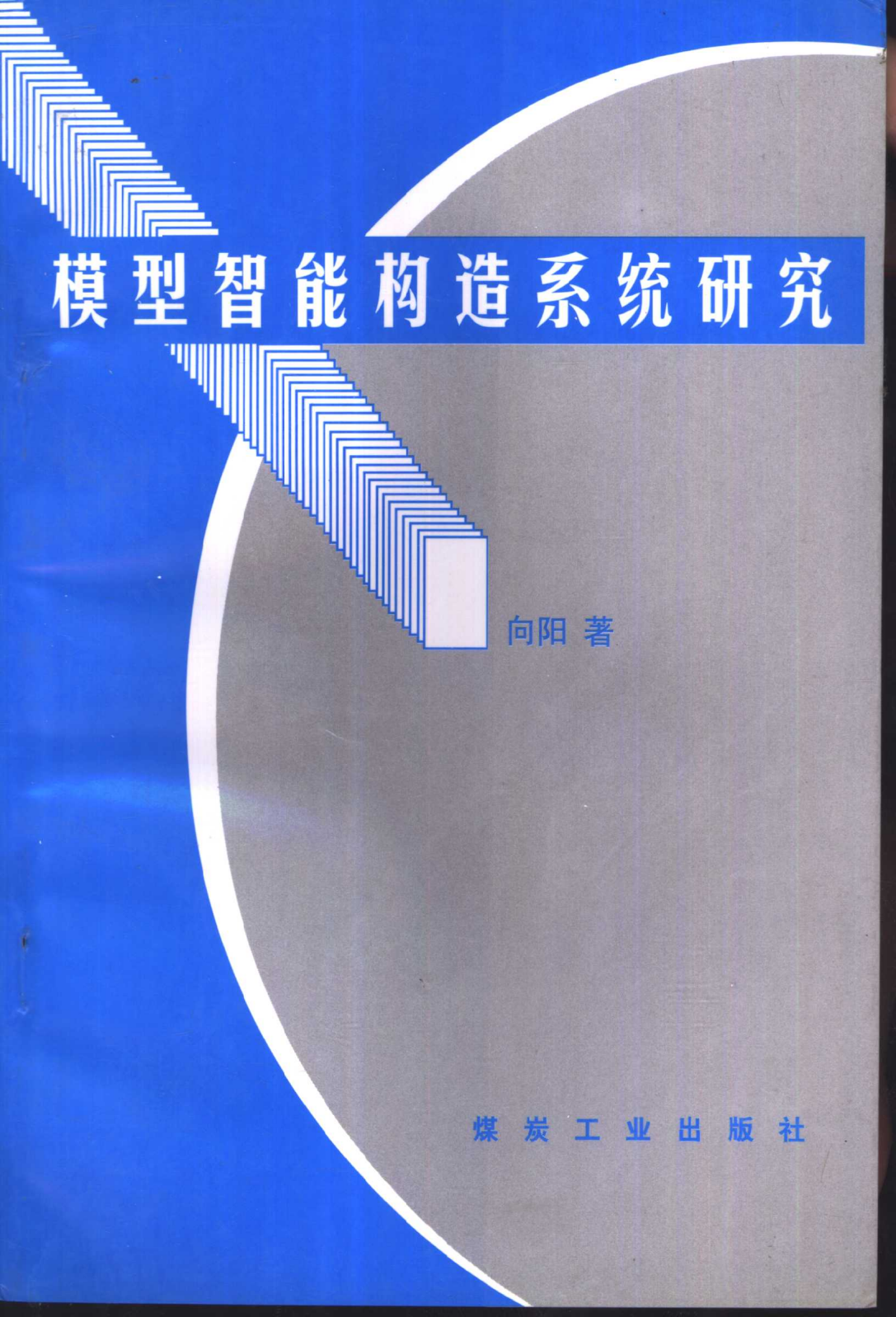




模型智能构造系统研究

向阳 著

煤炭工业出版社

本书研究内容得到国家自然科学基金资助

模型智能构造系统研究

向 阳 著

煤炭工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

模型智能构造系统研究 / 向阳著. -北京: 煤炭工业出版社, 2000

ISBN 7-5020-1936-7

I. 模... II. 向... III. 模型构造-智能控制-研究 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 40626 号

模型智能构造系统研究

向 阳 著

责任编辑: 王 国 慧

*

煤炭工业出版社 出版发行

(北京朝阳区霞光里 8 号 100016)

北京房山宏伟印刷厂 印刷

*

开本 $850 \times 1168\text{mm}$ $\frac{1}{32}$ 印张 $7\frac{3}{4}$

字数 179 千字 印数 1-1,000

2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷

社内编号 4707 定价 15.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书在对国内外模型构造现状研究基础上,提出了一种符合人类构模思维规律的基于管理问题理解的三层次模型智能构造理论框架,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。针对管理问题理解层,提出一个管理问题理解的新概念,并开发了一个用于问题理解的智能人机交互系统;针对问题模型类匹配层,建立了基于管理问题实例的管理问题语句语料库,并对语料库进行主、谓、宾语法成分中心词和选用模型的手工和自动标注,借助基于语料库的模型类选择算法,有效地实现了模型选择;针对模型智能构造层,设计了模型构造器原理,并给出了该模型构造器实现系统。本书最后给出了一个实例。

本书可作为高等院校管理科学与工程、计算机科学等专业学者的学习、研究用书。

序

科学决策是以对事物变化规律把握为基础的，而事物变化规律是由事物组成因素的各种变化信息来反映的，要把握事物的变化规律，就必须将反映事物变化规律的各种信息有效地反映出来。数学模型就是这样一种能够有效地反映事物变化规律的重要方式，它以数学符号、图象、文字等形式对反映事物变化规律的各种信息进行模拟和预见，对于提高科学决策的准确性具有重要意义。此外，科学决策必须有现代化的决策手段，现代化的决策手段有助于信息的收集、加工、整理、存储与传输，它的使用对于提高科学决策的高效性具有重要意义。因此，如何利用现代化的决策手段，准确、高效地构造反映事物变化规律的数学模型用以支持科学决策不仅是摆在各级决策者而且是摆在决策研究者面前的一项重要课题。《模型智能构造系统研究》一书作者在此领域进行了多年的艰辛探索，并作出了自己的贡献。

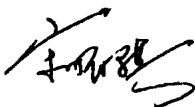
作者在深入剖析传统决策支持思路：用户提出问题→专家与用户交互理解问题→专家抽象出数学模型→依据数学模型编制或调用求解软件→软件运行求解问题的基础上，运用自然语言理解、人工智能和计算机技术等学科理论与方法，提出了一种决策支持新思路：用户提出问题→机器运用知识与用户交互理解问题→基于理解的模型智能构造→调用求解软件→软件运行求解问题。决策支持思路的这种变化，有效地突破了决策者们在决策过程中遇到的瓶颈问题——及时、准确地构造模型的问题；同时，也使决策支持系统由传统的基于“模型”的静态决策支持变为具有随问题变化而变化的基于“问题”的动态决策支持。这些变化

不仅在理论上使决策支持系统的研究开辟了新的热点，而且可以有效地促进决策支持系统的进一步推广应用。

随着我国经济与国际接轨的不断进行，市场竞争日益激烈，无论国家还是企业要在竞争日益激烈的国际环境中发展壮大，必须加强管理，提高科学决策水平。要扎扎实实地达到这一目的，而不是停留在口号上，决策者就必须有科学的管理和决策理论与方法的支持，就必须充分利用现代化的管理和决策手段。《模型智能构造系统研究》一书就是对管理和决策深层次机理的研究，研究成果的应用，可使决策者借助现代化的管理和决策手段，针对变化着的管理环境，智能构造解决管理问题的模型，并以此有效地提高决策者科学管理和决策的水平。此书凝聚着作者多年的心血，是作者丰硕科研成果的结晶，我相信，这本专著的出版，对智能决策支持系统理论与应用的研究具有积极的推动作用。

中国科学院院士

全国政协委员



教授

2000年7月

前 言

决策支持系统 (Decision Support System, 简称 DSS) 是利用模型和数据, 以人机交互方式辅助决策者处理半结构化和非结构化问题的、是支持而不是代替管理者做出判断的、是提高决策的有效性而不是效率的基于计算机的系统。

随着决策支持系统理论和应用的发展, 人们逐渐认识到 DSS 以“模型驱动”的系统思想严重阻碍了 DSS 的广泛应用, 有必要把 DSS 的系统思想由“模型驱动”变为“问题驱动”, 建立面向问题的决策支持系统, 使解决问题的思路由用户提出问题→专家与用户交互理解问题→专家抽象出数学模型→依据数学模型编制或调用求解软件→软件运行求解问题变为用户提出问题→机器运用知识与用户交互理解问题→基于理解的模型智能构造→调用求解软件→软件运行求解问题。这一解决问题思路的变化, 可以有效地突破基于模型的决策支持系统在解决问题时难以适应动态环境变化的障碍。为此, 本书围绕上述解题思路的两个关键环节——问题机器理解和模型智能构造的概念、原理、组成、人机交互中的自然语言理解, 以及管理知识和模型知识的表示、使用和管理等方面作了较为深入细致的研究。

本书首先通过对人类构模思维规律的研究, 提出了一种更加符合人类构模思维规律的基于管理问题理解的三层次模型智能构造理论框架, 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, 它能够有效地将问题机器理解和模型智能构造这两项关键技术有机地结合起来。

针对管理问题理解层, 本书通过对问题、管理问题及其理解概念的研究, 提出一个管理问题理解的新概念。在这个概念基础

上,为实现用户问题的机器智能理解,开发了一个用于问题理解的智能人机交互系统。在这个系统的词法分析研究中,设计了一个新的三次扫描分词系统;在这个系统的句法分析研究中,给出了一种管理问题语句句法分析方法,并提出了一种基于句型扩充转移网络的汉语语句中心词判定算法。该算法能将句型结构分析与中心词判定相结合,并依据中心词及管理领域知识明确问题领域及求解目标,最终达到理解管理问题问句的目的。

针对问题模型类匹配层,本书在对管理问题与其求解模型分类的基础上,借鉴语料库语言学的方法,通过建立基于管理问题实例的管理问题语句语料库,并对语料库进行主、谓、宾语法成分中心词和选用模型的手工和自动标注,借助基于语料库的模型类选择算法,有效地实现了模型选择。该方法为模型选择提供了一个新途径。

针对模型智能构造层,本书给出了较完整的、用于模型智能构造的管理领域知识和模型知识的继承关系,并以面向对象的知识表示方法表示了管理领域知识类和模型知识类,在此基础上,以类库的形式构建了用于模型智能构造的管理领域知识库和模型知识库。本书还提出了一种以模型组成元素为基本存储单元的模式模板和模式的存储形式。这种模式模板可有效地引导模型构造。此外,还依据面向对象的消息发送机制,设计了模型构造器原理,并给出了该模型构造器实现智能构模的算法。

本书最后以新汶矿务局协庄煤矿产品生产计划的制定为实例,利用本书开发的基于管理问题理解的模型智能构造原型系统软件,智能构造了协庄煤矿产品生产计划制定模型。该模型经人工检验基本符合模型构造要求,达到了预期目标。实例证明本书的研究具有一定的理论和实践价值。

总结这些研究内容,本书创新之处主要有以下几点:

1. 本书通过对人类构模思维规律的研究,提出了一个更加符合人类构模思维规律的基于管理问题理解的三层次模型智能

构造理论框架。该理论框架以管理领域知识为依托,借助智能人机交互系统,使用户在模型构造过程中摆脱对专家的依赖,由系统直接实现对管理问题的理解,以此理解作为模型构造的导向,这种导向能够使系统根据管理问题环境的变化,选择合适的模型和相应的构模知识,使所构造的模型自适应问题环境的变化。

2. 针对面向问题决策支持系统理论研究中的难点之一——问题表示,提出了以语句语法成分中心词表示问题的方法。这种表示方法的优点是:①有效地避免了对众多繁杂的实际问题进行手工分类的不现实做法;②使得用户在描述问题上可以使用人类的自然语言,建立一个良好的构模环境;③使问题匹配准确、高效。

3. 在书提出的管理问题理解的新概念基础上,给出了一种管理问题理解的新方法,该方法借助自然语言理解理论和问题领域知识的面向对象表示方法,将问题领域知识与自然语言理解中的词法、句法、语义分析理论结合起来,实现了机器对这种用自然语言描述的问题的理解。

4. 提出了一种三次扫描分词系统。该系统的特点是:①系统能够自动、合理地对二次扫描得到的词进行第三次扫描实现词合并,以达到准确理解问题本质的目的;②名词词合并后得到的新词能自动添加到词典库中,实现词典库自学习功能;③能将单字词“的”或“地”与其前的词合并,并标注词性为形容词或副词,有效地提高了词性标注的准确性;④分词后允许用户对所得的词及其自动标注的词性进行修改,修改结果能自动修正词典库。

5. 针对以规则选择模型的缺陷,提出了一种基于管理问题语料库的模型选择方法。该方法借鉴语料库语言学的方法,通过建立基于管理问题实例的管理问题语句语料库,以及基于语料库的模型类选择算法,有效地实现了模型选择。该方法的优点是:①通过对语料库的标注,语料中隐含的模型选择知识被显式化,这就使得利用这种知识选择模型成为可能;②管理问题语料易于得到;③随着语料库的增大,模型选择精度会不断提高,同时不

存在选择无解的情况。

6. 以类库的形式构建了用于模型智能构造的管理领域知识库和模型知识库。提出了一种新的以模型组成元素为基本存储单元的模式模板和模型的存储形式,这种模式模板可有效地引导模型构造。

7. 以本书提出的理论框架为指导,实现了一个基于管理问题理解的模型智能构造软件原型系统。该系统运行结果证明本书提出的理论和方法是正确和有效的。

展望未来,本书将在以下几个方面继续开展深入研究,以期形成一个完整、全面的面向问题的决策支持系统理论体系:①模型求解知识的分类、表示、存储、维护和使用问题;②模型求解结果评判知识的获取、表示、存储、维护和使用问题;③模型求解结果评判过程中的智能人机交互系统问题。

本书在研究和撰写过程中,得到我的导师哈尔滨工业大学博士生导师黄梯云教授和山东科技大学祝侃教授的悉心指教;同时,本书研究内容作为黄梯云教授主持的国家自然科学基金“管理模型类库及管理系统研究”(编号:79670023)项目的部分研究内容得到了国家自然科学基金资助,两位学者思辨、严谨的科学态度、孜孜不倦的工作作风,作者将终生铭记,引以为楷模。在此书完成之际,谨向两位教授致以最崇高的敬意和最衷心的感谢!

感谢所有关心、帮助本书研究和出版的老师、同学和亲友,特别是我的父母和妻子沈洪多年来对我事业的关心、支持和帮助。

向 阳

2000年6月

目 录

序

前言

第一章 绪 论.....	1
1.1 问题的提出.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 国内外研究现状分析及评述.....	4
1.2.1 问题结构化国内外研究现状分析及评述.....	4
1.2.2 自然语言接口国内外研究现状分析及评述.....	8
1.2.3 模型构造国内外研究现状分析及评述.....	14
1.3 本书结构与研究内容.....	18
第二章 知识的面向对象表示方法.....	20
2.1 知识的表示及其发展.....	20
2.1.1 知识的定义.....	20
2.1.2 知识的表示.....	21
2.2 知识表示的方法.....	26
2.2.1 知识的一阶谓词逻辑表示方法.....	27
2.2.2 知识的产生式表示方法.....	27
2.2.3 知识的语义网络表示方法.....	28
2.2.4 知识的框架表示方法.....	29
2.2.5 知识的面向对象表示方法.....	29
2.3 基于面向对象技术的知识表示方法.....	30

2.3.1 面向对象技术的基本原理	30
2.3.2 知识的面向对象特性	31
2.3.3 基于面向对象技术的知识表示方法	33
2.3.4 面向对象表示的知识的存储与管理	36
第三章 管理问题理解概念	37
3.1 管理问题理解的重要意义	37
3.2 管理问题理解的概念	38
3.2.1 管理问题的概念	38
3.2.2 理解的概念	40
3.2.3 管理问题理解的概念	40
3.3 管理问题理解的目的是与几个关键问题的解决方法	42
3.3.1 管理问题理解的目的是	42
3.3.2 管理问题理解中几个关键问题的解决方法	43
3.4 管理问题理解研究的基本思路	46
第四章 基于管理问题理解的模型智能构造理论框架	47
4.1 模型智能构造系统的基本定义	47
4.2 人类构模思维规律	49
4.3 基于管理问题理解的三层次模型智能构造理论框架	52
4.3.1 理论框架提出	52
4.3.2 理论框架的理论与技术基础	52
4.3.3 理论框架中各层次的功能	56
4.3.4 理论框架组成结构	58
第五章 管理问题理解层研究	59
5.1 词法分析用词典库及其管理系统	59
5.1.1 词的分类	59
5.1.2 词典库	60

5.1.3 词典库管理系统.....	62
5.2 词法分析用词性判定规则库及其管理系统	64
5.2.1 词性判定规则库.....	65
5.2.2 词性判定规则库管理系统.....	68
5.3 词法分析研究.....	68
5.3.1 基于管理问题理解的三次扫描分词系统设计	68
5.3.2 三次扫描分词与词性标注算法.....	69
5.3.3 三次扫描分词系统特点.....	73
5.4 句法分析研究.....	74
5.4.1 扩充转移网络.....	74
5.4.2 用于汉语语句中心词判定的扩充转移网络 及其处理算法	76
5.5 管理问题理解系统研究.....	95
5.5.1 人类问题理解过程.....	95
5.5.2 管理问题理解系统设计	95
5.5.3 用于管理问题理解的知识词典库及其管理系统	97
5.5.4 管理问题理解系统中的搜索算法	103
5.5.5 问题理解与中心词匹配搜索的关系	114
5.5.6 管理问题理解结果的表示与存储	115
5.5.7 管理问题理解结果的判定规则与推理	116
5.5.8 管理问题理解中的人机交互系统	118
第六章 问题模型类匹配层研究	121
6.1 管理问题与其求解模型的分类	121
6.1.1 管理问题分类.....	121
6.1.2 管理问题求解模型分类.....	122
6.2 问题模型类匹配研究.....	125
6.2.1 匹配原理.....	125
6.2.2 问题语句语料库内容项确定	125

6.2.3 问题语句语料库标注	127
6.2.4 基于问题语句语料库的问题模型类匹配推理	128
6.3 问题语句语料库及其管理系统	133
6.3.1 语料库	133
6.3.2 语料库管理系统	134

第七章 模型智能构造层研究

138

7.1 模型智能构造层总体结构	138
7.1.1 模型智能构造层总体结构设计原理	138
7.1.2 模型知识库及其管理系统	139
7.1.3 管理问题领域知识库及其管理系统	141
7.1.4 模型模板库及其管理系统	142
7.1.5 模型库及其管理系统	143
7.1.6 模型构造器	143
7.2 模型知识库及其管理系统	144
7.2.1 模型知识的面向对象表示	144
7.2.2 模型知识库结构	148
7.2.3 模型知识库管理系统	150
7.3 管理问题领域知识库及其管理系统	150
7.3.1 管理问题领域知识的面向对象表示	150
7.3.2 管理问题领域知识库结构	153
7.3.3 管理问题领域知识库管理系统	154
7.4 模型模板库及其管理系统	154
7.4.1 模型模板库结构	154
7.4.2 模型模板库内容	154
7.4.3 模型模板库管理系统	155
7.5 模型库及其管理系统	156
7.5.1 模型库结构	156
7.5.2 模型库内容	156

7.5.3 模型库管理系统.....	158
7.6 模型构造器.....	158
7.6.1 模型构造器原理.....	158
7.6.2 模型构造器的模型构造算法.....	159
7.6.3 模型构造算法实现.....	160
第八章 实 例	166
8.1 有关实例的背景知识.....	166
8.2 问题描述.....	168
8.3 模型智能构造过程.....	170
8.4 模型智能构造结果与说明.....	174
附录一 管理问题知识类.....	176
附录二 模型知识类.....	200
参考文献.....	212

第一章 绪 论

1.1 问题的提出

1.1.1 研究背景

决策支持系统 (Decision Support System, 简称 DSS) 这一概念始于 70 年代初, 由 A. Gorry 和 M. S. S. Morton 在他们的经典论文“A Framework for Information System Design”中首次提出^[1]。现在普遍把 DSS 定义为: 是利用模型和数据, 以人机交互方式辅助决策者处理半结构化和非结构化问题的、是支持而不是代替管理者作出判断的、是提高决策的有效性而不是效率的基于计算机的系统^[1-4]。从这个定义中可看出, DSS 的目的是辅助决策者解决问题。然而, 解决问题必须依靠求解问题的模型, 求解问题的数据需求也是由模型确定的。因此, DSS 研究者们很自然地认为模型是 DSS 的核心, DSS 的运行是由模型驱动的。但随着 DSS 应用热潮的逐渐减弱, 研究者们发现 DSS 解决问题是沿着: 决策者根据当前环境提出问题→专家与用户交互理解问题→专家抽象出数学模型→依据数学模型编制或调用求解软件→软件运行求解问题这样一种思路进行的。在这个思路中, 问题求解模型是随着问题环境的变化而变化, 并且由于变化而重新构造模型时都离不开专家的辅助, 这就使得原本是 DSS 辅助决策者求解问题变成了专家辅助求解问题, 决策者虽然拥有 DSS, 但在决策的许多环节上仍然离不开专家。因此, 这种状况势必造成决策者对 DSS 应用热情的减弱, 这也就是 DSS 应用热潮减弱的主要原因。

针对 DSS 研究和应用的这种背景, 一些研究者^[5, 6]认识到有

必要把 DSS 的系统思想由“模型驱动”变为“问题驱动”，建立面向问题的决策支持系统，将 DSS 传统的解题思路变为决策者提出问题→机器运用知识与用户交互理解问题→基于理解的模型智能构造→调用求解软件→软件运行求解问题。这一解决问题思路的变化，可以有效地突破基于模型的系统在解决问题时难以适应动态环境变化的障碍，进而使决策者在使用 DSS 时尽量摆脱对专家的依赖。这种变化改变了模型在 DSS 中的地位，系统由“模型驱动”变为“问题驱动”，模型构造方式由专家适应问题环境的变化来重新构造模型变为系统以问题为导向，机器根据问题领域知识理解问题本质，通过自适应问题环境变化来重新智能构造模型。本书就是基于以上想法，开展基于管理问题理解的模型智能构造系统研究，期望对面向问题决策支持系统理论及应用研究作出一些贡献。

1.1.2 研究意义

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^[7]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 DSS，不难发现其弱点之一就是智能构模功能较弱，不能很好支持模型的构造，正如 Kuhn Yeom^[8]等人认为的：没有一个有效的模型辅助构造过程，要想缩小在模型构造者和决策制定者之间的差距是非常困难的。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：构模前专家与用户就所要解决的问题充分交谈，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对问题进行提问，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