam.fr)

## 摘要

今天, 汽车行业的一个挑战是如何处理越来越多的产品变种。售后网络必须管理越来越多的数据, 特别是与ODX (开放数据交换) 文件中描述的ECU (电子控制单元) 通信有关的数据。ODX文件的问题是, 它们包含了每个ECU特有的粗略的通信数据, 因此, 知识没有得到很好的抽象化。为了简化作者的任务, 避免数据冗余, 我们决定为西门子股份公司开发的汽车诊断软件SIDIS-Enterprise开发一个智能导入模块。这个模块是基于一个多代理系统, 它分析与车辆通信有关的ODX文件的内容, 并在抽象的功能层面上对ECU工作进行分类。

## 关键词

汽车诊断, ODX (开放数据交换), ECU通信, 汽车, 多Agent系统, 数据挖掘

## I. 简介

由于越来越多的产品变体、选项和利基模型, 区分整个产品线以满足客户的需求变得越来越困难。在这种情况下, 大约90%的创新是在汽车电子领域, 占汽车价值的30%, 而在20世纪80年代只有0.5%; 而且这种趋势正在增加。其结果是, 售后网络的诊断系统必须管理这个不断增加的数据量。SIDIS-

Enterprise是一个用于诊断汽车故障的工具, 由西门子股份公司开发, 以满足这一要求, 并被汽车制造商的售后网络的技术人员使用。故障的定位是基于从ECU (电子控制单元) 获取的故障代码和感知的症状。与ECU的通信是诊断过程中的一个基本方面, 因为它们会发送默认的代码和相关的环境描述数据, 从而允许怀疑组件。由于车辆变体和ECU的不同特征越来越多, 诊断程序的作者需要在编辑过程中得到帮助, 以管理不断增加的数据量。

### A. SIDIS-Enterprise的结构

#### SIDIS-

Enterprise由两个主要部分组成: 第一部分是授权系统, 可以编辑知识库; 第二部分是车间系统, 用于汽车制造商的售后网络, 以执行

诊断会议。数据被组织成树状, 其中子节点继承了父节点的特性和属性。与诊断有关的知识被组织在以下结构中 (参见图1)。

- **诊断对象树**, 表示汽车的分层模型。一个服务程序与每个节点相关联, 以便测试相应的组件。
- **故障代码树**, 包含ECU的故障存储模型 (或默认代码)。
- **ECU工作树**, 包含ECU工作 (ECUS的诊断通信对象) 的描述, 包括请求和响应参数。
- **ECU功能树**, 代表ECU工作的抽象化和功能化水平。
- **感知的症状树**, 其中包含对客户症状的描述
- **特性树**是由车辆的不同特性和设备组成的。
- **怀疑链接**是故障代码或症状与诊断对象之间的链接。

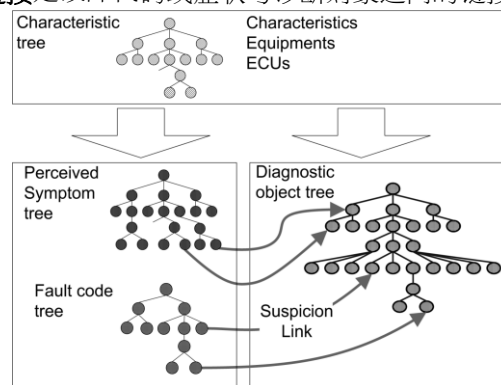


图1：诊断相关的知识结构

特性树中的节点和诊断对象树中的节点之间的联系, 使得根据技术人员在诊断会议开始时选择的特性自动确定诊断对象成为可能。这是在只考虑与汽车特征 (型号范围、制造年份、国家等) 相对应的诊断对象, 而忽略不属于汽车的可选设备时发生的。车辆特征的选择可以通过使用车辆读取VIN (车辆识别码) 手动或自动实现。

通信。一旦车辆被识别，技术员通过选择可感知的症状来初始化诊断会话，如。“空调不工作”和从汽车的ECU获取故障代码。作者编辑的怀疑链接将确定诊断对象树中的节点的故障概率。通过与这些节点相连的被称为“服务程序”的连续测试，该算法将对可疑部件进行定罪或判别。为了方便编写这些服务程序，我们希望作者参考描述ECU通信元素的抽象的全功能化对象。使用这种方法意味着可以减少他的工作量，并且可以用一种通用的方式来编写测试，这将增加其稳健性。ECU的变体可以在诊断会话的识别步骤中被解决。这种方法的关键问题是，由于车辆变体的数量越来越多，要减少作者管理信息的复杂性。尽管很复杂，本文只关注描述ECU通信对象的ODX (Open Data eXchange) 文件部分。接下来的章节概述了ODX数据模型，并描述了所选方法与开发的导入模块的使用案例。

### B. ODX数据模型

ODX (开放数据交换) 是一个国际标准，由ASAM e.V.建立，目的是定义ECU诊断和编程数据的要求。它涵盖了从系统工程到维修店的整个车辆生命周期的需求。该标准[1]包括对车辆ECU的诊断数据和通信接口的描述，包括ECU诊断和编程数据的UML数据模型及其XML实现。ODX文件由五个主要部分组成[2]。

- **诊断协议 (DIAG-LAYER-CONTAINER)**，其中定义了ECU的诊断通信对象、请求和响应。
  - **通信参数 (COMPARAM-SPEC)**，在这里设置通信的参数（如时间）。
  - **多个ECU的作业 (MULTIPLE-ECU-JOB-SPEC)**，其中存储了使用诊断通信对象的多个ECU的Java作业代码。
  - **车辆信息 (VEHICLE-INFO-SPEC)**，其中描述了车辆的拓扑信息、物理链接和ECU的逻辑链接。
  - **闪存数据 (FLASH)**，在这里可以找到内存布局 and ECU的编程数据。
- DIAG-LAYER-CONTAINER和MULTIPLE-ECU-JOB-SPEC与诊断特别相关，因为它们描述了ECU的功能。此外，它们的结构也非常有趣，因为实施了价值继承机制，大大减少了数据量。为了提供最大的灵活性，可以使用两种不同的继承机制：短名称解析原则和ODX-链接。从最

一般到最具体的诊断层，DIAG-LAYER-CONTAINER包含以下信息层。

#### 1. ECU-

**共享数据**：该层提供了一个信息库，每个ECU都可以使用。

2. **协议层**：包含通过所使用的诊断协议进行标准化的数据。

3. **功能组层**：包含具有类似功能的ECU的数据，但处理不同的物理组件（如后备箱门和侧门）。

4. **基础变量层**：该层描述了一组具有相似性的ECU（例如，因为它们是由同一个制造商生产的）。

#### 5. ECU-

**变体层**：该层包含对ECU的真实物理变体的描述，因此是最具体的一层。

诊断层的主要信息是DIAG-COMM对象，它是一个诊断通信元素。ODX模型规定了两种类型的DIAG-COMM，DIAG-SERVICE，它定义了基本的通信元素和SINGLE-ECU-JOBS，它由Java代码组成，建立在一个或几个DIAG-SERVICE上，返回解释的输出参数。一个DIAG-服务指的是一个请求和一个或几个响应（积极的或消极的），这些都是独立于服务定义的。每个请求或响应都有参数，这些参数要用独立定义的DOPs（数据对象属性）来解释。

除了这些信息，VEHICLE-INFO-SPEC数据在诊断过程中也发挥了核心作用，利用车辆识别数据和车辆拓扑结构描述来识别车内ECU[3]。

## II. 导入odx文件

### A. 要面对的困难

为了以最佳方式管理大量的数据，西门子股份公司开发了ODX信息结构和实际授权系统。在这两种情况下，已经确定了两个主要的策略来实现。

- 发展概念以减少信息冗余
- 发展概念，对数据进行面向功能的描述

数据减少的可能性在ODX数据模型中得到了特别的发展，具有复杂的继承机制，这意味着在导入ODX文件时要面临的第一个挑战是找到一种方法来避免在创作系统中不必要的信息重复。在创作系统中，树状结构形成了一个面向对象的数据库，这也为减少数据的冗余提供了可能性。当试图减少数据冗余时，第二个挑战涉及数据的功能描述。ODX模型设置了一些对象，如功能类，使其有可能连接诊断数据（如

诊断服务)的功能描述,但SIDIS-

Enterprise模型必须走得更远,因为必须确定每个对象的含义以执行汽车诊断。因此,在导入ODX信息时,必须做出特别的努力,以便理解数据的含义。当想要在创作系统中执行ODX文件的自动导入时,以下几点导致了特殊的困难。

- 功能信息并不总是与ECU特定的信息明确分开,这意味着知识并不总是在一个抽象的层面上被描述
- 对于一些元素,缺乏抽象化的数据
- 数据冗余

B. 可能的方法

由于只有选定的数据需要被导入创作系统,ODX数据的自动导入意味着定义哪些信息需要被导入以及如何被功能化。使用预定义的规则对ODX数据文件进行过滤,应预先选择对诊断感兴趣的数据。之后,可以在功能层中进行详细的分析,以使所考虑的ODX-数据完全功能化。考虑到功能层的作用,已经研究了两种可能性。

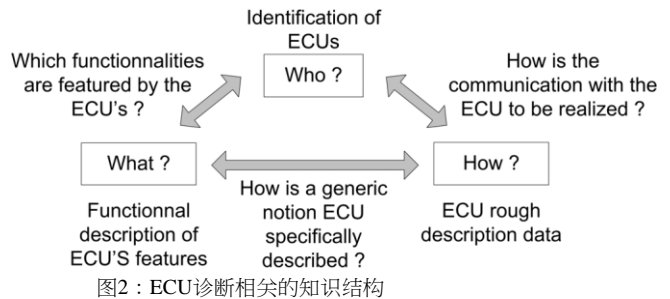
1. 第一种是不改变创作系统的数据结构。这意味着数据分析将不得不以知识发现方法为特征[4][5],这依赖于自然语言的解释[6]和可能的链接挖掘技术[7],或者功能层需要一个数据结构,在这个结构中,作者的知识可以被代表,例如本体论。本体的优势在于其良好的知识表示能力,但必须考虑到将知识形式化所花费的时间,因为它取决于成本效益分析、知识的稳定性以及知识是否可以合理形式化的问题[8]。为了改善结果,本体论和数据挖掘可以在数据挖掘过程中使用专家知识进行结合[9][10]。
2. 第二种可能性包括改变创作系统中的信息结构,这允许对数据进行可靠的功能化。一个可能的实现方法是使用基于本体论的数据库原则的方法[11]。

需要考虑的一个限制条件是,无论编写系统中的数据模型是什么,它都应适合树状结构,因为它们是编写系统中的基本信息结构。将要开发的解决方案基于一个通用的、独立于ECU的ECU功能表示,使用与一个特征直接相关的功能组。它发展了[11]中提出的基于本体的数据库概念,其中数据和本体模型被支持在同一个数据库的两个不同部分。

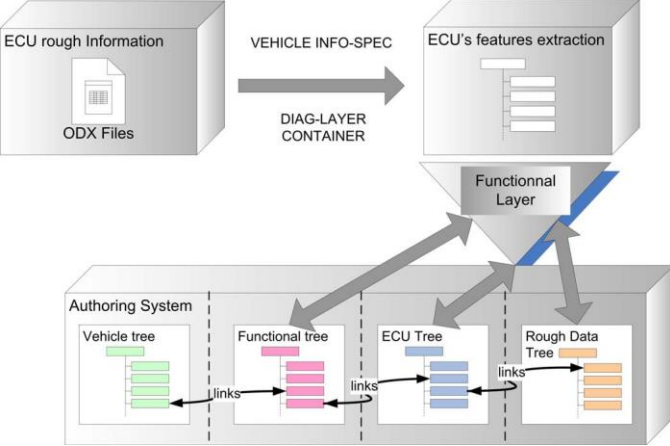
C. 建议的方法

该模型使用元模式来管理数据,将每个数据对象与定义其含义的本体概念联系起来。利用这个想法,可以用一个通用模型(功能数据)来表示ECU的功能(ECU能做什么)。由于具体的(ECU特定的)工作和参数名称在车辆通信中不能被忽视,ECU如何实现通用工作也必须被定义(信息数据)。

这导致了图2所示的三部分模型,它确定了车辆功能通信的三个不同部分:谁、什么和如何。



这种模式具有明显的优势,可以将功能信息与ECU特定的信息分开,从而使内部和统一的ECU访问成为可能。



同时,ECU专用部分从最大的灵活性中获益,以适应不同的ECU描述格式,如ODX。从这个意义上说,在ODX方面开发的结构可以最大限度地利用ODX结构来减少信息冗余,这一点很重要。此外,这种结构很有趣,因为它提供了以下可能性。

- 编写只与功能信息有关的通用诊断程序
- 使用统一的语言执行诊断会话
- 启用自动信息导入

在功能层的层面上,一个具有人工智能能力的模块能够比较抽象的

从功能树的概念到新的ODX ECU描述数据，以便在ECU特定对象和功能对象之间建立联系的建议。

为了实现ODX数据的自动导入，功能层应该能够在Rough-data树中写入新的节点，并创建与功能树的链接。然而，它的第一个角色不是在功能树中设置新的节点，所以在图3中，对这些树的访问是只读的模式。当然，当功能层无法链接ODX文件中的所有对象时，它可以向作者提出新的功能节点建议。

D. 信息模型

为了完全消除树状结构中出现的冗余数据，建议的信息模型在建议的树状结构中广泛使用虚拟层次链接（VHLs）。VHLs允许重复使用另一棵树中定义的节点或子树，从而导致了虚拟父节点的定义。因此，一个子节点必须有一个真正的父节点，但可以通过定义几个虚拟的父节点来重复使用。利用这个VHL概念，引入了以下功能树，并将其紧密联系在一起。

- 请求参数树，包含请求参数的定义和它们的可能值
- 响应参数树：该树包含响应参数的定义，可能还有它们的预期值
- 固定函数树：该树包含固定函数的定义。
- 固定功能列表树：该树包含节点（固定功能列表），将一组固定功能组合在一起。
- 故障文本树：该树包含不同语言的功能化故障文本，对ECU特定的默认代码进行描述。

这些功能树中包含的功能信息是独立于特定的ECU而定义的，以便在引入新的ECU时不会重复一个抽象的元素。

ODX粗略的数据树包含了DIAG-LAYER-CONTAINER中的部分信息，因此是由一个广泛使用VHL的信息结构组成的。例如，这对表示ODX-字段很有用，它是独立于诊断服务而定义的。

一旦功能数据和ODX数据出现在编写系统中，就有可能使用ECU描述树在它们之间建立联系，使ODX节点变成功能节点的"案例"。由于ECU节点是ECU描述树的根节点，它在这个模型中起着核心作用。由于功能部分必须保持通用性，即独立于特定的单元，所以主数据树（单元树）含有单位组的描述，被引入转换为

将ODX参数值转换成不同单位的功能参数值。

除了参数值必须对ECU有具体意义外，它们还必须对技术人员或运行中的服务程序有意义。为了确保数值的抽象意义，必须在发送（或接收）到ECU的数值和服务程序中使用的数值之间进行转换。例如，一个法国ECU发送回来的值 "Allumé" 必须被解释为 "On"。考虑到这一目的，已经开发了价值链接的原则，不同的价值类型可以在功能树以及ODX-rough数据树中定义。值的类型是根据值的使用情况（传输一个随机值或将一个值转换成另一个）和它的数据类型（字符串、数字、字节字段等）来定义的。

在所考虑的信息模型中，由于默认的代码在诊断过程中的核心作用，因此也必须被视为功能性信息。然而，只有代码的含义是有趣的，而不是代码本身，所以在考虑的模型中，默认的代码包括：

- 一个功能性的故障文本，这是诊断的基础。
- 一个包含ODX数据默认的代码值及其相关ODX文本值的节点。

III. 基于多Agent的方法

A. 介绍和目标

引入的数据结构使作者的知识正规化成为可能，并在另一方面对ECU的描述进行建模。我们的智能导入模块在导入新的ODX数据时充分利用了这些结构。

- 选择要在创作系统中导入的相关数据
- 提出对要导入的对象的功能解释
- 识别在编写系统中还没有通用模型的新ECU功能

对一个新的ODX文件进行分析是一项复杂的任务，由于信息内容的复杂性和不规则性，用单一的处理系统很难执行。因此，本节为功能层模块提出了一个使用基于多代理系统的分布式问题解决方法的解决方案。根据图2所示的信息结构，多代理系统的作用是确定ECU具有哪些功能，并通过显示功能在ODX方面的映射情况来证明其建议。由于上一节介绍的数据结构描述了一个案例库，我们的代理的认知技能是从CBR（基于案例的推理）改编的。考虑到图3中给出的案例检索方法的回顾，我们的代理使用最近的邻居方法公式，其中案例C和查询案例Q之间的相似度在（1）中给出。

$$Sim(Q, C) = \frac{1}{n} \sum_{f=1}^{n_f} w_{ff}^{ff1} q_f, c_f \quad (1)$$

以 $\sigma$ 为比较器（参见III.C）， $w_f$ ，属性的局部权重[12]。

### B. 全球系统架构

已开发的多代理系统以三种代理类型为基础。

- 一个全局主管代理，其作用是考虑到作者在功能树中包含的知识，组织其他代理的工作。
- 负责在数据库中**寻找信息**的代理（ODX DataMiner和AS DataMiner）。
- 能够对特定对象进行个案推理的代理人

最后一类代理是按照自上而下的逻辑，考虑分析的结构而建立的：一些代理负责确定固定函数列表（FFL匹配器）的匹配，他们的结论依赖于代理FF匹配器（匹配固定函数）的分析结果。分析一个固定函数也意味着为它所包含的参数和它们的值找到一个匹配，这就是代理FF-参数匹配器和值匹配器所扮演的角色。

在我们的方法中，一些代理将被视为辅助代理，它们提供了对数据的巧妙访问，ODX数据挖掘机和AS数据挖掘机就是这种情况。由于要比较的信息只是文本信息，所以又引入了一个代理“字符串比较器”来比较两个字符串表达式，并给出关于它们功能的匹配。这最后一个代理必须面对几个困难，包括。

- 语法和单词拼写困难
- 语义上的困难
- 多语制

今天有几种技术可以用来面对这种问题。经典的技术包括比较

“词包”，其中结果可以通过使用停止列表、干化过程和同义词列表等选项来改善[13]，但其他技术，如不精确的字符串匹配，也已经被采用，特别是在垃圾邮件过滤中[14]。

### C. 代理人FF-参数匹配器

代理FF-参数匹配器的作用是确定一个新的ODX DiagComm的参数与存储在数据库中的功能参数如何匹配。为此，它接收一个新的ODX DiagComm和涉嫌从代理FF匹配器映射DiagComm功能的固定函数。当试图找到ODX参数的功能解释时，第一步是查询已经包含在授权系统和ODX文件中的信息，这样，一个分析命令被发送到AS DataMiner和ODX DataMiner，以获得反馈参数的精确描述。这些代理发送回来的案例表述包括几种信息类型。

- 参数识别数据（短名称、长名称等）。

- 参数描述数据（参数类型）。
- 功能性数据（OID，语义）。

由于所有要比较的特征都是字符串，代理FF-参数匹配器需要代理StringComparator的服务来估计值 $q_f$ ， $c_{fp}$

一旦获得每个案例的相似性，代理FF-参数匹配器必须决定哪些参数似乎与功能案例最匹配，以便让代理价值匹配器分析这些值。在每个分析步骤之间过滤数据是至关重要的，以便通过不把分析拉到没有必要的地方来减少处理时间。为了提高代理FF-参数匹配器的决策能力的质量，它可以获得代理FF匹配器关于固定函数与DiagComm匹配的信念。这种环境感知的扩大，增加了搜索过程的方向的机会，使其成为最佳方向[15]。

## IV. 激励的例子

在本节中，我们将介绍一个简单的例子，说明我们系统的能力。这个例子的基础是在数据库中导入一个新的ECU（CDC\_1DIN）的描述，其中ECU XHUAGW的描述已经与相关的功能信息相联系。在我们的测试基地，一系列的9个DIAG-COMM对象将被解释，5个默认的代码将与它们的功能对应物建立联系。

在我们的实验中，属于新ECU的一些对象与现有ECU的对象严格相似。然而，为了展示我们系统的智能能力和模拟真实情况，有些对象被稍作修改。图4中的例子说明，当与ECU XHUAGW通信时，DiagComm JobGetSensorList将执行读取传感器列表的功能作业。响应是由一个ODX表和包含三个参数service、securityLevel和sensorName的一行组成。在分析新的ECU CDC\_1DIN时，我们的多代理系统建议，未知的DiagComm JobReadSensorList应该对应于函数Read传感器列表，其未知参数Security可能对应于功能参数Security Level。即使是返回的值也是以功能方式解释的，因此，在读取数据库时，会自动发现结果7/8的含义。请注意，其他ECU返回的值7在功能层面上将有完全相同的含义。一旦这些建议被作者接受，新的ECU的描述就可以被导入编写系统中，从而完成案例库。一旦完成，就可以使用功能描述和ECU的特定信息开始与ECU CDC\_1DIN进行车辆通信的功能通信。完成的案例库也可用于多代理系统，以便进一步导入ECU。



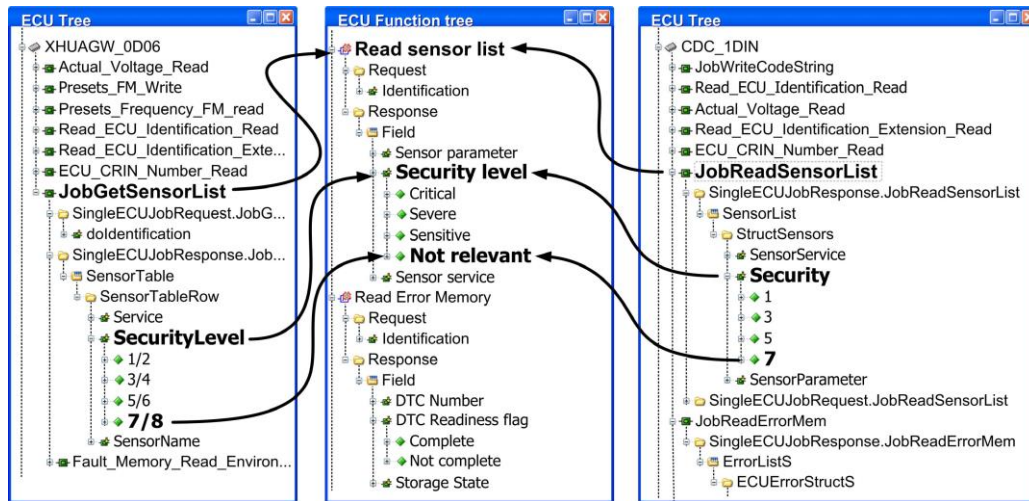


图4：创作系统的树状摘录显示了ECU XHUAGW和CDC\_1DIN的ODX描述和中间的功能工作“读取传感器列表”。

## V. 结论

本文概述了西门子实际授权系统中的数据结构。对这些结构的初步研究得出的结论是，作者在将ECU描述数据导入编写系统时，实现了对ECU描述数据的选择和功能解释，并为编写系统中要描述的每个ECU引入了新的知识相关数据。这种程序化的方法对ODX数据的自动导入没有帮助，因为它意味着在处理导入之前的第一步是要“知道作者知道什么”，从广泛的知识中脱离出来。因此，已经提出了使知识正规化和检索知识成为可能的技术。为了利用ODX数据模型提供的减少数据的可能性，利用价值继承和虚拟层次链接的概念开发了新的信息结构。通过这些用于车辆功能通信的数据结构，作者的知识在一个独特的数据库中独立于物理ECU的描述，这使得基于ECU能力分析的分布式问题解决方法的开发变得强大而简单。已开发的多代理系统使用基于案例的方法来分析新的ODX数据并自动导入建议。

目前正在开发的三个主要想法涉及到强化学习技术的引入、代理人主动性的提高以及赋予他们替代认知能力的可能性。

## 参考文献

[1] Augustin, Backmeister, Beiter, Dogan, Hallermayer, Hecker, Hümpfner, Köhler, Kricke, Kolbe, Michard, Öhlenschläger, Ramrath, Schleicher,

Wallschläger, Watzal, Wolter, Zweigler, "ASAM MCD-2D (ODX) 2.1.0版-数据模型规范", 载于ASAM规范, 2006年

[2] C.Kricke, "ODX, der neue Standard für Diagnose-Daten im Kraftfahrzeug" in *Diagnose von E/E-Systemen im Automobil*, Freising bei München (德国), 2005, pp.

[3] W.Zimmermann 和 R. Schmidgall, "Bussysteme in der Fahrzeugtechnik", ISBN-13-978-3-8348-0166-6, Friedr.Vieweg & Sohn Verlag, 2006

[4] P.Alpar and J. Niedereichholz, "Data mining im praktischen Einsatz", ISBN 3-528-05748-3, Vieweg Verlag, 2000

[5] E.Lefevre, J. Manata and D. Jolly, "通过证据理论对车辆旅行的管理进行分类", 载于R.F.I.A.会议记录, 图卢兹(法国), 2004, 第1-9页。

[6] H.Karanikas, C. Tjotjis and B. Theodoulidis, "使用信息提取的文本挖掘方法" 在数据库知识发现的原则和实践会议上, 里昂(法国), 2000年

[7] L.Getoor and C.P.Diehl, "链接挖掘：调查" 在SIGKDD探索7.2, 2005, pp.

[8] M.Liao, A. Abecker, A. Bernardi, K. Hinkelmann and M. Sintek, "组织记忆中的知识检索本体", 《学习软件组织(LSO'99)研讨会论文集》, 凯泽斯劳滕(德国), 1999年, 19-26。

[9] L.Brisson and M. Collard, "Une expérience d'intégration des connaissances dans un processus de fouille de données" in *Rapport de recherche ISRN I3S/RR-07-FR*, 2007

[10] Brisson, M. Collard and N. Pasquier, "Ontologies et base de connaissances pour le pré-traitement et le post-traitement en fouille de données" in *Fouille de données complexes workshop in EGC conference*, Lille (法国), 2006

[11] G. Pierra, H. Dehainsala, Y.A. Ameur, L. Bellatreche, J. Chochon and M.E.-H.Mimoune, "Base de données à base ontologique: le modèle OntoDB" in *Proceedings of Bases de données avancées 2004*, 蒙彼利埃(法国), 2004

[12] Z.Wen, J. Crossman, J. Cardillo and Y.L. Murphey, "Case base reasoning in vehicle fault diagnosis" in *IEEE proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (4)*, Portland (美国), 2003, pp.

[13] C.De Loupy, "L'apport de connaissances linguistiques en recherche documentaire" in *Proceedings of the 8<sup>th</sup> TALN conference*, Tours (法国), 2001

[14] D.Sculley, G.M. Wachman and C.E. Brodley, "Spam filtering using inexact string matching in explicit feature space with online linear classifiers" in *Proceedings of the 15<sup>th</sup> Text Retrieval Conference*, Gaithersburg (美国), 2006

[15] M.Woolridge and N.R. Jennings, "智能代理：理论与实践", 载于《知识工程评论》10.2, 1995年, 第115-152页。