

## 摘要

综合集成研讨环境研究的目的是采用“从定性到定量人机结合的综合集成法”解决复杂的巨型问题。本文着重研究了综合集成研讨环境中的一个子系统——决策研讨环境。

首先回顾和分析了国内外群决策的研究现状，并对综合集成研讨环境进行了概述，明确了决策研讨在整个课题组中的位置。再重点介绍了研究决策研讨所涉及到的相关基础理论：决策、层次分析法、最邻近聚类法。

根据复杂问题求解的综合集成过程明确了在决策研讨需要研究的关键性问题，其内容包括：

- (1) 研究决策方案的确定，相关的准则、属性、专家的确定及其权值的确定；
- (2) 研究在决策中专家可以采用的偏好信息的表达形式及偏好信息规范化方法；
- (3) 为了决策共识达成，研究了专家意见个体一致性分析、群体一致性分析、集结及其可视化；
- (4) 研究研讨过程中研讨信息的反馈机制。

对关键问题的研究是采用理论研究与仿真实验相结合的方法，验证了理论的合理性、科学性及适用性。

最后介绍了系统实现的关键技术，建立了基于 B/S 结构的决策研讨原型系统，并通过一个实例对系统进行了应用分析。

**关键词：**综合集成研讨环境，决策研讨，偏好信息，一致性分析，共识达成

## Abstract

The purpose of study metasynthetic workshop environment is to use the method of “from qualitative to quantitative combination of man-machine integration method” to solve mega-complex problem. In this paper, major research a subsystems of metasynthetic workshop environment — decision-making argumentation environment.

First reviewed and analyzed the research status of group decision-making at home and abroad, overviewed metasynthetic workshop environment and knewed the location of decision-making argumentation in it. Then focuses on introduced the basic theories of decision-making argumentation: decision-making, analytic hierarchy process, the nearest clustering method.

According to metasynthetic process of complex problem solving to study the key issues of decision-making argumentation, which are:

- (1) Confirming alternatives, confirming relative criterias, attributes, experts and those weight value.
- (2) Expression and standardization of preference informations.
- (3) The individual consistency analysis, group consistency analysis, aggregating preference informations and data visualization for reaching decision-making consensus.
- (4) Argument informations feedback mechanism in argument.

By theoretical research and simulation experiment to verify the theoretical rationality, scientificity and suitability.

Finally introduced the key technologies about system implementation, constructed based B/S structure of the decision-making argumentation prototype system ,and applied an example to analyse the system.

**Keywords:** Metasynthetic workshop environment, Decision-making argumentation, Preference informations, Consistency analysis, Consensus reached

# 湖北工业大学

## 学位论文原创性声明和使用授权说明

### 原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的研究成果。除文中已经标明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名： 张玉

日期：2009年5月17日

### 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权湖北工业大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

学位论文作者签名： 张玉

指导教师签名： 丘才权

日期：2009年5月17日

日期：2009年5月17日

## 第1章 绪论

### 1.1 课题研究的背景及其由来

随着科学技术的快速发展、技术创新、知识创新过程的复杂化，人们对复杂系统研究日益关注和重视<sup>[1]</sup>。对于结构复杂，关系繁多的复杂性问题，传统的处理方法和手段已经不再适用，它无法从全局审视问题，对事物之间的关系处理不够有条理，所以需要寻求新的更加有效的方法。

首先出现了管理信息系统(Manage Information System, MIS)，其擅长大量事务数据的处理，但它是把大量的事务数据交给计算机管理，而人参与比较少，这样对复杂问题的决策支持是非常有限的，仅满足底层的、事务性的决策。其次是在管理信息系统的基础上发展起来的决策支持系统(Decision Support System, DDS)，DSS 是以运筹学为理论基础，从而为定量分析提供了辅助手段，对结构良好或规模不大的半结构化的决策问题的解决提供了比较有效的辅助手段。但是传统 DSS 往往对结构不良的复杂系统的决策问题不能有效的支持。

对于一个结构不良的复杂巨系统问题，它所包含的内容往往涉及众多方面，其研究的方法经常需要解析、仿真、实验、研讨等多种方式。为此，1989 年著名科学家钱学森院士提出了开放的复杂巨系统及方法论，即“从定性到定量综合集成法”，之后又具体建立支持定性与定量相结合的综合集成研讨厅的设想，这些是对复杂系统的研究及研究方法论问题的一个很好的解决方案。其中综合集成就是将数据、信息、模型和人的智慧与计算机有机结合起来；综合集成研讨厅更是将专家体系、机器体系和知识体系有机结合起来而构成高度智能化的人机结合系统，是研究复杂系统和解决复杂系统的新理论和新方法。综合集成研讨厅是以人为主、人机结合，使参加研讨的群体在讨论问题时互相启发、互相激活，并充分利用现代信息技术不受地域时空的限制，把大量的信息、知识、千百万人的聪明才智、古人的智慧综合集成起来，从而得到科学的认识和结论。

从综合集成方法论提出以来，综合集成研讨厅的研究已经取得了一定的成果<sup>[2, 3]</sup>，但是在实际应用研究中“综合集成研讨厅”都局限某一领域<sup>[4]</sup>，而不是一个大众模式。事实上可以将这些众多的“综合集成研讨厅”由特殊化到一般化，最终归结为“综合集成研讨环境”，即综合集成研讨厅软件体系结构的研究项目。

在这个项目中作者致力于综合集成研讨环境中的决策研讨环境的研究，研究

了专家研讨过程、群体思维与群体决策分析中的若干问题，以及相关实现技术，大致包含如下几个方面：

专家意见表达方式研究，包括多种偏好表达形式及其规范化的研究；

专家意见的个体一致性分析和群体一致性分析研究；

研讨过程的研究，通过可视化技术引导专家更好地表达自己的思想，让决策更高效；

研究研讨过程中研讨信息的反馈机制；

研究合理的偏好信息集结方法。

## 1.2 国内外决策支持系统现状

决策支持系统是 20 世纪 70 年代在管理信息系统（MIS）的基础上发展起来的。管理信息系统是利用数据库技术让各级管理者实现相应的管理业务，各种事务处理工作在计算机上进行。DSS 是要达到具有为各级管理者辅助决策的能力。

Sprague 于 1980 年提出了决策支持系统三部件结构<sup>[5]</sup>，它们是对话部件、数据部件(数据库和数据库管理系统)、模型部件(模型库和模型库管理系统)。该结构形式明确了 DSS 的组成，同时也间接地反映了 DSS 的关键技术：模型库管理系统、部件的接口、系统的综合集成。该结构形式对 DSS 的发展具有很大推动作用。

Bonczak 等在 1981 年提出智能决策支持系统<sup>[5]</sup> (Intelligence Decision Support System, IDDS)三系统结构，它们是语言系统(Language System, LS)、问题处理系统(Problem Processing System, PPS)、知识系统(Knowledge System, KPS)。在问题处理系统和知识系统上该结构形式有其特色。

到了 90 年代，伴随着计算机技术、网络技术、人工智能技术，尤其是专家系统的发展，DSS 又得到了新的发展。例如分布决策支持系统，智能决策支持系统，群体决策支持系统等得到了快速发展。到 90 年代初提出了数据仓库(Data Warehouse, DW)、联机分析处理(OnLine Analytical Processing, OLAP)的新概念<sup>[6]</sup>，并在 90 年代中期已经形成潮流。在美国，DW 已成为紧跟互联网之后处于第二位的热点技术。数据仓库这种决策支持新技术展现出了强大生命力。随着 DW 的发展，OLAP 也随之得到了迅猛发展。DW 侧重于存储和管理面向决策主题的数据，而 OLAP 则侧重于把 DW 中的数据进行分析，转换成辅助决策的信息。DW 和 OLAP 技术为决策支持系统开辟了新的途径，以 DW 和 OLAP 相结合建立的辅助决策系统是决策支持系统的新形式。在 90 年代中期提出了数据开采(Data Mine, DM)概念<sup>[6]</sup>，是从知识发现的概念中引申出来的，并在最近几年形成了高潮。DM

是为 DW 挖掘出有价值的知识，提高了 DW 的决策能力。DW、OLAP、DM 相结合已经形成了新的决策支持方向，用它们建立的辅助决策系统是新决策系统。而把 DW、OLAP、DM、模型库(Model-Base, MB),数据库(Data-Base, DB)、专家系统(Expert System, ES)结合起来形成的综合决策支持系统称为更高形式的决策支持系统。它们集成的综合决策支持系统将相互补充和依赖，发挥各自的辅助决策优势，实现更有效的辅助决策。其中 DW 能够实现对决策主题数据的存储和综合以及时间趋势分析，OLAP 实现多维数据分析；DM 挖掘 DB 和 DW 中的知识；MB 实现多个广义模型的组合辅助决策；DB 为辅助决策提供依据；专家系统利用知识推理进行定性分析。

互联网技术近年来得到了迅猛发展，为 DSS 特别是群决策支持系统(Group Decision Support System, GDSS)提供了新的技术环境，研究基于 Internet 环境的 DSS 特别是 GDSS 成为新的研究方向。

我国决策支持系统的研究是 80 年代中期开始的。大连理工大学、哈尔滨工业大学、国防科技大学等单位进行了大量理论行的研究和实际应用系统开发。其中理论性研究在模型构造理论和方法、自然语言接口理论、决策问题结构化理论和知识工程等方面取得成果；应用开发研究最广泛的领域是区域发展规划，如“山西省整体发展规划决策支持系统”是我国山西自动化所、大连理工大学、国际应用系统分析研究所合作完成的较早、较典型的应用系统，其它单位也取得了很多研究成果<sup>[7, 8]</sup>。

## 1.3 本文研究的目的和意义

本文研究的目的意义是解决现存的决策模型中存在的某些问题，改进现有的决策模型，更加有利于综合集成法的思想在系统中得以实现。采用 B/S 结构模式，使决策模型适用于多领域的大群体决策，参加决策的专家能够同时异地、异地异时进行研讨决策，并最终在综合集成研讨环境中实现决策研讨环境的原型系统。

## 1.4 本文内容安排

- 第一章为绪论，介绍了课题的来源、研究的目的意义；
- 第二章介绍综合集成法、综合集成研讨的过程以及决策研讨环境；
- 第三章介绍本文重点研究的决策研讨中所设计的相关理论基础：决策、层次分析法、最邻近聚类法，为本文的后续内容作基础；

第四章研究决策共识达成的方法，包括准则、属性、专家的确定及其权值的确定，偏好信息的表现形式及其转化，个体意见和群体意见一致性分析，以及研讨反馈机制；

第五章对决策研讨环境进行设计与实现，并对系统进行应用和分析；

第六章为总结和展望。

正如前面所说综合集成研讨环境是个巨大复杂的问题，涉及到很多的方面，本文只是在对综合集成研讨过程进行基本概述的基础上，着重对综合集成研讨环境中的决策研讨进行了研究和论述，课题组的其他成员还对课题的其他方面进行了深入的研究。

## 第2章 决策研讨环境概述

本文研究的是综合集成研讨环境中的决策研讨模型和决策研讨环境的实现。综合集成研讨环境是综合集成研讨厅的通用研讨平台，处于综合集成研讨厅中的工具层，是一个面向复杂问题求解的通用工具软件，其理论基础是采用人机结合、从定性到定量的综合集成法实现群体研讨并达成共识。决策研讨环境只是综合集成研讨环境中的组成部分之一。本章介绍综合集成法、综合集成研讨的过程以及决策研讨环境。

### 2.1 综合集成法

管理科学、系统工程、信息技术等把复杂系统的研究当成了研究的热点，并且复杂系统已经形成一个新的研究领域——复杂性科学<sup>[9-11]</sup>。方法论问题，和在方法论指导下的具体研究方法、途径是复杂系统研究的一个重要问题。钱学森院士等人提出的人机结合、从定性到定量的综合集成法<sup>[12]</sup>是处理复杂巨系统问题的方法论。该方法论吸收了还原论的长处，采用整体论的方法解决复杂系统问题，是科学方法论上的一个重大进展，具有重要的科学意义和深远的学术影响。在应用中，将该方法论与具体的复杂巨系统结合就可以开发出方法体系不同的复杂巨系统<sup>[13]</sup>。

综合集成方法论最早是我国科学家钱学森提出的。上世纪 70 年代，钱学森在进行系统科学研究时，发表了《论系统工程》<sup>[14]</sup>的论著，首先在航天领域倡导系统工程的思想，并在实践中取得了成功。随着这一思想的推广，又提出了军事系统工程的概念和总体设计部的构思<sup>[15]</sup>。80 年代初，提出了将科学理论、经验与专家判断相结合的半理论半经验方法。80 年代中期，亲自参加并指导“系统学讨论班”。在系统学讨论班的基础上，于 1990 年正式提出了开放的复杂巨系统及方法论<sup>[16]</sup>，即“定性定量综合集成法(MetaSynthesis)”。

综合集成方法的基本思想是把专家体系、数据和信息体系、计算机体系有机结合起来，构成一个高度智能化的人机结合、人网结合的体系。综合集成方法的成功应用就在于发挥这个体系的整体优势、综合优势和智能优势。它能把人的思维、思维的成果、人的经验、智慧、知识以及各种情报、资料和信息全部集成起来，从多方面的定性认识上升到定量认识。综合集成的问题求解过程如图 2.1，其

步骤如下<sup>[16]</sup>:

第1步：决策部门给出决策任务，并召集相关专家利用研讨厅体系的软硬件平台对问题进行研讨；

第2步：专家利用系统中已有的数据、知识、模型以及网络等其它资源和自己的经验和思维，提出对复杂问题的求解方案；

第3步：系统集成所有专家的意见；

第4步：把复杂问题分析进行定量化，形成新的模型，添加到系统的模型库，供下一次研讨时再使用；

第5步、重复第2、3、4步直到问题满意解决。

这个过程体现了从定性到定量的综合集成，其中在第4步的定量分析需要用到群决策的模型与方法。由于综合集成法要集结来自不同领域的专家的决策意见，因此需要结合综合集成法对群决策模型进行分析和改进。

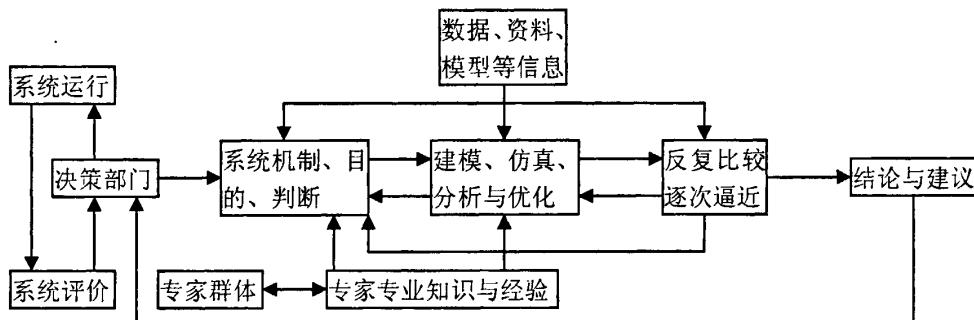


图 2.1 综合集成的过程

## 2.2 综合集成研讨过程

综合集成研讨厅是综合集成法的实现技术<sup>[3]</sup>。综合集成研讨环境是综合集成研讨厅的一个通用平台，是综合集成研讨厅的一个支撑工具。其工作任务是利用计算机网络、人工智能等技术构件虚拟的研讨环境，能够解决现实中面对面的研讨存在的弊端，提高专家群体研讨的效率。综合集成研讨环境是用于两个或两个以上的专家对一个复杂的问题进行研讨，试图达到群决策的结果。它能够为综合集成研讨过程不同阶段提供相应的方法和工具，使不同的阶段采用不同的研讨模式达成不同的共识，其共识达成过程和研讨模式如图 2.2。。

### 2.2.1 综合集成研讨过程中的共识

专家群体研讨的最终目的是为了达成共识<sup>[17]</sup>。共识即群体一致性意见<sup>[18]</sup>。但由于群体成员知识结构、思维能力与方法、所持立场不相同，在有一定时间压力条件下，要使群体意见完全一致是非常困难的<sup>[19]</sup>。有效的研讨是在系统的引导下，群体通过对话互动互相激活、互相启发、互相妥协，使群体思维趋于收敛。显然，如果在研讨过程中能实时展现专家思维变化趋势、群体共识状态，系统或主持人可以根据这些信息正确引导专家研讨，将加快群体思维收敛速度，提高群体研讨的质量与效率。根据研讨深入程度可将共识分为简单共识、研究共识和决策共识三种<sup>[20]</sup>。群体共识在“同步—异步—同步”的反复研讨过程中产生<sup>[21]</sup>。将综合集成研讨环境中的共识分为提案共识和决策共识两类，将初步形成的议案叫做提案共识，而将最终形成的决策意见叫做决策共识。

**提案共识：**是研讨的初级阶段，这一阶段的目的是决定哪些提案将进入下一轮的决策研讨。一般来说，会议开始时，主持人提出研讨的主题，并确定针对这一主题的初始值的设定，然后组织专家进行头脑风暴式的讨论，即专家畅所欲言，自由思考，尽可能多地提出假设或想定，将这些假设或想定称为提案。但是这些提案并不全都成为决策对象。需要专家群体通过协商研讨环境，对提案进行一定的提取，从中选出若干最有价值的提案，这些最有价值的提案称为提案共识。

**决策共识：**专家群体在一定时间压力下，使用层次分析法、名义小组法、研讨白板、电子表决器等方法或工具进行研讨并表决，从而得到决策共识。决策共识是综合集成研讨的最终的目的，一旦达成决策共识就标志着一个研讨过程结束。

在决策研讨中如果不能得到满意的结果，将重新进行研讨，直到最后得到群体共识的决策意见。但每次研讨都是对以前提案共识的进一步深化或细化。

### 2.2.2 综合集成研讨过程中的研讨模式

研讨即“提出主张，用证据或推理支持或反对、质疑某个主张”<sup>[22]</sup>，研讨的主要目的是激活思维、明确事理、做出决策。其中激活思维是鼓励专家群体通过发言相互启发，尽可能多地提出提案；明确事理是论证专家已经提出的提案的正确性，能否进入决策，在这个阶段可能有针锋相对的辩驳；做出决策是对初步形成的提案共识进行分类和排序，得到一个群体共识意见。所以按照研讨目的可以把综合集成研讨环境中研讨模式分为三种：协商研讨模式、劝说研讨模式和决策研讨模式。

协商研讨模式是综合集成研讨过程的初级阶段，是专家群体发实现散式的思考过程。专家群体在明确研讨主题的情况下，在主持人的引导下通过交互对话、互相启发、互相促进的方式发表意见或见解，并最终使得群体见解超越个人见解。研讨刚开始，专家群体对问题的认识还不够深刻，有很多专家可能没有自己明确的主张或对自己的主张没有把握，并且专家个体的思维还经常会出现不一致性，可专家自己是无法察觉到这种情况的，从而也无法找到自己的错误进行改进。这就需要每个专家大胆的发表自己的想法，通过相互检验和自我修正，实现对复杂问题认识的自我超越，最终形成比较一致的意见。在这一研讨模式下是没有确定的备选方案，备选方案是在专家研讨的过程中逐渐产生的，所以它是一种发散的群思考过程。

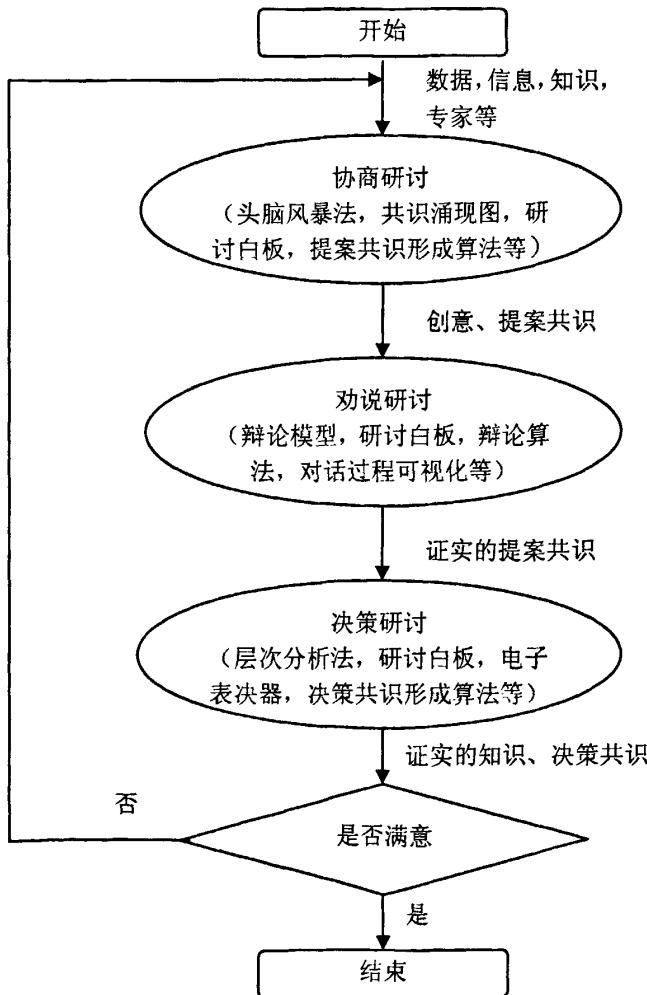


图 2.2 共识达成过程及研讨模式

劝说研讨模式是先将专家群体分为对立的两方，两放持着完全相反的意见，

采用互逆的思维来论证某个主张的正确性。劝说研讨要求发言者，在发表主张时，给出主张的前提，如果前提不成立，前提所支持的主张也就不成立。所以与协商研讨比，劝说研讨更讲究逻辑推理。劝说研讨中专家可以通过推翻对方主张的前提而驳斥对方的主张。劝说研讨模式下只有一个备选方案，最终决定这个备选方案是否可取，所以是一种收敛型群体思考过程。它和协商研讨模式互相补充，一般以协商研讨模式为主线，以劝说研讨模式为辅将二者结合使用，当协商研讨模式研讨产生冲突时，再转入劝说研讨。所以说协商研讨模式和劝说研讨模式主要用于提案共识达成。

决策研讨模式是为了达成决策共识。决策共识达成就是对提案共识进行分类和排序，形成最后的决策意见。为了使决策具有可操作性，先要根据提案确定相关的属性，这样决策研讨就类似于一般的多属性决策问题，但不同的是决策研讨中为了决策达成共识必须考虑群体一致性分析，即群体一致性达到了规定的指标时，所形成的决策意见才有意义。决策研讨模式一般有多个备选方案，最终决策出一个结果，既方案的排序结果。所以它是一种收敛型的群思考过程。对于决策研讨是本文研究的重点，在后续的第3、4、5章都将围绕决策研讨进行研究。

## 2.3 决策研讨环境

决策研讨环境是综合集成研讨环境的组成部分之一，它是群体决策研讨的一个通用平台。其工作任务是利用计算机网络、人工智能等技术构件虚拟的研讨环境，专家可以不面对面的对已经在综合集成研讨环境的协商研讨环境和劝说研讨环境形成的提案共识，进行异地同时或异地异时决策研讨，提高专家群体研讨的效率，形成专家一致性的意见结果，即对提案共识采用一定的方案形成一个共识性的排序结果。它是对应着综合集成研讨环境中的决策研讨模式。具体来说有以下几点：

- (1) 提供输入提案共识、评价基础信息的接口，并设计一定的方案遴选参会的专家；
- (2) 使专家利用计算机网络，能够异地同时或异地异时进行研讨，提高研讨效率；
- (3) 研讨的过程中，专家可以使用匿名，也可以根据具体情况给专家分配权重等方式控制研讨的正确性、有效性和公平性。
- (4) 根据决策的研讨问题，决策研讨的步骤和结束研讨的条件；
- (5) 系统提供专家在决策中专家的可选择意见表达方式，即偏好信息表达方

式；

- (6) 决策研讨中，系统可以动态分析专家意见的一致性，并引导专家研讨；
- (7) 决策研讨中，系统可以自动的存储研讨结果和决策研讨会议相关的基础信息，便与以后查询，同时为更深层次的决策提供帮助。

我们研究的决策研讨环境是用于两个或两个以上的专家进行的多准则决策研讨。它能够为决策研讨过程提供相应的方法和工具，使达成决策共识达成。

## 2.4 小结

本章首先介绍了在综合集成研讨厅中实现的综合集成法以及综合集成研讨过程，其次介绍了综合集成研讨过程中的共识：提案共识和决策共识，再介绍综合集成研讨过程中的研讨模式：协商研讨模式、劝说研讨模式和决策研讨模式。明确了综合集成研讨过程中的各阶段的研讨任务和所需要的研讨工具，同时也指出了本文重点研究的决策研讨在整个综合集成研讨环境中占据的位置，以及决策研讨环境和综合集成研讨环境的关系。为后续的研究提供基础。

## 第3章 决策研讨的相关理论基础

通过第2章对综合集成研讨环境的概述，明确了本文研究的决策研讨，是多个专家参与的多属性的决策。本章先介绍了决策的概念和产生、群决策、多属性决策；在决策中要采用一定的方法给决策属性和专家的分配权重，本文中采用的是层次分析法，所以在本章中对层次分析法做介绍；这里的决策研讨既与一般的群决策有相似的地方，也有不同的地方，不同的是要对群体意见进行一致性分析，我们采用的是基于最近邻聚类法改进的聚类算法用于群体一致性分析的，在本章把最近邻聚类算法也作为基础理论进行介绍。

### 3.1 决策

决策的思想和方法自古以来就被人们广泛接受并应用于实际中，在20世纪30年代“决策”作为一个科学的概念引入学术界。所谓的决策是指，对未来的实践方向、目标以及实现方向，目标的原则和方法所做的决定。决策科学的发展最初是与效用和主观概率密切联系在一起的。拉姆西1931年把决策论建立在效用和主观概率的基础上，开始了决策理论的研究。Von Neumann-Morgentstem1944年建立了在不确定情况下制定决策的现代效用理论。到20世纪50年代初，瓦尔德和赛维奇分别研究了统计决策问题，并发表了专著提出了相应的公理体系。20世纪60年代初，stilaiffer研究了贝叶斯决策理论，进一步发展了统计决策理论。Howard1966年在论文中提出了决策分析的概念。与此同时，很多学者从不同角度研究了决策理论<sup>[23]</sup>。

#### 3.1.1 群决策

本文中研究的决策是多个专家参加的决策，所以是群决策。群决策<sup>[23]</sup>就是一个群体(两个或两个以上的专家)如何共同进行一项联合行动抉择。所谓联合行动抉择，即各个决策专家都参与同一行动，例如公司董事会对投资项目的决策等。群体决策研究的目标和单个决策者情况一样，是描述群体决策行为的机理以及分析群体应如何进行有效决策，即相应分为描述性研究和规范性研究。

群决策问题的研究的前提<sup>[24]</sup>：共存性——决策专家都在已知的相同条件下进行决策；自主性——在不排除群体成员间的相互影响的前提下，决策者有独立的

选择机会，不受高层权利影响；共意性——群体做出决策的必然是所有参与者一致能接受的方案。但并不意味着所有参与者都认为此方案最优。可能存在成员持反对态度，但是面临集体的最后选择而不得不做出妥协或认可。

群体中的决策问题都具有上述前提。在层次组织的领导决策实际上是个人决策。当然，在各级领导在决策之前，各层次、甚至其他层次的成员也参与此决策过程，不过最后判断和舍去则完全是领导个人行为。共存、自主、共意并非群体决策过程的必要条件。但最真实反映民意的方面，前两个前提是必须的，第三个前提是决策追求的目标。

决策研讨环境中的决策是多人参与的复杂群决策，为了达到决策研讨共识，所以在决策的过程中存在一些假设：决策过程中任何个体决策者难以做出完美的决策，可能会犯错误；参与的决策者有两名或两名以上；决策的问题一般是非结构化的复杂决策问题；群决策结果应该是个体决策者的偏好形成一致或妥协后得出的具体采用的决策规则影响群决策质量；个体和群体的关系也影响群决策质量。

群体决策由于是多人参加复杂问题决策，与个人决策研究相比要复杂得多。其复杂性主要体现在：偏好程度——每个成员个体的目标、优先观念以及选用表达偏好的方式不同，导致偏好存在矛盾。而且矛盾的强度影响着决策方式；主观概率判断——各个成员由于视角等个体差异性，导致对问题的评价差异性，直接影响着方案的选择；沟通——群体决策可以在完全没有沟通的情况下进行，避免对他人或受他人影响。也可以沟通，以形成共识；人数——决策人群的人数、人员层次结构，都直接影响着决策；偏好集结方式——当各个成员的偏好不变，而改变偏好集结方式时，可能造成不同的结果，甚至是矛盾的结果。所以，如何将个体偏好最真实地集结为群体偏好是个很重要的问题。

## 3.1.2 多属性决策

决策问题中有一类，它的决策目标多于一个，而且这些目标间不可公度，目标问还具有矛盾性，称为多目标决策(或多准则决策)。多目标决策按决策问题中按备选方案的数量可分为两类，一类是多属性决策问题，决策变量是离散的，备选方案数量有限，因此被称为有限方案多目标决策问题；一类是多目标决策问题，决策变量是连续的，有无穷多个备选方案，因此被称为无限方案多目标决策问题。

我们的系统面临的决策问题是多属性决策问题。多属性决策是现代决策科学的一个重要组成部分，它的理论和方法在工程设计、管理、经济和军事等诸多领域中有着广泛的应用，如投资决策、维修服务、项目评估、武器系统性能评定、

投标招标、工厂选址、经济效益综合评价等。多属性决策的实质是利用已有的决策信息采用一定的方式对一组有限的备选方案进行排序或择优。它主要有两部分组成：（1）获取决策信息。决策信息一般包括两方面的内容：准则、属性和其权重的确定；偏好信息（偏好信息总体上有三种形式：实数、区间数和语言）的表达。（2）通过一定的方式对决策信息进行集结并对方案进行排序或择优。

在这里我们讨论的决策，是对一个有限的方案集合进行决策，对每个方案的决策是每个专家在方案所对应的一级指标（即准则）所对应的每个二级指标（即属性）层上给出自己的评价信息（即偏好信息）形成了决策矩阵。再对专家给出的偏好信息进行预处理，然后进行一致性分析、集结、排序或择优。

数据的预处理又称为偏好信息的规范化，主要有三个作用<sup>[25]</sup>：首先，偏好信息值有多种类型。有些指标的值越大越好，例如 GDP 等，叫效益型指标；有些指标的值越小越好，例如武器更换成本等，叫成本型指标。有一些值既非效益型也非成本型，例如军种所占比例等。当几类情况在同一个决策中不便于直接从数值大小上判断方案的优劣，就要对决策矩阵中的数据进行预处理，使决策矩阵中任一指标下性能越优的方案变换后的对应值越大。其次是非量纲化。多属性决策评估的困难之一是属性间的不可公度性，即在偏好信息的不同表达方式下，偏好信息值具有不同的量纲。即使对同一指标，采用不同的计量单位，决策矩阵中的数值也就不同。还需要排除选用的量纲对决策或评估结果的影响，即非量纲化。最后是归一化。原决策矩阵中，不同专家给的决策矩阵的值大小差别很大，为了直观和采用各种多属性决策与评估方法进行评价，需把偏好信息的值进行归一化。

## 3.2 层次分析法

层次分析法(Aalytical Hierarchy Process-AHP)<sup>[26]</sup>是解决多准则决策问题的一种简明有效的方法，是将决策有关的元素分解成目标、准则、方案等层次，在此基础之上进行定性和定量分析的决策方法。该方法是美国运筹学家匹茨堡大学教授萨蒂于上世纪 70 年代初，在为美国国防部研究“根据各个工业部门对国家福利的贡献大小而进行电力分配”课题时，应用网络系统理论和多目标综合评价方法，提出的一种层次权重决策分析方法，简称 AHP 法。

AHP 法的特点是在对多准则决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析的基础上，利用较少的定量信息使决策的思维过程定量化，从而为多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题提供了简便的决策方法。尤其适合于对决策结果难于直接准确定量分析的场合。其基本思想是：先按问题的要求建立一

个能描述系统特征的递阶层次结构模型；确定评定尺度；对每一层的各要素进行两两比较，根据评定尺度确定其相对重要程度，建立判断矩阵；根据判断矩阵计算各要素对上一层要素的权重；计算各层元素对系统总目标的合成权重，对各种方案进行优先排序，从而为决策人选择最优方案，提供科学决策依据。

AHP 法的基本步骤为：

(1) 分析评价系统要素，建立递阶层次结构模型，例如根据在<sup>[27]</sup>对系统的描述建立了图 3.1 所示的递阶层次结构模型；

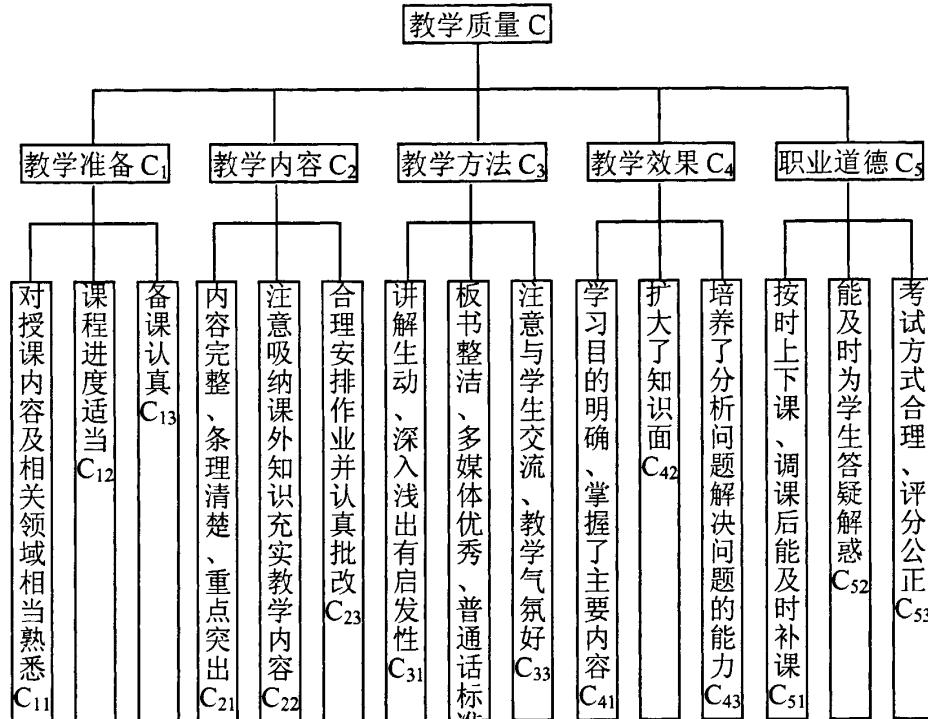


图3.1 教学质量评价系统的递阶层次结构模型

(2) 确定评定尺度，一般所采用的评定尺度为<sup>[28]</sup>；

表3.1 AHP评价尺度

标度	含 义
1	表示两个因素相比，具有相同重要性
3	表示两个因素相比，前者比后者稍重要
5	表示两个因素相比，前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比，前者比后者强烈重要
9	表示两个因素相比，前者比后者极端重要
倒数	若因素i与j的重要性之比为 $a_{ij}$ ，因素j与i重要性之比为 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

(3) 确定各层各要素对上一层要素的权重，即：

先从最上层要素开始，对下层n个要素进行两两比较，建立n阶判断矩阵，记作  $M' = (w_{ij})$ ，其中  $w_{ii} = 1$ ;  $w_{ij} = 1/w_{ji}$ ;  $w_{ij} = w_{ik}/w_{jk}$ 。

再求出判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}$ ，并判断矩阵  $M'$  是否是相容矩阵，即判断一致性： $C(M') = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$ ，如果  $C(M') > 0.1$ ，则  $M'$  不是相容矩阵，需要重新确定判断矩阵  $M'$ ；如果  $C(M') \leq 0.1$ ，则  $M'$  是相容矩阵。

当  $M'$  是相容矩阵，由  $(M' - \lambda_{\max} I)W' = 0$ ，解出  $\lambda_{\max}$  对应的特征矢量，即  $W' = (w_1', w_2', \dots, w_n')$ ；并且对对应的特征矢量进行归一化处理，即  $W'' = (w_1'/\sum_{i=1}^n w_i', w_2'/\sum_{i=1}^n w_i', \dots, w_n'/\sum_{i=1}^n w_i')$ 。  $W''$  是对应的各要素对上一层要素的权重。

(4) 计算各层元素对系统总目标的合成权重，对各种方案进行优先排序。

对于在(2)中列举的教学质量评价系统中的递阶层次结构模型，按照(3)(4)的步骤可得到以下的结果：

教学准备( $C_1$ )、教学内容( $C_2$ )、教学方法( $C_3$ )、教学效果( $C_4$ )、职业道德( $C_5$ )的权重依次是0.0712、0.3209、0.3209、0.1117、0.1753。

$C_1$ 的下级要素相对于 $C_1$ 的权重是0.4806、0.1140、0.4054，与 $C_1$ 的权重相乘得到在整个评价中的合成权重是0.0342、0.0081、0.0289； $C_2$ 准备的下级要素相对于 $C_2$ 的权重是0.7662、0.0759、0.1579，与 $C_2$ 的权重相乘得到在整个评价中的合成权重是0.2459、0.0244、0.0507； $C_3$ 的下级要素相对于 $C_3$ 的权重是0.4054、0.4806、0.1140，与 $C_3$ 的权重相乘得到在整个评价中的合成权重是0.0366、0.1301、0.1542。； $C_4$ 的下级要素相对于 $C_4$ 的权重是0.3043、0.0627、0.6330，与 $C_4$ 的权重相乘得到在整个评价中的合成权重是0.0340、0.0070、0.0707； $C_5$ 的下级要素相对于 $C_5$ 的权重是0.4286、0.4286、0.1429，与 $C_5$ 的权重相乘得到在整个评价中的合成权重是0.0752、0.0752、0.0251。

### 3.3 最近邻聚类法

聚类分析是研究分类问题的一种统计分析方法，又称群分析。聚类分析起源于分类学，但在古老的分类学中，人们很少利用数学工具进行定量的分类，主要

依靠经验和专业知识来实现分类。随着人类科学技术的发展，对分类的准确性要求越来越高，所以凭经验和专业知识难以确切地进行分类，于是人们逐渐地把数学工具引用到了分类学中，形成了数值分类学，随后又将多元分析的技术引入到数值分类学形成了聚类分析。聚类分析内容非常丰富，有系统聚类法、动态聚类法、有序样品聚类法、图论聚类法、聚类预报法、模糊聚类法等。

聚类分析计算方法主要有如下几种<sup>[29]</sup>：分裂法(partitioning methods)、层次法(hierarchical methods)、基于密度的方法(density-based methods)、基于网格的方法(grid-based methods)、基于模型的方法(model-based methods)，当然聚类方法还有：布尔矩阵法、传递闭包法、直接聚类法等。根据聚类分析的基本思想所设计的聚类算法有很多，如K均值聚类法<sup>[30]</sup>、模糊聚类法<sup>[31]</sup>、最邻近聚类法<sup>[32]</sup>等。而在本文群决策研讨中专家意见的集结过程所用的聚类算法是在最邻近聚类法的基础上改进而来的。

为了描述最近邻聚类算法，先假设针对一个专家集合  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  对  $m$  个方案评价的结果聚类，其中  $n, m \geq 2$ ，并且假设专家都采用效用值给出了偏好信息，并且在聚类前已经通过夹角余弦的方法得到集合  $E$  中元素之间的相似度矩阵

$$P_{n \times n} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}, \quad p_{ij} \in [0, 1] \text{ 代表 } e_i \text{ 和 } e_j \text{ 之间的相似度, 其中}$$

$i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ ，当  $i = j$  时  $p_{ii} = 1$ ，表示完全相同，当  $p_{ij} = 0$  时，表示完全不相同。

最近邻聚类算法：

输入：专家集合和专家偏好矢量相似度阀值  $\delta$

输出：子群体集合  $C = \{C_1, T_2, \dots, C_k\}$ ,  $1 \leq k \leq m$

其基本思想是：先把  $E$  的第一个元素  $e_1$  放到  $C_1$  族， $E$  中减去  $e_1$  (注： $e_i$  代表第  $i$  个专家给出的偏好矢量)；以后循环取  $E$  头一个元素  $e_i$ ，依次考察已存在的簇，找出一个与  $e_i$  最相似的元素  $e_j$ ，设  $e_j \in C_r$ ，如果  $p_{ij} > \delta$  ( $\delta$  为设定的相似度阀值)，则把  $e_i$  放到  $T_r$  中， $E$  中减去  $e_i$ ，否则生成一个空簇，将  $e_i$  放入这个簇中， $E$  中减去  $e_i$ ，直到  $E$  为空为止。

该算法的在MATLAB中实现的程序如下：

`q=0;` %q是簇计数器

`flag=1;` %flag是一个标志

```

n=input('请输入专家数：')
C(n,n)=0; %用于存放聚类的结果，有专家的地方聚类后不为0
m=input('请输入方案数：')
w=input('请输入n个专家对m个方案的偏好矢量：')
for i=1:1:n %对n个向量进行规范化
    a=w(i,:);
    for j=1:1:m
        w(i,j)=a(j)/norm(a,1);
    end
end
for i=1:1:n %建立相似度矩阵
    for j=1:1:n
        p(i,j)=dot(w(i,:),w(j,:))/(norm(w(i,:))*norm(w(j,:)));
    end
end
delta=input('请输入偏好相似度阀值')
for i=1:1:n
    E(i)=i;%E是专家集合，i表示第i个专家
end
q=1;
C(q,1)=E(1);
E(1)=[];
len=length(E) %E中没有分类的专家数
while(len~=0)
    for i=1:1:q%for
        count=0;
        for j=1:1:n
            if C(i,j)~=0
                count=count+1; %统计已存在子群体i中成员个数
            else
                break
            end
        end
    end

```

```

for j=1:1:count
    if p(E(1),C(i,j))>= δ %E(1)和第i簇第j个成员的相似度大于等于δ, 则把E(1)放入i簇中, 跳出循环
        C(i,j+1)=E(1);
        E(1)=[];
        flag=0
        break
    end
end
if flag==0 %判断E(1)分类成功, 跳出外层循环
    break;
end
end
if flag==1 %E(1)和所有族成员中不存在相似度大于等于δ, 则单独成一族
    q=q+1;
    C(q,1)=E(1);
    E(1)=[];
end
len=len-1;
end
disp(['C=']) %显示聚类结果
disp([C])

```

最近邻聚类算法只能保证新加入成员与簇中某个成员最邻近, 但不能保证新加入的成员与簇中的所有成员都达到一定的邻近, 也不能保证和本簇成员的平均邻近程度一定比把该成员放入其它簇的平均临近程度高。最近邻聚类算法能在不指定簇数目的前提下, 根据偏好矢量相似度阈值将专家意见聚类成若干个子群体, 其优点是能保证两个不同的簇之间存在较大的不相似性。它的不足是簇内成员存在链式效应, 即传递性。因为在此聚类过程中, 一个成员是否归并到一个簇中, 只需要这个成员与簇内某一成员最近邻, 且达到相似度阈值, 从而使聚类结果存在链式结构。这种结构在专家意见一致性分析中是不合理的。我们可以通过一个直观简单的例子看这种链式效应, 假设有四个专家对四季进行聚类, 春、夏、秋、冬相似性为:

表3.2 专家意见相似性的一个例子

	春	夏	秋	冬
春	1			
夏	0.6	1		
秋	0.5	0.6	1	
冬	0.2	0.5	0.6	1

如果设定相似度阈值为0.6，按最近邻聚类算法，则四种意见将聚类为一个簇，这显然是不合理的。合理的聚类结果应该是{{春，夏}，{秋，冬}}，或{{春}，{夏，秋}，{冬}}。

### 3.4 小结

决策研讨是首先是一个群体多属性决策，所以本章首先介绍了群决策概念、特点、复杂性、群决策中的假设以及多属性决策；决策研讨中我们将采用层次分析法为决策中的准则、属性和专家确定权重，所以对层次分析法进行了介绍；决策研讨最重要的是要进行群体一致性分析，而在本文中所用方法是基于最近邻的改进聚类法，所以本章最后描述了最近邻聚类算法的基本思想，该算法在MATLAB中的程序代码以及该算法的优缺点。这些内容是为后续章节研究的内容作铺垫。

## 第4章 决策共识达成的方法

决策研讨的最终目的是得到关于某一问题的多个备选方案的优先排序。为了得到这样一个结果，在研讨前先要确定与方案相关的准则、属性及其对应的权重，还需要遴选参与决策的专家，并给专家分配权重。在决策的过程中，专家根据自己的爱好希望采用不同的表达方式表达自己的偏好，所以要研究偏好信息的多种表达方式和规范化，并且由于专家的视角的不准确性，专家所给的个体意见可能存在着不合理性，所以在决策中需要研究专家的意见个体一致性分析方法。对专家群体意见采用平行坐标进行可视化，为了得到合理的专家决策意见，则需要研究群体意见集结方法、群体一致性分析方法和研讨的反馈机制。

### 4.1 准则、属性、专家的确定及其权重的确定

决策研讨中，方案集合对应有多个准则，而每个准则又对应着多个属性，在本文中准则、属性的确定是通过本课题研究的协商研讨和劝说研讨共同得到。准则和属性的权重则通过前面介绍的层次分析法得到。为此设有  $p$  个准则  $Z=\{z_1, z_2, \dots, z_p\}$ ，其中  $p \geq 2$ 。准则的权重为  $T=\{t_1, t_2, \dots, t_p\}$ ， $t_i$  表示第  $i$  个准则的权重，且  $\sum_{i=1}^p t_i = 1$ 。对准则可以进一步分解，将每个准则又分解成  $q$  个属性，不同的属性也有不同权重， $z_i$  对应的属性为  $z_i=\{z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{iq}\}$ ，其中  $i \in \{1, 2, \dots, p\}$ ,  $q \geq 2$ 。第  $i$  个准则的属性为权重为  $t_{ij}=\{t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{iq}\}$ ， $i \in \{1, 2, \dots, p\}$ ， $t_{ij}$  表示第  $i$  个准则的第  $j$  个属性的权重，且  $\sum_{j=1}^q t_{ij} = 1$ 。专家只针对属性给出偏好信息。偏好信息的表达形式可以有很多种，专家可以根据自己的喜好选择对应的表达方式，具体有那几种表达形式将在下一节逐一介绍。

准则和属性可以根据决策问题所属的领域由一定的专家通过协商研讨和劝说研讨得到，在这种情况下，准则和属性便是提案共识。同样专家的确定也是根据决策问题所属的领域来确定，当专家研究的学术领域和决策的问题属于同一个领域时，这样的专家就可以被邀请参加会议。

具体来说决策研讨是一个会议，在会议开始前，先会布置会议，会议的就有会议的主题，而主题有主题所属的领域。专家也有研究的领域，所以就可以通过

会议主题的领域属性和专家的研究领域属性，将可以参加某个会议的专家进行初步的确定。专家的进一步确定有两种方式：一种是人工选择，一种是智能选择。这种对专家的进一步确定，也称为专家的遴选。

人工选择专家是在专家被初步确定后，由会议管理员根据会议所要求的参会人数，自主的确定参加会议的专家名单。

智能选择专家是在专家初步确定后，根据专家的编号用随机数和需要参加会议的人数相结合，由机器确定参加会议的专家名单。

不管是采用人工选择专家的方式，还是采用智能选择专家的方式，在名单被确定后，就形成了参会的专家集合  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ ，其中  $n \geq 2$ 。再由会议管理员采用层次分析法确定专家的权重  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ， $a_k$  代表第  $k$  个专家的权重，且  $\sum_{k=1}^n a_k = 1$ 。权重一旦确定，系统便会自动生成会议通知(包括专家登录的用户名，密码，会议的名称，内容，开会时间等)，并以电子邮件的形式发送到相关专家的电子邮箱里。

## 4.2 偏好信息的表达形式及其转化

在群决策研讨中，由于决策者的个人视角、知识背景和个人喜好等个体差异性，所有的决策者可能各自采用不同形式偏好信息表达自己的判断。优先次序，效用值、互反判断矩阵<sup>[28]</sup>、互补判断矩阵<sup>[33]</sup>与语言判断信息<sup>[34]</sup>等的偏好信息表达形式是我们最常见。群决策中需要将专家给出不同形式偏好信息转换为同一种形式的偏好信息，方便后面进行专家个体意见集结、群体意见集结和方案优先排序。例如文献<sup>[35, 36]</sup>将偏好次序形式、互反判断矩阵形式等转换为互补判断矩阵形式。在上述文献的研究基础上本节首先对四种偏好信息进行了描述，然后给出了将序关系、效用值、互反判断矩阵三种形式的偏好信息转换到互补判断矩阵的方法。

### 4.2.1 偏好信息的表达形式

假设专家集为  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  ( $n \geq 2$ )，其中  $e_i$  代表第  $i$  个专家；一个有限方案集为  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  ( $m \geq 2$ )，其中  $x_r$  表示第  $r$  个决策的方案。群决策环境中要根据需要提供不同偏好信息表达形式供专家根据自己的爱好选择。下面给出了四种不同偏好信息的定义。

序关系：是某一个专家  $e_k$  针对方案集合  $X$  比较后给出一个排序向量：

$O^k = \{O_i^k \mid i=1, \dots, m\}$ ,  $k=1, 2, \dots, n$ , 其中  $O_i^k$  取 1 到  $n$  中的一个整数, 表示方案  $x_i$  在方案集  $X$  中位置排序,  $O_i^k$  的值越小表示方案  $x_i$  越好。

效用值：是某一个专家  $e_k$  针对方案集合  $X$  给出一个效用值向量：

$V^k = \{v_i^k \mid i=1, \dots, m\}$ ,  $k=1, \dots, n$ ,  $v_i^k$  是一个实数型数值,  $v_i^k$  的值越大表明方案  $x_i$  越好。

互补判断矩阵：是某一专家  $e_k$  对方案集合  $X$  中的方案进行两两比较, 得到一个互补矩阵  $S^k = (s_{ij}^k)_{n \times n}$ ,  $i, j = 1, \dots, m$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ ,  $s_{ij}^k \in [0, 1]$ , 其中  $s_{ij}^k$  表示方案  $x_i$

相对  $x_j$  的优越程度:  $s_{ij}^k \begin{cases} = 0.5 & \text{方案 } x_i \text{ 与方案 } x_j \text{ 是平等的} \\ > 0.5 & \text{方案 } x_i \text{ 比方案 } x_j \text{ 是优} \\ = 1 & \text{方案 } x_i \text{ 完全优于方案 } x_j \text{ 是平等的} \end{cases}$  且满足:

$$s_{ij}^k \geq 0, \quad s_{ij}^k + s_{ji}^k = 1, \quad s_{ii}^k = 0.5.$$

互反判断矩阵：是某一专家  $e_k$  对方案集  $X$  中的方案进行两两比较, 得到一个互反矩阵  $M^k = (m_{ij}^k)_{n \times n}$ ,  $i, j = 1, \dots, m$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ ,  $m_{ij}^k$  是一个比率值, 依据 Saaty 提出的 1-9 标度法<sup>[28]</sup>给出, 其取值优 1、3、5、7、9、1/3、1/5、1/7、1/9 且满足:  $m_{ij}^k \geq 0$ ,  $m_{ij}^k m_{ji}^k = 1$  和  $m_{ii}^k = 1$ 。

#### 4.2.2 偏好信息的转化

不同形式偏好信息需要将它们转化为同一种偏好信息形式才能进行集结。如果通过某种方式将各种形式的偏好信息均转化为序关系则很容易丢失较多的信息, 如果都转化为效用值形式计算起来又非常不方便<sup>[37]</sup>, 如果都转化为互反判断矩阵, 在个体一致性分析中的计算量也太大<sup>[38]</sup>。所以我们采用一定的转换函数将各形式偏好信息统一转化为互补判断矩阵。

序关系到互补判断矩阵的转化: 假设对方案集  $X$ ,  $O_i^k$  和  $O_j^k$  表示专家  $e_k$  采用序关系对方案  $x_i$  和  $x_j$  所给出的排序位置值,  $S^k$  是转化后得到的互补判断矩阵, 则  $O_i^k$ 、

$O_j^k$  到  $s_j^k$  的转化函数为<sup>[35]</sup>( 其中  $m$  是方案数):  $s_j^k = \frac{1 + (O_j^k - O_i^k)/(m-1)}{2}$ 。

效用值到互补判断矩阵的转化: 假设  $v_i^k$  是专家  $e_k$  对方案  $x_i$  所给出的效用值,  $S^k$  是转化后得到的互补判断矩阵, 则将效用值到互补判断矩阵的转化函数为:  
 $s_{ij}^k = \frac{1 + (v_i^k - v_j^k) / \sum_{r=1}^n v_r^k}{2}$ 。

互反判断矩阵到互补判断矩阵的转化: 假设  $m_{ij}^k$  表示专家  $e_k$  给出的方案  $x_i$  相对  $x_j$  的优越程度,  $S^k$  是转化后得到的互补判断矩阵, 则互反判断矩阵到互补判断矩阵的转化函数为<sup>[35]</sup>:  $s_{ij}^k = \left(1 + \log_2 \frac{m_{ij}^k}{m_{ji}^k}\right) / 2$ 。

#### 4.2.3 偏好信息表达和转化实例

假设有专家集合  $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$  针对方案集合  $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$  给出自己的判断, 其中专家  $e_1$  采用效用值, 专家  $e_2$  采用序关系, 专家  $e_3$  采用互反判断矩阵, 专家  $e_4$  采用互补判断矩阵。所有偏好信息如下:

$$V^1 = \{15, 10, 40, 30, 20, 5\};$$

$$O^2 = [1, 3, 4, 2, 6, 5];$$

$$M^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/4 & 1/2 & 3 & 1/6 \\ 5 & 1 & 2 & 4 & 6 & 1/3 \\ 4 & 1/2 & 1 & 3 & 5 & 4 \\ 2 & 1/4 & 1/3 & 1 & 3 & 6 \\ 1/3 & 1/6 & 1/5 & 1/3 & 1 & 8 \\ 6 & 3 & 1/4 & 1/6 & 1/8 & 1 \end{bmatrix};$$

$$S^4 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.55 & 0.45 & 0.25 & 0.7 & 0.3 \\ 0.45 & 0.5 & 0.7 & 0.85 & 0.4 & 0.8 \\ 0.55 & 0.3 & 0.5 & 0.65 & 0.7 & 0.6 \\ 0.75 & 0.15 & 0.35 & 0.5 & 0.95 & 0.6 \\ 0.3 & 0.6 & 0.3 & 0.05 & 0.5 & 0.85 \\ 0.7 & 0.2 & 0.2 & 0.4 & 0.15 & 0.5 \end{bmatrix}$$

分别采用 4.2.2 中三种形式偏好信息到互补判断矩阵的转化公式将专家  $e_1$ 、 $e_2$ 、

$e_3$  的偏好信息转化为互补判断矩阵形式的偏好信息:

$$S^1 = \begin{bmatrix} 0.5000 & 0.5208 & 0.3958 & 0.4375 & 0.4792 & 0.5417 \\ 0.4792 & 0.5000 & 0.3750 & 0.4167 & 0.4583 & 0.5208 \\ 0.6042 & 0.6250 & 0.5000 & 0.5417 & 0.5833 & 0.6458 \\ 0.5625 & 0.5833 & 0.4583 & 0.5000 & 0.5417 & 0.6042 \\ 0.5208 & 0.5417 & 0.4167 & 0.4583 & 0.5000 & 0.5625 \\ 0.4583 & 0.4792 & 0.3542 & 0.3958 & 0.4375 & 0.5000 \end{bmatrix}$$

$$S^2 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.7 & 0.8 & 0.6 & 1 & 0.9 \\ 0.3 & 0.5 & 0.6 & 0.4 & 0.8 & 0.7 \\ 0.2 & 0.4 & 0.5 & 0.3 & 0.7 & 0.6 \\ 0.4 & 0.6 & 0.7 & 0.5 & 0.9 & 0.8 \\ 0 & 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.5 & 0.4 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.6 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$S^3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.1338 & 0.1845 & 0.3423 & 0.75 & 0.923 \\ 0.8662 & 0.5 & 0.6577 & 0.8155 & 0.9077 & 0.25 \\ 0.8155 & 0.3423 & 0.5 & 0.75 & 0.8662 & 0.8155 \\ 0.6577 & 0.1845 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 0.9077 \\ 0.25 & 0.0923 & 0.1338 & 0.25 & 0.5 & 0.9732 \\ 0.9077 & 0.75 & 0.1845 & 0.0923 & 0.0268 & 0.5 \end{bmatrix}$$

### 4.3 个体意见一致性分析

通过 4.2 章节的描述, 已经知道如何得出偏好信息, 但是由于专家评判过程中存在视角的不准确性, 从而得到的偏好信息不一定是合理的, 这就需要对每个偏好信息进行一致性分析, 即个体意见的一致性分析。是对不同形式的偏好信息转化为互补判断矩阵后进行一致性分析。对于 4.2.2 中由序关系和效用值转化而来的互补判断矩阵本身是满足一致性的, 下面将给出证明。对于互补判断矩阵本身和由互反判断矩阵转化而来的互补判断矩阵, 则需要进行一致性分析, 找出一致性最差的元素, 予以调整。

#### 4.3.1 个体意见一致性分析方法

在介绍进行一致性分析方法前, 先将相关的基本理论进行描述, 引申理论进行证明:

互补判断矩阵  $S^k$ , 若满足  $s_{ii}^k + s_{jj}^k = s_{ij}^k + 0.5$ , 其中  $\forall i, j, l \in \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $i \neq j, l$ , 则称  $S^k$

具有完全一致性<sup>[39]</sup>。

采用上面对应的公式对优先排序进行转换而得到的互补判断矩阵和对效用值进行转换而得到的互补判断矩阵具有完全一致性，下面将分别证明：

证明：对于任意的  $i, j, l \in \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $l \neq i, j$ , 由  $s_{ij}^k = (1 + (O_j^k - O_i^k)/(m-1))/2$  有

$$\begin{aligned}s_{il}^k + s_{lj}^k &= (1 + (O_i^k - O_l^k)/(m-1))/2 + (1 + (O_j^k - O_l^k)/(m-1))/2 \\&= (2 + (O_i^k - O_l^k + O_j^k - O_l^k)/(m-1))/2 \\&= 1 + (O_i^k - O_j^k)/2(m-1) \\s_{ij}^k + 0.5 &= (1 + (O_j^k - O_i^k)/(m-1))/2 + 0.5 \\&= (1 + (O_j^k - O_i^k)/(m-1))/2 + 1/2 \\&= 1 + (O_i^k - O_j^k)/2(m-1)\end{aligned}$$

所以  $s_{il}^k + s_{lj}^k = s_{ij}^k + 0.5$ , 即优先关系转换而得到的互补判断矩阵  $S^k$  具有完全一致性。

证明：对任意的  $i, j, l \in \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $l \neq i, j$ , 由  $P_{ij}^k = \frac{1}{2} \left( 1 + (v_i^k - v_j^k) / \sum_{r=1}^n v_r^k \right)$  有

$$\begin{aligned}s_{il}^k + s_{lj}^k &= \left( 1 + (v_i^k - v_l^k) / \sum_{r=1}^n v_r^k \right) / 2 + \left( 1 + (v_j^k - v_l^k) / \sum_{r=1}^n v_r^k \right) / 2 \\&= 1 + (v_i^k - v_j^k) / 2 \sum_{r=1}^n v_r^k; \\s_{ij}^k + 0.5 &= \left( 1 + (v_i^k - v_j^k) / \sum_{r=1}^n v_r^k \right) / 2 + 0.5 \\&= \left( 1 + (v_i^k - v_j^k) / \sum_{r=1}^n v_r^k \right) / 2 + 1/2 \\&= 1 + (v_i^k - v_j^k) / 2 \sum_{r=1}^n v_r^k;\end{aligned}$$

所以  $s_{il}^k + s_{lj}^k = s_{ij}^k + 0.5$ , 即效用值转换而得到的互补判断矩阵  $S^k$  具有完全一致性。

互补判断矩阵  $S^k$  的一致性指标为： $\rho = \frac{2}{m(m-1)(m-2)} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m \sum_{l \neq i, j} \sqrt{(s_{ij}^k - (s_{il}^k + s_{lj}^k - 0.5))^2}$

取临界值  $\epsilon$ , 当  $\rho \leq \epsilon$ , 称  $S^k$  是满意一致性的。 $\epsilon$  的选取根据具体的情况而不同, 但一般取0.1, 在我们的系统中也选取0.1。

互补判断矩阵  $S^k$  中, 称  $s_{ij}^k$  为专家  $e_k$  给出的关于方案  $x_i$  优于  $x_j$  的直接判断信息,

称  $s_{ij(l)}^k = (s_{il}^k + s_{lj}^k - 0.5)$ ,  $l \neq i, j$ , 为专家  $e_k$  给出的关于方案  $x_i$  优于  $x_j$  的间接判断信息<sup>[35]</sup>。

方案  $x_i$  优于  $x_j$  的间接判断信息一共是方案总数  $m$  减2。

当互补判断矩阵  $S^k$  具有完全一致性时，方案  $x_i$  优于  $x_j$  的所有间接判断信息

$s_{ij(l)}^k = (s_{il}^k + s_{lj}^k - 0.5)$ ,  $l \neq i, j$ , 是相等的,下面将给出证明:

证明:  $\forall u, v \in \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $u, v, i, j$ 互不相等, 如果  $S^k$  具有完全一致性, 则有:

$$s_{ij(u)}^k = (s_{iu}^k + s_{uj}^k - 0.5) = s_{ij}^k$$

$$s_{ij(v)}^k = (s_{iv}^k + s_{vj}^k - 0.5) = s_{ij}^k$$

所以,  $s_{ij(u)}^k = s_{ij(v)}^k$ 。由此可知方案  $x_i$  优于  $x_j$  的所有间接判断信息  $s_{ij(l)}^k = (s_{il}^k + s_{lj}^k - 0.5)$ ,

$l \neq i, j$ , 都是相等的。

当  $S^k$  不一致,  $s_{ij}^k$  的  $m-2$  个间接判断信息彼此存在着差异, 此类差异是由于专家判断不准确造成的。其中直接判断信息与间接判断信息差异较大的判断应予以调整。进行分析之前, 我们先给出互补判断矩阵中元素  $s_{ij}^k$  的偏移指标, 是指所有间接判断信息与直接判断信息的差的绝对值和, 定义为:  $\beta_{ij}^k = \sum_{l=1, l \neq i, j}^m |s_{ij}^k - s_{ij(l)}^k|$ 。

根据直接判断信息、间接判断信息、一致性指标、偏移指标下面给出一致性调整步骤:

第1步: 利用上面基础理论对原互补判断矩阵  $S^k$  进行一致性检验, 若  $S^k$  是满意一致性的, 则停止; 否则转第2步:;

第2步: 针对任意元素  $s_{ij}^k$ , 计算出所有的间接判断信息  $s_{ij(l)}^k = (s_{il}^k + s_{lj}^k - 0.5)$ ,  
 $l = \{1, 2, \dots, m\}; l \neq i, j$ ;

第3步: 计算任意元素的所有偏移指标  $\alpha_{ij}^k$ , 找出最大偏移指标  $\alpha_{ij}^k = \max_{l < j} \alpha_{ij(l)}^k$ ;

第4步: 若原偏好信息是用互补判断矩阵表示的, 则对直接对  $s_{ij}^k$  进行调整, 且保持  $s_{ii}^k = 1 - s_{jj}^k$ ,  $S^k$  中其余信息不改变, 得到新的互补判断矩阵  $S^{k'}$ ; 若原偏好信息是用互反判断矩阵表示的, 则对  $m_{ij}^k$  进行调整, 且保持  $m_{ij}^k m_{ji}^k = 1$ ,  $M^k$  中其余信息不改变, 再转化为新的互补判断矩阵  $S^{k'}$ ; 令  $S^k = S^{k'}$ , 转第1步:。

### 4.3.2 个体意见一致性分析实例

用上面的一致性指标公式针对接4.2.3节计算由专家 $e_3, e_4$ 偏好信息转换而得来的互补判断矩阵的一致性指标 $\rho^3 = 0.3658$ ,  $\rho^4 = 0.3317$ 。若一致性指标的临界值指定为 $\varepsilon = 0.35$ , 则 $\rho^3 > \varepsilon$ , 所以专家 $e_3$ 所给的偏好信息没有达到一致性指标。计算其偏移指标为:  $\alpha_{12}^3 = 2.5324$ 、 $\alpha_{13}^3 = 1.31$ 、 $\alpha_{14}^3 = 0.8033$ 、 $\alpha_{15}^3 = 1.3109$ 、 $\alpha_{16}^3 = 3.1097$ 、 $\alpha_{23}^3 = 1.7846$ 、 $\alpha_{24}^3 = 2.3262$ 、 $\alpha_{25}^3 = 2.7799$ 、 $\alpha_{26}^3 = 5.8233$ 、 $\alpha_{34}^3 = 1.0503$ 、 $\alpha_{35}^3 = 1.5611$ 、 $\alpha_{36}^3 = 3.058$ 、 $\alpha_{45}^3 = 1.1737$ 、 $\alpha_{46}^3 = 2.8965$ 、 $\alpha_{56}^3 = 3.5908$ , 从中可以看出 $\alpha_{26}^3$ 最大, 所以要求专家 $e_3$ 对 $m_{26}^3$ 进行调整, 得到新的互反判断矩阵为:

$$M^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/4 & 1/2 & 3 & 1/6 \\ 5 & 1 & 2 & 4 & 6 & 3 \\ 4 & 1/2 & 1 & 3 & 5 & 4 \\ 2 & 1/4 & 1/3 & 1 & 3 & 6 \\ 1/3 & 1/6 & 1/5 & 1/3 & 1 & 8 \\ 6 & 1/3 & 1/4 & 1/6 & 1/8 & 1 \end{bmatrix}$$

再将其转换为互补判断矩阵:

$$S^3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.1338 & 0.1845 & 0.3423 & 0.75 & 0.923 \\ 0.8662 & 0.5 & 0.6577 & 0.8155 & 0.9077 & 0.75 \\ 0.8155 & 0.3423 & 0.5 & 0.75 & 0.8662 & 0.8155 \\ 0.6577 & 0.1845 & 0.25 & 0.5 & 0.75 & 0.9077 \\ 0.25 & 0.0923 & 0.1338 & 0.25 & 0.5 & 0.25 \\ 0.9077 & 0.25 & 0.1845 & 0.0923 & 0.75 & 0.5 \end{bmatrix}$$

此时 $\rho^3 = 0.2658 < \varepsilon$ , 达到了一致性指标要求。所有偏好信息达到了一致性指标后, 便可对它们进行集结, 进行群体意见一致性分析, 并得出最终的方案优先排序。

### 4.4 偏好信息集结

决策研讨中专家所给的偏好信息是针对方案各个准则对应的属性层上所给的出的偏好, 并非对每个方案一个简单偏好值, 所以当个体意见达到了一致性, 就

需对专家个人意见进行集结，集结后每个专家的意见是针对所方案形成的一个偏好矢量。目前专家意见集结的方法有很多，如层次分析集结方法<sup>[40]</sup>、模糊集结方法<sup>[41, 42]</sup>、概率集结方法<sup>[43, 44]</sup>等。本节将给出在本课题中所采用的集结方法。

通过4.2.2的偏好信息转化和4.3.1.1偏好信息个体一致性分析得到的是每个专家对所有方案各个准则下的各个属性层上的偏好信息，可表示为

$$w^{kij} = \begin{bmatrix} s_{11}^{kij} & s_{12}^{kij} & \cdots & s_{1m}^{kij} \\ s_{21}^{kij} & s_{22}^{kij} & \cdots & s_{2m}^{kij} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{m1}^{kij} & s_{m2}^{kij} & \cdots & s_{mm}^{kij} \end{bmatrix}, \text{ 其中 } k \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad n \geq 2 \text{ 为专家数, } i \in \{1, 2, \dots, p\},$$

$p \geq 2$  为准则数,  $j \in \{1, 2, \dots, q\}$ ,  $q \geq 2$  为第  $i$  个准则下的属性数,  $m \geq 2$  为方案数.

在进行群体一致性分析前，先要对偏好信息进行集结，步骤如下：

(1) 计算方案优选对应的OWA算子<sup>[45, 46]</sup>的权向量  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ ，它满足  $b_i \in [0, 1]$ ，且  $\sum_{i=1}^n b_i = 1$ ，其中  $b_i = Q(i/m) - Q((i-1)/m)$ ,  $i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 。此式中  $Q(r)$  为模糊量化算子，它由下式给出：

$$Q(r) = \begin{cases} 0, & r < a \\ \frac{r-a}{b-a}, & a \leq r \leq b = 0 \\ 1, & r > b \end{cases} \quad (2), \text{ 这里 } a, b, r \in [0, 1], \quad \text{在“最优”原则下}^{[47, 48]},$$

模糊量化算子  $Q$  对应的参数为  $(a, b) = (0.3, 0.8)$ ；再集结所有专家对方案集  $X$  的在各个准则对应的属性层次上偏好矢量为  $w_i^k = (w_{i1}^k, w_{i2}^k, \dots, w_{iq}^k)$ ，其中  $i = 1, 2, \dots, p; k = 1, 2, \dots, n; q \geq 2$ ， $w_{ij}^k$  就代表第  $k$  个专家对第  $i$  个准则的第  $j$  个属的偏好。

(2) 将属性层上的矩阵偏好信息转化为向量偏好信息：

$$w^{kij} = \{w_1^{kij}, w_2^{kij}, \dots, w_m^{kij}\} = \left\{ \sum_{l=1}^m p_{1l}^{kij} b_l, \sum_{l=1}^m p_{2l}^{kij} b_l, \dots, \sum_{l=1}^m p_{ml}^{kij} b_l \right\}$$

(3) 集结专家  $e_k$  对所有方案在第  $i$  准则层的偏好信息：

$$w^{ki} = \{w_1^{ki}, w_2^{ki}, \dots, w_m^{ki}\} = \left\{ \sum_{j=1}^q w_1^{kij} t_{ij}, \sum_{j=1}^q w_2^{kij} t_{ij}, \dots, \sum_{j=1}^q w_m^{kij} t_{ij} \right\}$$

(4) 集结专家  $e_k$  对所有方案偏好信息：

$$w^k = \{w_1^k, w_2^k, \dots, w_m^k\} = \left\{ \sum_{i=1}^p w_1^{ki} t_i, \sum_{i=1}^p w_2^{ki} t_i, \dots, \sum_{i=1}^p w_m^{ki} t_i \right\}$$

(5) 最后专家群体偏好矢量组成一个 $m \times n$  决策矩阵:

$$w_{n \times m} = \begin{bmatrix} w_1^1 & w_2^1 & \cdots & w_m^1 \\ w_1^2 & w_2^2 & \cdots & w_m^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1^n & w_2^n & \cdots & w_m^n \end{bmatrix}$$

在考虑专家权重的前提下, 对各个专家偏好矢量进行集结即得出群体偏好矢量, 记为  $w^s = \{w_1, w_2, \dots, w_m\} = \left\{ \sum_{k=1}^n \alpha_k w_1^k, \sum_{k=1}^n \alpha_k w_2^k, \dots, \sum_{k=1}^n \alpha_k w_m^k \right\}$ . 为了保证群体偏好矢量的一致性, 集结专家群体偏好矢量之前需要对群体一致性进行分析。

## 4.5 群体意见一致分析

偏好信息集结的最终目的是群体意见达成共识, 为了达成共识, 也需要对群体意见进行一致性分析。目前对群体一致性分析的方法已经有很多: 根据专家偏好矢量中各备选项的位置序关系的差异确定专家意见一致性的方法<sup>[35]</sup>; 基于偏好矢量夹角余弦的群体一致性分析方法<sup>[49-51]</sup>, 提出了群体强一致性和个体强一致性等分析指标; 采用三角模糊数的概念, 提出了衡量决策者之间意见一致性的相似度量函数, 并利用该函数建立了群体、个体一致性指标<sup>[52]</sup>; 运用集对分析的思想建立判断矩阵, 再运用矢量运算, 定义专家判断的同一性、差异性和相反性<sup>[53]</sup>。这些方法都是从整体上来考察群体和个体的一致性, 没有对同一群体内部各成员意见的聚集情况进行分析。文<sup>[54]</sup>提出了一种群体聚类方法, 并对专家偏好的一致性进行分析, 这种方法对一个专家偏好矢量的判断是与已经存在的子群体中的偏好矢量的线性组合矢量进行比较, 不能保证同一子群体内任意两个专家偏好的相似度都大于给定阀值, 所以聚类效果并不理想。

我们采用了一种启发式聚类算法用于决策共识达成中的群体一致性分析。对专家意见进行聚类分析可以得出若干个不同的子群体, 同一子群体内专家意见比较相近, 而不同子群体之间专家意见存在较大差异。

### 4.5.1 改进的聚类算法

群体一致性分析, 在本文中采用在最邻近聚类算发的基础上改进的聚类方法, 这个改进的聚类算发不存在链式效应, 加强了同一类之间一致性。在进行聚类前, 先定义专家偏好矢量相似度。设两个专家的偏好矢量分别为:  $W^i = (w_1^i, w_2^i, \dots, w_m^i)$

和  $W^j = \{w_1^j, w_2^j, \dots, w_m^j\}$ , 则  $P(W^i, W^j) = (W^i, W^j) / (\|W^i\| \cdot \|W^j\|)$ , 称  $P(W^i, W^j)$  为专家  $e_i$  和  $e_j$  的偏好矢量相似度, 简记为  $P^{ij}$ ,  $P^{ij} \in [0, 1]$ 。引入相似度阀值  $\delta$  ( $0 \leq \delta \leq 1$ ), 采用启发式聚类算法对专家群体进行聚类分析, 形成子群体簇  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_s\}$ , ( $1 \leq s \leq n$ ),  $s = |C| \leq n$  ( $|C|$  为子群体个数),  $C_r$  ( $1 \leq r \leq s$ ) 为第  $r$  个子群体。

改进的聚类算法, 称启发式聚类算法:

输入: 专家集合  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  ( $n \geq 2$ ) 和专家偏好矢量相似度阀值  $\delta$

输出: 子群体集合  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_s\}$ ,  $1 \leq s \leq n$

改进的聚类算法基本思想是: 先把  $E$  的第一个元素  $e_1$  放到  $C_1$  簇中,  $E$  中减去  $e_1$ ; 之后循环取  $E$  的第一个元素  $e_i$ , 依次考察已存在的簇, 如果存在一个簇  $C_r$ ,  $e_i$  与  $C_r$  中的所有元素相似度都大于等于  $\delta$ , 而且平均相似度最大, 就把  $e_i$  放到  $C_r$  中,  $E$  中减去  $e_i$ , 否则将  $e_i$  单独成为新的簇,  $E$  中减去  $e_i$ , 直到  $E$  为空为止。该算法具有以下特点:

- (1) 同一子群体内部, 两两偏好矢量的相似度都大于相似度的阀值。
- (2) 任何一个专家属于且仅属于一个子群体。所以有  $\sum_{r=1}^s |C_r| = n$  ( $|C_r|$  为子群体  $C_r$  中的专家个数), 且子群体的总数目不大于专家的总人数, 即  $|C| \leq n$ 。
- (3) 子群体的总数目与  $\delta$  直接相关,  $\delta$  取值越高, 则聚类后得到的子群体总数目越多。

启发式聚类算法在MATLAB中的程序代码如下:

```

q=1; % q是簇计数器
n=input('请输入专家数: ')
C=zeros(n,n); %C用于存放聚类的结果, 有专家的地方聚类后不为0
m=input('请输入方案数: ')
w=input('请输入n个专家对m个方案的偏好矢量: ')
for i=1:n %对n个向量进行规范化
    a=w(i,:);
    for j=1:m
        w(i,j)=a(j)/norm(a,1);
    end
end
for i=1:n %建立相似度矩阵
    for j=i+1:n
        P(i,j)=P(j,i)=dot(w(i,:),w(j,:));
    end
end

```

```

for j=1:1:n
    p(i,j)=dot(w(i,:),w(j,:))/(norm(w(i,:))*norm(w(j,:)));
end
end
δ=input('请输入偏好相似度阀值')
for i=1:1:n
    E(i)=i; %i表示第i个专家
end
q=1;
C(q,1)=E(1);
E(1)=[];
len=length(E) %E中没有分类的专家数
while(len~=0)
    max=0; %保存E(1)与已经比较了簇的平均最大相似度, 没有则为0
    maxr=0; %保存最后满足的簇在C中的横坐标位置
    maxc=0; %保存最后满足的簇在C中的纵坐标位置
    for i=1:1:q
        sumavg=0; %保存E(1)和某一簇所有成员相似度和或平均相似度
        count=0;
        for j=1:1:n %统计已存在子群体i中成员个数
            if C(i,j)~=0
                count=count+1;
            else
                break
            end
        end
        for j=1:1:count %E(1)和第i簇成员的相似度是否都大于 δ, 是则求
%sumavg, 否则sumavg=0,跳出循环
            if p(E(1),C(i,j))> δ
                sumavg=sumavg+p(E(1),C(i,j));
            else
                sumavg=0;
                break
            end
        end
    end
    if sumavg>=max
        max=sumavg;
        maxr=i;
        maxc=q;
    end
end

```

```

    end
end
sumavg=sumavg/count %求平均相似度
if sumavg>max %判断是否大于已经存在的最大平均相似度
    max=sumavg;
    maxr=i;
    maxc=count+1;
end
end%for
if max~=0 %max不等于0, 则存在可以并E(1)的聚类簇, 否则E(1)成为新
%的一簇
    C(maxr,maxc)=E(1);
else
    q=q+1;
    C(q,1)=E(1);
end
E(1)=[];
len=len-1;
end
disp(['C=']) %显示聚类结果
disp([C])

```

#### 4.5.2 偏好信息可视化

为了反映当前专家群体的意见和引导专家达成共识，可以对所有专家的偏好信息进行可视化。偏好信息可视化是指在二维或三维的可视空间中展现多维偏好矢量，反映出它们在多维空间中的特性，从而帮助专家群体发现不同偏好矢量之间的关系。多维数据可视化是指将数据集中的数据以图形图像形式展现给用户。当多维数据集只有两维时可以很方便地在用散点图表达其分布情况；对于三维情况，可以在三维空间表达出各点的分布。但是，超过三维时用图像表示其空间分布就有很大困难。目前数据已经提出了许多可视化方法，这些方法根据原理不同可以分为基于图标的技术、基于图形的技术、基于象素的技术和基于几何的技术等等。平行坐标法是基于几何的可视化技术的一个典型代表<sup>[55]</sup>。本文在决策研讨

中采用了平行坐标法，实时展现专家聚类情况和专家思维变化趋势，系统根据这些信息正确引导专家研讨，将极大加快群体思维收敛速度，提高决策共识达成的质量和效率。

平行坐标是以一组平行等距的水平或垂直坐标轴为基本坐标轴  $x_1, x_2, \dots, x_m$ ，

其中  $x_k (k \geq 1)$  表示第  $k$  个坐标， $m$  维矢量的每一维对应一个坐标轴。利用平行坐标法可以将笛卡儿坐标中的点，映射为平行坐标中的折线，反之亦然<sup>[55]</sup>。当维数增加时传统欧几里德坐标难于表达信息，而在平行坐标中则十分直观。

利用平行坐标法可以将决策研讨中专家意见显示在二维平面上，达到可视化分析群体一致性的目的。在平行坐标中，每个专家的偏好矢量显示为一条折线，经过聚类分析，同一子群体内的专家意见的折线比较接近，不同子群体内的专家意见的折线相距较远。如果用不同的颜色或线型表示不同的聚类子群体，则折线的分布情况将十分明显。下面是在 MATLAB 中的聚类可视化程序(其中  $m$  是方案数， $n$  是专家数， $W$  规范化的一个偏好矩阵， $C$  是我们上面采用启发式聚类算法聚类对  $W$  聚类的一结果， $q$  聚类的总簇数)：

```
xx=[];yy=[];
x(m-1,11)=0;y(m-1,11)=0;
for i=1:1:q
    d='-'k';%用于设置不同类的线型
    switch mod(i,7)
        case 1
            d='-.k';
        case 2
            d='--k';
        case 3
            d='-ok';
        case 4
            d=':k';
        case 5
            d='-*k';
        case 6
            d='-+k';
        case 0
```

```

d=-k';
end
if C(i,1)>0
for j=1:1:n
    if C(i,j)>0
        for f=2:1:m
            x(f-1,:)=f-1:0.1:f;
            y(f-1,:)=((w(C(i,j),f)-w(C(i,j),f-1))*(x(f-1,:)-(f-1))+w(C(i,j),f-1));
        end
        for f=1:1:m-1
            if f==1
                xx=x(f,:); yy=y(f,:);
            else
                xx=[xx;x(f,:)]; yy=[yy;y(f,:)];
            end
        end
    end
    plot([xx],[yy],d,'LineWidth',1,'MarkerSize',4);
    set(gca,'xtick',[1 2 3 4 5]);
    set(gca,'xgrid','on');
    set(gca,'gridLineStyle','-');
    hold on
end %if
end %for
xlabel('方案')
ylabel('偏好矢量值')
hold off

```

### 4.5.3 群体分析一致性指标

根据聚类结果，可以对  $w_{n \times m}$  中的专家群体意见按以下指标进行分析。

群体参考一致性 (Group Referenced Agreement Quotient, GRAQ): 是指在给

定偏好矢量相似度阀 $\delta$ 时对专家群体进行聚类，聚类后子群体个数的倒数：

$GRAQ = 1/|C|$ ，基于 $\delta$ 划分，子群体个数越多，则群体一致性越差。

子群体参考一致性（Individual Referenced Agreement Quotient, IRAQ）：是指给定偏好矢量相似度阀值 $\delta$ 时对专家群体进行聚类，聚类后专家 $e_k$ 所在子群体 $C_r$ 的专家的个数与专家总数n的比值： $IRAO_k = |C_r|/n, e_k \in C_r$ ， $e_k$ 所在子群体的专家的个数越少，则子群体一致性越差。

这两个指标根据群体聚类提出的，其值与采用的聚类算法和相似度阀值有很大的关系。系统根据这两个指标可以控制研讨进程，即当指标没有达到预期要求时，系统将要求专家重新研讨并提出新的意见，直到达到指标要求为止。

#### 4.5.4 群体意见一致性分析实例

设有一个由8名专家组成的专家群体 $E=\{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8\}$ ，针对5个备选方案 $X=\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ 进行决策共识达成研讨。假设专家都使用效用值表达自己的决策意见，专家的初步意见为：

表4.1 专家意见表

	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>
e <sub>1</sub>	30	7.5	13	1	3
e <sub>2</sub>	3.5	0.5	44	12.5	17
e <sub>3</sub>	80	30	56	26	94
e <sub>4</sub>	19	7	9.8	1.2	4
e <sub>5</sub>	8	2	24.75	10.75	13.75
e <sub>6</sub>	9	2.8	6.8	5	17
e <sub>7</sub>	25	4	83	50	58
e <sub>8</sub>	74	36	76	14	38

指定偏好矢量相似度阀值为0.45，用本文提出的启发式聚类算法对专家群体进行聚类分析，8个专家聚类到一个子群体中 $C=\{\{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8\}\}$ ，用平行坐标法对专家意见进行可视化显示如图4.1(1)所示。由于偏好相似度阀值取值太低，专家意见的聚集情况没有显现出来。

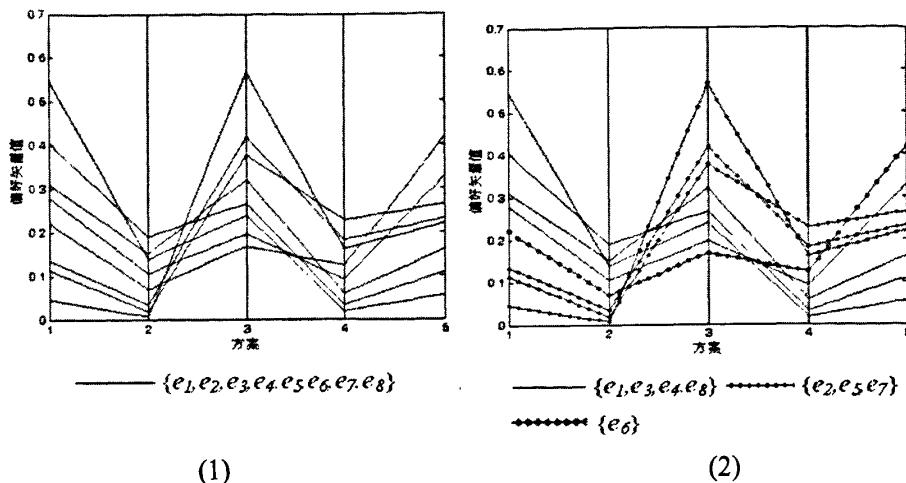


图 4.1 平行坐标法专家聚类分析可视化

重新指定偏好相似度阀值为 0.75，再对专家群体进行聚类分析，得到 3 个子群体： $C=\{\{e_1, e_3, e_4, e_8\}, \{e_2, e_5, e_7\}, \{e_6\}\}$ ，用平行坐标法对专家意见进行可视化显示如图 4.1(2)所示，这时可以看出意见的分歧。

在相似度阀值低于 0.45 时, 所有专家聚集在同一个子群体中, 群体参考一致性为 1, 当相似度阀值提高到 0.75 时, 专家被分为 3 个子群体, 群体参考一致性为  $1/3$ , 3 个子群体中的成员的子群体参考一致性分别为  $1/2$ 、 $3/8$ 、 $1/8$ , 其中  $e_6$  单独成为一个子群体, 其意见被显现出来。对群体的每次聚类分析, 可以为下一次研讨提供更多支持信息。本实验的一致性指标值如表 4.2。

表 4.2 实验中的群体一致性分析部分指标值

相似度阀值	子群体	群体参考一致性	子群体一致性
0.45	$C_1=\{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8\}$	GRAQ = 1	SGAQ <sub>1</sub> = 0.7843
0.90	$C_1=\{e_1, e_3, e_4, e_8\}$ $C_2=\{e_2, e_5, e_7\}$ $C_3=\{e_6\}$	GRAQ = 1/3	SGAQ <sub>1</sub> = 0.8937 SGAQ <sub>2</sub> = 0.9678 SGAQ <sub>3</sub> = 1.0000

#### 4.6 研讨反馈机制模型

在一个群决策中一个好的研讨反馈机制是至关重要的，不同的反馈机制模型得到的专家的最终决策意见是不同的。在大多数决策支持系统中，对决策意见再研讨的反馈信息通常是多数人的意见<sup>[35]</sup>，也就是子群体一致性值较高的专家的意见<sup>[49]</sup>。文<sup>[51]</sup>甚至提出为了提高群体一致性，将子群体一致性最低的个体意见直接去

掉。这些做法都有没有保护或尊重少数人意见。

由于多数原则在统一群体行动纲领、调整利益关系方面具有强制作用，可以保证组织的权威性<sup>[57]</sup>，所以决策的时候，人们大多使用少数服从作决策，但如果研讨的目的是为了在共同利益和共同责任前提下探寻复杂问题求解方案，使用简单多数原则，得出的结论不一定正确。因为，有时候真理可能掌握在少数人手里。尤其是自然科学领域。因此，实行少数服从多数的同时，也必须适当的保护少数。本课题组的成员提出一种基于专家群体聚类的群体一致性分析方法<sup>[58]</sup>，该方法先根据专家偏好矢量相似度对专家意见聚类，得到子群体簇，如果少数专家的意见和其他专家的分歧很大，他们所在的簇成员将很少，从而使少数人的意见得到突现。系统可以根据情况将少数人意见单独提出，使专家群体重新研讨并给出新的偏好矢量，重复这一过程直到群体考虑少数人意见或消除少数人意见，使专家意见达到共识，根据这一群体一致性分析方法，本文设计了研讨反馈机制模型。

#### 4.6.1 研讨反馈机制模型设计

在本文的研究中，对决策研讨的反馈机制模型设置了两种，一种是直接集结所有专家的意见，一种是考虑了保护少数人意见，具体在研讨中采用什么样的反馈机制，则由会议管理员在部署会议时给定的个体参考一致性阈值  $\rho$  的值来决定，若为大于零则为后者，否则为前者。

直接集结专家意见的决策共识信息反馈机制模型（如图 4.3 所示）：

第 1 步：由主持人确定决策研讨主题，明确决策备选方案及相关初始值，并设置参加研讨专家的权值、专家偏好矢量相似度阈值  $\delta$ 、群体参考一致性阈值  $\eta$ ；

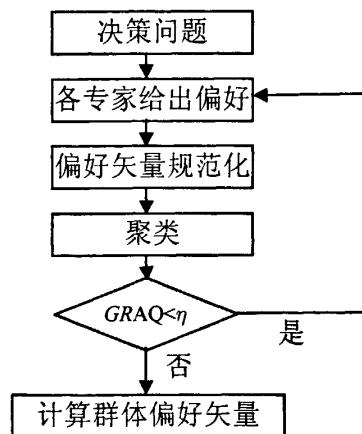


图 4.3 决策共识信息反馈机制模型 1

第2步：每个专家独立思考，使用一定的偏好表达方式给出自己的决策意见；

第3步：专家偏好规范化处理。

第4步：对专家群体利用启发式聚类算法进行聚类得到子群体簇C；

第5步：若  $RGAQ < \eta$ ，则转向第2步；

第6步：加权集结所有专家的偏好矢量，得出群体偏好矢量。

考虑了保护少数人意见的决策共识信息反馈机制模型（如图4.4所示）：

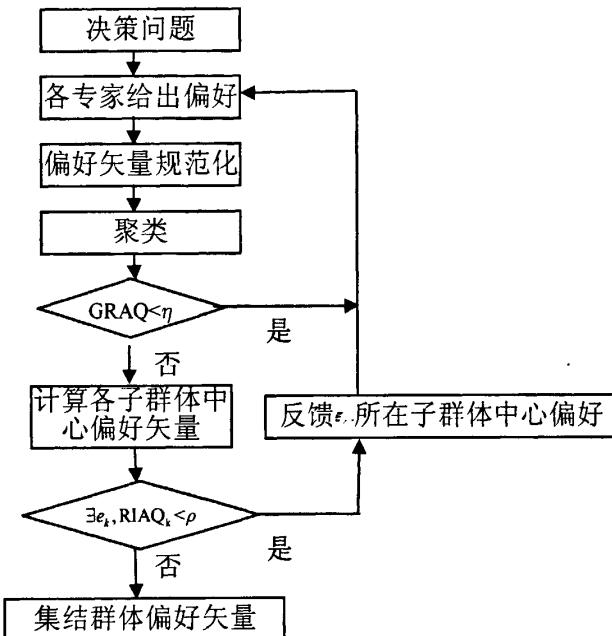


图4.4 决策共识信息反馈机制模型2

第1步：由主持人确定决策研讨主题，明确决策备选方案及相关初始值，并设置参加研讨专家的权值、专家偏好矢量相似度阈值 $\delta$ 、群体参考一致性阈值 $\eta$ 、子群体参考一致性阈值 $\rho$ ；

第2步：每个专家独立思考，使用一定的偏好表达方式给出自己的决策意见；

第3步：专家偏好规范化处理。

第4步：对专家群体利用启发式聚类算法进行聚类得到子群体簇C；

第5步：若  $RGAQ < \eta$ ，则转向第2步；

第6步：计算各子群体的中心偏好矢量；

第7步：计算各个子群体的  $RIAQ$ ，若存在  $e_k$ ，其  $RIAQ_k < \rho$ ，则系统提交

$e_k$ 所在子群体的中心偏好（即少数人意见）给其它专家，转向第2步；

第8步：加权集结所有专家的偏好矢量，得出群体偏好矢量。

#### 4.6.2 研讨反馈机制实例

设有一个由8名专家组成的专家群体  $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8\}$  针对5个备选方案  $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$  进行决策研讨。设置偏好矢量相似度阈值为0.95，群体参考一致性RGAQ的阈值  $\eta=1/3$ ，子群体参考一致性RIAQ阈值  $\rho=2/8$ 。8名专家可以分别用不同的偏好表达方式给出自己的偏好信息，对专家偏好信息进行规范化处理，得到专家的评价矩阵为：

$$W_{8 \times 5}^g = \begin{bmatrix} 0.0667 & 0.1333 & 0.2000 & 0.2667 & 0.3333 \\ 0.2000 & 0.1333 & 0.0667 & 0.2667 & 0.3333 \\ 0.1333 & 0.2000 & 0.3333 & 0.2667 & 0.0667 \\ 0.3333 & 0.2000 & 0.2667 & 0.0667 & 0.1333 \\ 0.0667 & 0.3333 & 0.2667 & 0.2000 & 0.1333 \\ 0.2667 & 0.2000 & 0.1333 & 0.0667 & 0.3333 \\ 0.3333 & 0.2667 & 0.2000 & 0.1333 & 0.0667 \\ 0.2667 & 0.3333 & 0.1333 & 0.0667 & 0.2000 \end{bmatrix}$$

建立相似度矩阵：

$$P = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.9273 & 0.8000 & 0.6727 & 0.8182 & 0.8182 & 0.6364 & 0.7091 \\ 0.9273 & 1.0000 & 0.6909 & 0.7091 & 0.7091 & 0.8909 & 0.7091 & 0.7818 \\ 0.8000 & 0.6909 & 1.0000 & 0.8182 & 0.9273 & 0.6545 & 0.8364 & 0.7273 \\ 0.6727 & 0.7091 & 0.8182 & 1.0000 & 0.7818 & 0.8727 & 0.9636 & 0.9091 \\ 0.8182 & 0.7091 & 0.9273 & 0.7818 & 1.0000 & 0.7273 & 0.8182 & 0.8364 \\ 0.8182 & 0.8909 & 0.6545 & 0.8727 & 0.7273 & 1.0000 & 0.8182 & 0.9273 \\ 0.6364 & 0.7091 & 0.8364 & 0.9636 & 0.8182 & 0.8182 & 1.0000 & 0.9273 \\ 0.7091 & 0.7818 & 0.7273 & 0.9091 & 0.8364 & 0.9273 & 0.9273 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

利用前面介绍的改进的聚类算法，当输入偏好相似度阈值:0.95时，专家群体被分为7个子群体：

$$C_1 = \{e_1\}, C_2 = \{e_2\}, C_3 = \{e_3\}, C_4 = \{e_4, e_7\}, C_5 = \{e_5\}, C_6 = \{e_6\}, C_7 = \{e_8\}$$

这时群体参考一致性RGAQ=1/7，没有达到  $\eta=1/3$ ，所以要重新研讨。专家  $e_1$ 、

$e_3$ 、 $e_6$ 、 $e_8$ 修改了自己的偏好，得到：

$$C_1 = \{e_1, e_3, e_5, e_6\}, \quad C_2 = \{e_2\}, \quad C_3 = \{e_4, e_7, e_8\}$$

群体参考一致性为  $1/3$ ，达到了要求。这时我们就需要考虑系统的采用什么样的反馈机制，因为  $\rho=0$ ，所以采用图 4.3 的反馈机制，则直接加权集结所有专家的意见，得到最终的评价结果。

## 4.7 小结

本章研究了决策共识形成的方法，首先是提案相关的准则、属性、专家是通过协商共识确定，并用层次分析法确定权重。其次是专家偏好信息的多种表达方式以及如何将多种形式的偏好信息统一化。再次是专家意见的个体一致性和群体一致性分析方法。最后是决策研讨中的反馈机制模型的设计。并在每个对应的小节都有对应的应用分析。

## 第5章 决策研讨环境的设计与实现

前一章对共识达成方法进行了研究，在本章根据前面的研究对系统进行设计和实现。内容包括系统实现相关技术，决策研讨的完整流程，系统实现的部分结果示例，以及一个完整的实例在系统中的应用分析。

### 5.1 系统实现相关技术

#### 5.1.1 系统开发工具

群体研讨系统需要很好的扩展性和可移植性，以便日后进一步集成更多的模型、方法资源及应用系统等来增强系统的功能。为了做到这一点，比较各种语言，Java 语言是目前可用的最好的工具。Java 的独特之处在于其面向对象的安全的与体系结构和平台无关的轻型多线程特性，综合了编译与解释代码的能力，可以运行于任何安装有 Java 解释器或者 Java 使能器的 Web 浏览器的硬件平台上，即具有跨平台性。所以，我们采用 Java 语言来开发系统。

系统总的来说采用了 J2EE 架构，服务器端采用了 Struts、javaBean、Servlet 等，客户端采用了 jsp, Applet 等综合实现。后台服务器采用 Weblogic。客户端一律采用各种平台下浏览器都能支持的标准 html 格式和 javascript 结合完成，是为了最大限度保证的程序的通用性，减少用户端对平台的限制，。

#### 5.1.2 群决策研讨环境的结构

随着计算机网络技术的出现和发展计算机发展和应用领域又迎来了一次飞跃。随着通信技术的发展，网络速率在不断提高，网络覆盖范围在不断扩大，计算机网络上的应用也在迅速发展为我们提供了快速、性能稳定的信息服务。

由于计算机网络的发展，决策研讨环境的开发可以完全突破地域和时间的限制，改变了传统的面对面交流模式。20 世纪 90 年代中期的客户机/服务器(C/S)结构通过对数据库访问任务和人机交互任务的分离，大大提高了系统的操作能力、易用性和健壮性。但是目前流行的浏览器/服务器(B/S)由于使用了更加方便和统一的浏览器作为客户端，从而使系统的性能具有更好的表现。

多层 B/S 结构是将 Web 浏览器作为表示层，将大量的业务处理程序放在应用

服务器(Application Server)上作为功能层，而将数据库放在数据库服务器(DB Server)上作为数据层。Web 服务器在逻辑上是独立的，但在物理上它可以是个独立的服务器，也可以与应用服务器放在同一个服务器上，构成多层的 B/S 结构。

由于多层 B/S 结构在面向 Web 的系统中表现出的良好性能，所以选择它作为群决策研讨环境的架构模型。在群决策研讨中，表示层需要完成用户登录、中间结果和最终结果的显示功能，功能层包括用户身份的有效性验证、研讨信息的分析处理、结果可视化等，数据层主要支持功能层对数据的需求。群决策研讨环境的框架如下图 5.1：

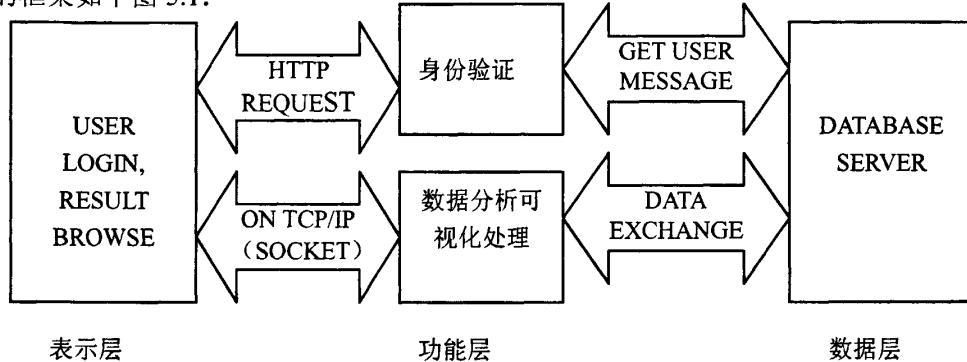


图 5.1 群决策研讨环境的框架

### 5.1.3 数据库访问

JDBC (Java DataBase Connection) 是应用程序与数据库沟通的桥梁，在 Java 语言中可通过 JDBC 技术访问数据库，是为数据库应用开发人员、数据库前台工具开发人员提供了标准的应用程序设计接口，开发人员可用纯 Java 语言编写完整的数据库应用程序。JDBC 提供面向开发人员的 API 和面向底层的 JDBC 驱动程序 API，底层主要通过直接的 JDBC 驱动和 JDBC-ODBC 桥驱动实现与数据库连接。图 5.2 为 Java 应用程序访问数据库过程：先装载数据库驱动程序；其次通过 JDBC 建立数据库连接；再次访问数据库，执行 SQL 语句；最后断开数据库连接。

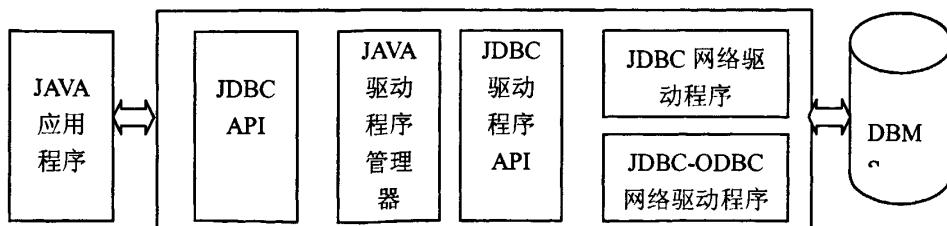


图 5.2 Java 应用程序访问数据库的过程

虽然 JDBC 作为一种数据库访问技术，具有简单易用的优点。但是使用这种模式进行 Web 应用程序开发，存在很多问题：

(1)每一次 Web 请求都要建立一次数据库连接。建立连接每次就得花费一定的时间，并且系统还需要分配内存资源。对于少量次数的这样数据库操作，或许感觉不出系统有多大的开销。但是过多的进行数据库连接操作将占用很多的系统资源，网站的响应速度必定下降，严重的时候会造成服务器的崩溃。

(2)对于每一次数据库连接，使用完后都必须断开。否则，如果程序出现异常而未能关闭，将会导致数据库系统中的内存泄漏，最终将不得不重启数据库。

(3)这种开发不能控制被创建的连接对象的数目，使得系统资源会被毫无顾及的分配出去，连接过多，也可能导致内存泄漏，服务器崩溃。

通过上面的分析可以看出，问题的根源是对数据库连接资源的低效管理。所以为解决上述问题，可以采用数据库连接池技术。其基本思想是为数据库连接建立一个缓冲池，预先在缓冲池中放入一定数量的连接，当需要建立数据库连接时，只需从缓冲池中取出一个，使用完毕之后再放回去。并且为了防止系统无尽的与数据库连接可以设定连接池最大连接数。更重要的是可以通过连接池的管理机制监视数据库的连接的数量、使用情况、为系统开发、测试及性能调整提供依据。连接池的基本工作原理见图 5.3。

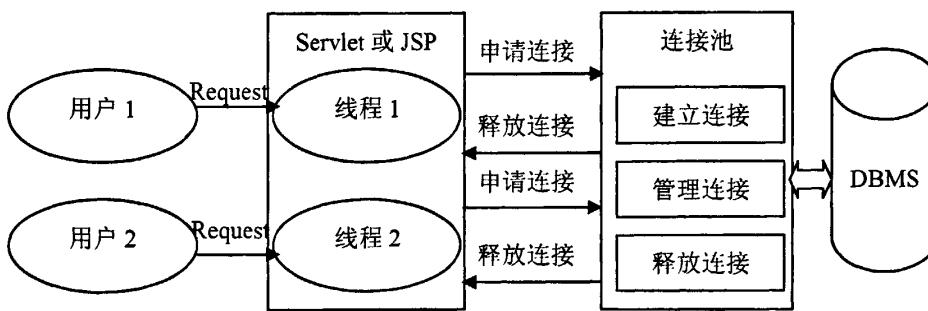


图 5.3 连接池基本工作原理

在群决策研讨环境中，我们所使用的应用服务器是 Tomcat6.0，在这里我们使用 XML 文件里保存数据库连接池的设置，XML 源码如下：

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Context>
  <Resource
    name="jdbc/yantaoting"
    type="javax.sql.DataSource"
  >

```

```
password="SYSDBA"  
driverClassName="dm.jdbc.driver.DmDriver"  
maxIdle="2"  
maxWait="6000"  
username="SYSDBA"  
url="jdbc:dm://localhost:12345/YANTAOTING"  
maxActive="6"/>  
</Context>
```

#### 5.1.4 基于 Socket 的通信机制

本系统采用基于 Socket(套接字)的通信机制，Socket 描述 IP 地址和端口，是一个通信链的句柄。应用程序通过套接字向网络发出或应答网络请求。为实现通信 Java 中有两个类库。一个 ServerSocket，用于服务器端；一个 Socket，建立网络连接时使用。连接成功时，应用程序两端都产生一个 Socket 实例，操作这实例，完成所需会话。一个网络连接中套接字是平等的，不因在服务器端或客户端有不同级别，所以 Socket 和 ServerSocket 的工作都通过 SocketImpl 类及其子类完成的。

服务器端，使用 ServerSocket 监听指定的端口，端口可以随意指定，但 1024 以下的端口通常属于保留端口，所以建议使用大于 1024 的端口。等待客户连接请求，客户连接后，产生会话。完成会话后，关闭连接；客户端，使用 Socket 对网络上某一个服务器的某一个端口发出连接请求，连接成功，打开会话。会话完成，关闭 Socket。客户端是不需指定打开的端口，通常临时分配一个 1024 以上的端口。

#### 5.1.5 Struts 技术的应用

由于 Web 系统本身的复杂性与业务流程的不确定性，则需要一个很好地设计结构。模型-视图-控制器（Modul View Controller,MVC）模式就是业务代码与视图代码分离。能有效地理清系统结构，降低系统复杂度与维护难度。Struts 是基于 J2EE 的 web 形式 MVC 模式实现，是 Apache Jakarta 项目的一部分，用 Java Servlet/JavaServer Pages 技术。Struts 的工作原理，如图 5.5。其有如下的主要功能：

- (1) 包含一个 controller servlet，能将用户的请求发送到相应的 Action 对象；
- (2) JSP 中的自由 tag 库，在 controller servlet 中提供关联支持，创建交互式表单；
- (3) 有系列实用对象：XML 处理、通过 Java reflection APIs 自动处理 JavaBeans

属性、国际化的提示和消息等。

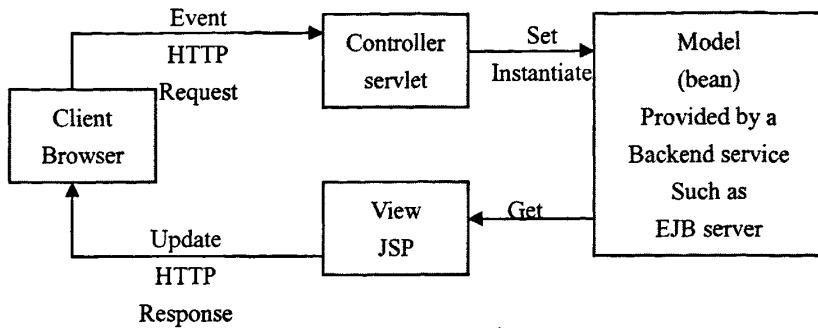


图 5.5 Struts 的工作原理

## 5.2 决策研讨过程

在前面的章节中，详细研究了决策共识达成的方法，下面将给出完整的决策研讨过程模型，即流程。如图 5.6 所示，具体的步骤如下：

第 1 步系统管理员确定会议主题，并向会议管理员发送通知；

第 2 步会议管理接到系统管理员的通知后，进行会议布置：

1：确定相似度阀值  $\delta$ ，群体参考一致性阀值  $\eta$ ，子群体参考一致性阀值  $\rho$ ，

会议的开始时间和结束时间，参会人数；

2：会议管理员确定方案集  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  ( $m \geq 2$ )，方案可以是协商研讨和对抗研讨中形成的提案共识，也可以由会议管理员直接输入新的方案；

3：会议管理员再根据提案确定准则  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_p\}$ ，其中  $p \geq 2$ 。确定准则的权重为  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_p\}$ ， $t_i$  表示第  $i$  个准则的权重，且  $\sum_{i=1}^p t_i = 1$ 。根据准则确定每个准则对应的属性， $z_i$  对应的属性为  $z_i = \{z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{iq}\}$ ，其中  $i \in \{1, 2, \dots, p\}$ ， $q \geq 2$ 。第  $i$  个准则的对应属性的权重为  $t_i = \{t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{iq}\}$ ， $i \in \{1, 2, \dots, p\}$ ， $t_{ij}$  表示第  $i$  个准则的第  $j$  个属性的权重，且  $\sum_{j=1}^q t_{ij} = 1$ 。注意准则和属性同样可以是从协商研讨和对抗研讨中形成的提案共识，也可以由会议管理员直接输入；

4: 会议管理员根据会议的主题遴选参加会议的专家集合  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ , 其中  $n \geq 2$ , 确定专家的权重  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ,  $a_k$  代表第  $k$  个专家的权重, 且  $\sum_{k=1}^n a_k = 1$ 。系统并自动向专家发出会议邀请函。

第 3 步专家登陆系统。本次会议的专家, 根据 Email 中收到的会议通知上的信息登陆相关的会议;

第 4 步决策研讨:

1: 系统判断会议是否在会议时间内, 如果不在, 则转 10;  
2: 专家  $e_k, k \in \{1, 2, \dots, n\}$  选择从序关系, 效用值、互反判断矩阵、互补判断矩阵几种方式中选择自己喜欢的方式表达个人偏好信息;

3: 偏好信息转化, 并进行个体一致性分析, 如果没有达到一致性指标则转到 2;  
4: 当所有专家的偏好信息都达到了个体一直性指标, 则集结专家群体偏好矢

$$\text{量组成一个 } n \times m \text{ 决策矩阵: } w_{n \times m} = \begin{bmatrix} w_1^1 & w_2^1 & \cdots & w_m^1 \\ w_1^2 & w_2^2 & \cdots & w_m^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_1^n & w_2^n & \cdots & w_m^n \end{bmatrix};$$

5: 求相似度矩阵  $P$ , 根据相似度矩阵  $P$ 、相似度阀值  $\delta$  和和改进的聚类算法, 得到聚类结果  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_r\}$ ;

6: 判断是否达到了群体参考一致性阀值  $\eta$ , 如果没有达到, 则转到 1;  
7: 判断  $\rho$  是否大于 0, 如果不大于, 则转到 9;  
8: 计算所有专家的子群体参考一致性, 如果存在专家的子群体参考一致性小于子群体参考一致性阀值  $\rho$ , 则认为这样的专家的意见为少数人的意见, 系统向其他专家反馈所有少数专家的意见来保护少数人意见, 则转到 1;  
9: 在考虑专家权重的前提下, 对各个专家偏好矢量进行集结即得出群体偏好矢量  $w^g = \{w_1^g, w_2^g, \dots, w_m^g\} = \left\{ \sum_{k=1}^n \alpha_k w_1^k, \sum_{k=1}^n \alpha_k w_2^k, \dots, \sum_{k=1}^n \alpha_k w_m^k \right\}$ ;  
10: 研讨结束。

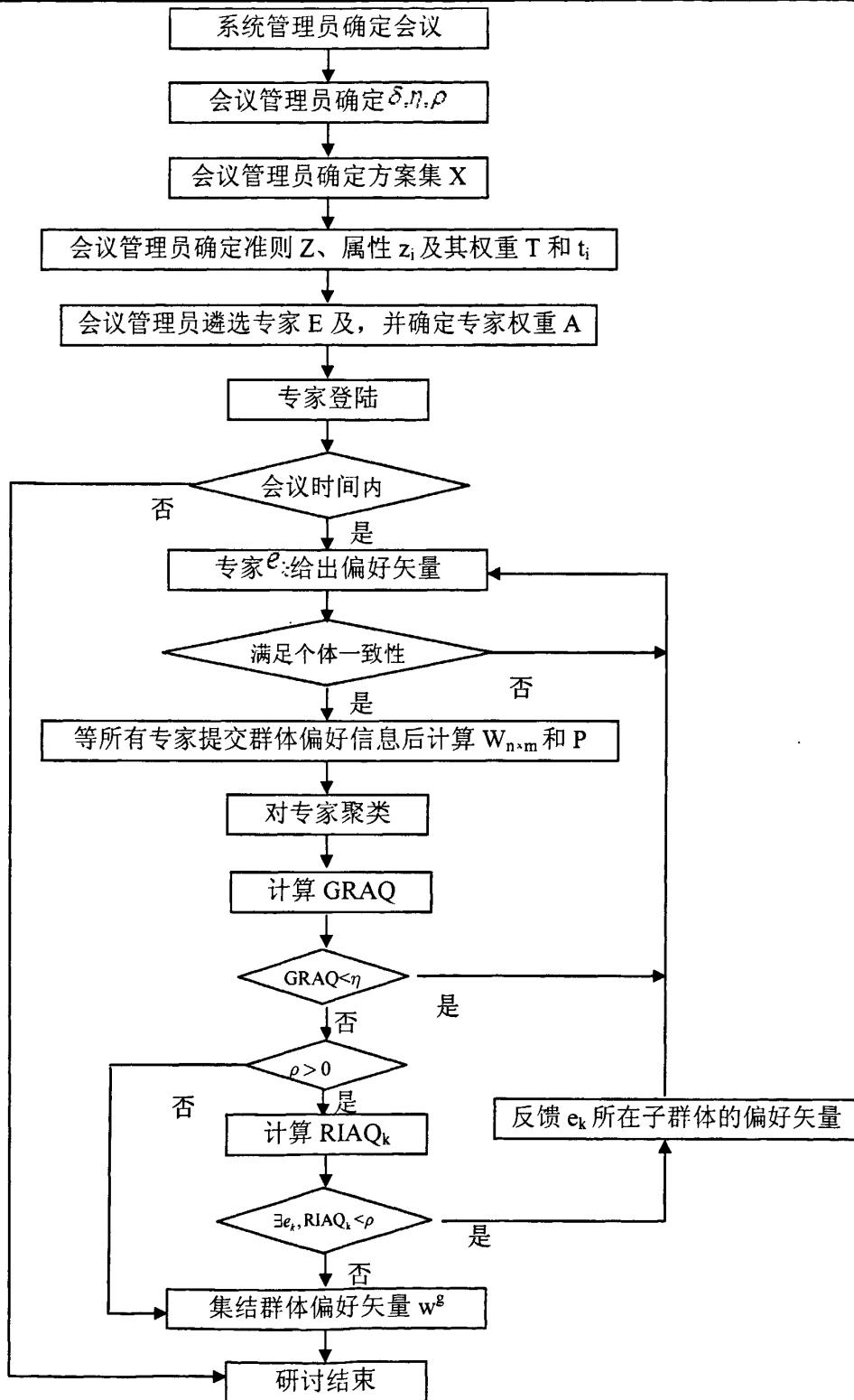


图 5.6 决策研讨流程

### 5.3 决策研讨环境的实现结果与应用分析

根据 5.3 节决策研讨的流程，对已实现的系统进行应用分析，在这部分给了实现的部分界面和一个完整的实例应用分析：

会议确定：宜昌地区农作物种植选择的决策会议，其添加会议如图 5.7：根据图上可以知道，本次参加会议的人数为 8，聚类的相似度阀值为： $\delta=0.95$ ，群体参考一致性阀值为： $\eta=1/3$ ，子群体参考一致性阀值为： $\rho=1/4$ 。

会议管理	
会议添加	会议添加
方案添加	会议ID： 3
准则添加	会议主题： 4. 经济发展
属性添加	会议名称： 宜昌地区农作物种植选择
会议修改	开始时间： 2009/05/10 14:00 结束时间： 2009/05/10 17:00
方案修改	
准则修改	
属性修改	
专家遴选	参会人数： 8
准则权重确定	相似度阈值： 0.9
属性权重确定	群体参考一致性阈值： 1/3
专家权重确定	个体参考一致性阈值： 1/4
	备注：
	<input type="button" value="提交"/> <input type="button" value="取消"/>

图 5.7 会议添加界面

方案确定：确定本次会议的方案  $X=\{\text{种植小麦}, \text{种植大豆}, \text{种植水稻}, \text{种植玉米}, \text{种植土豆}\}$ 。方案确定界面如图 5.8：

会议管理	
会议添加	方案添加
方案添加	会议ID： 3
准则添加	方案信息： 种植水稻
属性添加	方案说明： 无
会议修改	
方案修改	
准则修改	
属性修改	
专家遴选	
准则权重确定	<input type="button" value="提交"/> <input type="button" value="取消"/>
属性权重确定	
专家权重确定	

图 5.8 方案添加界面

准则和属性确定：准则和属性关系如图 5.9，添加属性的界面如图 5.10，准则添加的界面与其类似。

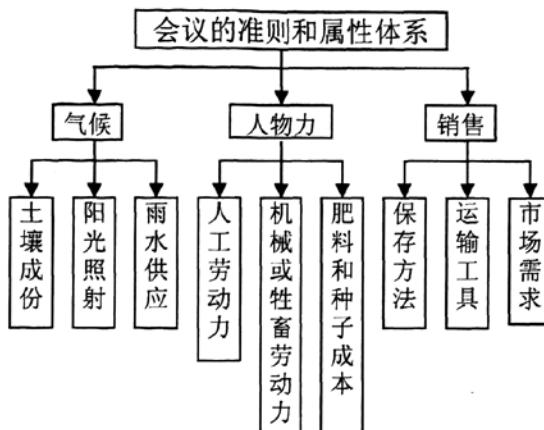


图 5.9 准则和属性



图 5.10 属性添加界面

专家遴选：专家的遴选首先选择遴选的方式如图 5.11，若选择的是人工选择，则系统根据会议主题所属的领域和专家的研究领域，先选择出所以符合条件的专家，然后会议管理员再根据会议所需要的人数，再确定是否邀请，如图 5.12；若选择随机选择，则系统根据主题所属的领域、专家的研究领域以及会议所需要的人数选择出专家，图 18 的界面上就没有是否邀请这一栏，而是所出现的专家是必须邀请的。再图 18 中一但确定，系统就向所邀请的专家发送会议通知。假设在本次会议中选择的专家集合为： $E=\{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8\}$

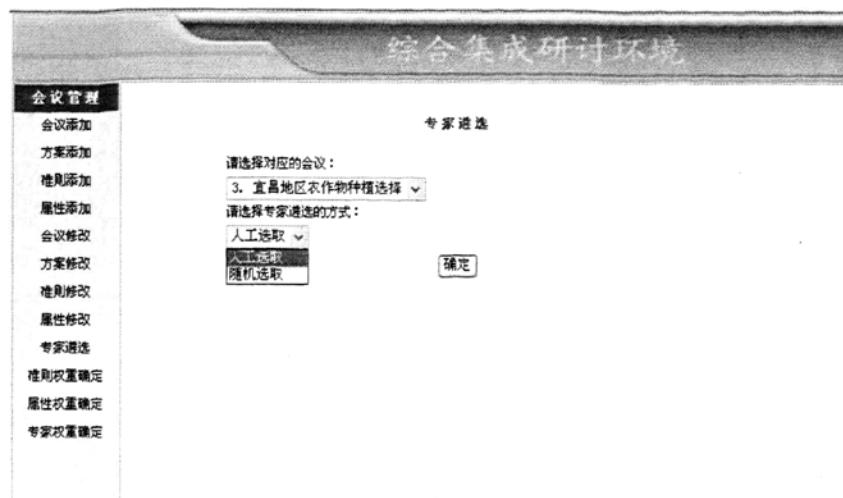


图 5.11 专家遴选界面



图 5.12 专家确定界面

**确定权重:** 根据 AHP 法确定准则的权重依次是(0.3,0.3,0.4), 气候所对应的属性的权重依次是(0.6330,0.3043、0.0627), 人物力所对应的属性的权重依次是(0.4286、0.4286、0.1428), 销售所对应的属性的权重依次是,(0.4806,0.4054,0.1140), 专家的权重依次是(0.1907,0.2003,0.0981,0.1346,0.1,0.1019,0.1,0.0654,)。AHP 法确定权重的界面类似图 5.13。

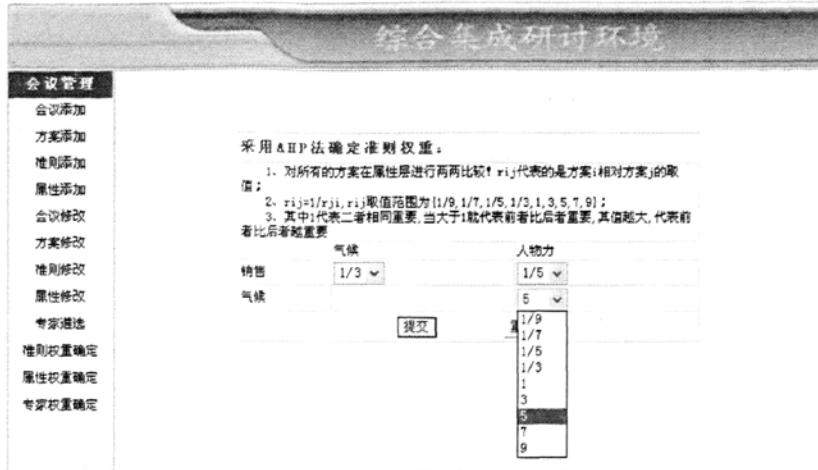


图 5.13 准则权重确定界面

**决策研讨：**决策研讨的过程是比较复杂的，每个专家进行决策界面如图 5.14。专家登陆后，可以先浏览会议相关的信息，然后再选择自己喜欢的决策方式表达自己的决策意见。在图 5.14 中是专家选择的互补判断矩阵表达自己的偏好的。下面将根据本次会议的相关信息，进行一次完整的研讨决策。

图 5.14 决策研讨界面

在本次会议中专家 $e_1$ 用互补矩阵表达偏好，专家 $e_2$ 和 $e_6$ 用互补判断矩阵表达偏好，专家 $e_3$ 和 $e_7$ 用互补判断矩阵表达偏好，专家 $e_4$ 、 $e_5$ 和 $e_8$ 用互补判断矩阵表达偏好。

第一轮决策通过转化、个体一致性分析、集结得到专家各自在属性层次的偏好信息为：

$$w^1 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \{0.3453, 0.674, 0.986, 0.677, 0.2233\}, \{0.1257, 0.6888, 0.8678, 0.3461, 0.3343\} \right\}, \\ \left\{ \{0.3222, 0.4765, 0.7899, 0.6667, 0.2336\} \right\} \end{array} \right\},$$

$$w^2 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \{0.6891, 0.6754, 0.868, 0.6767, 0.2633\}, \{0.2135, 0.212, 0.9678, 0.4213, 0.4464\} \right\}, \\ \left\{ \{0.3872, 0.1263, 0.8317, 0.1368, 0.3413\} \right\} \end{array} \right\},$$

$$w^3 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \{0.4353, 0.098, 0.7864, 0.3256, 0.7532\}, \{0.4216, 0.324, 0.7679, 0.7971, 0.3874\} \right\}, \\ \left\{ \{0.3762, 0.2462, 0.8654, 0.6787, 0.6313\} \right\} \end{array} \right\},$$

$$w^4 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \{0.8965, 0.5567, 0.3568, 0.8778, 0.3333\}, \{0.5536, 0.6667, 0.5448, 0.6777, 0.6889\} \right\}, \\ \left\{ \{0.6897, 0.5677, 0.2142, 0.8569, 0.4667\} \right\} \end{array} \right\},$$

$$w^5 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \{0.7637, 0.5872, 0.6973, 0.6788, 0.3836\}, \{0.9834, 0.2167, 0.4322, 0.6631, 0.6532\} \right\}, \\ \left\{ \{0.6231, 0.3781, 0.6321, 0.9865, 0.7547\} \right\} \end{array} \right\},$$

$$w^6 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \{0.5667, 0.7219, 0.2892, 0.8659, 0.4213\}, \{0.6426, 0.2312, 0.3688, 0.6323, 0.7013\} \right\}, \\ \left\{ \{0.8653, 0.4727, 0.4218, 0.6786, 0.3917\} \right\} \end{array} \right\},$$

$$w^7 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \{0.3454, 0.9865, 0.832, 0.7732, 0.3667\}, \{0.4889, 0.7333, 0.4327, 0.6704, 0.3213\} \right\}, \\ \left\{ \{0.9532, 0.8569, 0.3216, 0.6703, 0.3313\} \right\} \end{array} \right\},$$

$$w^8 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \{0.5524, 0.7442, 0.2312, 0.4567, 0.3916\}, \{0.6428, 0.9879, 0.3216, 0.5713, 0.4221\} \right\}, \\ \left\{ \{0.2456, 0.7688, 0.4568, 0.6616, 0.3561\} \right\} \end{array} \right\},$$

$$w^9 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \{0.4354, 0.7458, 0.7025, 0.6532, 0.6527\}, \{0.4538, 0.8313, 0.5687, 0.6142, 0.5633\} \right\}, \\ \left\{ \{0.865, 0.8765, 0.6571, 0.6323, 0.3415\} \right\} \end{array} \right\}$$

$$\begin{aligned}
w^4 &= \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.3689, 0.6763, 0.8667, 0.7903, 0.6779], [0.5335, 0.8765, 0.7691, 0.8213, 0.4456] \right\}, \\ \left\{ 0.5432, 0.6677, 0.8632, 0.5534, 0.1433 \right\} \end{array} \right\}, \\
w^5 &= \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.5639, 0.6663, 0.7867, 0.7821, 0.6531], [0.9865, 0.982, 0.9878, 0.2241, 0.5346] \right\}, \\ \left\{ 0.5312, 0.6457, 0.8616, 0.5253, 0.3343 \right\} \end{array} \right\}, \\
&\quad \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.3568, 0.6612, 0.7616, 0.4523, 0.6427], [0.5325, 0.8549, 0.8658, 0.8431, 0.4535] \right\}, \\ \left\{ 0.4432, 0.8167, 0.8531, 0.5323, 0.4132 \right\} \end{array} \right\} \\
w^6 &= \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.4453, 0.7782, 0.9981, 0.6871, 0.2165], [0.5666, 0.7887, 0.9677, 0.8731, 0.4342] \right\}, \\ \left\{ 0.4232, 0.5775, 0.7677, 0.7677, 0.3343 \right\} \end{array} \right\}, \\
&\quad \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.2353, 0.5722, 0.6881, 0.7861, 0.3468], [0.4211, 0.451, 0.9865, 0.8754, 0.3322] \right\}, \\ \left\{ 0.2313, 0.6315, 0.8317, 0.7723, 0.2365 \right\} \end{array} \right\}, \\
&\quad \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.4453, 0.7782, 0.9981, 0.6871, 0.3121], [0.158, 0.7681, 0.8527, 0.7433, 0.4562] \right\}, \\ \left\{ 0.2165, 0.6342, 0.6601, 0.7527, 0.3943 \right\} \end{array} \right\} \\
w^7 &= \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.8667, 0.7543, 0.6345, 0.7781, 0.6667], [0.8765, 0.7644, 0.5678, 0.8778, 0.4896] \right\}, \\ \left\{ 0.4252, 0.6765, 0.8077, 0.7617, 0.5435 \right\} \end{array} \right\}, \\
&\quad \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.7554, 0.5343, 0.6423, 0.5661, 0.6721], [0.7623, 0.6933, 0.6432, 0.6789, 0.6382] \right\}, \\ \left\{ 0.4232, 0.6465, 0.6292, 0.5549, 0.4546 \right\} \end{array} \right\}, \\
&\quad \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.8433, 0.4543, 0.6455, 0.6763, 0.6437], [0.6572, 0.4594, 0.4589, 0.9154, 0.4321] \right\}, \\ \left\{ 0.3261, 0.3471, 0.5631, 0.8427, 0.5625 \right\} \end{array} \right\} \\
w^8 &= \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.5678, 0.7893, 0.789, 0.8901, 0.9833], [0.5679, 0.7323, 0.4717, 0.7684, 0.6709] \right\}, \\ \left\{ 0.3402, 0.8304, 0.6211, 0.5504, 0.3673 \right\} \end{array} \right\}, \\
&\quad \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.9742, 0.7453, 0.4609, 0.6785, 0.7836], [0.5675, 0.9743, 0.5621, 0.5623, 0.6871] \right\}, \\ \left\{ 0.3132, 0.3435, 0.7871, 0.6843, 0.8654 \right\} \end{array} \right\}, \\
&\quad \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.4648, 0.5823, 0.679, 0.9821, 0.7632], [0.5454, 0.5321, 0.6452, 0.5482, 0.6239] \right\}, \\ \left\{ 0.5242, 0.7414, 0.7232, 0.6415, 0.9856 \right\} \end{array} \right\}
\end{aligned}$$

$$w^s = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.3265, 0.7891, 0.1862, 0.6553, 0.5634], [0.6782, 0.7653, 0.3217, 0.3307, 0.4601] \right\}, \\ \left\{ 0.964, 0.6798, 0.3214, 0.2654, 0.3908 \right\} \end{array} \right\},$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.2654, 0.8842, 0.1285, 0.4352, 0.6262], [0.6217, 0.6776, 0.4129, 0.3233, 0.4567] \right\}, \\ \left\{ 0.6134, 0.6569, 0.231, 0.2365, 0.4228 \right\} \end{array} \right\},$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \left\{ [0.6455, 0.7583, 0.2642, 0.6754, 0.2136], [0.6469, 0.7566, 0.2165, 0.4345, 0.3424] \right\}, \\ \left\{ 0.162, 0.6673, 0.3255, 0.3443, 0.5424 \right\} \end{array} \right\}$$

根据各属性对应的权重集结各专家在准则层上的偏好信息为：

$$w^1 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ 0.2770, 0.6661, 0.9377, 0.5757, 0.2577 \right\}, \left\{ 0.4421, 0.3984, 0.9056, 0.4901, 0.3529 \right\}, \\ \left\{ 0.442, 0.2211, 0.8225, 0.5929, 0.6084 \right\} \end{array} \right\}$$

$$w^2 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ 0.7792, 0.5909, 0.4051, 0.8156, 0.4499 \right\}, \left\{ 0.8378, 0.3985, 0.5744, 0.716, 0.5521 \right\}, \\ \left\{ 0.6604, 0.505, 0.3532, 0.7783, 0.563 \right\} \end{array} \right\}$$

$$w^3 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ 0.4272, 0.9013, 0.6785, 0.7355, 0.3507 \right\}, \left\{ 0.5473, 0.8522, 0.3022, 0.5351, 0.3996 \right\}, \\ \left\{ 0.5123, 0.8328, 0.6687, 0.6626, 0.6063 \right\} \end{array} \right\}$$

$$w^4 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ 0.4299, 0.7367, 0.8368, 0.7849, 0.5737 \right\}, \left\{ 0.7404, 0.7987, 0.8836, 0.5063, 0.5568 \right\}, \\ \left\{ 0.4618, 0.7959, 0.8532, 0.6578, 0.5602 \right\} \end{array} \right\}$$

$$w^5 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ 0.4808, 0.7688, 0.9744, 0.7488, 0.2901 \right\}, \left\{ 0.3144, 0.5287, 0.8365, 0.8224, 0.3248 \right\}, \\ \left\{ 0.3099, 0.7923, 0.939, 0.7508, 0.4004 \right\} \end{array} \right\}$$

$$w^6 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ 0.842, 0.7525, 0.6251, 0.8074, 0.6051 \right\}, \left\{ 0.7109, 0.6185, 0.6408, 0.6128, 0.6265 \right\}, \\ \left\{ 0.7385, 0.4648, 0.5811, 0.8334, 0.5681 \right\} \end{array} \right\}$$

$$w^7 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ 0.5536, 0.7745, 0.6819, 0.8318, 0.8496 \right\}, \left\{ 0.7055, 0.7861, 0.5509, 0.6295, 0.7539 \right\}, \\ \left\{ 0.5288, 0.604, 0.6994, 0.792, 0.7602 \right\} \end{array} \right\}$$

$$w^8 = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ 0.4735, 0.775, 0.2359, 0.5321, 0.5211 \right\}, \left\{ 0.4678, 0.7632, 0.265, 0.3589, 0.5245 \right\}, \\ \left\{ 0.6201, 0.7813, 0.2616, 0.5595, 0.3187 \right\} \end{array} \right\}$$

根据准则的权重集结得到专家的群体偏好信息为：

$$w_{\text{bs}}^s = \begin{bmatrix} 0.3925 & 0.4078 & 0.882 & 0.5569 & 0.4266 \\ 0.7493 & 0.4988 & 0.4351 & 0.7708 & 0.5258 \\ 0.4973 & 0.8592 & 0.5617 & 0.6462 & 0.4676 \\ 0.5358 & 0.779 & 0.8574 & 0.6505 & 0.5632 \\ 0.3625 & 0.7062 & 0.9189 & 0.7717 & 0.3446 \\ 0.7613 & 0.5972 & 0.6122 & 0.7594 & 0.5967 \\ 0.5892 & 0.7098 & 0.6496 & 0.7552 & 0.7851 \\ 0.5304 & 0.774 & 0.2549 & 0.4911 & 0.4412 \end{bmatrix}$$

规范化处理为：

$$w_{\text{bs}}^s = \begin{bmatrix} 0.1473 & 0.1530 & 0.3309 & 0.2089 & 0.1600 \\ 0.2514 & 0.1674 & 0.1460 & 0.2587 & 0.1765 \\ 0.1640 & 0.2834 & 0.1853 & 0.2131 & 0.1542 \\ 0.1582 & 0.2301 & 0.2532 & 0.1921 & 0.1663 \\ 0.1168 & 0.2275 & 0.2960 & 0.2486 & 0.1110 \\ 0.2288 & 0.1795 & 0.1840 & 0.2283 & 0.1794 \\ 0.1689 & 0.2034 & 0.1862 & 0.2165 & 0.2250 \\ 0.2129 & 0.3106 & 0.1023 & 0.1971 & 0.1771 \end{bmatrix}$$

建立相似度矩阵为：

$$P = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.8900 & 0.9117 & 0.9719 & 0.9741 & 0.9316 & 0.9349 & 0.8166 \\ 0.8900 & 1.0000 & 0.9402 & 0.9314 & 0.8895 & 0.9928 & 0.9666 & 0.9364 \\ 0.9117 & 0.9402 & 1.0000 & 0.9807 & 0.9533 & 0.9618 & 0.9725 & 0.9755 \\ 0.9719 & 0.9314 & 0.9807 & 1.0000 & 0.9785 & 0.9663 & 0.9772 & 0.9252 \\ 0.9741 & 0.8895 & 0.9533 & 0.9785 & 1.0000 & 0.9259 & 0.9331 & 0.8651 \\ 0.9316 & 0.9928 & 0.9618 & 0.9663 & 0.9259 & 1.0000 & 0.9842 & 0.9420 \\ 0.9349 & 0.9666 & 0.9725 & 0.9772 & 0.9331 & 0.9842 & 1.0000 & 0.9466 \\ 0.8166 & 0.9364 & 0.9755 & 0.9252 & 0.8651 & 0.9420 & 0.9466 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

利用 4.3.2.2 节中改进的聚类算法，根据偏好相似度阀值  $\delta = 0.95$ ，专家群体被分为 4 个子群体：

$$C_1 = \{e_1, e_5\}, \quad C_2 = \{e_2, e_6, e_7\}, \quad C_3 = \{e_3, e_4\}, \quad C_4 = \{e_8\}$$

这时群体参考一致性 RGAQ=1/4，没有达到  $\eta=1/3$ ，所以要重新研讨。专家  $e_5$ 、 $e_8$  修改了自己的偏好，得到：

$$w_{8 \times 5}^s = \begin{bmatrix} 0.3925 & 0.4078 & 0.882 & 0.5569 & 0.4266 \\ 0.7493 & 0.4988 & 0.4351 & 0.7708 & 0.5258 \\ 0.4973 & 0.8592 & 0.5617 & 0.6462 & 0.4676 \\ 0.5358 & 0.779 & 0.8574 & 0.6505 & 0.5632 \\ 0.4672 & 0.7538 & 0.8287 & 0.6451 & 0.3913 \\ 0.7613 & 0.5972 & 0.6122 & 0.7594 & 0.5967 \\ 0.5892 & 0.7098 & 0.6496 & 0.7552 & 0.7851 \\ 0.5304 & 0.8285 & 0.9597 & 0.7328 & 0.4412 \end{bmatrix}$$

规范化处理为：

$$w_{8 \times 5}^s = \begin{bmatrix} 0.1473 & 0.1530 & 0.3309 & 0.2089 & 0.1600 \\ 0.2514 & 0.1674 & 0.1460 & 0.2587 & 0.1765 \\ 0.1640 & 0.2834 & 0.1853 & 0.2131 & 0.1542 \\ 0.1582 & 0.2301 & 0.2532 & 0.1921 & 0.1663 \\ 0.1514 & 0.2443 & 0.2685 & 0.2090 & 0.1268 \\ 0.2288 & 0.1795 & 0.1840 & 0.2283 & 0.1794 \\ 0.1689 & 0.2034 & 0.1862 & 0.2165 & 0.2250 \\ 0.1519 & 0.2372 & 0.2748 & 0.2098 & 0.1263 \end{bmatrix}$$

建立相似度矩阵为：

$$P = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.8900 & 0.9117 & 0.9719 & 0.9698 & 0.9316 & 0.9349 & 0.9742 \\ 0.8900 & 1.0000 & 0.9402 & 0.9314 & 0.9157 & 0.9928 & 0.9666 & 0.9148 \\ 0.9117 & 0.9402 & 1.0000 & 0.9807 & 0.9779 & 0.9618 & 0.9725 & 0.9740 \\ 0.9719 & 0.9314 & 0.9807 & 1.0000 & 0.9946 & 0.9663 & 0.9772 & 0.9943 \\ 0.9698 & 0.9157 & 0.9779 & 0.9946 & 1.0000 & 0.9513 & 0.9561 & 0.9998 \\ 0.9316 & 0.9928 & 0.9618 & 0.9663 & 0.9513 & 1.0000 & 0.9842 & 0.9510 \\ 0.9349 & 0.9666 & 0.9725 & 0.9772 & 0.9561 & 0.9842 & 1.0000 & 0.9547 \\ 0.9742 & 0.9148 & 0.9740 & 0.9943 & 0.9998 & 0.9510 & 0.9547 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

再次聚类得到：  $C_1 = \{e_1\}$ ,  $C_2 = \{e_2, e_6, e_7\}$ ,  $C_3 = \{e_3, e_4, e_5, e_8\}$

这时群体参考一致性为  $1/3$ , 达到了要求.. 因为  $\rho > 0$ , 所以要考虑少数人的

意见, 其中  $RIAQ_1 = 1/8 < \rho$ , 为少数人意见, 系统将其意见提交群体重新研讨,

如果群体中有认可  $e_1$  的意见的其他专家，则可以重新修改自己的意见，专家  $e_3$ 、 $e_4$ 、 $e_5$ 、 $e_6$ 、 $e_8$  修改了了意见，得到新的群体偏好信息为：

$$w_{8 \times 5}^e = \begin{bmatrix} 0.3925 & 0.4078 & 0.882 & 0.5569 & 0.4266 \\ 0.7493 & 0.4988 & 0.4351 & 0.7708 & 0.5258 \\ 0.4973 & 0.5275 & 0.9474 & 0.6006 & 0.4676 \\ 0.3317 & 0.3475 & 0.8619 & 0.5115 & 0.4056 \\ 0.291 & 0.31 & 0.7838 & 0.4424 & 0.3151 \\ 0.3158 & 0.3376 & 0.8467 & 0.5136 & 0.4014 \\ 0.5892 & 0.7098 & 0.6496 & 0.7552 & 0.7851 \\ 0.3954 & 0.4033 & 0.8892 & 0.5586 & 0.4218 \end{bmatrix}$$

规范化处理为：

$$w_{8 \times 5}^e = \begin{bmatrix} 0.1473 & 0.1530 & 0.3309 & 0.2089 & 0.1600 \\ 0.2514 & 0.1674 & 0.1460 & 0.2587 & 0.1765 \\ 0.1636 & 0.1735 & 0.3116 & 0.1975 & 0.1538 \\ 0.1349 & 0.1414 & 0.3506 & 0.2081 & 0.1650 \\ 0.1358 & 0.1447 & 0.3659 & 0.2065 & 0.1471 \\ 0.1308 & 0.1398 & 0.3506 & 0.2127 & 0.1662 \\ 0.1689 & 0.2034 & 0.1862 & 0.2165 & 0.2250 \\ 0.1482 & 0.1511 & 0.3332 & 0.2094 & 0.1581 \end{bmatrix}$$

建立相似度矩阵为：

$$P = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.8900 & 0.9973 & 0.9986 & 0.9970 & 0.9982 & 0.9349 & 1.0000 \\ 0.8900 & 1.0000 & 0.9078 & 0.8680 & 0.8547 & 0.8670 & 0.9666 & 0.8885 \\ 0.9973 & 0.9078 & 1.0000 & 0.9925 & 0.9908 & 0.9914 & 0.9478 & 0.9971 \\ 0.9986 & 0.8680 & 0.9925 & 1.0000 & 0.9989 & 0.9999 & 0.9198 & 0.9988 \\ 0.9970 & 0.8547 & 0.9908 & 0.9989 & 1.0000 & 0.9986 & 0.9051 & 0.9974 \\ 0.9982 & 0.8670 & 0.9914 & 0.9999 & 0.9986 & 1.0000 & 0.9194 & 0.9984 \\ 0.9349 & 0.9666 & 0.9478 & 0.9198 & 0.9051 & 0.9194 & 1.0000 & 0.9326 \\ 1.0000 & 0.8885 & 0.9971 & 0.9988 & 0.9974 & 0.9984 & 0.9326 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

再次聚类得到： $C_1 = \{e_1, e_3, e_4, e_5, e_8\}$ ， $C_2 = \{e_2, e_7\}$ ，这时满足群体参考一致性，

$C_1$ 、 $C_2$ 也都满足子群体参考一致性，则对 $C_1$ 和 $C_2$ 取加权求和得最终的方案的优先向量为  $\{0.4669, 0.4415, 0.7576, 0.6005, 0.4683\}$ ，所以方案的从优到劣的排序为：种植水稻，种植玉米，种植土豆，种植小麦，种植大豆。

通过一个完整的实例在系统中的应用分析，验证了根据本文研究的方法所建立的综合集成研讨环境中的决策研讨系统可以达到预期的效果，既能够使专家群体的意见随着决策研讨的深入而逐渐收敛，并最终得到有效的决策意见。

## 5.4 小结

本章描述了我们在决策研讨环境设计和实现使用的相关的技术，包括：系统开发工具、系统结构的 B/S 结构、Socket 的通信机制、Struts 技术在决策研讨环境中的应用。给出了决策研讨环境中的决策研讨的完整过程和流程图。根据决策研讨的完整流程，给出了决策研讨环境的部分实现结果。最后通过一个完整的例子对整个决策研讨进行应用分析，其结果证明本文中研究的决策模型的正确性，实现的决策研讨环境的适用性。

## 第6章 总结与展望

### 6.1 总结

在生产力高度发达，科技飞速发展的今天，人们面临的问题更加复杂、交叉领域越来越多，面对大量纷繁的信息往往无所适从，任何个体单凭自己的经验和智慧都都无法掌握所有必要的信息，很多问题需要借助群体的智慧来共同研究解决。本文以综合集成方法为基础理论指导，构建了综合集成研讨环境，使得“人机结合”、“以人为本”的系统在实际中的应用又迈出了一步。

作者的工作主要集中在综合集成环境中的决策研讨的研究和实现。在系统的学习综合集成研讨环境的理论基础上，作者在课题研究过程中所取得的一些研究和应用成果如下：

- (1) 偏好信息表达、规范化和集结方法的研究；
- (2) 专家意见的个体一致性分析和群体一致性分析方法的研究，以及对分析结果的合理反馈；
- (3) 应用平行坐标法反馈专家意见聚类的结果，引导专家达成共识；
- (4) 对决策研讨进行整体设计和实现原型系统。

### 6.2 展望

两年多来，经过课题组成员的努力，综合集成研讨环境在整体设计、研讨信息组织模型研究，以及软件实现方面都取得了许多进展。但是综合集成研讨环境本身是一个极为复杂的系统，设计的方面很多，所以，在未来，需要我们研究的问题还很多。针对综合集成研讨环境中的决策研讨已研究的情况，我们还需要进一步开展的以下工作：

- (1) 研讨过程中信息的可视化采用平行坐标法，当决策的问题太庞大时，不够直观，需要寻求更好的可视化方法；
- (2) 专家偏好信息的表达方式，其实质都是量化了的信息，要体现系统的进一步的智能化，系统的实现还可以和文本分析相结合。
- (3) 系统中没有实现音视频，更没有考虑到音视频信息的处理。

## 参考文献

- [1] 沈小平, 马士华. 综合集成方法论应用研究. 系统工程理论与实践 2005;10(23).
- [2] 熊才权, 李德华. 面向复杂问题求解的综合集成研讨厅技术研究. 湖北工业大学学报[J] 2006;21(4):58-61.
- [3] 熊才权, 李德华. 综合集成研讨厅共识达成及实现. 计算机集成制造系统 2008;14(10):6.
- [4] 司光亚, 黄晓峰. 战略模拟、决策支持系统与战略决策综合集成研讨环境. 军事系统工程 1999;1.
- [5] 黄梯云. 智能决策支持系统[M]. 北京: 电子工业出版社 2001.
- [6] 陈文伟. 决策支持系统教程[M]. 北京: 清华大学出版社 2004.
- [7] 刘海军, 冯玉光等. 雷达装备综合保障辅助决策系统开发. 电脑知识与技术 2007(17):3.
- [8] 宋春红, 苏敬勤. 城建项目投资决策支持系统研究. 基建优化 2006;27(2):3.
- [9] 成思危. 复杂科学与系统工程[J]. 工管理科学学报 1999;2(2):1-7.
- [10] 戴汝为. 复杂巨系统科学———门 21 世纪的科学. 自然杂志 1997;7(2):187-192.
- [11] 戴汝为. 21 世纪组织管理途径的探讨[J]. 管理科学学报 1999;1(13):1-6.
- [12] 戴汝为, 王迁, 田捷. 智能系统的综合集成. 杭州:浙江科学技术出版社[M] 1995.
- [13] 于景元, 涂元季. 从定性到定量综合集成方法——案例研究. 系统工程理论与实践[J] 2002;5:1-7.
- [14] 钱学森. 论系统工程. 长沙:湖南科学技术出版社[M] 1982.
- [15] 于景元, 周晓纪. 综合集成方法与总体设计部. 复杂系统与复杂性科学[J] 2004;1(1):20-26.
- [16] 钱学森, 于景元, 戴汝为. 一个科学的新领域—开放的复杂巨系统及其方法论. 自然杂志[M] 1990;13(1):3-10.
- [17] Priem R, Harrison D, Muir N. Structured conflict and consensus outcomes in group decision making[J]. Journal of Management 1995;21(4):691-710.
- [18] Dess GG. Consensus on strategy formulation and organizational performance:competitors in a fragmented industry[J]. Strategic management journal 1987;8:259-277.
- [19] Herrera-Viedma E, Martinez L, Mata F, Chiclana F. A Consensus Support System Model for Group Decision Making Problems With Multigranular Linguistic Preference Relations. IEEE Transaction on Fuzzy System 2005;13(5):644-658.
- [20] 顾基发. 意见综合——怎样达成共识? 系统工程学报[J] 2001;16(5):340-348.

- [21] 顾基发, 唐锡晋. 综合集成系统建模. 复杂系统与复杂性科学[J] 2004;1(2):32-42.
- [22] Ballmer T, Brennenstuhl W. Speech act classification:a study in the lexical analysis of english speech activity verbs[M]. Berlin:Spnnger-Verlag 1981.
- [23] 岳超源. 决策理论与方法. 北京: 科学出版社 2003.
- [24] Pierreval H, Plaquin M-F. An evolutionary approach of multicriteria manufacturing cell formation[J]. International Transactions In Operational Research 1998;5(1):13-25.
- [25] Martinez L, CombiningDelgado M, Herrera F, Herrera-Viedma E. Group making numerical and linguistic information. Information Sciences[J] 1998;107:177-194.
- [26] 王莲芬, 许树柏. 层次分析法引论. 北京:中国人民出版社[M] 1990.
- [27] 熊才权, 张玉. 基于 AHP 法的网上教学质量评价系统. 湖北工业大学学报[J] 2008;23(4):1-5.
- [28] Satty TL. The Analytic Hierarchy Process[M]. New York: McGraw-Hill 1980.
- [29] 蔡元萃, 陈立潮. 聚类算法研究综述. 科技情报开发与经济 2007;17(1):145-146.
- [30] Ng.Raymond T, Jiawei Han. Efficient and Effective Clustering Methods for Spatial Data Mining[C]. In:Proceedings of the 20th Very Large Databases Conference (VLDB 94), Santiago,Chile 1994.
- [31] 高新波. 模糊聚类分析及其应用 [M]. 西安电子科技大学出版社 2004.
- [32] Dasarathy BV. Nearrest Neighbor(NN) Norms:NN Pattern Classification Techniques Los Alamitos[M]. CA:IEEE computer Society Press 1991.
- [33] Orlorski SA. Decision making with a fuzzy preference relation[J]. Fuzzy Sets and Systems 1978;1(3):155-167.
- [34] Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay JL. A model of consensus in group decision making under linguistic assessments[J]. Fuzzy Sets Syst 1996;78:73-87.
- [35] Herrera-Viedma E, Herrera F, Chiclana F. A Consensus Model for Multi-person Decision Making with Different Preference Structures[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans 2002;32(3):394-402.
- [36] 樊治平, 姜艳萍, 肖四汉. 基于 OWA 算子的不同形式偏好信息的群决策方法. 控制与决策 2001;16(增刊):749-752.
- [37] 王欣荣, 樊治平. 一种具有不同形式偏好信息的群决策方法[J]. 东北大学学报: 自然科学版 2003;24(2):178-181.
- [38] 程昭, 王丽亚. 群 AHP 法判断矩阵调整和群信息集结算法研究[J]. 计算机工程 2007;33(7):184-186.
- [39] 宋光兴, 杨德礼. 模糊判断矩阵的一致性检验及一致性改进方法[J]. 系统工程理论与实

践 2003;21(1):111-116.

[40] 吴云燕, 华中生, 查勇. AHP 中群决策权重的确定与判断矩阵的合并[J]. 运筹与管理 2003;12(4):16-21.

[41] Lee-Kwang H, Lee JH. A method for ranking fuzzy number and its application to decision making[J]. International Journal of Intelligent Systems 1997(12):891-913.

[42] 魏存平, 邱苑华, 王新哲. 一种新的模糊群体决策方法[J]. 系统工程理论与实践 2001;21(7):81-86.

[43] Bordly RF, Wolff RW. On the aggregation of individual probability estimates [J]. Management Science 1981;27(8):959-964.

[44] 杨蕾, 席酉民. 理性群体决策的概率集结研究[J]. 系统工程理论与实践 1988(4):90-112.

[45] Yager RR. Applications and extensions of OWA aggregations[J]. IntJ of Man Mac ine Studies 1992;37(2):103-132.

[46] Yager RR. Families of OWA operators[J]. Fuzzy Sets and Systems 1993;59(2):125-148.

[47] Yager RR. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making[J]. IEEE Trans on Systems,Man and Cybernetics 1998;18(2):183-190.

[48] 肖四汉. 具有不同形式偏好信息的群决策理论与方法研究[D]. 沈阳:东北大学 2001.

[49] Ngwenyama OK, Bryson N. Supporting facilitation in group support systems: techniques for analyzing consensus relevant data[J]. Decision Support Systems 1996;16:155-168.

[50] 王丹力,戴汝为. 群体一致性及其在研讨厅中的应用[J]. 系统工程与电子技术 2001;7(23).

[51] 王丹力, 戴汝为. 专家群体思维收敛的研究[J]. 管理科学学报 2002;5(2):1-5.

[52] 谭洁群, 王云, 朱光军. 关于群决策一致性问题研究[J]. 数学的实践与认识 2006;36(12):242-246.

[53] 周洁, 李德敏, 张友良. 群决策一致性寻求方法与算法[J]. 系统工程理论与实践 1991;19(6):80-84.

[54] 徐选华, 陈晓红. 基于矢量空间的群体聚类方法研究. 系统工程与电子技术 2005;6(27):1034-1037.

[55] Inselberg A, Dimsdale B. "Parallel Coordinates: A Tool for Visualizing Multi-Dimensional Geometry"[J]. ProcVisualization'90 1990:361-370.

[56] Chen JX, Wang S. Data visualization: parallel coordinates and dimension reduction [J]. Computing in Science & Engineering 2001;3(5):110-113.

[57] M.Doms&E. van Avermaet, Majority influence, minority influence and conversion effect: a replication[J]. Exp Soc Psychol 1980;16:283-292.

# 湖北工业大学硕士学位论文

---

- [58] 熊才权, 李德华, 金良海. 基于保护少数人意见的群体一致性分析. 系统工程理论与实践 2008;28(10):102-107.

## 致谢

回首三年的研究生生活，心中感慨万千。在这里衷心的感谢那些帮助和关心过我的师长和同学们，以及我的家人，朋友，并为他们送上我最真挚的祝福。

由衷地感谢我的导师熊才权副教授。在硕士学习阶段，熊老师时刻关心着我的学业成长，询问我在科研当中遇到的问题，细心的帮助我解决困难。本论文在选题、内容安排、后期修改中他花费了大量的时间和精力。在此特地向培育和指导我的导师致以崇高的敬意，和衷心的感谢。

感谢计算机学院的刘伟老师、梅清老师、马忠宝老师等。他们在我的研究生阶段的学习和科研期间给了我很多的指导和帮助。他们孜孜不倦的科研精神和深厚的学术造诣为我树立了努力的方向和榜样。

感谢课题组一起学习探讨师兄王子涛，感谢实验室的师弟们，以及所有的关心和帮助过我的同学和朋友们。他们在学习和精神上给了我很大的启迪和帮助，使我在学习中能够知难而进，最终取得学业上的进步和收获。

感谢我的父母对我多年来的抚养教育及家人给我的关心和帮助，感谢他们对我无私奉献的爱。

感谢计算机学院的领导和老师们，感谢我的母校湖北工业大学，为我们提供了良好的学习科研环境，让我度过了充满希望和快乐的研究生三年。

最后，谨向百忙之中审阅论文和参加答辩的每一位老师表示由衷的谢意！

## 在学期间发表的论文及科研成果

### 一、 参加的科研项目

- (1)《基于 Web 的教学质量评价与监控系统研究》, 湖北省教育厅教学研究项目, 项目编号: 20040215
- (2)《综合集成研讨厅软件体系结构研究》, 湖北省自然科学基金项目, 项目编号: 2007ABA025

### 二、 在学期间发表的论文

- (1) 熊才权, 张玉. 基于 AHP 法的网上教学质量评价系统. 2008 年 8 月. 湖北工业大学学报. ISSN: 1003-4684 CN: 42-1288/TP
- (2) 熊才权, 李德华, 张玉. 研讨厅专家意见聚类分析及其可视化. 已被录用. 模式识别与人工智能别. ISSN: 1003-6059 CN: 34-1089/TP
- (3) 熊才权, 张玉. 群决策中多形式偏好信息的转换及一致性分析. 已被录用. 计算机工程. ISSN: 1000-3428 CN: 31-1289/TP
- (4) 熊才权, 黄鹤, 张玉. 基于关联规则的研讨信息分析研究. 2009 年 4 月. 计算机与数字工程. ISSN: 1672-922 CN: 42-1372/TP