

# 复杂决策问题形式化方法研究

于长锐<sup>1</sup>, 徐福缘<sup>1</sup>, 向阳<sup>2</sup>

( 上海理工大学管理学院, 上海 200093;

山东科技大学经济管理学院, 泰安 271019)

**摘要:**在对决策问题复杂性原因研究的基础上,为复杂决策问题形式化下了准确的定义,并提出复杂决策问题形式化方法的逻辑框架.该框架由3部分组成,即复杂决策问题表示层、复杂决策问题结构化层和定量分析模型综合层.针对各层次所要解决的关键问题,进行了深入探讨.

**关键词:**决策问题; 复杂性; 形式化; 定性分析

**中图分类号:** C934

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007 - 9807(2002)06 - 0009 - 08

## 0 引言

决策科学作为一门明确的知识体系,是19世纪末20世纪初随着经济学的发展逐渐建立起来的.决策的对象和决策的环境构成一个系统.随着社会的不断进步,决策环境日益不确定,决策问题变得越来越复杂.现在许多决策问题涉及的范围变得更宽,决策问题的描述往往是自然语言化的、不完全的和不够精确的.决策者在整个决策过程中起主导作用,他们从可获得的知识和信息出发,推导出解决问题的行动方案,这是一个定性定量综合集成的推理、求解过程.而传统的决策方法往往注重量化决策模型的建立,在处理各种相关的决策问题上以建立有效的分析模型为主要解决方案<sup>[1]</sup>.因此,传统的决策方法在处理不精确环境中的复杂决策问题时,表现出很大的局限性<sup>[2]</sup>,主要体现在:

### 缺乏整体性

传统的决策方法和辅助系统仅注重方案设计和问题求解阶段的支持,缺乏对整个决策过程从问题确定到分析评价全过程的综合考虑.

### 问题界定困难

由于问题的复杂性,往往难以马上给出一个明确的问题描述,需要一个渐进的过程.

### 决策者的意图难以获取

传统决策方法在处理决策者意图上缺少有效的工具,一定程度上阻碍了决策者参与决策全过程.

为了解决传统决策方法的上述局限性,一些学者深入研究了定性推理在解决复杂决策问题过程中存在的必要性,并相应地提出了许多新方法.例如钱学森等提出的从定性到定量的综合集成方法<sup>[3,4]</sup>,Smith等人提出的复杂问题结构化方法<sup>[5]</sup>等.

对于复杂决策问题,必须从整个决策过程着手,采用定性定量相结合的综合集成方法.复杂决策问题形式化过程作为问题求解的初级阶段,是运用定性化方法分解问题的过程,是复杂决策问题求解的一个重要阶段<sup>[6]</sup>.复杂决策问题的结构化活动受到现有的决策者知识水平、问题求解方法及个人认知能力的限制<sup>[7]</sup>.本文提出了一种形式化方法来处理复杂决策问题,以弥补传统决策技术的不足.

收稿日期:2001-10-09; 修订日期:2002-04-04.  
基金项目:山东省自然科学基金资助项目(Y2000G04).  
作者简介:于长锐(1974-),男,黑龙江人,博士生.

## 1 复杂决策问题形式化方法的研究思路

### 1.1 问题的概念

要对问题形式化方法进行研究,首先必须明确“问题”这一概念.波利亚在《数学的发现》一书中提到所谓“问题”,是指要进行适当的行动,从初始条件主题出发,以达到一个可见而不立即可见的目标.《牛津大词典》中把“问题”解释成那些并非可以立即求解或较困难的提问,而是要进行试探、思考和讨论的、需要积极思维活动的提问. Smith<sup>[5]</sup>总结了认知心理学领域对“问题”概念的研究,给“问题”下了这样一个定义:问题是一种令人不快的情形,这一情形对于它所涉及的个人、群体或组织来讲是重要且是可解决的,尽管解决起来有些困难.他认为,由于问题是一种令人不快的情形,因而它并不严格地是一种客观状态,也并非是一种主观的不满意状态.问题是一种客观现实与个人偏好的不雷同的关系.既然它是这样一种关系,它就不以实物的形态出现,仅是概念实体或思维的产物.

### 1.2 问题形式化

问题形式化是指确定个人、群体或组织问题域中所包含的变量及变量之间关系的过程<sup>[8]</sup>.问题形式化是问题求解的一个重要阶段,目的是正确理解并准确描述组织面临的真正问题.

一般来讲,问题形式化过程主要包括:问题识别、问题定义和问题结构化划分3个阶段<sup>[6]</sup>.通常问题形式化过程是一个反复的过程,这3个阶段的反复利用才能将实际问题良好地形式化.

Smith<sup>[7]</sup>还对影响问题求解的问题结构进行了总结,他划分了4类问题结构概念化:目标状态概念化.这一问题结构概念化观点认为,问题目标的不确定是问题之所以弱结构或非结构的主要原因.问题空间概念化. Simon<sup>[9]</sup>为良结构的问题定义了6条准则,他认为问题结构与问题的可表示性有关,弱结构问题不能像良结构问题得到精确的表示,主要是因为问题的可能状态及状态间的变换是未知的.知识概念化. Mason 和 Mitroff<sup>[10]</sup>等人认为问题的非结构性主要是由于求

解主体对问题的相关状态及状态转换的不熟悉,非结构问题的求解主体缺乏良结构问题求解主体所拥有知识.过程概念化<sup>[11]</sup>.问题之所以非结构,是由于求解主体缺乏有效的求解程序.

Volkema<sup>[12]</sup>对影响问题形式化的因素进行了总结,得出了4个影响问题形式化的因素:问题复杂性;问题形式化主体的能力和经验;问题发生的环境;形式化主体所采用的问题形式化过程.

### 1.3 决策问题的复杂性

Keen 和 Morton 将决策问题分类为结构化决策问题、半结构化决策问题和非结构化决策问题.结合这种分类,肖人彬等在文[13]中明确指出了3种决策问题与求解模型之间的关系.他们认为:结构化决策问题可以利用或可以建立适当的模型产生决策方案,并且可以从这些方案中得到最优答案;半结构化决策问题也可以通过建立适当的模型得到决策方案,但不可能从这些方案中得到最优答案;非结构化决策问题不可能通过建立适当的模型得到决策方案.同时指出半结构化与非结构化问题不易构造最优解的模型,但也隐含着经过问题形式化过程,将其结构化,则解决问题的满意解的模型是可构造出来的.

决策问题的复杂性体现在决策问题的不良结构.问题结构不良的原因, Smith<sup>[7]</sup>认为问题目标的不确定是问题之所以有不良结构或非结构的主要原因; Simon<sup>[9]</sup>认为问题结构与问题的可表示性有关,弱结构问题不能像良结构问题一样得到精确的表示,主要是因为问题的可能状态及状态间的变换是未知的. Smith 总结这些观点后,提出了问题结构度的概念,认为问题结构度是问题求解主体如何求解问题的知识充分性度量.充分理解这些关于问题结构化的观点,对于任何弱结构或非结构问题,可以通过对求解这些问题的知识的不断学习,掌握并运用这些知识,则弱结构或非结构问题的问题结构度可得到有效提高.这一点说明,问题的充分理解在于关于问题的知识丰富与否,构造丰富的与问题领域有关的知识库,有助于复杂决策问题的形式化.

根据以上关于问题形式化以及决策问题不良结构的观点,本文认为复杂决策问题机理反映在4个方面:一是问题的结构,即问题的组成(子问

题)、涉及的领域及其之间的关系;二是问题及子问题的目标,即问题及其子问题解要达到的结果;三是问题反映的客观事物的状态,即问题所处的状态空间及问题域中包含的变量;四是问题求解涉及的知识与方法。在这4个方面,若有一个方面不清楚,该问题即为一待解决的问题。复杂决策问题形式化,就是问题机理的4个方面得到明确,使待解决的问题转化成为可解决问题的过程。

决策问题的结构化、半结构化和非结构化,可以依据复杂决策问题机理的4个方面明确程度不同来划分。问题机理的4个方面透彻理解,则该问题为结构化问题;4个方面不能做到透彻理解,则该问题为半结构化问题;4个方面很不明确,则该问题为非结构化问题。称半结构化、非结构化问题为不良结构问题。按照前述关于问题形式化概念,一个待解决的问题,只要对问题机理4个方面逐步明确,可转化为可解决问题。因此,问题形式化是一个过程,是一个不良结构问题,通过对其机理4方面的逐步明确,最终转化为结构化问题的过程。

从问题形式化的概念可以看出,一个复杂决策问题的形式化过程——即一个不良结构问题转化为结构化问题过程——关键在于对问题机理4个方面的明确,这种明确离不开所属问题领域知识和问题求解方法知识的掌握与运用,这些知识的丰富与否,直接关系到问题能否充分理解。

#### 1.4 复杂决策问题形式化研究要解决的几个关键问题

复杂决策问题形式化的直接目的在于明确问题机理,使复杂决策问题结构化。要实现这个目的,以下几个关键问题需要解决:

**复杂决策问题表示** 复杂决策问题表示是问题形式化的基础,目前问题表示方式多是研究者根据问题特点,手工对问题进行分类抽象,进而将问题形式化。由于复杂决策问题的多样性和复杂性,问题的抽象和形式化难以细化到可实际应用的程度,难以满足实际应用的需要,这对DSS在实际中推广应用极为不利。因此,如何有效地表示复杂决策问题,既能使用户也能使机器易于理解和接受,是一项值得研究的难题。人最易理解和接受的形式是以自然语言描述的形式表示问题,这种表示形式虽然可以有效地表示问题,但问题是机器如何对以自然语言描述的问题进行识别和

理解。本文在复杂决策问题形式化概念的基础上,借助自然语言理解理论,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,实现机器对自然语言描述的问题的理解,达到有效地解决复杂决策问题表示的目的。

**问题领域知识的组织** 问题领域知识的表示、组织与推理策略,是复杂决策问题形式化的关键。这是因为明确问题目标与识别问题所处的状态空间,需要进行大量的人机交互,这一过程要求计算机具有丰富的问题领域知识;另外,在问题结构的细化过程中,需要明确问题的组成及其之间的关系,这就要求问题领域知识的组织具有良好的结构,并采取更为有利的推理策略。本文提出问题领域知识词网的概念,将问题领域中的知识概念词抽取出来,并根据知识之间的关联关系组织成网状结构。采用问题语句中心词的方式来表示复杂决策问题,因此问题领域知识词网更有利于中心词匹配,划分问题结构。知识的表示采用面向对象的值时表示方法(object-oriented knowledge representation, OOKR)<sup>[14]</sup>,这个方法具有结构化和封装性等特点,使问题领域知识网络层次性、结构性更强。知识的推理策略的设计思想是面向对象方法中的消息发送机制,即问题领域对象词作为基本的知识单元,通过消息传递实现各单元相互作用、相互通讯。

**定量分析模型的综合框架** 复杂决策问题形式化结果,主要用于问题定量分析模型的构造,在构造模型过程中,需要各种先决信息。问题形式化的结果,以及人机交互对话过程中获得的信息,都是模型构造的重要依据。有效地利用这些信息,必然涉及到这些信息表示和集成的问题。本文提出复杂决策问题定量分析模型的综合框架概念,这一框架将复杂决策问题形式化的各类信息聚合成为一个一致、统一的系统。

## 2 复杂决策问题形式化方法的层次研究

复杂决策问题形式化方法,是基于人类对问题的认知过程的<sup>[15]</sup>,运用自然语言理解中词法、语法和语义分析相关理论,来处理复杂决策问题

输入文本,以找出用户问题描述语句中的各种中心词;以中心词作为匹配条件,在问题领域知识词网中搜索与中心词匹配的知识片段树.此知识片段树作为复杂决策问题逐层分解的细化分解树.这种逐层分解即可达到明确复杂决策问题组成,及其相互之间关系的目的,同时,通过中心词进行人机交互,可明确子问题的求解目标与问题所处

状态空间;将子问题求解目标与所处的状态空间作为匹配条件,与数学模型类知识库中的知识相匹配,选择各子问题的定量分析模型类;在定量分析模型综合框架的指导下,完成各子问题模型类的聚合操作,生成复杂决策问题定量分析模型,此模型作为复杂决策问题形式化分析的输出结果.具体逻辑过程如图1所示:

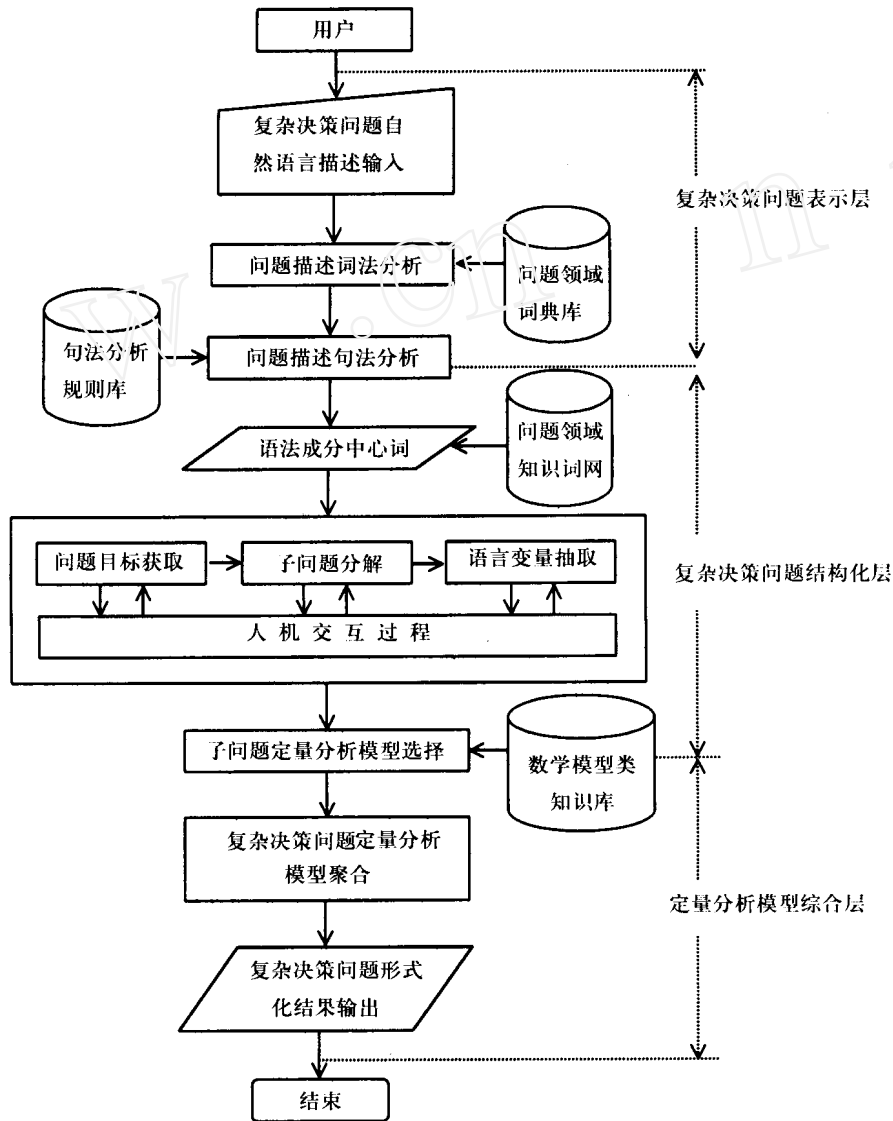


图1 复杂决策问题形式化方法逻辑框架

### 2.1 复杂决策问题表示层

复杂决策问题形式化方法,首先是复杂决策问题的表示问题.理解自然语言描述的复杂决策问题语句,需通过词法与句法分析.词法分析主要是对句子进行分词,在分词的基础上,对句子结构进行句法

分析,即分析词在句子所承担的语法成分.

对复杂决策问题的自然描述语句进行词法分析包括分词处理与词性标注两个过程.考虑相关问题领域的特性,本文设计了3次扫描词法分析方法.第1次扫描和第2次扫描词法处理借鉴传统自然语言

理解理论中的方法<sup>[16]</sup>. 第 3 次扫描处理是为了达到准确理解相关问题领域复杂决策问题语句设计的. 通过第 3 次扫描处理可实现相关问题领域词典库自学习的操作. 例如,有如下关于生产管理领域问题的自然语言描述语句:“如何制定合理的生产计划,降低产品成本?”2 次扫描分词后,分词情况如下:如何(ywc)/ 制定(dc)/ 合理(xrc)/ 的(zc)/ 生产(mc)/ 计划(mc)/ / 降低(dc)/ 产品(mc)/ 成本(mc)/ ? / (括号内为词性标注). 第 3 次扫描后,分词情况如下:如何(ywc)/ 制定(dc)/ 合理的(xrc)/ 生产计划(mc)/ / 降低(dc)/ 产品成本(mc)/ ? / ,同时将新词“生产计划”和“产品成本”加入词典库中,实现词典库自学习. 这 3 次扫描处理和输入输出处理有机结合,实现了复杂决策问题自然语言描述的分词及词性标注处理.

复杂决策问题的自然描述语句的句法分析,是在词法分析基础上进行的. 其主要过程包括描述语句成分划分和组成成分中心词的确定. 句子的含义是由句子的句型结构意义和组成句子成分的中心词的意义决定的. 因此,正确把握句子的句型结构意义和中心词的意义对于准确理解语句是非常重要的.

本文提出的复杂决策问题语句的句法分析方法,是在语法分析的扩充转移网络法基础之上<sup>[17,18]</sup>,将句子的句型结构分析与中心词判定相结合,最终达到表示复杂决策问题的目的. 扩充转移网络是基于给定句型,通过构造该句型的扩充转移网络及分析算法,实现语句的语法成分判定. 因此,首先明确

语句句型是扩充转移网络应用的基础. 通过对一定问题领域大量复杂决策问题语句的分析与提炼,总结出多种问句句型,作为复杂决策问题句法分析与中心词判定的基础. 这些句型包括:手段+目的型问句,目的型问句,原因+后果型问句,现状型问句和预测型问句等.

例如:手段+目的型问句

句型语义格式: 疑问代词+手段(措施,方法等)+要达到的目的?

语义格式例句: 如何制定生产计划,提高企业利润?

句型语法的 BNF 范式表示:

- <问句> = <疑问代词> <主语> <谓语> <宾语>
- <疑问代词> = <如何> | <怎么样> | <怎样> | <怎么>
- <主语> = <动宾短语>
- <动宾短语> = <动词短语> <名词短语>
- <动词短语> = { <副词> } <动词> | <动词>
- <名词短语> = { <形容词> } <名词> | <数量词> { <形容词> } <名词> | <名词>
- <谓语> = <动词短语> | <形容词短语>
- <形容词短语> = <形容词> { <形容词> } | { <副词> } <形容词> { <形容词> }
- <宾语> = <名词短语> <动词短语> <名词短语> | <名词短语> <动词短语> | <名词短语> <形容词短语> | <名词短语>

句型的扩充转移网络如图 2 所示.

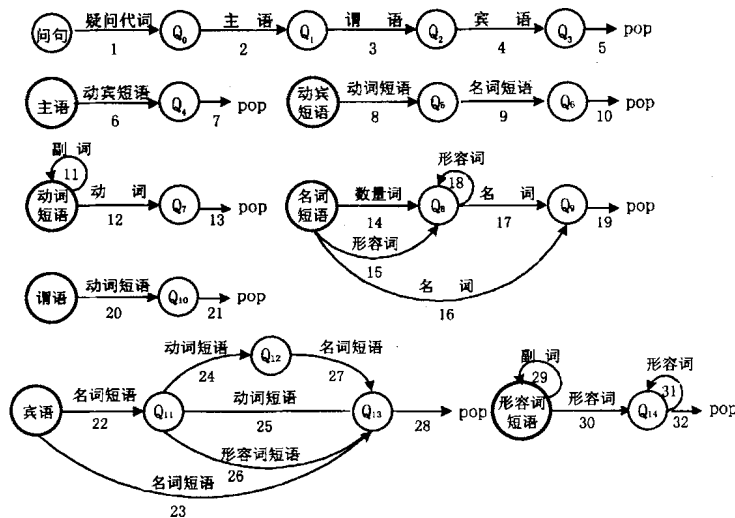


图 2 手段+目的型问句扩充转移网络图

图2所示的扩充转移网络,其算法一般意义为:若走弧 $x$ 则作测试 $y$ ,且执动作 $z$ .每一弧的具体测试与动作中隐含有中心词判定测试与中心词保存动作.句型的中心词判定规则如下:

规则1 if 动宾结构作主语 then 动宾结构中名词短语部分中的名词为主语中心词

规则2 if 动词短语作谓语 then 动词短语中的动词为谓语中心词

规则3 if 名词短语作宾语 then 名词短语中的名词为宾语中心词

规则4 if 兼语作谓宾主句 then 使动词+动词短语中动词或形容词,短语中形容词为谓语中心词;名词短语中的名词为宾语中心词

通过构造问句句型的扩充转移网络,可以获得问句的数个中心词.这些中心词中的名词通常是相关问题领域的概念名词,这些概念名词可以很好地表达问题领域知识.因此,概念名词对于复杂决策问题的表示尤为重要,其重要性就在于通过概念名词所包含的问题知识及其知识之间的关系,可以进一步明确问题目标,缩小并分解问题领域.语句的谓语中心词隐含着两种信息:一是隐含着问题当前状态的信息,并且这个信息的描述词汇与其宾语中心词组合在一起可以描述当前状态信息.例如,“提高企业利润”这个句子,由于谓语中心词是“提高”,具有方向性,说明其宾语中心词的状态目前处于“低”的状态,将“低”与其宾语中心词组合就可得到当前状态信息描述:“企业利润低”;二是和宾语中心词的组合隐含着问题解决方法的信息.例如,“制定生产计划”这一动宾结构,由于谓语中心词是“制定”,并且和“生产计划”组合,这就可以大致确定该问题的定量分析方法是构造优化模型或网络计划技术模型.

### 2.2 复杂决策问题结构化层

复杂决策问题的结构化过程即复杂问题的分解过程.通过对问题的分解与细化,使不良结构问题逐渐转化成良好结构问题,便于运用定量方法对问题进行求解.

复杂决策问题表示层输出结果是表示复杂决策问题的概念中心词和谓语中心词,其中概念中心词作为搜索条件在问题领域知识词网中匹配;谓语中心词作为问题领域概念词的目标状态,保存于问题领域知识词对象的目标状态属性中.问

题领域知识词网的表示与组织是采用面向对象的知识表示方法(OOKR)<sup>[14]</sup>.复杂决策问题结构化的过程是在问题领域知识词网中的搜索匹配以及人机交互确定用户偏好的一个综合过程.复杂问题描述语句中的概念中心词与问题领域知识词网中的知识对象词进行匹配,获得与该复杂决策问题相关联的问题领域知识片断网,能够实现对问题的分解与细化.这与问题领域知识词网的组织形式是密不可分的.

问题领域知识词网的组织着重反映目标概念和目标概念之间、目标概念与概念属性之间的关系.具体体现在以下3种关系:

目标概念之间的一般与特殊关系 这一关系着重反映了对问题求解目标的细化过程,缩小了问题涉及的范围知识领域,例如:

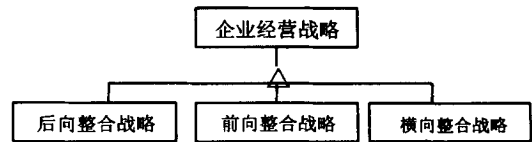


图3 问题领域知识词网中的一般与特殊关系

目标概念之间的整体与部分关系 这一关系着重反映了对问题求解目标的分解过程,改善了问题的结构性,使问题向良性结构转化,例如:

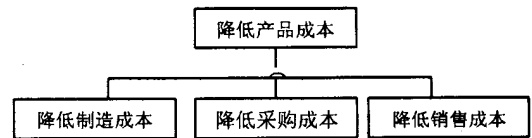


图4 问题领域知识词网中的整体与部分关系

目标概念之间的关联关系 这一关系着重反映了问题求解目标的传递过程,使复杂决策问题求解目标的不完全性和不精确性得到改善,例如:



图5 问题领域知识词网中的关联关系

在复杂决策问题的分解与细化过程中,各子问题求解目标的用户偏好度的确定是通过人机交互来完成的.另外,在问题分解过程中,通过人机交互抽取各子问题的目标变量和语义变量,这些变量作为问题领域知识词的属性出现于问题领域知识词网中,它们是问题所处空间状态的反映.同

时,它们与定量分析过程中数学模型的建立有着密切的关系,将作为子问题定量分析模型类的选择匹配条件在下一层次使用。

### 2.3 定量分析模型综合层

复杂决策问题形式化的最后一层是问题的定量分析模型综合层,该层功能是将各子问题与定量分析模型类相匹配,并利用复杂决策问题定量分析模型综合框架,将所获得的有限个模型类聚合,以确定问题的定量分析方案。该过程是复杂决策问题定性分析与定量分析的过渡阶段。数学模型类知识库中存储的是问题类型与定量分析数学模型的匹配知识,该知识是对问题领域构模专家定量分析问题经验和思想的抽象总结。

从模型论的观点看,模型综合是一个“问题论域扩充”和“模型语言膨胀”的过程<sup>[19]</sup>。“和”操作是模型类综合的基本形式。对于一组给定的模型类,运用“和”操作,给出一个包含同样信息的最小模型,此过程称为模型聚合<sup>[20]</sup>。复杂决策问题的模型综合表示框架应能将模型类型及模型选择的前提条件组织成一个一致的系统。由此,引出下面定义:

**定义 1** 模型类型定义为

$$S_i = D_i; L_i; i; R_i$$

其中:  $D_i$  为问题描述语言(问题论域);  $L_i$  是一组关系及函数符号的集合,即模型语言;  $i$  为模型聚合规范;  $R_i$  为模型选择条件。

这里,  $D \supseteq IN_i \cup OUT_i$ , 其中  $IN_i$  为问题已知条件中的概念,对应输入;  $OUT_i$  为问题的求解变量,对应输出,也可以加入一些涉及的领域因素作为模型选择时的线索。  $L_i$  反映了建模者对论域中所要考虑的基本因素及相互作用关系的选取。  $i$  包括输入、输出及状态转换间的某些特定约束条件。  $R_i = C_i \cup M_i$ , 其中,  $C_i$  表示问题语境的匹配条件;  $M_i$  表示模型选择前提。

**定义 2** 有限个模型类的“聚合”操作  $g^s$  定义为

$$\{S_n\}_n \cup \dots \cup \{S_n\}_n \cup \{S_n\}_n$$

直观上讲,模型类的“聚合”操作是将有限个模型类通过适当的界面组合在一起,并不增加更多的状态信息。这种模型的结合方式虽然比较简单,但却是模型类综合较为可行的方法。

**定义 3** 如果存在一组子问题论域  $D_1, D_2, \dots, D_n \subseteq D$ , 且  $D_1, D_2, \dots, D_n$  共积, 则复杂决策问

题定量分析模型综合框架  $S$  为相应类型  $S_1, S_2, \dots, S_n$  的“和”, 其形式为

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_n = \prod_{i=1}^n D_i \subseteq D; \prod_{i=1}^n L_i; i; \prod_{i=1}^n R_i$$

在此定义中,“+”与“ $\prod$ ”表示论域运算中的不交和(disjoint sum),即对于多个集合而言,“+”与“ $\prod$ ”相当于集合中相重的元素改名后取并;“ $\cup$ ”与“ $\cup$ ”表示融合和(amalgamated sum),且“ $\cup$ ”对应逻辑析取,“ $\cup$ ”对应集合并。

以上给出的定量分析模型类及模型综合框架的定义作为复杂决策问题模型综合分析的概念基础。在此基础上,复杂决策问题定量分析模型类的综合过程如下:

#### 步骤 1 模型类选择

在模型类知识库找到一组模型类型  $\{S_n\}_n$  ( $n \subseteq N$ ), 各模型类相应的问题论域范围为  $D_1, D_2, \dots, D_n \subseteq D$ , 其中,  $D$  为当前所面临复杂决策问题论域, 则模型类的选择过程是:

将子问题  $P_i$  目标属性与问题所处的状态空间作为模型选择的匹配条件与上述模型类集合中的模型类语境条件相匹配, 获得该子问题的定量分析模型类  $S_i$ ;

$S_i$  模型类的模型选择前提  $M_i$  检测问题与模型类选择匹配的合适度, 检测范围包括问题与模型类相匹配规则的置信度以及模型计算开销等因素;

重复以上过程, 为每个子问题完成模型类选择过程;

检验各子问题定量分析模型类聚合条件  $\{i\}_i \subseteq N$ , 即检测格子问题模型类之间是否满足输入、输出及状态转换的某些特定约束条件。

若以上这些必要条件不能完全满足, 则最多只能得到复杂决策问题的一个部分解。 则应该通过修改复杂决策问题的结构化过程, 得到一个能被完全满足的子问题组, 再继续以上过程, 以获得复杂决策问题的满意解模型类。

#### 步骤 2 模型积聚

对所选的模型类集合  $\{S_i\}_i \subseteq N$  作聚合操作  $g^s$ , 形成和  $S$ , 表示为统一的复杂决策问题定量分析模型类综合框架:

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_n =$$

$$D_i \subseteq D; \prod_{i=1}^n L_i; \prod_{i=1}^n R_i$$

作为复杂问题形式化结果,形成该综合框架的意义在于使用户充分理解复杂决策问题.例如:

$D_i \subseteq D$  明晰问题结构划分,而  $\prod_{i=1}^n R_i$  向用户展示问题与模型类匹配依据等.

### 3 结束语

本文针对复杂决策形式化方法进行了研究,在对复杂决策问题机理研究的基础上,给出了一种复杂决策问题形式化方法的基本思路.针对这

一方法,提出研究工作中的一些关键问题.如复杂决策问题的表示,领域知识网的组织以及复杂决策问题形式化结果等,并提出了相应的解决方法.

本文的研究工作尚属初步,进一步的研究工作将在该方法框架下,围绕上述关键问题展开,并将此运用于复杂决策问题求解的定性定量综合集成方法中<sup>[6]</sup>,在实际应用中来完善和发展理论.同时在上文提到的复杂决策问题形式化方法开发中,还有许多工作需要进一步开展,包括方法整体框架的细化,问题领域知识词网的丰富和组织以及复杂决策问题定量分析模型综合框架的进一步完善等.

### 参 考 文 献:

- [1] Korhonen P, et al. Multiple-criteria decision support—a review[J]. European Journal of Operational Research, 1992, 63:361—375
- [2] 陈 剑,等. 面向复杂问题的决策分析方法研究[A]. 系统科学与工程研究[C]. 上海:上海科技教育出版社, 2000. 333—347
- [3] 钱学森,等. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[A]. 科学决策与系统工程[C]. 北京:中国科学技术出版社, 1990. 1—8
- [4] 戴汝为. 从定性到定量的综合集成技术[J]. 模式识别与人工智能, 1993, 6(2): 60—65
- [5] Smith G F. Towards a heuristic theory of problem structuring[J]. Management Science, 1988, 14(12): 1489—1506
- [6] 向 阳,于长锐. 复杂决策问题的定性定量综合集成方法研究[J]. 管理科学学报, 2001, (2): 25—31
- [7] Smith G F. Managerial problem identification[J]. Omega, 1989, 17(1): 27—36
- [8] Malik F. Fundamentals of organic problem solving[A]. In Trapp R, Hanika P, Pichler F R, et al. Progress in Cybernetics and Systems Research[C]. New York: John Wiley & Sons, 1979
- [9] Schwenk C, Thomas H. Formulation the mess: The Role of decision aids in problem formulation[J]. Omega, 1983, 11: 239—252
- [10] Prunds W F. The process of problem finding[J]. Ind Mgmt Rev, 1969, (11): 1—9
- [11] Coman D. Developing a process model of problem recognition[J]. Academy of Management Review, 1984, 11(4): 763—776
- [12] Volkema R J. Problem formulation in planning and design[J]. Management Science, 1983, 29(6): 639—652
- [13] 肖人彬,周 济. 决策问题结构化的一个测度[J]. 决策与决策支持系统, 1994, 4(1): 64—68
- [14] 于长锐. 基于知识的规划模型构造系统研究[D]. 泰安: 山东科技大学, 2000
- [15] 向 阳,于长锐. 基于问题理解的 DSS 模型构造系统概念框架研究[J]. 模式识别与人工智能, 1999, 12(2): 152—158
- [16] 刘 源. 汉语自动切词方法研究[A]. 第三次全国自然语言理解研讨会论文集[C]. 太原: 1989. 89—91
- [17] 黄昌宁,夏 莹. 语言信息处理专论[M]. 北京:清华大学出版社, 1996. 203—258
- [18] 陆汝钤. 人工智能[M]. 北京:科学出版社, 1996. 186—190, 960
- [19] 沈复兴. 模型论引导[M]. 北京:北京师范大学出版社, 1995
- [20] 罗 明,胡佳奇,费 奇. 分布协调建模中模型综合过程的知识级分析[J]. 华中理工大学学报, 1999, 27(9): 34—38

(下转第 28 页)



## Linear-objective programming method for priorities of hybrid judgement matrices

*XU Ze-shui*<sup>1,2</sup>, *DA Qing-li*<sup>2</sup>

1. Institute of Sciences, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210016, China;

2. College of Economics and Management, Southeast University, Nanjing 210096, China

**Abstract**: Based on reciprocal judgement matrix and complementary judgement matrix, this paper first defines two new concepts of hybrid judgement matrix and perfectly consistent hybrid judgement matrix, and then presents the transformation relationship between the reciprocal judgement matrix and the complementary judgement matrix. Furthermore, a linear-objective programming method for priorities of hybrid judgement matrices is also proposed. The method is to set up a linear-objective programming model to obtain the priority vector of hybrid judgement matrix, and is simple, practical and easy to implement on computer. Finally, a numerical example is given to illustrate the developed approach and to demonstrate its feasibility and practicality.

**Key words**: linear-objective programming; hybrid judgement matrix; priority

---

(上接第 16 页)

## Research on formalization method of complicated decision-making problems

*YU Chang-rui*<sup>1</sup>, *XU Fu-yuan*<sup>1</sup>, *XIANG Yang*<sup>2</sup>

College of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;

College of Economics and Management, Shandong University of Science and Technology, Taian 271019, China

**Abstract**: On the basis of research on reasons of decision-making problems' complexity, the paper gives out an exact definition of formalization of complicated decision-making problems. Then the paper puts forward a logical framework for formalization method of complicated decision-making problems. The framework is composed of three parts, that is, the representation layer of complicated decision-making problems, the structurization layer of complicated decision-making problems and the integration layer of quantitative analysis models. The paper makes a profound discussion on the key problems arising in each layer.

**Key words**: decision-making problem; complexity; formalization; qualitative analysis