

文章编号: 1001-0920(2006)04-0462-04

基于描述逻辑的面向管理决策的异构知识的表示

王素芬¹, 杨保安¹, 封均康²

(1. 东华大学 旭日工商管理学院, 上海 200051; 2. 佩斯利大学 计算机及信息系统系, 佩斯利 PA1 2BE, 英国)

摘 要: 构筑面向管理决策的智能系统中常存在知识库结构的复杂度和系统效率的平衡问题, 为此用描述性逻辑表示面向管理决策的 3 类 4 种异构知识. 由于描述性逻辑结合了谓词逻辑和面向对象的知识表示, 通过基于描述性逻辑的异构知识的统一表示, 降低广义知识库的结构复杂性, 并基于描述性逻辑的知识表示系统具有有效的推理能力, 保证一定的系统效率. 这项研究对于对面向管理决策智能系统的知识库构筑具有一定的理论借鉴作用和实际应用价值.

关键词: 异构知识; 描述性逻辑; 智能决策系统

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A

Representation of Isomeric Knowledge on Management Decision Problem Based on Description Logics

WANG Su-fen¹, YANG Bao-an¹, FENG Jun-kang²

(1. Glorious Sun School of Business and Management, Donghua University, Shanghai 200051, China; 2. Department of Computing and Information Systems, University of Paisley, Paisley PA1 2BE, U.K. Correspondent: WANG Su-fen, E-mail: sf.wang@dhu.edu.cn)

Abstract: There is a conflict between the structural complex of knowledge base and the system efficiency within building an intelligent system about management decision. Characteristics of knowledge representation are analyzed. Description logics are selected to represent three kinds or four sorts heterogeneous knowledge on management decision problem. The structural complex of general knowledge base is reduced by the unification representation of isomeric knowledge based on description logics. Because description logics unions the predict logics and the object-oriented representation, the knowledge representation system based on description logics has efficiently reasoning ability. The conflict between the structural complex of knowledge base and the system efficiency is resolved. The results can be used as a theoretical basis and provide practical value for building a management decision-oriented intelligent system.

Key words: Isomeric knowledge; Description logics; Intelligent decision systems

1 引 言

根据 Lenat 等^[1]提出的知识原则可知, 系统对问题的求解能力与系统拥有的知识量(包括知识的数量和质量)有关. 希望面向管理决策的系统具备智能, 必须使系统拥有管理决策的特有知识, 这些知识包括管理决策的一些特有概念、事实、表示、方法、案例、模型等.

随着社会经济和科学技术的不断发展, 面向管理决策的知识不断丰富, 知识结构日趋复杂, 面向决策的智能系统结构从二库结构向多库结构发展. 但各库的不同结构和各库之间的复杂接口最终导致系统结构复杂、效率低下、系统不具备柔性等缺点. 此时就产生了矛盾, 希望面向决策的系统高效, 系统必须充分地表示现实世界, 但表示的充分性会使系统

收稿日期: 2005-01-24; 修回日期: 2005-06-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(70271002).

作者简介: 王素芬(1966—), 女, 浙江舟山人, 副教授, 博士生, 从事信息系统评价、客户关系管理等研究; 杨保安(1938—), 男, 上海人, 教授, 博士生导师, 从事管理决策分析、智能决策及知识管理等研究.

的结构复杂, 这样又会降低系统的效率

为了解决这个矛盾, 文献[2]分析了面向管理决策的各种知识形态, 从认识论角度将面向管理决策的知识分为模型化数量性、符号性、实例样本性 3 类 4 种异性知识, 以此丰富知识库知识和提高系统表达能力。在此基础上提出一个基于多种异性知识的智能型管理决策系统的体系结构, 形成一个基于这 4 种异性知识集成利用的广义知识工作模式, 同时提出了采用面向对象技术实现此广义知识的构思。文献[3]在文献[2]的基础上, 利用 Java 语言实现 4 种知识的表示, 从技术层面探讨了广义知识库的知识表示问题。

知识表示是为了知识的有效利用, 对于解决复杂管理决策问题的知识系统, 知识表示必须能支持多种不同管理决策问题的求解活动, 所以选择一个合理的知识表示形式对系统的性能有很大的影响。

本文分析目前知识表示研究的一种趋势, 介绍了当今受到广泛关注的描述性逻辑, 并采用描述性逻辑家族中 ALCN 语言, 表示面向管理决策的 3 类 4 种异构广义知识, 以达到本文的两个目的: 通过基于描述性逻辑的异构知识的统一表示, 降低广义知识库的结构复杂性; 利用基于描述性逻辑的知识表示系统具有有效的推理能力, 保证智能系统一定的系统效率, 最终调和智能系统结构复杂性与系统效率之间的矛盾。

2 知识表示方式的选择

常见的知识表示形式有基于逻辑和基于非逻辑两类。一阶谓词逻辑是基于逻辑的方式; 产生式系统(基于规则的表示)、语义网络和框架系统(基于类的表示)是基于非逻辑的方式。

一阶谓词逻辑具有良好定义的语义, 便于准确地表示概念, 具有很强的表示充分性, 但其表示法效用较差, 特别是当知识库较大时推理效率很低。在基于非逻辑的知识表示中, 重要的是基于类的表示方式(又称网络结构化表示方法), 如语义网络和框架系统, 这种网络结构的表示方法具有较强的概念效率, 但缺乏良好形式化语义的定义^[4], 容易引起意义含糊甚至矛盾, 导致不同的人对相同的系统产生不同的理解和认识。

如何调和两类知识表示的优缺点, 引发了各种新的知识表示, 其中描述性逻辑就是在这样的背景下发展起来并成为一个重要的知识表示家族。它既具有形式化的基于逻辑的语义, 又以强化推理为中心任务, 即如何从清晰地包含在知识库中的现有知识推出间接知识。因此本文采用描述性逻辑作为知识表示语言来实现广义知识的统一表示。

3 描述性逻辑介绍

3.1 描述性逻辑的起源

语义网络和框架系统以人为中心, 知识表示非常直观。在实际应用中, 常认为它比基于逻辑的系统更有效, 也更具吸引力。但为克服语义网络和框架结构的缺点, 在知识表示领域引发出如何给网络结构赋予良好的语义定义的研究。首先是结构化的层次网络概念的诞生, 它为语义网络提供了基于一阶谓词逻辑的语义, 既有较强的表示能力, 又能进行有效的推理。

在此基础上产生了术语系统, 它使用分类(术语)表示知识, 强调如何通过基本术语对现实世界建立模型。第一个基于术语的知识表示系统 KL-ONE 由 Brachman^[5]实现。此后, 这个方向的研究重点转为术语系统中采用形成概念的各类构造器的研究, 人们用概念语言来代替术语系统。最近几年, 人们再次强调此类系统的逻辑性, 概念语言演变为描述性逻辑。

3.2 描述性逻辑的知识表示方式

描述性逻辑通过用定义领域的相关概念确定领域中出现的对象和个体的特性^[6], 以表示应用领域的知识, 其基本元素是概念和角色, 分别表示类与类之间的两元关系。概念表达式(以下简称概念)由一些原子概念和原子角色通过概念构造器形成。例如: 一个父亲要么有不多于 1 个孩子, 要么至少有 3 个孩子, 且其中一个是女孩, 可用以下的概念表达式来表示:

$$\begin{aligned} & \text{Male} \quad \forall \text{haschild} \quad \text{Human} \\ & (\quad 1 \text{ haschild} \quad (\quad 3 \text{ haschild} \\ & \quad \exists \text{haschild} \quad \text{Female})). \end{aligned}$$

其中: Male, Human 和 Female 是原子概念名; haschild 是角色名; 剩余的(除括号外)是概念构造器。

描述性逻辑家族中各种描述性语言由它能提供的构造器类型来区分。以下介绍其中一种重要描述性语言 ALCN 作为本文面向管理决策的异构知识的知识表示语言。

3.3 描述性语言 ALCN

3.3.1 ALCN 的句法

用字母 A 和 B 表示原子概念, R 表示原子角色, C 和 D 表示概念表达式(或称任意概念)。ALCN 中的概念表达式和角色表达式通过以下的句法规则形成:

$$\begin{aligned} & C, D \quad A \text{ (原子概念)} \mid \\ & \text{(全域概念)} \mid \text{(空概念)} \mid \\ & \neg C \text{ (负概念)} \mid C_1 \quad C_2 \text{ (概念的析取)} \mid \end{aligned}$$

$C_1 \quad C_2$ (概念的合取) | $\forall R. C$ (全称限制) |
 $\exists R. C$ (存在限制) | $n,$
 R, C | $nR. C$ (数字限制).

3.3.2 ALCN 的语义

ALCN 的语义由一个解释 $\mathbf{I} = (\Delta^{\mathbf{I}}, \mathbf{I})$ 确定, 此解释由一个抽象域 $\Delta^{\mathbf{I}}$ 和一个解释函数 \mathbf{I} 组成. 此解释函数将每个原子概念解释为 $\Delta^{\mathbf{I}}$ 的一个子集 $A^{\mathbf{I}}$, 将原子角色解释为 $\Delta^{\mathbf{I}}$ 的一个二元关系 $R^{\mathbf{I}}$, 是 $\Delta^{\mathbf{I}} \times \Delta^{\mathbf{I}}$ 的一个子集. 概念表达式可用解释函数作以下解释:

$\mathbf{I} = \Delta^{\mathbf{I}},$
 $\mathbf{I} = \emptyset,$
 $(C_1 \quad C_2)^{\mathbf{I}} = C_1^{\mathbf{I}} \quad C_2^{\mathbf{I}},$
 $(C_1 \quad C_2)^{\mathbf{I}} = C_1^{\mathbf{I}} \quad C_2^{\mathbf{I}},$
 $(\neg C)^{\mathbf{I}} = \Delta^{\mathbf{I}} \setminus C^{\mathbf{I}},$
 $(\forall R. C)^{\mathbf{I}} = \{c \in \Delta^{\mathbf{I}} \mid \text{对于所有的 } d \in \Delta^{\mathbf{I}}$
 使得 $(c, d) \in R^{\mathbf{I}}, \text{ 有 } d \in C^{\mathbf{I}}\},$
 $(\exists R. C)^{\mathbf{I}} = \{c \in \Delta^{\mathbf{I}} \mid \text{存在一个 } d \in \Delta^{\mathbf{I}}$
 使得 $(c, d) \in R^{\mathbf{I}}, \text{ 有 } d \in C^{\mathbf{I}}\},$
 $(\leq nR. C)^{\mathbf{I}} = \{c \in \Delta^{\mathbf{I}} \mid \#\{d \in \Delta^{\mathbf{I}} \mid (c, d) \in R^{\mathbf{I}}\} \leq n\},$
 $(\leq nR. C)^{\mathbf{I}} = \{c \in \Delta^{\mathbf{I}} \mid \#\{d \in \Delta^{\mathbf{I}} \mid (c, d) \in R^{\mathbf{I}}\} \leq n\}.$

3.3.3 基于 ALCN 的知识库

基于描述性逻辑的知识表示系统, 知识库由 TBox 和 ABox 两部分组成. TBox 是关于问题领域的一般知识(内涵知识), ABox 是关于一个特别问题的知识(外延知识). 本文主要介绍 TBox. 一个 ALCN 的 TBox 常有以下的断言组成: $C_1 \subseteq C_2$, 其中 C_1 和 C_2 表示任意的概念表达式. 一个知识库的语义是通过断言的满意概念而确定的.

定义 1 给定一个解释 \mathbf{I} , 如果 $C_1^{\mathbf{I}} \subseteq C_2^{\mathbf{I}}$, 则称此解释满足断言 $C_1 \subseteq C_2$.

定义 2 给定一个解释 \mathbf{I} , 如果它满足知识库中的所有断言, 则称此解释为知识库的一个模型.

定义 3 如果一个知识库存在一个模型, 则称此知识库是可满足的.

给定一个知识库 \mathbf{T} (只有 TBox 组成), 在此知识库上常有两类最基本的推理: 1) 概念的满足: 如果知识库 \mathbf{T} 存在一个解释 \mathbf{I} 使得 $C^{\mathbf{I}}$ 为非空, 则称概念 C 关于 \mathbf{T} 满足; 2) 概念的回归: 如果对于知识库 \mathbf{T} 的每一个解释 \mathbf{I} 都有 $C^{\mathbf{I}} \subseteq D^{\mathbf{I}}$ 成立, 则称概念 C 关于 \mathbf{T} 被概念 D 回归, 记为: $C \subseteq_{\mathbf{T}} D$.

4 面向管理决策的异构知识的表示

文献[1]采用 4 元组来定义面向管理决策的异

构知识, 即

异构知识 = (模型化数量知识, 符号知识, 实例知识, 样本知识).

文献[2]进一步分析各种异构知识的内部特征, 认为各类知识的内部具有共同特征, 进一步延伸下去, 也可进一步归类处理, 这与面向对象的思想不谋而合. 为了更明确地阐述, 对异构知识中每种知识采用巴科斯范式进行描述^[2]. 面向管理决策的异构知识可以统一在一个面向对象的广义知识库内, 所以本文在文献[1, 2]的基础上, 用 ALCN 语言对 4 种异性知识进行统一表示.

4.1 模型化数量知识

模型性数量知识的巴科斯范式为

```

MQ Knowledge ::= Class Name
                Parent Class [ MQ Attribute ]
                [ MQ Methods ], ...
{ Class Name ::= 类名
  Parent Class ::= 父类名
  MQ Attribute ::= 数量模型知识的属性
  MQ Methods ::= 数量模型知识的方法 }
MQ Attribute ::= MQ Input MQ
                Output ...
{ MQ Input ::= 模型输入
  MQ Output ::= 模型输出 }
  
```

某管理决策模型名为 MS_1 , 它的父类名为 MS -Parent, 具有属性 ATTR 和方法 METH. 属性 ATTR 包含模型输入 Input-list 和模型输出 Output-list. 将此模型化数量知识用 ALCN 表示如下:

```

MS1 ⊆ MS-Parent
∀mq a ATTR    ∀mq m METH
ATTR ⊆ ∀mq. i Input-list
∀mq. o Output-list
  
```

4.2 符号知识

设符号知识主要由框架知识构成, 它的巴科斯范式为

```

Frame ::= Frame Name
Parent class Member of Slot
{ Parent class ::= 父类框架名
  Member of ::= 上级框架名
  Slot ::= 槽 }
Slot ::= Slot Name
Slot Parent Class Slot Value
{ Slot Name ::= 槽名
  Slot Parent Class ::= 槽父类
  Slot Value ::= 槽值 }
  
```



框架名为 $Frame_1$, 其父类框架名为 $Sup-Frame$, 槽 $slot_1$ 的值为 $ValueClass_1$, 值最多为 m , 最小为 n , 同样可用 ALCN 表示此框架

$$\begin{aligned} Frame_1 &\subseteq Sup-Frame \\ \forall slot_1 & ValueClass_1 \\ m slot_1 & \quad n slot_1 \end{aligned}$$

4.3 实例知识

模型性数量知识的巴科斯范式为

Case-based knowledge ::=

CaseName Parent class
Parent class Condition-list
Solution-list Sub-Solution-list
Actual-case-list
{ Parent class ::= 父类名
Parent class ::= 案例编号
Condition-list ::= 状态列表
Solution-list ::= 解决方案列表
Sub-Solution-list ::= 二级解决方案列表
Actual-case-list ::= 实际案例列表 }

某实例名为 $Case_1$, 其父类为 $P-Case$, 父类的编号是 $P-List$ 实例 $Case_1$ 的状态列表为 $Con-List$, 解决方案列表 $Sol-List$, 二级解决方案列表是 $Sub-Sol-List$, 实际案例列表是 $Act-Case-List$ 下面用 ALCN 表示此实例:

$$\begin{aligned} Case_1 &\subseteq P-Case \\ \forall condition & Con-List \\ \forall solution & Sol-list \\ \forall sub-solution & Sub-Sol-List \\ \forall actual & Act-Case-List \\ P-Case &\subseteq \forall list P-List \end{aligned}$$

4.4 样本知识

样本知识的巴科斯范式为

Sample-knowledge ::=
Sample-Name Parent-class
Sample-Index-list
Sample-Input Sample-Output
Sample-solution
{ Parent-class ::= 样本父类
Sample-Index-list ::= 样本指标
Sample-Input ::= 样本输入
Sample-Output ::= 结果输出
Sample-solution ::= 样本求解 ::=
Tuopu-Structure Arithmetic
Parameter-list

{ Tuopu-Structure ::= 神经网络拓扑结构
Arithmetic ::= 神经网络算法
Parameter-list ::= 神经网络参数 }

某样本位 $Sample_1$, 其父类为 $P-Class$, 样本 $Sample_1$ 的样本指标是 $Index-List_1$, 样本输入为 $Sam-Input_1$, 结果输出为 $Sam-Output_1$, 样本求解为 $Sam-Solution_1$. 此样本求解的神经网络拓扑结构为 $T-Stru_1$, 神经网络算法为 $T-ari_1$, 神经网络参数为 $T-Par_1$, 现将此样本用 ALCN 表示如下:

$$\begin{aligned} Sample_1 &\subseteq P-Class \\ \forall index & Index-List_1 \\ \forall input & Sam-Input_1 \\ \forall output & Sam-Output_1 \\ \forall solution & Sam-Solution_1 \\ Sam-Solution_1 &\subseteq \\ \forall structure & T-Stru_1 \\ \forall arithmetic & T-Ari_1 \\ \forall parameter & T-Par_1 \end{aligned}$$

在上述基于描述性逻辑的 3 类 4 种异构知识的统一表示下, 可以形成一个由 $Tbox$ 组成的知识库, 在此知识库上进行相应的概念满意和概念回归等推理, 实现知识的有效利用

5 结 论

本文通过分析各种知识表示方式的优缺点和当今知识表示的研究趋势, 结合面向管理决策的 3 类 4 种异构知识的特点, 选择描述性逻辑中的 ALCN 语言对面向管理决策的 3 类 4 种异构知识进行统一表示, 目的是降低广义知识库的结构复杂性. 描述性逻辑既具有定义良好的基于逻辑的语义, 又具有有效的推理特性, 所以基于描述性逻辑的广义知识库不但能精确并充分地建立外部世界模型, 而且能在知识库上进行有效的推理以获得间接的新知识, 使面向管理决策的系统具有智能化

参考文献 (References)

- [1] Lenat D B, Feigenbaum E A. On the Thresholds of Knowledge[J]. *Artificial Intelligence*, 1991, 47(1-3): 185-250
- [2] 杨保安, 朱明, 唐志杰. 面向智能性管理决策系统异构知识的表示与集成利用[J]. *东华大学学报*, 2003, 29(6): 39-42
(Yang B A, Zhu M, Tang Z J. Isomeric Knowledge Artificial Intelligence Intelligent Management Decision System Management Decision Problem [J]. *J of Donghua University*, 2003, 29(6): 39-42)

(下转第 469 页)

新订单的产品供货量如表 7 所示。比较表 5 和表 7 可以看出, 对于新的订单, 在最优化成本的前提下没有充分承诺客户需求, 且完成表 6 供货的总成本为 374 471 元, 所以完成新订单成本如下(单位: 元):

$$364\,471 - 293\,012 = 71\,456.$$

表 6 插入新订单事各时段的产品订货量

产品	时段 1		时段 2		时段 3	
	地点 1	地点 2	地点 1	地点 2	地点 1	地点 2
1	12	13	13	18	16	14
2	15	10	17	14	20	12
3	13	13	15	15	20	10
4	7	15	19	18	20	10
5	11	11	13	9	14	8

表 7 新订单的产品供货量

产品	时段 1		时段 2		时段 3	
	地点 1	地点 2	地点 1	地点 2	地点 1	地点 2
1	0	0	0	5	6	7
2	0	0	0	7	10	6
3	0	0	0	7	7	5
4	0	0	3	5	10	5
5	0	0	3	2	7	4

5 结 论

在竞争全球化条件下, 基于电子商务平台制定竞标策略是供应链计划的关键问题。本文以此为背景, 从供应商的角度出发, 针对客户招标的 RFQs, 通过考虑时间、成本和风险, 根据销售能力、库存等建立了确定供货量和成本的投标决策模型, 并用遗传算法进行求解, 通过对多个问题的成功仿真表明了算法的有效性和模型的实用价值。作为投标方的供应商可以把该结果作为投标工作量和报价的依据来书写本企业的投标书, 招标方在规定日期内对接到的所有投标书进行评价, 从中选择中标伙伴, 完成整个供应链竞标过程。

本文提供了一种竞标决策的新途径, 对于企业

参与供应链合作, 提高生存能力具有一定的借鉴作用。

参考文献(References)

- [1] Friendman L. A Competitive Bidding Strategy [J]. *Operation Research*, 1980, 28(1): 104-112
- [2] Bussev P, Cassigne N, Singh M. Bid Pricing-calculating the Possibility of Winning [J]. *IEEE Trans on Power Systems*, 1997, 13(1): 3615-3620
- [3] Rothkopf M H. Equilibrium Linear Bidding Strategies [J]. *Operations Research*, 1980, 28(10): 576-583
- [4] 裴菁, 汪定伟. 虚拟企业协作中的竞标策略研究[J]. *管理科学学报*, 2002, 5(1): 35-39
(Pei J, Wang D W. Bid Strategy of Virtual Enterprise [J]. *J of Management Science in China*, 2002, 5(1): 35-39)
- [5] Hu Q H, Arun Kumar, Zhang S. A Bidding Decision Model in Multiagent Supply Chain Planning [J]. *Int J of Production Research*, 2001, 39(15): 3291-3301
- [6] Bellman R, Zadeh L A. Decision Making in a Fuzzy Environment [J]. *Management Science*, 1970, 17(4): 141-161
- [7] Zimmermann H J. Fuzzy Mathematical Programming [J]. *Computer and Operations Research*, 1983, 10(4): 291-298
- [8] Zimmermann H J. Application of Fuzzy Set Theory to Mathematical Programming [J]. *Information Science*, 1985, 36(1): 29-58
- [9] Charnes A, Cooper W W. Chance Constrained Programming [J]. *Management Science*, 1959, 6(1): 73-79
- [10] Liu B, Esogbue A O. Fuzzy Criterion Set and Fuzzy Criterion Dynamic Programming [J]. *J of Mathematical Analysis and Applications*, 1996, 199(1): 293-311

(上接第 465 页)

- [3] 唐志杰, 杨保安, 徐优丽. 基于面向对象方法管理决策问题中的异构知识表示与实现 [J]. *中华管理资讯系统*, 2003, 1(3): 50-55
(Tang Z J, Yang B A, Xu Y L. The Object-oriented Method Based Representation and Implementation of Fuzzy Knowledge on Management Decision Problem [J]. *Chinese MIS*, 2003, 1(3): 50-55)
- [4] Woods W A. What's in a Link: Foundations for Semantic Networks [A]. *Representation and*

Understanding: Studies in Cognitive Science [C].
Bachman: Academic Press, 1985: 35-82

- [5] Bachman R J, Schmolze J G. An Overview of the KL-ONE Knowledge Representation System [J]. *Cognitive Science*, 1985, 9(2): 171-216
- [6] Nardi D, Bachman R J. An Introduction to Description Logics [A]. *The Description Logic Handbook* [C].
Cambridge: Cambridge University Press, 2002: 5-44