

文章编号: 1001-0920(2004)03-0323-04

面向企业集成的群体决策支持系统设计与实现

沈 晖, 陈禹六

(清华大学 自动化系, 北京 100084)

摘 要: 针对企业集成方案决策的需求, 基于 AHP 和模糊决策方法, 设计开发了一个基于 Web 的群体决策支持系统(EI-GDSS)。该系统的主要特点是: 决策模型的构建可通过调用参考评价指标体系库中已定义的建造块进行定制设计了一种模糊评价算法来计算权值向量, 将决策过程分为中层评价和高层决策两个阶段, 综合考虑了主、客观指标的不同处理方法和个体/群体一致性判别

关键词: 群决策支持系统; 层次分析法; 模糊决策; 个体一致性; 群体一致性

中图分类号: TP399 **文献标识码:** A

Design and development of a GDSS for enterprise integration

SHEN Hui, CHEN Yu-liu

(Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084, China Correspondent: SHEN Hui, E-mail: shenhui98@mails.tsinghua.edu.cn)

Abstract For the problem of decision making for enterprise integration, a GDSS based on AHP and fuzzy decision methods is designed and developed. The hierarchical decision model is constructed by calling construct blocks, which are defined in a re-usable reference AHP model repository. A fuzzy evaluation algorithm is proposed for calculating index weight values. The decision process is divided into two stages: Middle-level evaluation and high-level decision-making. Different methods are adopted for processing subjective data and objective data, while individual consistency and group consensus checking are considered differently for satisfying the goals of different stages.

Key words: GDSS; AHP; fuzzy decision; individual consistency; group consensus

1 引 言

在 CMS 实施过程中遇到的大量决策问题可分为两类: 一类是面向车间层控制调度的实时决策问题, 处理依据是客观数据, 主要依靠仿真优化技术来解决; 另一类是面向企业中长期发展的战略决策问题, 其处理往往带有很强的主观意志, 需要企业中高层决策者协同参与并进行群体决策协调。

群体决策是主观和客观的结合, 关于这方面的研究方兴未艾, 主要方法是 Saaty 提出的 AHP 法^[1]。尽管关于群体决策支持方法的研究很多, 但基

本上都是对 AHP 法的应用、改进或扩展。归纳起来, 这方面的研究工作主要集中在以下几方面: 1) 多目标层次决策模型的建立^[2]; 2) 指标权值或定量评分的确定方法^[3]; 3) 个体和群体的一致性检查^[4,5]。然而, 在应用方面具有实用价值的群体决策支持系统尚不多见。

本文针对企业集成方案决策的需求, 基于 AHP 和模糊决策方法, 设计开发了一个基于 Web 的企业集成群体决策支持系统(EI-GDSS), 对上述 3 个基本问题分别给出了相应的算法设计和实现, 并同时

收稿日期: 2002-12-26; 修回日期: 2003-05-14

基金项目: 国家 863 计划资助项目(2001AA 415340)。

作者简介: 沈晖(1974—), 男, 江苏苏州人, 博士生, 从事 CM 系统集成中知识管理与决策支持方法的研究; 陈禹六(1937—), 男, 上海人, 教授, 从事复杂系统建模分析、CM 系统体系结构及设计和实施方法论等研究。

于A 的情况). 故在个体一致性判别过程中, 在发现不一致现象的同时有必要根据实际情况考查发生不一致的合理性

Saaty 提出的经典 AHP 法, 对于两两比较矩阵的数据处理方法是通过对规范化特征向量确定 w, 并通过 CR 法判定评价数据的一致性 CR 法的基本算法是: 通过计算矩阵的最大特征值 λ_{max} 得到评价的一致性指标 CI, 并与平均随机不一致性指标 CR 进行比较, 计算出相对一致性指标 RI 如果 $RI < 0.11$, 则认为评价数据满足一致性, 否则不满足经典 AHP 法存在两个明显的缺陷:

1) 权重的计算方法不尽合理: 例如

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1 \\ & 1 & 3 \\ & & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow w = \begin{bmatrix} 0.2 \\ 0.6 \\ 0.2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

所示的 3 因素两两比较矩阵 A, 两两比较的偏好程度用语言表述为: 比较差, 与相同, 比较强 按计算特征向量的方法得到的权值向量 w 显然与语言表述不相符

2) CR 判据是一致性的必要条件而非充分条件 Liu 等^[4] 通过举例明确指出了这个问题, 并给出了完备的 CR 判据: 一个两两比较矩阵 A 是一致的, 当且仅当其所有左上子矩阵均是一致的

针对经典 AHP 法的第 1 个缺陷, EFGDSS 设计采用 Fuzzy 评价算法计算权值向量 w. 首先将经典 AHP 法得到的两两比较矩阵 A 按如下映射公式转化为 Fuzzy 两两比较矩阵 A', 即

$$a_{ij} = \begin{cases} 0.5 \left[1 + \frac{1}{9} (a_{ij} - 1) \right], & \\ a_{ij} & \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}; \\ 0.5 \left[1 - \frac{1}{9} (1/a_{ij} - 1) \right], & \\ a_{ij} & \{1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, \\ & 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}. \end{cases} \quad (2)$$

显然, a_{ij} 为在 (0, 1) 区间的模糊隶属值 度量 i 关于 j 的优劣隶属关系为: $a_{ij} > 0.5$ 表示 i 优于 j, $a_{ij} < 0.5$ 表示 i 劣于 j, 而 $a_{ij} = 0.5$ 则表示 i 与 j 相当 A 满足性质: $a_{ii} = 0.5, a_{ij} + a_{ji} = 1$. 得到 A' 后就可以采用文献[6] 给出的 Fuzzy 排序算法计算对应 A' 的 Fuzzy 权值向量 w. Fuzzy 排序算法的基本思路如下:

1) 根据相关性函数

$$f(i|j) = a_{ij} / \max(a_{ij}, a_{ji}), \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

定义 $f(i|j)$ 计算因素间的关联值, 得到所谓的比较矩阵或 C 矩阵 $f(i|j)$ 的物理含义是“偏向因素 i 胜过 j”的隶属度

2) 根据 C 矩阵按行计算“选择 i 的倾向超过因素集 I 中所有其他因素”的模糊测度

$$f(i|I) = f(i|\{j|j \in I\}) = \min\{f(i|j_1), f(i|j_2), \dots, f(i|j_n)\}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

3) 归一化 $f(i|I)$, 使 $\sum_{i=1}^n f(i|I) = 1$, 即得到 w.

作为算法验证, 下面再对式(1) 中的 A 应用 Fuzzy 方法进行计算, 得到 A' 和 w 为

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1 \\ & 1 & 3 \\ & & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow A' = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.389 & 0.5 \\ & 0.5 & 0.611 \\ & & 0.5 \end{bmatrix} \Rightarrow w = \begin{bmatrix} 0.28 \\ 0.44 \\ 0.28 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

计算结果与语言表述符合得多.

针对经典 AHP 法的第 2 个缺陷, EFGDSS 的个体一致性判别参考了 Liu 等^[4] 的思想, 在输入 A 后, 首先判定其一致性, 在发现不一致时能进行准确定位并引导决策小组成员进行相应的修改

3.2.3 群体综合评价结果输出

中层评价的最终结果通过对个体评价结果按专家度进行加权平均获得, 最终输出的各层准则对上层目标的权值向量 w 综合了全体参与人员的意见, 具有较强的合理性 由于中层评价结果会影响高层决策, 在进行高层决策之前应对其确认, 高层决策者要对最终的综合评价结果进行认真分析, 并在必要时引入相应的小范围反馈和参数修正

3.3 高层决策过程

高层决策的任务是对决策候选方案针对决策模型的最下层指标进行排序, 利用中层评价结果计算出各候选方案对于决策目标的权重, 从而形成最终决策意见 这一过程的参与者一般为企业高层领导, 需要达成群体一致方能将决策结果付诸实施, 故对于该过程要同时考查个体一致性和群体一致性 图 4 为 EFGDSS 高层决策的操作流程

3.3.1 决策数据输入

对于决策候选方案, 评价指标可分为两类: 主观指标和客观指标 其中客观指标可通过客观数据进行客观评价, 而主观指标只能根据决策人员的经验进行定性判断 EFGDSS 区分这两类指标, 对客观

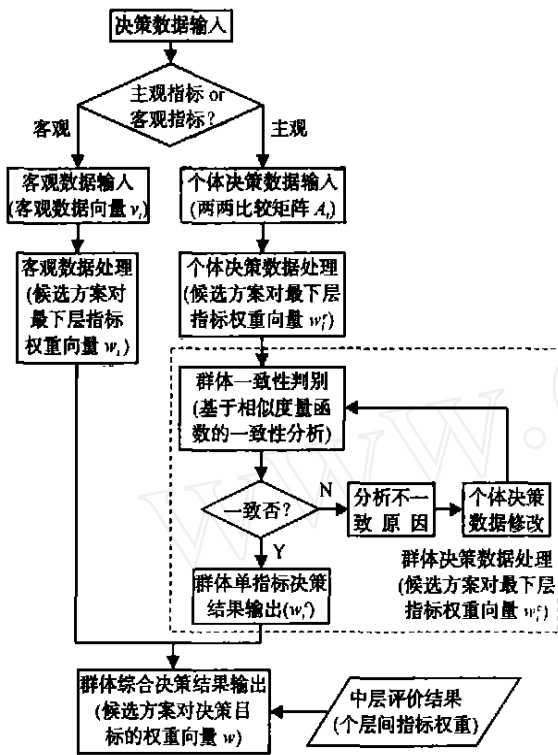


图 4 高层决策流程

指标直接输入客观数据向量 v , 而对主观指标输入两两比较矩阵 A .

3.3.2 决策数据处理

(1) 客观数据处理

首先将客观数据向量 v 转化为 Fuzzy 两两比较矩阵 A ; 然后可直接应用 Fuzzy 方法得到候选方案对于该评价指标的权重向量 w .

假设 $v = [v_1, v_2, \dots, v_n]$, 则 a_{ij} 可采用如下定义:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0.5 \left[1 + \frac{2(v_i - v_j)}{\max_{k,l} (v_k) + \min_{k,l} (v_k)} \right], & \text{指标数值越大越优;} \\ 0.5 \left[1 + \frac{2(v_j - v_i)}{\max_{k,l} (v_k) + \min_{k,l} (v_k)} \right], & \text{指标数值越小越优} \end{cases} \quad (6)$$

(2) 主观数据处理

首先是个体决策数据处理, 方法同中层评价, 得到候选方案对于该评价指标的个体评价权重向量 w_i^c ; 然后是群体决策数据处理, 目标是得到群体一致的候选方案对于该评价指标的权重向量 w_i^c . 这里的核心问题是群体一致性分析, EFGDSS 借鉴了文献 [5] 提出的基于相似度量函数的群体一致性判别方法, 其基本思路如下:

1) 计算群体单指标决策权重向量

$$w_i^c = \frac{\sum_{d=1}^M w_i^d}{M} \quad (7)$$

其中 M 为参与高层决策的人数

2) 计算关于 w_i^c 的群体一致性指标向量 G_{I_i} 和关于个体 r 的评价权重向量 w_i^r 的个体一致性指标向量 I_{I_i} , 计算公式为

$$\begin{cases} G_{I_i} = \frac{\sum_{d=1}^M s(w_i^c, w_i^d)}{M}, \\ I_{I_i} = \frac{\sum_{d=1}^M s(w_i^r, w_i^d)}{M}. \end{cases} \quad (8)$$

其中相似度量向量为

$$s(w_i^c, w_i^d) = [s(w_{i,1}^c, w_{i,1}^d), s(w_{i,2}^c, w_{i,2}^d), \dots, s(w_{i,n}^c, w_{i,n}^d)] \quad (9)$$

相似度量函数为

$$s(w_{i,j}^c, w_{i,j}^d) = \frac{\min(w_{i,j}^c, w_{i,j}^d)}{\max(w_{i,j}^c, w_{i,j}^d)}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

3) 一致性判别: 设定一个 $(0, 1)$ 之间的阈值 α , 如果对于 G_{I_i} 中的任一分量 $G_{I_{i,j}}$, 都满足 $G_{I_{i,j}} \geq \alpha$, 则可以认为群体对所有方案达成了一致性决策意见; 如果存在 $G_{I_{i,j}} < \alpha$, 则认为群体对于 j 方案未达成一致意见. 关于 I_{I_i} 有类似结论.

3.3.3 群体综合决策结果输出

通过高层决策过程得到的候选方案对最下层评价指标的权重向量, 以及中层评价输出的各层准则对上层目标的权值向量进行加权计算, 便得到了决策候选方案对决策目标的权值向量. 根据该向量对候选方案进行排序, 即为最终的群体综合决策结果.

4 结 语

本文针对企业集成方案决策需要考虑的 3 个基本问题, 给出了一个基于 Web 的企业集成群体决策支持系统的设计框架, 并对基于 AHP 和 Fuzzy 综合评价的群决策支持核心算法进行了研究和实现, 重点考虑了权值的计算方法和个体/群体一致性评判. 为了验证系统的实用性能, 对文献 [3] 给出的 ERP 模块实施决策案例和文献 [2] 给出的 IS 外购决策模型在该系统上进行了应用实践, 均取得了理想的结果.

应该指出, 群体决策仅做到一致性判别已经不够了, 在实际操作中要依靠多次谈判或协商, 中层评价和高层决策之间也存在一个交互迭代的问题, 因此未来工作的重点是在 EFGDSS 中进一步引入 CSCW 机制.

(下转第 330 页)

设不确定性系数矩阵满足 $\Delta A(t) \leq 0.2$, $\Delta B(t) \leq 0.2$ 取

$$H_0 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}, E_a = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, E_b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

应用定理2的凸优化算法,对某些给定的 λ ,相应的控制器和代价函数的上界如表1所示

表1 控制器和代价函数的上界

λ_1, λ_2	K	L^*
0.1, 0.9	[-1.622 3 -3.468 0]	15.137 4
0.5, 0.5	[-1.643 4 -3.500 3]	14.593 4
0.9, 0.1	[-1.664 9 -3.534 2]	14.059 6

5 结 论

本文在非劣的意义下,给出了多目标鲁棒保代价控制的一种解法.该方法的特点是:1)通过适当选取加权因子,可处理不同目标间的竞争问题;2)采用线性凸优化算法进行控制器设计,保证了线性加权目标函数上界的最优性.值得指出的是:本文方法可推广到具有状态时滞的不确定系统

参考文献(References):

- [1] Chang S S I, Peng T K C. Adaptive guaranteed cost control of systems with uncertain parameters[J]. *IEEE Trans on Automatic Control*, 1972, 17(4): 474-483
- [2] Palhares R M, Takahashi R H C, Peres P L D. H_1 and H_2 guaranteed costs computation for uncertain linear systems[J]. *Int J Systems Science*, 1997, 28(2): 183-188

- [3] Yu L, Chu J. An LM I approach to guaranteed cost control of linear uncertain time-delay systems[J]. *Automatica*, 1999, 35(6): 1155-1159
- [4] Esfahani S H, Moheemari S O R, Petersen I R. LM I approach to suboptimal guaranteed cost control for uncertain time-delay systems[J]. *IEE Proceedings Part D, Control Theory and Applications*, 1998, 145(6): 491-498
- [5] Guan X, Lin Z, Duan G. Robust guaranteed cost control for discrete-time uncertain systems with delay[J]. *IEE Proceedings Part D, Control Theory and Applications*, 1999, 146(6): 598-602
- [6] Mahmoud M S, Xie L. Guaranteed cost control of uncertain discrete systems with delay[J]. *Int J Control*, 2000, 73(2): 105-114
- [7] Khargonekar P P, Rotea M A. Multiple objective optimal control of linear systems: The quadratic norm case[J]. *IEEE Trans on Automatic Control*, 1997, 36(1): 14-24
- [8] Theodor Y, Shaked U. H_∞ multiple objective robust controllers for infinite-horizon single measurement single control input problems[J]. *IEEE Trans on Automatic Control*, 1994, 39(10): 2130-2134
- [9] 解可新, 韩立兴, 林有联. 最优化方法[M]. 天津: 天津大学出版社, 1997.
- [10] Xie L. Outputfeedback H_∞ control of systems with parameter uncertainty[J]. *Int J Control*, 1996, 63(4): 741-750

(上接第326页)

参考文献(References):

- [1] Saaty T L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation* [M]. New York: McGraw-Hill, 1980
- [2] Yang C, Huang J B. A decision model for IS outsourcing[J]. *Int J of Information Management*, 2000, 20(3): 225-239
- [3] Ngwenyama O K, Bryson N. Eliciting and mapping qualitative preferences to numeric rankings in group decision making[J]. *European J of Operational Research*, 1999, 116(3): 487-497.
- [4] Liu Z, Inooka H, Kato M. A procedure for measuring

the consistency of pairwise comparison matrix [EB/OL]. <http://www.ise.nus.edu.sg/proceedings/apors2000/fullpapers/25-04.htm>, 2003-05-08

- [5] 李德敏, 黄双喜, 曹健, 等. Fuzzy 决策中有限方案的群体一致性评价方法与算法[J]. *控制与决策*, 1999, 14(1): 14-18
(Li D M, Huang S X, Cao J, et al. The group consensus assessment methods and algorithms of finite scheme in fuzzy decision[J]. *Control and Decision*, 1999, 14(1): 14-18)
- [6] Ross T J. *Fuzzy Logic with Engineering Application* [M]. New York: McGraw-Hill, 1995