

一种基于案例库的专家选择支持系统¹

张 维 黄爱民

(天津大学系统工程研究所)

【摘要】决策过程的三个递阶层次结构表明^{〔1〕}，针对具体的决策问题，正确地构成基础层相应的决策咨询专家群组，对于决策的正确性有至关重要的影响。本文在考虑了影响专家的判断因素及选择规则的基础上^{〔2〕}，将计算机辅助的专家选择看作是一个DSS问题。利用“基于案例”的支持这一新概念^{〔3〕}，构造了一个基于案例库的专家选择支持系统(CBECSS)。

关键词：专家选择，案例库，DSS

1 引 言

一个重要的决策过程可看作是分三个层次递阶完成的^{〔1〕}：高层(领导层)、中层(部属层)和基层(专家层)。高、中层人员一般是决策机构中的固定人员，而基层专家则多是分散于各专业领域的高水平专家，他们不可能也没有必要集中于决策机构成为其固定人员。决策机构只有面临决策问题时，才依据具体任务要求和所掌握的专家信息，从这些基层专家中选择若干构成该决策问题的咨询专家组。决策的质量显然与专家组的结构特征息息相关。实践证明，单纯利用人工选择专家，常由于时间限制、个人偏好、人的信息处理能力有限等因素而不能选择出最恰当的专家组。因此，利用计算机技术建立起反映专家特征的“专家库”，以及相应的可以辅助决策者挑选出在一定偏好规则下“最适”专家组的“专家选择支持系统”，对于提高决策效率和质量具有非常重要的意义。除决策咨询外，专家选择系统还可用于评审评估(如基金申请、项目鉴定)和以智力为导引的技术转移(如技术咨询、投资项目评估、成果转让)，具有广泛应用前景。

建立专家遴选系统的必要性

目前对这类系统的研究已有不少，如文献〔1〕、〔4~6〕。从功能上看，这些系统对专家选择的支持还不够灵活，规则也比较简单；从实用上看，有的因素考虑得过份复杂，难以实现，对选择的支持也只限于较小的一类范围。本文在〔2〕所确定的规则和因素上，探讨建立一种较〔1〕中更一般的、用于决策咨询的专家选择支持系统。它可利用“案例”支持的概念^{〔3〕}，根据历史案例去诱导决策者的创造性，依其不同偏好顺序实现不同选择规则，达到针对具体咨询问题及偏好、交互式地选择出最适专家群组的目的。

本文首先引入“案例库”的概念，以便利用这种新型的智能化方式支持专家选择过程；然后讨论了选择规则的分层及其实现问题；第四和五小节讨论了“基于案例库的专家选择

专家遴选的一种算法

¹ 国家自然科学基金(青年)资助项目。

支持系统(CBECSS)”的结构、功能和实现。

2 案例库及其支持方式

专家选择系统可看作是用来辅助“选择决策咨询专家”这样一种决策活动的 DSS。由于专家选择问题的特殊性,它所利用的知识规则对决策的偏好和经验有很强的依赖性。运用 DSS 中常规的知识库及推理方式管理和利用它们将较为困难,也过于刻板,不利于更有效地调动决策者的积极性和激发他们的创造性。为此,本文利用“案例库”^{〔3〕〔7〕}的方式完成对决策者确立其专家选择指导思想的支持、引导他们根据历史经验给出恰当的偏好,以指导专家选择规则的具体应用,完成专家选择的决策任务。

2.1 CBR 原理及案例描述

“基于案例的推理(case-based reasoning, CBR)”最初由 Sycara 提出^{〔7〕},其原理是,如果方案 A 以前在 B 情况下使用得有效,且当前情况为 B,则本次仍用 A;若无效则避免以前的错误。不过当案例中共性提取过少时,可能对于当前情况 B,库中不存在相应案例,从而无法完成支持作用。为此,〔3〕提出了“思想库”的概念,旨在将各案例所隐含的“指导思想”抽取出来,用一些可量化的方式表示,形成支持功能。考虑到专家选择问题所涉及的因素相对于重大社会经济决策问题而言较少,本文选择了介于〔3〕和〔7〕之间的方式,即主要从案例中提取共性,形成对案例的规范描述,运用相似性计算提高匹配率,完成支持专家选择的功能。

通过对多种描述方案的比较筛选,可以考虑从以下几个方面对一个决策咨询专家选择案例做规范性描述:

原设性的: (1)咨询/评审项目的题目;

(2)咨询/评审时间;

(3)咨询类型(资格评审型、宏观决策咨询型、微观技术咨询型);

偏好性的: (4)选择规则种类及偏好序;

(5)咨询形式(通讯式、会议式);

结果性的: (6)专家群组人数规模;

(7)专家群组专业结构比例;

(8)专家群组部门结构比例;

(9)经验/教训总结。

在利用 CBECSS 进行交互式专家选择时,要求决策者输入与(4)~(8)(或其一部分)有关的参数值。案例的结果可以为决策者提供一些经验或教训借鉴(如专家人数过多;组织效率低下;专家组专业领域面过窄导致判断有偏;专家合作性好等)。这样,决策者可以凭借对历史案例的借鉴,调整(或确认)他/她的参数值,以指导选择专家。

2.2 案例库及支持方式

案例库的结构分为案例数据库、输入模块、输出模块和匹配模块等几部分。

数据库被用来存放案例记录;输入模块的功能在于不断向数据库中补充新的案例,删除一些重复性案例、补充完善案例中的总结部分;输出模块负责在实现匹配的情况下,向决策者显示与其选择的状态相匹配的案例;匹配模块则是在决策者输入了(3)~(8)条款的

全部或部分信息后, 负责根据相似性计算, 从数据库中搜索与之相似的案例。

如果把根据决策者偏好及其它必要信息自动地选择相应最适专家群组的计算机系统看作常规 DSS(记为 SubDSS), 则基于案例库的专家选择支持系统具有如下双层逻辑结构:

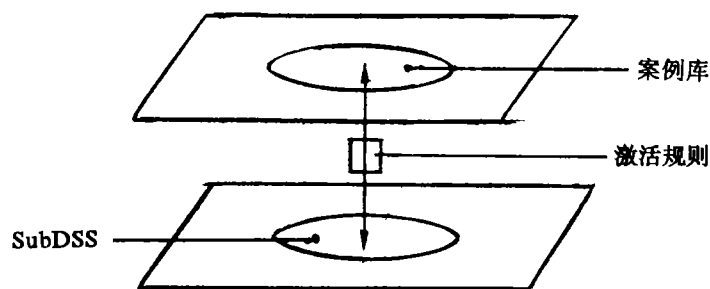


图1 CBECS的逻辑结构图

其中案例库对 SubDSS 的支持采用“先行式支持”^{〔3〕}, 它将被激活的案例内容作为决策者在选择专家之前了解所面临的咨询问题的性质、可能采取的选择策略以及相应的后果的一种工具。

3 规则优先序和实现

3.1 规则分层

进行专家选择的规则有很多。一般在实践中仍难做到各个规则都得到满足, 因为符合所有规则的专家集可能是空集。而且, 由于决策问题不同及决策者偏好不同, 也应当针对具体问题分层地、有选择地应用这些规则, 没有必要把它们等地合盘托出。

本文所建立的 CBECS 主要依据以下几条规则(规则的内容及使用理由详见〔2〕):

- | | |
|-------------------|-----------------|
| R_1 : 基本人数规则; | R_2 : 专业配比规则 |
| R_3 : 部门配比规则; | R_4 : 权威性规则 |
| R_5 : 多职务层次规则; | R_6 : 多年龄规则 |
| R_7 : 心理特征平衡规则; | R_8 : 利益回避规则。 |

其中 R_2 和 R_3 有时可蜕化为“专业覆盖规则”和“部门覆盖规则”^{〔1〕}。

根据对一些专家选择实例的考察, 发现 R_1 和 R_2 一般处于较高优先级, R_3 、 R_4 和 R_8 次之, R_5 到 R_7 再次之。根据这种认识, 本文设计的选择系统的工作程序大致如下:

第一步, 根据输入参数及优先序, 确定 x_{ij} (应从库中选出的在第 j 类部门从事第 i 类专业工作的专家人数) 的值。

第二步, 根据其它准则的不同优先序, 在第 j 类部门里从事 i 专业工作的专家中挑选出 x_{ij} 个。

3.2 x_{ij} 值的确定

根据 R_2 与 R_3 的蜕化情况可分为以下三类解释:

(1) 在已知基本人数要求 X 、专业配比 (a_1, a_2, \dots, a_m) 及部门配比 (b_1, b_2, \dots, b_n) 时,

不失一般性, 可假定 $\sum_{i=1}^m a_i = X = \sum_{j=1}^n b_j$ 。此时, 可通过解下列规则得到 x_{ij} ,

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{j=1}^n |b_j - \sum_{i=1}^m x_{ij}| \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\ & 0 \leq x_{ij} \leq M_{ij} \end{aligned}$$

其中 $M_{ij} \neq 0$ 为专家库中所记录的在 j 部门从事 i 专业工作的现有专家总数。

在这里, 我们假定 $\sum_{j=1}^n M_{ij} \geq a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$, 如果同时还有 $\sum_{i=1}^m M_{ij} \geq b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n)$, 则上述规划可使 R_2 和 R_3 同时满足; 如果后一条件不成立, 则上述规划将保证在满足 R_2 的前提下, 使 R_3 尽可能地实现。

(2) 若 R_3 蜕化成为“部门覆盖规则”, 则只需求解下列数学规划,

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i=1}^m |\sum_{j=1}^n x_{ij} - a_i| \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m x_{ij} > 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \\ & 0 \leq x_{ij} \leq M_{ij} \end{aligned}$$

由于 $M_{ij} \neq 0$, 总可以找到一个解 $x_{ij}^* \quad (i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n)$, 使约束满足, 并使目标函数为零 (即 R_3 和 R_2 同时满足)。

(3) 若 R_2 和 R_3 同时蜕化, 则求解

$$\begin{aligned} \min \quad & |\sum_{i,j} x_{ij} - X| \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m x_{ij} > 0 \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} > 0 \\ & 0 \leq x_{ij} \leq M_{ij} \end{aligned}$$

同理, 可找到 x_{ij}^* 使目标函数为 0 (R_1 满足)。

3.3 权威性规则

一个专家的权威性可以主要从三个方面考虑: ① 学术成果 B_1 (包括获奖 C_{11} 、论文 C_{12} 和鉴定成果 C_{13} 等情况); ② 学术地位 B_2 (包括职称 C_{21} 和学术职务 C_{22} 等情况); ③ 学术经验 B_3 (包括从事专业工作时间 C_{31} 、参与咨询工作的经历 C_{32} 等情况)。

6

专家指标体系的
建立
以及各个指标的
测量方法

由于计算专家权威性指标的目的并不在于对其业绩作定量考评,只是用来反映专家权威性的总体轮廓,故对 C_{ij} 的评分方式宜粗不宜细,这在选择专家的实践中也便于操作。

依照层次分析法的思想,参考浙江大学、天津大学等院校对科研人员定量考核的办法,对 C_{11} 按获奖档次及次数、对 C_{12} 按年均篇数及档次、对 C_{13} 按年均项数、对 C_{21} 和 C_{22} 按级别、对 C_{31} 按年限;对 C_{32} 按“无”和“有”分别取一定的分值,汇总后得到一个总分 A 。在实际选择中 A 值的精确大小是没有实际意义的,因为,人的主观判断标度只能是分级的。因此,本系统中将按库中所有专家的 A 值的分布状态确定若干(五个)等级。同属一级的专家无论其 A 值精确大小如何,其权威性均视为等同。

在选择专家时,根据上一优先规则所限定的人数(如 x_{ij}),在相应的专家集中选择权威性等级较高者;若不能唯一确定人选,则进入下一优先级规则的使用。

3.4 心理均衡规则

根据专家咨询意见、对判断的心理学分析及对咨询案例的考查总结,结合〔2〕中的观点可以认为思维倾向性 P_1 、谨慎性 P_2 、合作性 P_3 和非从众性 $P_4^{(2)}$ 是影响专家作出决策判断的一些主要心理因素。

对于这些因素,可用一些标准的实验心理学方法(如卡特量表)加以测量,然后把它们标准化。由于 P_3 和 P_4 值较高者较好,为计算简单起见,可将 $P' = P_3 P_4$,并分为五个等级(I, II, III, IV, V),在选择中按等级进行。 P_1 和 P_2 也可划为五等,且中选专家 P_1 与 P_2 值的平均值在理想情况下应落于中间等级III中。

这样,在满足较高优先规则的专家集中,依据心理均衡规则的选择可采用以下步骤:

- ① 选一 P' 等级最高者;令 $i=1$ 。
- ② 基本人数是否满足?不满足进行③,否则停止。
- ③ 检查新入选者 P_i 值,若属III级,则在 P_i 为III者中选一 P' 等级高者(若III级为空,则可依次从II、IV、I、V级中选),并进入⑤;否则进行下一步。
- ④ 若 P_i 不属III级,则在其对称级别中选一 P' 高者(如对称级别为空,则从其最靠近III级的邻近级别中选)。
- ⑤ 检查基本人数是否满足,不满足进行下步;满足则停止。
- ⑥ 若 $i=1$ 则令 $i=2$;若 $i=2$ 则令 $i=1$,返回③步。

至于多职务层次或多年龄结构规则的实现,则只需在编程序时用一个比较循环,随时检查在满足其它优先规则的情况下,新入选专家与已入选的所有专家在职务层次(或年龄段)上是否有差异,直到全部入选专家已经包括了所有可能的差异为止,再进入下一优先规则的使用。

4 CBECSS 的构成

CBECSS 是由案例库子系统、人机接口、专家库子系统和模型库子系统几大部分构成的。

案例库子系统与专家库等处于不同层次上,它是智能地支持专家选择的重要体现。其结构如前面 2.2 节所述。它通过“投影”作用实现其支持功能,在支持方式上采用“先行式”方式。

根据各种对话方式在 DSS 中的适用性特点并考虑到 CBECSS 所支持的决策(专家选择)的特点, 本系统主要选用了菜单式和填表式两种对话方式。

菜单方式主要用于激活选择系统的实质性功能操作, 呈树状设计。填表方式主要用于输入决策者偏好和具体问题的原设性条件。它一方面激活案例库中的相似案例, 对专家选择进行先行式支持, 诱导决策者给出恰当的偏好; 另一方面也为选择专家的具体操作提供前提条件。在激活案例库时, 不一定要求决策者输入所有描述案例特征的条目, 他/她可以只输入他最关心的几项, 案例库中的匹配模块将按特定的“相似性”寻找与其输入条件“相似”的案例。

专家库子系统由专家数据库及其管理系统组成, 其人机接口与案例库共用。数据库中存放各入库专家特征数据; 数据库管理系统实现对库的补充、修改、删除和查询操作。此外, 通过案例库亦可查询专家库。这里的“查询”已不同于一般意义下的数据库查询, 它是根据给定偏好及条件, 分不同优先层次使用规则去选择专家。

专家库的“查询”需要调用一定的模型进行相应的运算, 以确定某些关键值(如 x_{ij})。这些模型以子程序的形式存放于模型库中。同一般的 DSS 相比, CBECSS 的模型较少, 模型之间没有太多的调用关系, 库的结构及库的管理都较简单。

5 CBECSS 的功能及实现

CBECSS 具有以下几方面的主要功能。

(1) 对案例库、专家库进行编辑。用于为这两个数据库补充、修订及删除案例或入库专家, 从而使这两个库经常处于动态更新的过程之中, 具有较好的适应性。

(2) 依据给定条件选择最适专家群组。它是 CBECSS 最主要也是最基本的功能。它可以根据不同的具体条件(如决策咨询问题的不同类型)和决策者不同的偏好(如规则的不同优先序), 找到最适专家组, 而不是像一般“档案”式的人才库那样, 不问具体情况, 千篇一律地取某(n)项指标值“最优”的专家。

(3) 利用与决策者指导思想相近的案例进行决策支持。它将历史上与决策者现行思想倾向相近的案例(成功的或失败的)用作借鉴, 激发决策者的创造性, 帮助他们形成正确的指导思想。这种基于实例的支持方式, 一方面避免了对专家选择这种半结构化问题用过多数学模型或产生式规则给予简单化的趋向, 另一方面也避免了置决策者于从属地位的错误, 体现了明确的“决策支持”(而不是“决策取代”)功能。

(4) 灵活的人机交互 本系统输入/出方式灵活简单、通俗易懂。如用直观的菜单方式选择功能操作、用填表方式输入决策者偏好、案例及其经验的文本显示、中选专家的表格式输出、...等。

CBECSS 系统以 Foxbase⁺为主形成软件。它借用 Foxbase⁺提供的菜单功能和数据库录入功能作为两种对话方式的基础; 利用其调用外部程序的功能实现模型的调用与管理(模型的计算采用 Fortran 形成的子程序, 数据通过文件传输); 通过显示明细字段的方式显示案例经验。该系统的软件实现环境为 DOS 3.x、Foxbase⁺ 2.x; 硬件环境为 IBM-PC/XT 以上档次机及兼容机, 内存 640K, 有硬盘支持。

软件系统在设计上采取了自顶向下的模块式设计方法, 具有一定的灵活性, 易于维护

和扩充。

除主体软件外, 为计算各规则所需的指标值(如权重性 A)还编制了辅助计算软件。

参考文献

- (1) 刘豹. 专家库与从专家库选取专家的一种新颖的自动操作系统. 决策与决策支持系统, 1992, 2(1)
- (2) 张维. 决策判断中的专家选择: 影响因素与构成规划. 全国青年管理科学与系统科学论文集, 湖南科技出版社, 1993
- (3) 王勐. 基于‘思想库’和‘案例库’系统的决策支持问题研究. 天津大学硕士学位论文, 1994
- (4) 史伟. 北京地区专家人才库. 北京发展战略研究所课题报告, 1991
- (5) T. Glances & J. Mikus. The choice of an optimal group of experts. Tech. Forecasting and Social Change, V.30, 1986
- (6) 贺仲雄、张国南. FHW专家决策系统计算机实现与专家选择. 系统工程与电子技术, n.1. 1987
- (7) Sycara K P. Negotiation planning: An AI Approach. European Journal of Operational Research, Vol.45, 1990

Case-Based Expert Choice Support System

Zhang Wei, Huang Aimin

Institute of Systems Engineering, Tianjin University