

研究简报

集成定性推理的 IDSS 结构模型研究^①黄梯云¹, 梁昌勇¹, 杨善林²

(1. 哈尔滨工业大学管理学院, 哈尔滨 150001; 2. 合肥工业大学管理学院, 合肥 230009)

摘要:分析了智能决策支持系统(IDSS)在高层决策中存在的不足,提出了应用从定性到定量集成的“递阶分解”方法,探讨了将人工智能领域发展起来的定性推理理论集成到 IDSS 的体系结构,并介绍了智能问题处理功能模块的流程。

关键词:智能决策支持系统; 定性推理; 递阶分解

中图分类号: C931

文献标识码: A

文章编号: 1007-9807(2000)04-0084-06

0 引言

随着计算机、决策和管理等科学理论不断发展、应用范围不断扩展和深入,使得基于计算机技术、专家系统技术的 IDSS 的研究和应用也日益得到巨大的发展。但随着 IDSS 应用的深入,发现 IDSS 辅助决策也存有一定缺憾,特别是对高层的战略决策的支持陷入困境^[1-3]。这是由于:

(1) 基于专家系统的 IDSS,由于受其知识表达方式的限制,根据专家们的经验和判断所建立的知识是一种经验性的“如果…就…”类型的知识。因此,在外界条件发生变化,碰到新情况或一个特定情况知识不完备时, IDSS 往往不能提供正确的判断和支持。

(2) 在战略决策中,决策者面临的环境是十分复杂而又多变,决策者面对着大量不确定性、不完整甚至是错误的信息,难以对其量化并构造出定量模型。

(3) 在许多情况下,决策者在开始分析问题,采用定性分析方法,当对某一个子问题或某一方面问题感兴趣时,希望能细化、定量分析,并将定量分析的结果进一步抽象辅助定性分析。这在一般 IDSS 中是不能提供这种有效的定量求解与

定性推理的集成求解模式。

另一方面,决策组织是有层次的^[4]。决策层次愈高,决策者对信息愈需进行抽象,决策者期望通过定性分析、定性推理来抽象系统的特征,把握事物的发展方向。当前,在人工智能领域中发展起来的定性推理理论或许能够解决 IDSS 定性分析和定性推理能力的不足。

定性推理(qualitative reasoning),又称 qualitative physics,或 common-sense physics 等,是属于人工智能范畴的一个热点研究领域^[5]。所谓定性推理是通过对系统结构、行为和功能描述以及它们之间的关系和因果性研究,来探讨人类常识(定性)推理机制。定性推理可以有效地解决常识推理、反映动态特性的时态推理以及反映直觉思维的因果推理等难题。许多人工智能领域的科学家认为:定性推理的自然特性可表示专家决策者的决策方式,特别在制定决策方面^[6]。

本文试图将定性推理理论引入到 IDSS 中来,应用人们对复杂系统的分析求解方法,将递阶分解的分析求解方法应用到 IDSS 中来,研究定性推理在 IDSS 中的集成机制和推理方法,提高 IDSS 的定性推理能力和智能决策效率。

^① 收稿日期:1999-09-21;修订日期:2000-06-28。
基金项目:国家自然科学基金资助项目(79670023)。
作者简介:黄梯云(1932-),男,上海人,教授,博士生导师。

1 复杂决策问题递阶分解思想

90 年代初,我国学者钱学森先生在大量研究的基础上,提出了开放的复杂巨系统的概念,并提出了处理开放的复杂巨系统的方法——从定性到定量综合集成技术方法 (meta-synthetic engineering, M-SE)^[7,8]. 于景元先生在文献[9]中则进一步指出:从定性到定量的综合集成方法的实质是将专家群体、统计数据和信息资料、计算机三者有机结合起来,构成一个高度智能化的人机交互系统. 它具有综合集成各种知识,从感性上升到理性,实现从定性到定量的功能.

本文的研究正是得益于这个方法的启示,将定性推理理论按照“递阶分解”思想引入到 IDSS 中来. 所谓“递阶分解”就是将决策问题或模型按一定的准则和标准逐层细化分解. 在这个分解层次中,上层是下层的抽象和约束,而下层是上层的细化和补充,呈现出一个“金字塔”形状. 每一层、每一个部分都有自己的目标函数,越往高层,其目标越重要、越权威、越具全局性,同时也就越模糊、定性化;越往低层,其目标越具体、越具局部性,同时也就数量化.

根据“递阶分解”的集成思想,提出 IDSS 集成定性推理理论的递阶分解的方法,如图 1 所示.

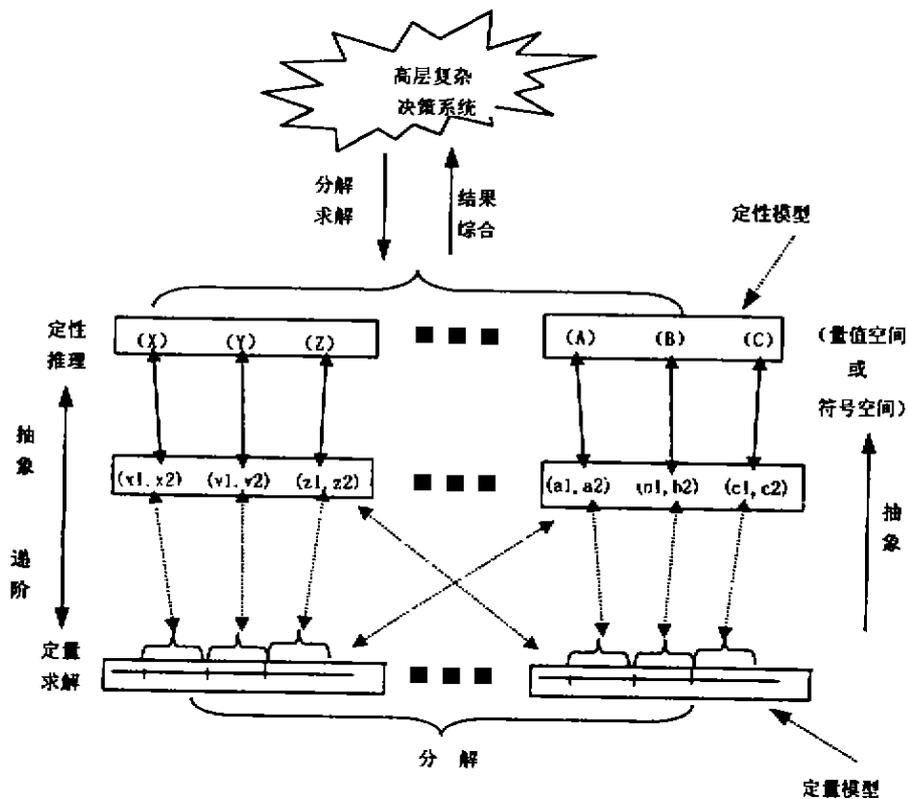


图 1 定性推理理论的递阶分解集成示意图

从图 1 可以看出,对于高层管理决策,由于决策环境的复杂动态性、决策信息的不确定性和不完备性,决策者对决策目标和决策手段和方法也是比较模糊的. 按照从定性到定量综合集成技术方法,对高层复杂决策问题采用:

(1) 纵向抽象和递阶

将复杂的决策问题分层细化. 在高层中,采用定性分析,基于定性模型和量值空间或符号空间,

应用定性推理理论的方法分析系统的发展趋势;在低层,采用定量分析的方法,基于定量模型和实数空间,一般通过求解数量方程对某个特定的目标求解;在中间层有定性分析层、定性和定量集成层、以及定量求解层. 定性定量集成层包含定性模型和定量模型,是系统从定性分析到定量分析的关键,涉及定性定量信息之间的映射关系等复杂问题.

(2) 横向分解

对于十分复杂的系统,由于其属性较多、相互之间的关系复杂,如果直接分析求解可能因关系复杂而使结果趋于平凡,可将系统横向分解成多个子系统,分别求解各子系统,每个子系统又可以纵向递阶分解细化,当然每一层次中各子系统之间是相互影响、相互联系的,对每个子系统分别求解,并综合各个子系统的结果得到整个系统的分析求解结果,这种系统的分解的方法可大大降低系统整体求解的复杂性。

这样通过递阶分解的方法可以将定性推理方法集成到高层的管理决策中,仔细分析,存在着许多关键的问题,比如有:定性模型和定量模型的集

成方式;定性量值空间或符号空间与定量空间的映射关系;定性模型的横向分解求解;定量模型的递阶求解;集成定性推理的 IDSS 的体系结构等。

本文只重点研究集成定性推理的 IDSS 的体系结构问题。

2 集成定性推理的 IDSS 结构

按照上述的递阶分解的定性定量集成的思路,提出了一个基于定性推理的 IDSS 结构模型—QRBS(qualitative reasoning based structure),如图 2 所示。

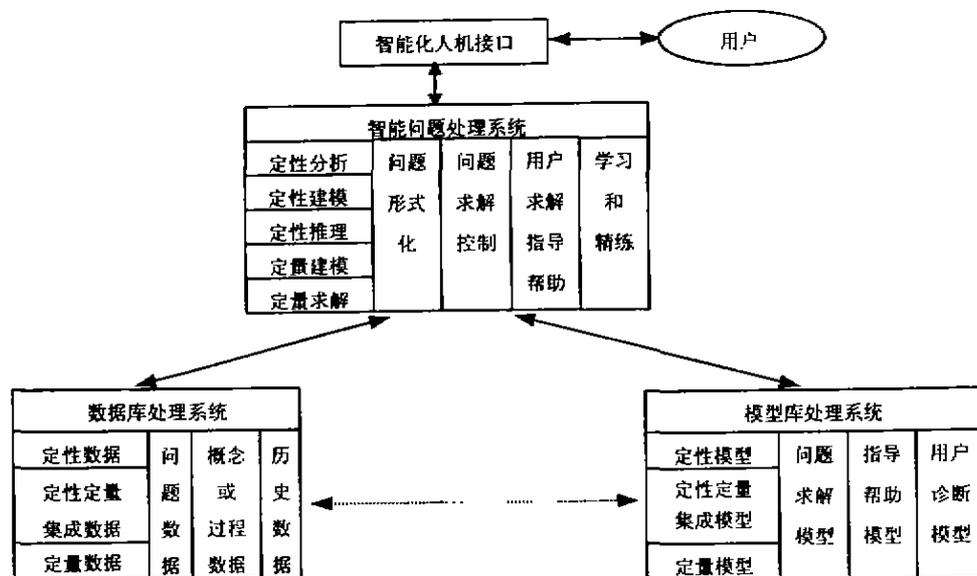


图 2 基于定性推理的 IDSS 集成结构—QRBS

在图 2 所表示的 IDSS 结构中,将定性分析、定性建模、定性推理、定性数据、定性模型等定性信息全面集成到 IDSS 结构中去,使得 IDSS 能够存贮、处理定性信息以及利用定性信息进行定性推理、判断。在 QRBS 中, IDSS 由智能化人机接口、数据库处理系统、模型库处理系统以及智能问题处理系统四个部分组成。

智能化人机接口是用户(决策者)和应用系统之间信息交互的窗口,一方面对用户的请求信息进行形式化验证,另一方面将决策结果按一定的层次和形式提交给用户。

数据库处理系统中包含着不同类型、不同层

次的数据库,数据库系统相当于一个数据仓库系统,可实现对不同类型、不同层次数据的存贮、检索和转换等功能。本系统数据包含的层次至少有三层:定性数据层、既是定性又是定量的集成数据层、定量数据层。根据问题处理系统的智能要求,数据库有三种类型数据:问题数据:是有关决策者提出或期望解答的决策问题的数据;概念或过程数据:是有关决策领域有关的概念和处理过程数据,提供对决策过程的解释和指导;历史数据:存放决策者决策求解有关历史记录,提供给学习和精练模块对决策者的评价和对决策过程知识的演化,提高系统的智能能力。

模型库处理系统,同数据库处理系统一样,其模型库中包含着不同类型、不同层次的模型和方法,系统模型也至少包含着三个层次:定性模型层、定性模型和定量模型的复合模型层、定量模型层。根据问题处理系统的智能要求,模型库有三种类型模型:问题求解模型:是对决策者提出的决策问题的进行推理求解;指导帮助模型:根据决策领域知识、决策环境以及决策者的偏好和能力,提供对决策过程的解释和指导;用户诊断模型:判断决策者的偏好和能力,根据历史数据和当前决策过程,提供对决策环境、决策状态的诊断,学习和精练决策过程知识,提高系统的智能能力。

智能问题处理系统,又称问题求解单元,接受用户的有关决策问题并运用知识、模型和方法实现对用户问题的求解。在 IDSS 中,问题处理系统

的研究是一个关键的问题, IDSS 的决策效率、效果以及智能化程度在很大程度上取决于问题处理系统^[10]。下面重点介绍一下 QRBS 智能问题处理系统的结构和信息处理方法。

3 智能问题处理系统

应用“递阶分解”的集成思想,智能问题处理系统应具有层次的功能结构。在功能上,有决策问题形式化、问题求解控制、用户求解指导帮助以及学习和精练等,每一个功能上有不同的层次。在层次上,根据信息的详略程度和处理要求可分为:定性分析、定性建模、定性推理、定量建模和数值求解五个层次,其主要工作流程下图 3 所示:

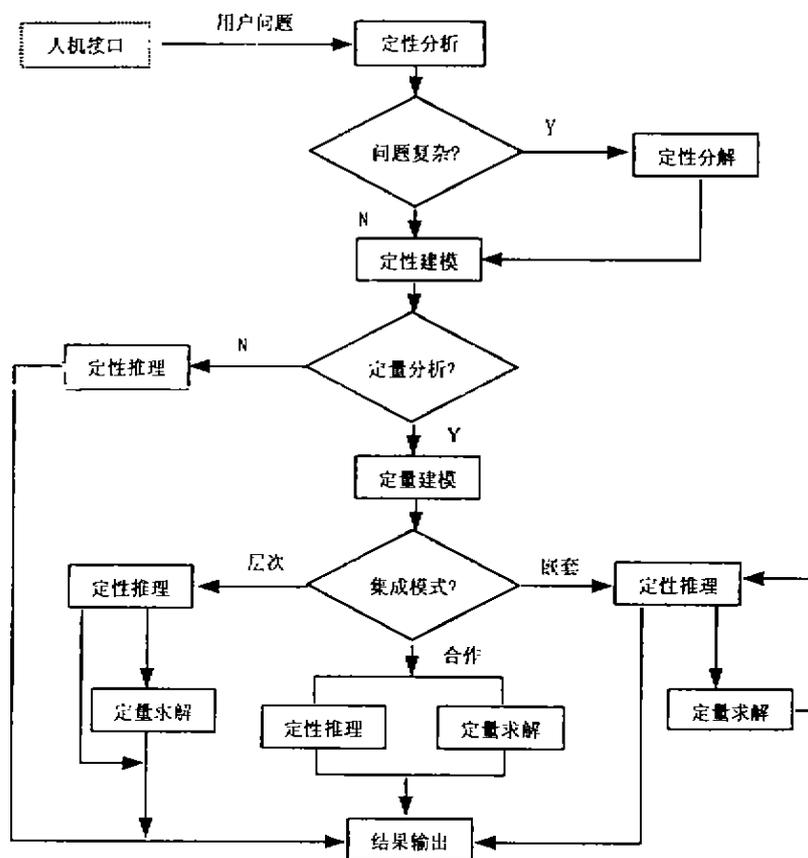


图 3 集成定性推理的问题处理系统的处理流程示意图

从流程图可以看出,问题处理系统的递阶分解的主要过程是:

(1) 定性分析:从人机接口传递过来的高级

决策问题,首先根据一定的准则或历史记录对决策问题进行定性化分析,定性化分析的目标是对决策问题的应用领域、复杂程度以及所需有关知

识有一个框架范围,为以后的推理求解、用户帮助等提供原则指导。

(2) 定性分解:根据定性分析的结果,判断问题的复杂性,决定是否将决策问题定性化分解求解。若不需分解,则直接对系统模型进行推理求解;若需分解,则应用一定的标准和方法将复杂系统分解为多个相互联系、相互制约的多个子系统(子模型),对子模型分别进行推理求解,再综合得到系统的整体行为。

(3) 定性建模:根据定性推理理论的要求,构建定性模型。

(4) 定量分析/定量建模:根据决策问题、领域知识、决策者的意愿和偏好,分析确定是否对某些定性问题细化,选择建立相应的定量模型。当然,定量模型若很复杂,还可进一步定量分解。

(5) 定性推理/数值求解:对上面的建立的模型进行推理求解。若有多个定性、定量模型,则根据它们之间的约束关系,综合推理求解。

(6) 结果综合输出:按一定的要求,综合模型推理求解的结果,以一定格式形式传递给人机接口。

对于问题处理系统中的功能:决策问题形式

化、问题求解控制、用户求解指导帮助以及学习和精练等方面则包含在问题的推理和求解的过程中。其中,学习和精练是系统的一个十分重要的功能。通过学习和精练使得系统具有更好的自适应、自演化能力。智能系统的自适应、自演化能力一直是人工智能研究者孜孜不倦的追求目标^[11]。学习和精练模块可以集成应用神经网络、遗传算法、人工生命等各种先进技术^[12]。

4 结论

本文应用从定性到定量综合集成技术方法,提出了复杂决策问题的递阶分解的集成方法,探讨了将人工智能领域发展起来的定性推理理论集成到 IDSS 的一般结构框架,研究了集成定性推理的问题处理系统的处理流程。这是对 IDSS 集成定性推理理论的一个尝试,使得 IDSS 在高层决策中能够提供有效的支持,补偿了目前 IDSS 对定性分析、定性推理能力的不足。决策者可以通过定性分析、定性推理来抽象系统的特征、把握事物的发展方向。

参考文献:

- [1] 高洪深. 决策支持系统理论·方法·案例[M]. 北京:清华大学出版社, 1996
- [2] 关伟, 刘豹. 定性推理综述(I)[J]. 决策与决策支持系统 1996, 6(2):108-115
- [3] 白方周, 张雷. 定性仿真导论[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社, 1998
- [4] 寇纪松, 李敏强, 王中胜. 决策支持系统发展的回顾与展望[J]. 决策与决策支持系统. 1993, 3(3):139-149
- [5] Suchanskiv M Y. Qualitative reasoning on physical systems[J]. Journal of Computer and System Science International. 1994, 32(1):58-69
- [6] Boritz J E. A prototype expert system for the assessment of inherent risk and prior probability of error[J]. Auditing: A Journal of Practice and Theory Supplement, 1992
- [7] 钱学森. 再谈开放的复杂巨系统[J]. 模式识别与人工智能 1991, 4(1): 1-4
- [8] 钱学森, 于景元, 戴汝为. 一个科学新领域—开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志, 1990, 13(1): 3-10
- [9] 于景元, 钱学森. 关于开放的复杂巨系统的研究[J]. 系统工程理论与实践, 1992, 12(5) p8-12
- [10] 张鹏寰. 智能决策支持系统理论技术及应用[M]. 西安:陕西人民出版社, 1998
- [11] Yoonon. Integrating artificial neural networks with rule-based expert systems[J]. Decision Support Systems. 1994, 11:497-507
- [12] 庄镇泉, 陈国良. 遗传算法[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社, 1997

Research on the structure model of IDSS integrating qualitative reasoning

HUANG Ti-yun¹, LIANG Chang-yong², YANG Shan-lin²

1. School of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;

2. School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

Abstract: The paper analyses the drawback of IDSS under the high-level decision making. It proposes the "Hierarchical Decomposing" integrating method, which derive from qualitative to quantitative methods. It presents the IDSS architecture integrated with the Qualitative Reasoning, which derives from the AI domain. At last, it discusses the process flow of the intelligent problems handling model.

Key words: IDSS; qualitative reasoning; grade-decreasing and decomposing