

基于管理问题理解的 DSS 智能构模理论框架研究^①51-58
向阳^② 黄梯云
(哈尔滨工业大学管理学院)

【摘要】首先分析了目前 DSS 应用热潮减弱的深层原因,并综述了国内外模型构造现状及存在问题,在此基础上,首次提出了一个更加符合人类思维习惯的三层次智能构模理论框架,该理论框架由管理问题理解层、问题模型类匹配层和模型智能构造层三个层次组成,并给出了三个组成层次中的主要研究内容。

关键词:管理问题理解, 决策支持系统, 模型智能构造

分类号: TP18

TP399, G311

0 引言

随着对决策支持系统(decision support system, DSS)的深入研究,模型被认为是 DSS 的核心,DSS 的运行是由模型驱动的,DSS 中数据需求也是由模型确定的,DSS 的构造也是以决策问题求解所依赖的模型为重要研究对象的,求解模型构造的合适与否,直接影响决策者的决策有效性。然而,纵观 DSS 近 30 年的应用,其使用情况不容乐观,应用热潮逐渐减弱,一些组织的决策者并不愿意使用 DSS,决策者没有认识到 DSS 的重要性可能是一个原因,但 DSS 自身存在的弱点也在某种程度上制约了 DSS 的应用和普及。考察目前绝大多数的 DSS,不难发现其弱点之一就是 DSS 的构模功能较弱,不能很好支持模型的构造。虽然目前的模型智能构造系统也提供了智能构模的功能,但用户仍难以亲自构造自己的模型。要了解这个问题产生的原因,必须首先分析专家构模的过程,这个过程是:构模前专家与用户充分交谈,交谈过程中,专家会利用他所掌握的知识,以具有对模型构造有利的问句进行提问,以此理解用户所要解决的问题,并获得构模所需的信息,再利用模型知识和构模的技能构造模型。分析这个

过程可以发现,专家是具有模型知识和构模技能的专家,专家与用户交谈是构模的前提,交谈的主要目的是为了了解用户问题的专业领域知识,进而理解用户所要解决的问题,问题理解由构模专家来完成,此外还可发现,问题理解的手段——交谈中的提问是以专家所具有的构模思维为基础的。至此不难看出非构模专家的一般用户构模困难的主要原因是,一般的用户不具备把专业知识与模型知识相结合的思维模式或是不具有模型领域知识,这自然就谈不上以这种思维模式或知识来理解自己的问题,这就导致亲自构模对他们来说是一件难事。

通过上面的分析可以知道真正意义上的机器智能构造模型,首先必须以机器对用户所要解决问题的充分理解为基础。机器对用户问题的理解主要涉及两个问题:一是机器如何拥有和利用问题的专业领域知识;另一是问题理解必须的人机交互的形式怎样更便于用户接受和掌握。对于第一个问题,实际上是问题领域知识库建立和使用的问题。我们知道任何一个知识库其知识的表示、库的结构具有极强的针对性,不同领域的知识为了达到有效利用的目的,其表示形式和库结构是

① 国家自然科学基金资助项目(79670023)

② 向阳:哈尔滨工业大学管理学院博士生,工作单位及通讯地址,山东省泰安市山东矿业学院工商系,邮编:271019, E-mail: yang@public.raptt.sd.cn

本文 1998 年 8 月 2 日收到。

不同的。目前针对以建立模型为背景的,用于管理问题理解的知识库尚不多见,库中的知识如何表示,库的结构怎样设计仍是研究领域的一项空白。对于第二个问题,目前的人机交互形式为了获得友好的接口效果,人们使用联机帮助、问答方式、命令方式、菜单方式、文字、表格、图形界面等多种对话形式,这些对话形式从本质上说,都不具有智能性,它们都是静态的,在设计时就已固化在系统中,用户在运行时不能影响这些对话方式。虽然目前国内外在人机交互系统中具有了语言系统,机器能理解语言系统中的具有固定格式的语言,犹如计算机理解程序设计中的高级语言,但这些语言仍是一种受限的自然语言。因此,机器对自然语言的理解,进而对用户用自然语言表述问题的理解,就成为 DSS 的又一项关键技术,也是人类最宜接受和掌握的人机交互形式。因此,机器对用户所要解决问题的智能理解,是一个值得研究的问题。

其次,在机器对用户所要解决问题充分理解的基础上,机器智能构造模型,也面临着问题领域知识与模型领域知识之间有何种关系、模型领域知识如何表示、如何存储、机器的构模技能如何实现等问题。这些问题的解决对 DSS 的发展与广泛应用具有重要作用。

1 模型构造的国内外研究现状及存在问题

所谓模型构造,这里引用美国斯坦福大学权威学者、“知识工程之父”Edward Feigenbaum 一段精辟的论述很能说明问题:“给你一个物理器件,让你为它建立一个数学模型,假设你并不知道它的精确的方程描述,但你知道它的定性描述,这样你可以根据所掌握的工程和物理的知识建立一个正确的模型。现在当你需要在计算机上进行模拟时,通常是人给计算机一个模型,让它执行。可以想象在若干年以后,如果计算机也懂得了工程和物理的知识,它应该也能够构造它们自己的模型,而且不需要人给出模型。这个问题就叫模型构造。”^[1]

在国外, Daniel R. Dolk^[2]将模型构造划分为

三个流派:结构化构模^[3]、逻辑构模^[4]和图文法^[5]。结构化构模是由 Geoffrion^[6,7]在 1987 年提出,并实现了一个结构化构模环境 FW/SM^[8],建立了结构化构模语言 SML 的结构。这种方法能简化问题描述规模,能够识别模型的基本组成成份,以及这些成份之间的关系。但是这种方法模型部件与数据部件特性不匹配,为了获得构模所需的输入数据,必须借助外部应用程序来实现;逻辑构模是运用逻辑谓词的演算与归结来描述并构造模型, Bonczek^[9]和 Dutta^[10]等提出了两种构模方法,这些方法将谓词分为两种:领域谓词(domain predicate)和模型谓词(model predicate)。领域谓词用于表示领域知识,模型谓词用于定义模型输入输出接口。这种方法优点是将领域知识引入模型管理,使用户不必清楚如何构模,以及如何为每个模型输入端口提供参数,减轻了用户负担,但领域知识若是在一个范围较宽领域内,则知识组合过于庞大,推理效率低下;图文法构模是用图形描述并构造模型,这种描述方式能使用户对模型结构有更加直观清晰的了解。但是,模型中的有些关系是无法用图形来描述,而且即使是一个稍微复杂一点的模型,用图形描述也显得相当庞大。同时也存在着计算机存贮与处理速度上的技术问题。因此,该方法不适用于构造复杂模型。

此外, Binbasioglu 和 Jarke^[11]使用框架表示特殊领域知识,并借此描述优化模型; Lenard^[12]、Leclaire 和 Sharda^[11]提出用面向对象的程序设计概念方法构造模型; Liang^[14]提出用类比推理和基于 CASE 的学习机制用于自动建模,这种方法可以帮助用户学习改善构模知识,应用构模经验构造新的模型; Michael J. Shaw^[15]讨论了机器学习在模型自动构造中的作用。

在国内,对模型构造进行深入研究的人员较少,研究成果主要有:基于类的建模支持系统^[16]、基于面向对象方法的模型构造系统^[17]、基于框架和算子的模型知识表示^[18]、单元模型和复合模型的智能生成系统^[19]、集成结构建模框架研究^[20]、运用问题—模型—求解递阶分层法构模^[21]、形式化的建模方法研究^[22]等。

总结上述国内外有关构模问题的研究,可以发现建立某种模型描述语言,并以此语言构模是 DSS 模型构造常用的方法,这种方法逻辑严密,能

将复杂的模型构造变得简单容易,但是这些方法也有其不足之处:

1) 模型构造侧重于方法,上升到理论的研究较少。

2) 在机器上用户的问题描述不能使用自然语言,问题描述必须由专业人员翻译成只有专业人员才懂的专用构模语言。

3) 模型构造的基础—问题理解多是构模专家与用户交谈后,由构模专家按其构模思维来理解,而没有上升到机器与用户交互,由机器来智能理解。

4) 大多数模型构造系统当涉及到问题领域专业知识时,要求用户领域知识丰富,否则构模将无法进行,究其原因是这些构模系统缺少系统的、完整的问题领域知识处理系统。

5) 大多数构模系统中,很少研究模型知识与领域知识之间存在的映射关系,对这种关系的表示、组成和组织,及其在模型具体形式构造中的作用进行系统、全面、深入地研究更是少见。

6) 模型构造多是利用输入输出与现有模型匹配,或是模型组合,然后将数据加载到模型上实现模型构造,而利用领域知识和模型知识对模型具体形式进行构造的研究较少。

2 理论框架提出

2.1 人类构模思维习惯

本论文提出的基于管理问题理解的智能构模理论框架,是建立在人类构模思维习惯基础上的,人们构造一个模型的思维步骤如下:

1) 明确问题领域,确定问题目标,运用问题领域知识,并结合模型领域知识理解问题深层含义;

2) 寻找现有模型类,并明确哪类模型能解决该问题,若没有相应模型类,则转下一步;

3) 运用领域知识和模型知识及相关资料数据构造模型具体形式。

2.2 基于管理问题理解的智能构模理论框架

基于上述人类构模思维模式,本论文提出一个新的基于管理问题理解的智能构模三层次理论框架,见图1:

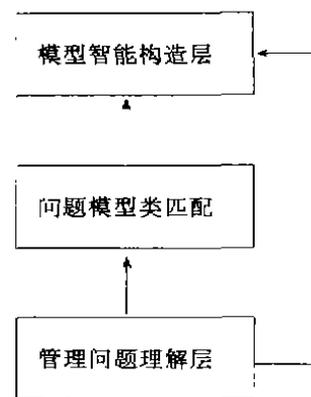


图1 模型智能构造三层次理论框架

在这个理论框架中,三个层次的关系是:管理问题理解是基础,问题模型类匹配是桥梁,模型构造是目的,三个层次具有的功能相互联系、相互作用,共同完成模型构造任务:①管理问题理解层具有问题领域定位、明确问题解决要达到的目标,以及明确问题组成、各组成属性及相互关系,即使问题结构化的功能,这个功能的实现是通过表达管理问题知识,构造管理问题知识词库,并在对问题描述的自然语言切分基础上,深度搜索管理问题知识词库来完成的,该层次的输入为用户用自然语言描述的问题,输出为机器对该问题理解后产生的多元序列,这个多元序列可作为问题与模型类匹配的条件,②问题模型类匹配层具有模型类选择功能,这个功能的实现是在管理问题理解的基础上,运用管理问题与模型类匹配规则进行推理选择,若推理成功则本层次功能实现,若推理不成功,则由模型构造层直接构造具体模型,并形成新的模型类,该层次中的匹配规则是由带置信度的产生式规则表示,置信度可用来解决同一匹配条件与多个模型类匹配时带来的冲突,该层次的输入为管理问题理解层的输出;输出为匹配推理得到的模型类,③模型智能构造层具有具体模型形式构造和模型组合构造功能,这个功能实现是借助管理问题领域专业知识和模型知识来实现,构造具有低级模型具体形式的真正构造,即原子模型的构造,也具有由原子模型进行模型组合的构造,该层次的输入为问题模型类匹配层得到的要选用的模型类;输出为构造完的能够解决用户问题的一个模型。

3 理论框架主要研究内容

根据上述提出的模型构造三层次理论,其理论框架结构如图2所示:

3.1 理论框架结构

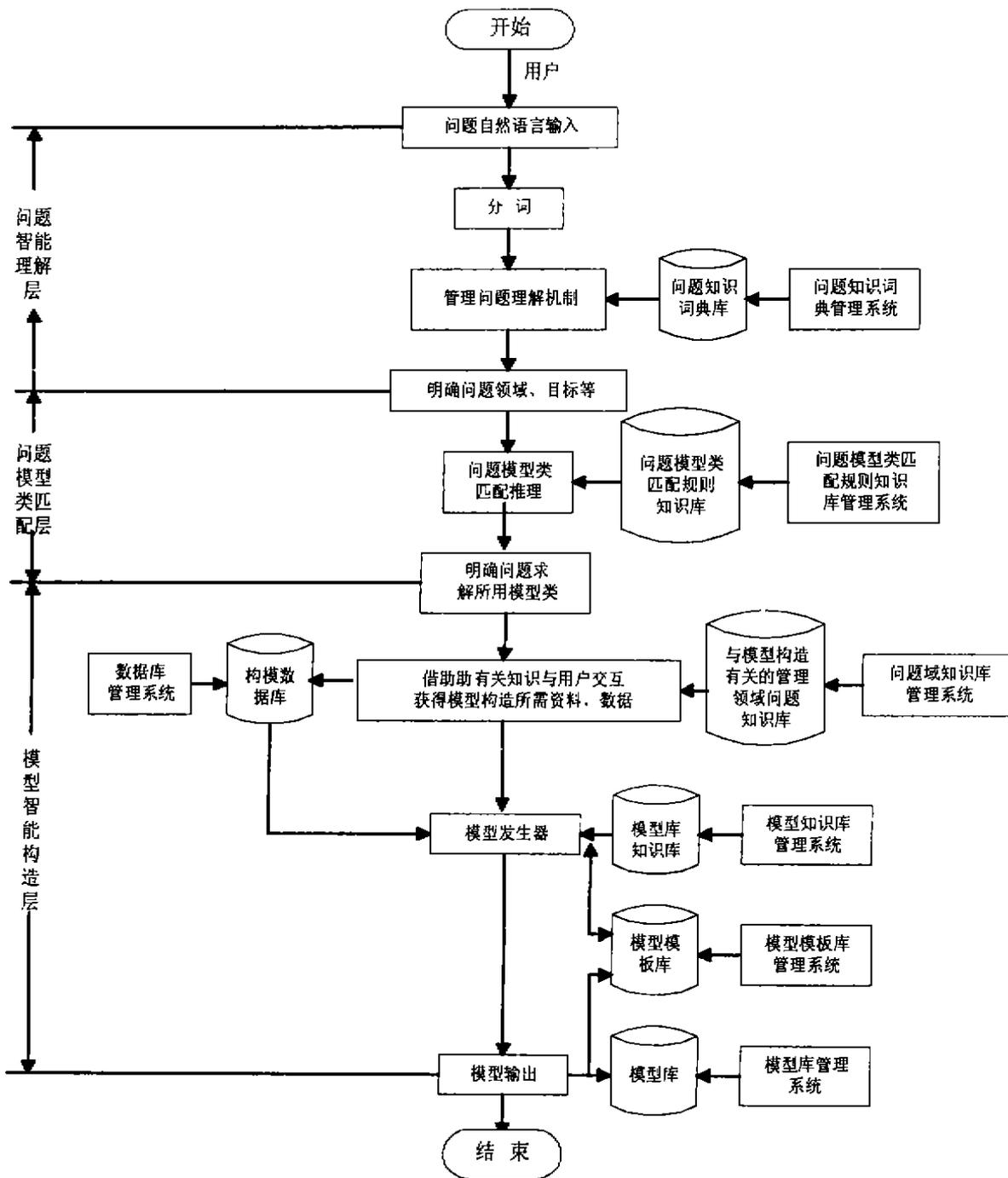


图2 基于管理问题理解的智能构模理论框架结构

3.2 管理问题理解层主要研究内容

DSS 所解决的决策问题按照国内外学者的定义是属于半结构化和非结构化问题,对用户来说,

3.2.1 管理问题理解概念的研究

决策问题之所以成为半结构化或非结构化问题,主要原因之一就是所要解决问题领域知识的缺乏.这一点国内学者已给出了充分的肯定.此外,DSS 对非结构化和半结构问题的解决依靠两类模型,即规范模型和描述性模型^[43],本人认为一个非结构化和半结构化问题若被用户构造的规范模型或描述性模型所解决,可以认为这个问题的结构已被明朗化,若再遇到类似问题可类推解决.这也就是说不良结构问题一旦有模型可以求解,该问题结构化程度被提高了.基于此认识,本文提出管理问题理解的概念,认为管理问题理解是一个过程,即从对问题结构不明,到通过问题领域知识的运用理解问题,使问题结构明朗,直至能够构造模型并求解为止的一个过程.

3.2.2 管理问题知识词典库研究

管理问题知识词系指与表述管理问题有关的汉词.这类汉词是在《信息处理用现代汉语常用词词表》^[24]基础上,根据管理问题描述的特点,对词表中的汉词加以处理而形成的.如:销售和成本是规范中的两个汉词,而在的管理问题知识词典库中却是一个词,即销售成本.该库的结构示例如下表 1:

表 1 管理问题知识词典库结构示例

地址	汉词	属性	父词指针	子词指针	兄弟词指针
0001	成本	逆对象	Null	0001	Null
0001	销售成本	逆对象	0000	XXXX	0002
0002	生产成本	逆对象	0000	XXXX	Null
...
XXXX	最大	状态 1	Null	Null	Null
XXXX	最小	状态 2	Null	Null	Null
...

该库的设计可采用面向对象技术,抽象管理问题类,组织管理问题知识词汇,形成管理问题词典库,词典库每个词汇作为一个对象,且具有某种属性(如:成本属性为逆对象,其中“逆”的含义为对象的值越小越好).管理问题知识词典库中具有对象属性的词形成树形数据结构,这种树形数据结构对于管理问题理解具有重要作用.

3.2.3 管理问题智能理解机制研究

一个完整的管理问题是由问题领域词、目标状态词和其他修饰成分组成,因此确定问题领域词和目标状态词是管理问题理解的关键.该机制是在切词系统的切分结果基础上,对切分得到的

词在管理问题知识词典库树形结构中进行深度搜索匹配.根据本文提出的管理问题理解概念,该机制对管理问题理解的过程是:用户输入的管理问题自然语言描述语句,经过切词系统得到多个词后,选择一词与管理问题知识词典库中的词进行匹配.当匹配成功时,若有子词指针和兄弟词指针,可再根据该词的子词指针和兄弟词指针进行深度搜索子词,根据搜索到的子词进行人机对话,据此明确所要解决问题领域和目标状态,并获得具有对象属性的汉词的有关数据,填充构模数据库.这个过程即是管理问题细化与分解过程;若没有子词指针和兄弟词指针,即获得一个具有状态属性的词.当匹配不成功时,可认为该词与理解这个问题无关,再选择另一词重复上述搜索过程.最后形成一个或多个管理问题理解的多重二元序对列表,其形式为:((对象词名称,对象属性),(状态词名称,状态属性),……),取出多重二元序对列表中每个二元序对的第二维,可组成一个多元序列:(对象属性,状态属性,……),该多元序列即可作为问题与模型类匹配的条件.

在上述机器对问题理解过程中,值得注意的是:①管理问题知识词典库丰富与否至关重要,它直接关系到问题理解程度和准确性,该库可在实践中不断丰富.②人机对话的形式可采用自然语言问答形式,例如:用户用自然语言提问“如何使成本最小?”,对这一问句,经切词后可得到一个对问题理解有用的具有对象属性的汉词“成本”,以此汉词为起点,在问题知识词典库中搜索得到子词“销售成本”和“生产成本”,针对这两个子词,机器可提问“是使销售成本最小还是使生产成本最小?”,用户回答“是销售成本”,机器根据“销售成本”这一汉词,继续搜索、提问、回答下去,其结果必然能缩小问题范围,最后明确问题领域,并通过类似提问可获得这些汉词的有关数据.这就是本文的人机对话的形式.

3.3 问题模型类匹配层主要研究内容

问题与模型类匹配是连接管理问题理解与模型构造的桥梁,匹配是一个推理的过程.这个过程是将问题领域明确的理解推向模型构造这一更深层次上的理解.管理问题与模型类匹配是带置信度(certain factor)的产生式规则的运用,其中置信度的引入是为了有效解决匹配过程中一个匹配条

件与多个模型类匹配带来的冲突问题,产生式规则中的条件来至于管理问题智能理解机制,条件与结论的匹配规则知识是从大量管理问题自然语言描述语句与模型类匹配的经验中提炼出来的,其规则知识表示如表2所示:

表2 问题与模型类匹配规划表示

条件	结论	置信度
多元序列 i	模型类 j	CF_n

所有这些规则存储于问题模型匹配规则知识库中,匹配过程是依次取出管理问题理解对象词形成的结构树上的理解终结点(不一定是叶结点)的多元序列,并与规则知识库中的规则进行匹配,得到解决每个子问题的模型类,如果匹配不成功,可转模型构造层直接构造具体模型。

例如:前述得用户提问:“如何使我们的成本最小?”,经管理问题理解层理解后,得到一个多重二元序对((销售成本,逆对象),(最小,状态2)),其对应的多元序列为一个二元序对,即:(逆对象,状态2)。根据问题与模型类匹配经验(该经验在实践中提炼),可得匹配规则知识如表3:

表3 问题与模型类匹配规划示例

条件	结论	置信度
(逆对象,状态2)	线性规划	90%

匹配结果是,要解决使成本最小问题,可用线性规划模型解决销售成本最小的问题。

3.4 模型智能构造层主要研究内容

模型智能构造是借助管理问题理解阶段确定的问题领域,启用该问题领域的知识库中专业知识,并与构模知识库中的模型构造知识结合,结合的过程是运用构模规则推理的过程,推理结果即为所要构造的模型,具体研究内容如下:

3.4.1 管理问题领域知识表示研究

管理问题领域知识采用面向对象的方法表示,在知识的面向对象表示中,对象是一种普遍适用的基本逻辑结构,是一个有组织的含有信息的实体,它既可以表示一个抽象概念,也可以表示与概念相关的方法,在知识库中,一个对象就是管理问题领域中的一个概念,对象包含概念属性和构模方法,因此这个对象就变为一种即有领域知识又有运用知识能力的实体,由于这些实体所具有的知识,使得它们具有智能,同时由于对象具有的

继承性和信息隐蔽性,这就使各个具有智能的实体之间具有很高的独立性,可通过简单对象的组合来生成复杂的对象,从而表示了更为复杂的知识,并实现了知识的重用,此外,类是组织智能实体的有效手段,类的组织行为是通过继承来实现的,类与类之间可以通过继承达到知识共享,并表示管理问题领域知识中各种分类和从属关系。

3.4.2 模型知识表示研究

模型知识表示也是运用面向对象方法,基于上述思想可以看出,抽象出更高层次的类,同时设计合理多继承关系是模型知识表示的关键,模型知识的继承关系示例如图3所示:

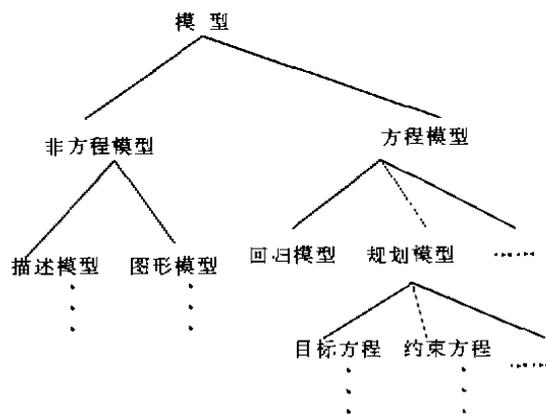


图3 模型知识继承关系

例如,对于方程类模型用面向对象技术可定义如下:

类名称:方程类模型

父类:模型

属性:

左边项 LHS:(运行时决定)

右边项 RHS:(运行时决定)

连接符:(运行时决定)

方法:

GetLHS()

GetRHS()

GetEquation()

[结束]

3.4.3 问题领域知识与模型领域知识之间关系的研究

人类构模思维过程中,问题领域知识与模型领域知识是相辅相成的,而不是相互独立无关的,例如:构造计量经济学中一个简单的单方程模型,

用户不但要知道计量经济学中的单方程是由解释变量线性组合组成这一模型知识,而且要知道解释变量所解释问题领域中的知识.抽象这种思维,可认为模型(方程)领域知识与问题领域知识具有某种映射关系,这种关系的表示、组成及组织,对于模型具体形式的构造具有重要意义.本论文目前认为这种关系是一些构模规则,这些构模规则是构模经验的总结.

3.4.4 模型生成器研究

模型生成器研究主要思想是面向对象方法中的消息发送机制,即对象是基本知识单元,通过消息传递实现各个单元相互作用,相互通信,完成模型构造.其工作步骤如下:

1) 模型生成器根据已确定的问题求解所用模型类,向模型知识库发送消息,获得有关该类模型知识,了解构造该对象专业领域知识需求;

2) 依据构模需求,模型生成器检索构模数据库.该数据库结构类似表1,只比表1多几栏“对象数据”字段,但库中记录只含有属性为对象的汉语,属性为状态等的汉语的记录不在该库中,“对象数据”字段用于存放对象的有关数据.如销售成本这一对象的多个“对象数据”字段中存放产品销售的历史最大、最小和目前的成本数据;

3) 如果所需数据和资料在数据库中不存在

或不全,模型生成器借管理问题领域知识库中的知识向该问题域对象发送获得所需资料和数据的消息,并通过人机交互方式,填充该对象有关数据属性值,存贮于构模数据库的对象数据字段中;

4) 模型生成器,依据模型知识或在模型模板库中选择模板,构造模型;

5) 模型生成器把构造出来的模型存于模型库或模板库.

另外,模型生成器还具有机器学习功能,即利用领域知识和模型知识,通过人机交互生成新的模型模板存贮于模型模板库.

4 结束语

问题理解与模型智能构造是DSS成功的两项关键技术,它们相辅相成,前者是基础,后者是目的.本论文以人类构模思维习惯为依托,有效地将这两项关键技术结合起来,形成了一个更加符合人类思维习惯的三层次模型构造理论框架.虽然这个理论框架仍有不足之处,在实现细节上仍面临不少困难,但是希望能在DSS构模深入研究方面起到抛砖引玉的作用,使DSS构模研究更加全面、系统和规范.

参考文献

- 1 傅聪根据录音整理,李国杰校对.费根鲍姆教授谈知识工程及智能机系统.模式识别与人工智能.1993;6:1~5
- 2 Daniel R D. An introduction to model integration and integrated modeling environment. Decision Support System, 1993;(10):249~254
- 3 Groffrion A M. An introduction to structured modeling. Management Science, 1987;(5):547~585
- 4 Kimbrough S O, Lee R M. Logic modeling: a tool for management science. Decision Support System, 1988,(1):3~16
- 5 Jones C V. An integrated modeling environment based on attributed graph-grammars. Decision Support System, 1993, 10:255~275
- 6 Groffrion A M. The SML language for structure modeling; Levels 1 and 2 Operations Research, 1992;2(1):38~57
- 7 Groffrion A M. The SML language for structure modeling; Levels 3 and 4 Operations Research, 1992;2(1):58~75
- 8 Groffrion A M. FW/FM: A prototype structured modeling environment. Management Science, 1991;12(12):32~40
- 9 Bonczek R H, Hoslappe C W, Whinston A B. A generalized decision support system using predicate calculus and network data base management. Operations Research, 1981,29:263~281
- 10 Dutta A, Vasu A. An artificial intelligence approach to model management in Decision support systems. IEEE COMMER. 1984;17(9):89~97
- 11 Binbasioglu M, Jarke M. Domain specific DSS tools for knowledge-based model building. Decision Support System, 1986;2:13~223

- 12 Lenard. An object-oriented approach to model management. proceedings of the 20th Hawaii Intl. Conf. on System Science Kana-Kailua. HW: Computer Society Press, 1987, 1: 509~515
- 13 Le C B, Sharda R. An object-oriented architecture for Decision Support System. proceedings of the 1st International Society for Decision Support System Conference. Austin, Tx. 1990. 567~586
- 14 Liang T. Analogical reasoning and case-bases learning in model management system. Decision Support System. 1993, (10): 137~160
- 15 Michael J S. Machine learning methods for intelligent decision support. Decision Support System, 1993, (10): 79~83
- 16 周宽久, 黄梯云. 模型管理系统的面向对象设计. 决策与决策支持系统, 1996, 2: 39~43
- 17 汪旭. 基于面向对象方法的模型构造系统. 决策与决策支持系统, 1997, 3: 41~52
- 18 王红卫. 决策运行系统中的模型知识化. 系统工程理论与实践, 1993, 6: 35~39
- 19 高玉峰. 智能化模型生成问题的研究. 管理工程学报, 1996, 4: 28~34
- 20 王孝通, 杨德礼, 邓贵仕. 模型管理核心问题的研究. 决策与决策支持系统, 1995, 2: 40~45
- 21 张朋柱等. 决策支持过程控制: 问题—模型—求解递阶分层法. 控制与决策, 1993, 7: 36~41
- 22 张国庆, 夏安邦. 形式化的建模方法. 模式识别与人工智能, 1993, 12: 38~44
- 23 颜永珩. DSS成败的关键: 条件与策略. 计算机科学, 1997, 5: 25~30
- 24 刘源, 谭强, 沈旭昆. 信息处理用现代汉语分词规范及自动分词方法. 北京: 清华大学出版社, 广西科学技术出版社, 1994. 65~474

Study on Theory Framework of DSS Intelligent Construction Model Based on Management Problem Comprehension

Xiang Yang, Huang Tiyun

Harbin Institute of Technology

Abstract On the basis of analyzing the deep-seated reasons why the upsurge of the application of DSS is weakened presently and summarizing the present condition and the existing problem of the model construction home and abroad, the paper first puts forward the theory framework of three levels intelligent construction model which is more suitable to the human thinking habit. The theory framework consists of the comprehension layer of management problem, the matching layer of problem and model, and the intelligent construction layer of model. Then, the main research contents of the three parts are given in the paper.

Keywords: management problem comprehension, decision support system, intelligent construction model