

基于模糊理论的多 AGENT 决策支持系统*

梁祥君¹, 杨善林¹, 程文娟²

(1. 合肥工业大学管理学院, 安徽 合肥 230009;

2. 合肥工业大学计算机信息学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要: 提出了一种结合多 Agent 和模糊理论的决策系统结构, 同时用 Agent 组来表示单个功能实体的不同侧面。利用模糊聚类和模糊推理对有效信息数据进行决策判决和选择。以此结构为基础构建了科研项目评定决策系统, 在实际应用中取得了较好的决策效果

关键词: 多 Agent; Agent 组; 模糊聚类; 模糊推理

中图分类号: TP182 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) 01-0025-04

决策支持系统 (decision support system, 简称 DSS) 是用来处理半结构化与非结构化问题的计算机软件系统, 是管理信息系统 (management information system, 简称 MIS) 向更高一级发展而产生的信息系统。传统 DSS 是通过数据模型和常规数值计算方法来辅助决策, 无法模拟现实世界中的复杂情况。

目前, 随着社会经济技术的不断发展, 环境信息量的不断扩大, 内外影响决策因素变化急剧增加等等这样一些情况导致了单凭领导者的个人决策艺术和传统的 DSS 已经不能适应新的决策需求。在新的环境形势下, 如何对系统内部和外部环境出现的不断变化的需求做出快速、正确的响应和处理, 也即如何提高系统各个层面, 包括战略层、战术层和执行层的决策能力, 是对决策系统研究提出的新的要求。目前, 决策的发展方向主要表现为: 个人决策向群体决策发展; 定性决策向定量与定性相结合的决策发展; 单目标向多目标综合决策发展; 战略决策向更远的未来决策发展。

在实际的科研项目评定工作中, 我们通常采用的都由专家组对申请的项目进行评审核定最终决定可以得到资金资助的项目, 整个过程的运作需要一段相对较长的时间, 并且还会伴随者一些不确定的误差因素。随着科技的不断发展, 知识更新的速度不断地加快, 我们认为可以在有效利用专家意见的基础上, 结合分布式数据库的数据储存、更新、提取的优势, 借助于决策支持系统的先进方法, 使我们的工作能够更加高效和准确。

在传统的决策支持系统的基础上, 结合神经网络、模糊技术、遗传算法、机器学习、专家系统、分布式智能控制等人工智能技术, 形成的智能决策支持系统 (intelligent decision support systems, IDSS) 将对系统的科学决策进行有力的支持, 从而全面提高系统的综合竞争力。

1 模糊理论和多 Agent 系统特点

传统决策过程中, 经验起着重要作用, 这是由于影响决策因素的模糊性造成的。这种依据经验的决策是基于一种模糊逻辑和模糊推理而做出的模糊决策。如何用科学的方法来描述这样的模糊决策过程, 显得非常重要。在实际的社会生活中, 模糊和精确是一对相辅相成的元素, 精确是对模糊的抽象和定量的描述。Zadeh 于 1965 年创立的模糊理论, 为解决模糊问题提供了合适的工具^[1]。模糊逻辑具有以下特点: 基于自然语言的描述; 可以建立在专家经验的基础上; 容许使用不精确的数据; 概念上易于理解; 可以对任意复杂的非线性函数建模。模糊理论在近年来的决策系统的研究和实现中得到了极为广泛和重要的应用。

基于多智能体系统 (multi-agent system, MAS) 的 IDSS 是决策支持系统的另一研究热点。Agent 是协作系统中的独立行为实体, 它能够根据内部知识和外部激励决定和控制自己的行为, 而且还可以与其它 Agent 有效协同工作。基于多智能体的 IDSS 体系结构, 具有动态、柔性、分布性的特点, 在一定程度上满足了大规模的管理决策活动存在的一些问

* 收稿日期: 2003-06-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70171033); 安徽省重点科研基金资助项目 (01041176)

作者简介: 梁祥君 (1969 年生), 男, 博士研究生; 通讯联系人: 杨善林; E-mail: liang@ah.edu.cn

题:决策者和决策对象均具有分布性;单独的决策者由于知识和能力的限制,无法胜任复杂的决策任务等等。

对我们即将要建立的决策支持系统来说,数据的来源主要就是专家的知识经验和各种预测分析和统计数据等。这样的一些数据,我们认为其实质都是一些近似精确描述,也就是所谓的模糊描述。因而模糊数学的相关理论可以很好地应用于这个决策支持系统中。同样,此决策支持系统的数据来源非常广泛,在实际的决策活动中还需要各学科专家的随时配合,所以决策者具有分布性的特点。整个决策过程中牵涉到的实体很多,采用多 Agent 可以有效地减小系统模块之间的耦合度和整个系统的复杂度,同时也提高了系统的稳定性和可维护性。

本文首先描述了一个基于多 Agent 的智能决策系统:在信息的抽取和决策选择过程中利用模糊理论进行控制;用 Agent 组来描述一个决策过程中某个阶段的多侧面。借助于二者的结合,可以给出更全面、更科学的决策依据。最后将此决策系统结构应用到实际的决策管理中,取得了较好的决策效果。

2 基于模糊控制的多 Agent 系统结构

图 1 是基于模糊控制的多 Agent 系统的基本结构图。对象实体表示决策所需信息的一个来源,实际上是一个分布式的数据库里的存储数据,诸如支持决策所需要的专家系统数据,统计数据,各种预测趋势数据等等。信息 Agent 的主要任务是从数据库中抽取于决策相关的各种有用信息。信息 Agent

组里的每一个 Agent 可以从不同的侧面对待决策的任务进行有用信息的提取,以供后续的设计 Agent 使用。

在获取了决策所需的大量信息后,需要利用这些数据进行相应的处理,以便能够为最终的决策选择提供有用信息,这就是设计 Agent 的主要任务。设计 Agent 能够产生不同的潜在决策或可能决策。

基于前文所述,我们认为提取的各种数据都是一些近似的精确描述,为了使实际的决策参考标准能够最大程度地接近绝对精确,这里我们对提取到的信息首先进行模糊聚类的处理。模糊聚类方法把模糊数学的方法应用到聚类分析中,从而能够对界限不确定的模糊性进行合理分类,并且能够得到聚类中心值。随后我们可以用隶属度的概念来表示任一数据对参照数据(聚类中心值)的隶属程度(1 表示完全吻合,0 表示完全不吻合),从而能够较为符合人类的推理实际。

关于模糊聚类,已经有很多的成熟算法。实际的操作中,可以根据情况选择,这里我们以 C 均值模糊聚类算法为例简单描述聚类过程如下:

假定聚类数目为 C , 样本集合 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\} \subset R^p$, 每个样本有 p 个特征, $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})^T$, 模糊 C 均值聚类目标函数为:

$$J_m(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m (d_{ik})^2, 1 \leq m < \infty$$

其中 U 矩阵的元素 u_{ik} 表示第 k 个数据属于第 i 类的隶属度; $V = (V_1, V_2, \dots, V_c)$ 表示每一类的聚类中

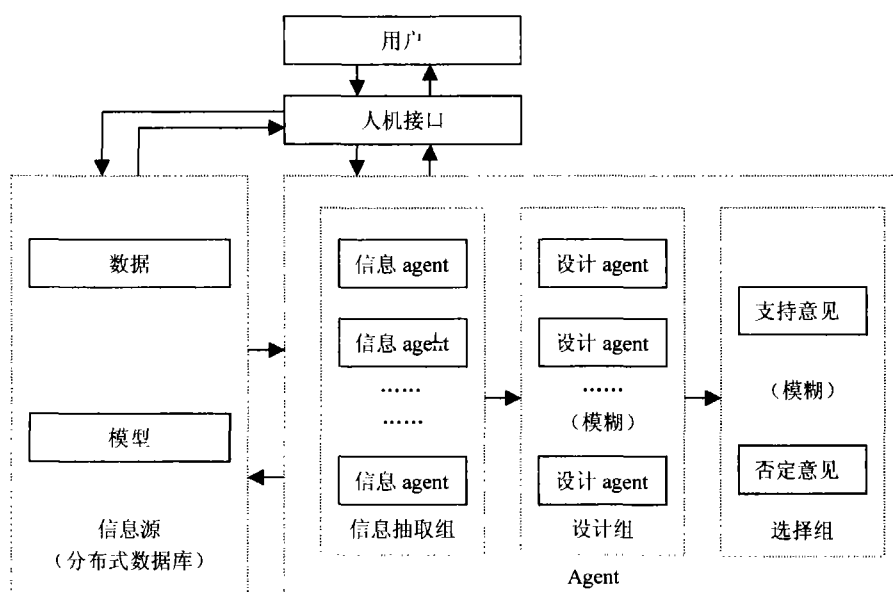


图 1 基于模糊控制的多 Agent 系统

Fig.1 A multi-agent decision support system based on fuzz theory

心; d_{ik} 表示欧氏距离, $d_{ik}^2 = \|X_k - V_i\|_A^2 = (X_k - V_i)^T A (X_k - V_i)$, A 为单位矩阵。为获得样本集合 X 的最佳模糊 C 分类, 我们可以通过优化算法来使函数 $J_m(U, V)$ 最小, 具体步骤如下:

确定聚类数目 C , $2 \leq C < n$; 确定参数 m , $1 \leq m < \infty$ 。

(1) 确定初始隶属度矩阵 $U^{(0)} = (u_{ik}^{(0)})$, 对任意 k 列, $\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1$, 对任意 i 行, $0 < \sum_{k=1}^n u_{ik} < n$;

(2) 令初始迭代次数 $b = 0$;

(3) 利用下述公式求每一类的聚类中心 $V_i^{(b)}$, $i = 1, 2, \dots, c$:

$$V_i = \left(\sum_{k=1}^n u_{ik}^m X_k \right) / \left(\sum_{k=1}^n u_{ik}^m \right)$$

(4) 按下述方法求新的隶属度矩阵 $U^{(b+1)}$, k 从 0 到 n ;

① 计算 I_k 和 $\bar{I}_k$:

$$I_k = \{i \mid 1 \leq i < c, d_{ik} = \|X_k - V_i\| = 0\}, \\ \bar{I}_k = \{1, 2, \dots, c\} - I_k$$

② 计算数据 X_k 的新隶属度矩阵:

如果 $I_k = \phi$, 则 $u_{ik} = \left(\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{jk}}{d_{ik}} \right)^{2/(m-1)} \right)^{-1}$, 否则对所有 $i \in \bar{I}_k$, 令 $u_{ik} = 0$, 且取 $\sum_{i \in \bar{I}_k} u_{ik} = 1$, $k = k + 1$ 。

(5) 用一个简单方便的矩阵范数来比较 $U^{(b)}$ 和 $U^{(b+1)}$ 。如果 $\|U^{(b)} - U^{(b+1)}\| < \epsilon$, 则停止计算, 否则令 $b = b + 1$, 回到步骤 4), ϵ 为收敛阈值。

经过上述的处理后, 我们会得到作为决策参考的各个特征不同侧面的聚类中心。接下来, 对待决策的任务, 我们可以依据自定义的隶属度函数来确定其对不同聚类中心的隶属度 η ($0 < \eta \leq 1$)。

同样地, 在选择 Agent 处, 我们主要利用专家经验法定义一系列的模糊推理准则来对每个任务针对不同特征、不同参考侧面进行判决, 然后通过人机界面将相应地结果反馈给用户进行最终决策。由于模糊推理的规则是通过语言条件语句来模拟人类的推理行为, 且它的条件语句与专家的推理特性直接相关, 因此这种方法是很自然的。模糊推理控制器的一般定义如下:

输入: x_i is A and $\dots \dots$ and x_{p1} is A_p

规则:

R_1 : if (x_1 is A_{11} and $\dots \dots x_p$ is A_{p1}) then Y is B_1

R_2 : if (x_2 is A_{21} and $\dots \dots x_p$ is A_{p2}) then Y is B_2

$\dots \dots$

R_n : if (x_n is A_{n1} and $\dots \dots x_p$ is A_{pn}) then Y is B_n

输出: B

根据选择 Agent 的输出 (支持意见和否定意见), 用户可以对待决策的任务进行综合的评定判决, 从而能得到较为科学的决策结果。

3 应用实例

我们依据上述的决策系统结构, 建立了一个用于科研管理决策系统。下面以科研项目评定为例, 说明系统的过程。在信息数据库方面, 数据的来源主要是历年的项目评定数据、专家意见、国内国际的相关统计资料以及相关项目的发展趋势即预测等等。利用上述的一些数据, 我们构成了分布式数据库, 并通过 Internet 资源对这样的一些数据进行不断的更新, 以确保数据的时效性和可用性。

选择足以测量项目的特征值, 比如说 (可行性、创新性、实用性) 等, 在信息提取 Agent 处, 首先按照预先设定 (同时可以加以人机界面的干涉) 对数据库中的数据进行搜索, 将数据库中有效的信息提取出来, 同时抽取出各自的特征值, 作为设计 Agent 的有效输入。不同的信息 Agent 负责对不同来源的数据进行筛选, 我们设定 3 个信息 Agent 分别对应专家意见、统计数据和发展趋势预测。

对应于不同的学科, 在设计 Agent 处, 依据项目的不同侧重点, 会有不同的聚类中心, 如理论创新型、成果转化型、理论研究和实际应用结合型等。利用模糊聚类算法对数据进行聚类处理以得到各自的聚类中心, 这些数据作为决策的标准参考值。以计算机学科为例, 对以上 3 种不同类型的项目的参考准则可能为表 1 所示。

表 1 不同类型的项目的参考值

Tab.1 The reference value of different type item

项目类型	可行性	创新性	实用性
理论创新型	0.80	0.90	0.50
成果转化型	0.90	0.50	0.95
理论研究和实际应用结合型	0.80	0.80	0.90

对待决策的项目, 可以依据预先设定的隶属度函数, 在设计 Agent 处, 计算出其与每个聚类中心的隶属度, 以供选择 Agent 的输入。

对 Agent 设定模糊推理准则, 一个最简的准则如下:

IF $90\% < \text{隶属于理论创新型} < 95\%$ AND 隶属于理论研究和实际应用结合型 $> 90\%$ THEN 理论研究和实际应用结合型;

IF 隶属于理论创新型 $> 95\%$ THEN 理论创新

型;

IF 理论研究和实际应用结合型 > 90% THEN 理论研究和实际应用结合型;

... ..

DEFAULT: 需要重新评估。

我们将这套系统应用于实际的工作中, 判决的有效率达到了 95% 以上, 达到了预期的结果, 同时提高了工作效率, 减少了人为因素的干扰。同时, 这套决策系统的建立, 其数据可以支持将来的科研方向的战略决策研究。

4 结 论

本文提出了一种结合多 Agent 和模糊理论的决策系统结构, 并且用 Agent 组概念来代替原有的单个 Agent 功能实体, 使得各个侧面的数据都能被清晰地被抽取, 更易于据测的判决。利用模糊理论对有效信息数据进行分析和决策选择意见的推断, 摒

弃了人为决策的不稳定性, 同时符合决策的社会模糊性。实际的基于此结构的系统取得了较好的决策效果。

参考文献:

- [1] ZADEH L A, FU K S, TANAKA K, et al. Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes [M]. New York: Academic Press, 1975.
- [2] 欧阳绵, 彭祖赠, 李必祥, 等. 模糊数学导论 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1988.
- [3] 梁义芝, 刘云飞. 基于 Multi Agent 技术的决策支持系统 [J]. 计算机科学, 1999, 26(8): 50 - 52.
- [4] 黄晓霞, 萧蕴诗. 基于多智能体的新型智能决策支持系统体系结构的产生和发展 [J]. 微型电脑应用, 2002, 18(5): 8 - 17.
- [5] TUNG B, JINTAE L. An agent-based framework for building decision support systems [J]. Decision Support System, 1999, 25(2): 225 - 237.

A Multi-Agent Decision Support System Based on Fuzz Theory

LIANG Xiang-jun¹, YANG Shan-lin¹, CHENG Wen-juan²

(1. Management School of Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2. Computer & Information School of Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: A DSS with the integration of multi-agents and fuzz theory is discussed and different sides of an individual functional mock-up is represented by agent-group. By means of fuzz clustering and fuzz reasoning, the judgment and selection of effective data for decision can be made. Based on this structure, the decision system has been built up for the assessment of scientific research projects. It is proved through applications that such system has made a good decision result.

Key words: multi-agent; agent-group; fuzz clustering; fuzz reasoning