

文章编号: 1001-0920(2001)01-0086-04

组织决策过程的随机有色 Petri 网模型

李文波, 吴冲锋, 王意冈
(上海交通大学 系统工程研究所, 上海 200052)

摘 要: 随机有色 Petri 网可为组织决策过程提供描述框架和分析手段。基于 SCPN 的计算机图形建模仿真工具研究组织设计变量对组织决策效率的影响, 这些变量包括决策人之间的协调结构、决策人偏好、决策方法、决策目标数、备选方案数等。仿真实例结果表明, 决策人之间的协调结构对决策效率有明显的影响。

关键词: 随机有色 Petri 网; 组织决策; 计算机仿真

中图分类号: C 934 **文献标识码:** A

A Stochastic Colored Petri Net Model of Organization Decision Making Process

LI Wen-bo, WU Chong-feng, WANG Yi-gang

(System Engineering Institute, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200052, China)

Abstract: Stochastic Colored Petri Net (SCPN) is used as a descriptive framework and analysis instrument of organization decision making. A SCPN-based computer graphic modeling and simulating software is developed to study the impact of the organizational design variables on organization decision making efficiency. These variables include decision making coordination structure, preference of decision makers, decision making method, number of decision making properties, and number of alternatives. The simulation result indicates that decision making coordination structure has significant influence on decision making efficiency.

Key words: SCPN; organization decision making; computer simulation

1 引 言

企业组织中的管理问题实质上是决策问题, 决策问题可将组织结构和企业经营过程统一起来。Petri 网作为决策过程建模的一种强有力的工具, 既可反映静态结构, 又能描述动态过程。文献[1]采用普通 Petri 网对决策过程建模, 而高级 Petri 网的表示方法比普通 Petri 网更加丰富^[2,3], 能更有效地对

复杂的组织决策过程进行建模。

文献[4]用 Petri 网表示组织结构, 主要从组织中信息流的角度进行建模, 并在随机 Petri 网中的变迁服从负指数分布的条件下, 用马尔科夫过程的概率分析方法定量计算组织运行的效率。在随机 Petri 网中的变迁不服从负指数分布的情况下, 解析的分析方法不再有效, 即使从理论上可以分析, 在实践中也不可能为用户提供有效的建模分析工具。为

收稿日期: 1999-07-05; 修定日期: 1999-09-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(79970027)

作者简介: 李文波(1975—), 男, 河北满城人, 硕士生, 从事决策科学等研究; 吴冲锋(1962—), 男, 浙江温州人, 教授, 博士生导师, 从事系统科学等研究;

此,我们在文献[4]的基础上,用计算机仿真的方法解决了变迁服从其它分布的问题。

普通 Petri 网因节点个数过于庞大,在建模能力和表示方法的丰富性上十分有限,特别是没有考虑系统的时间特性,分析性能停留在可达图上;而且对于文献[5,6]提出的决策问题的分类研究方法,普通 Petri 网也无能为力。本文引入随机有色 Petri 网(SCPN),用一个 SCPN 的计算机建模和仿真系统 SCPN Sim,将以上两种建模思想统一在决策模型图形表示和仿真分析框架下。该系统能将决策模型的 SCPN 图形建模、严格的数学定义、SCPN 性能分析和计算机仿真分析功能集成在一起,研究决策人之间的协调结构^[7](决策权结构、信息结构)、决策人采用的决策方法^[8]、任务环境^[7]等对组织决策效率的影响。

2 模 型

2.1 决策过程的 Petri 网表示

决策人之间的协调结构由决策权结构(DS)和信息结构(IS)共同确定,DS是“谁决定什么”,IS是“谁知道什么”^[7]。Petri 网直观的图形表示可表现这种静态的结构关系,特别是 SCPN 丰富的表示方法可体现决策的理论和方法^[3]。实际决策人之间的结构关系是网状关系,可能包括共同决策、并行、冲突、并发等^[4]。决策是针对某些既定的目标将多种可能采取的策略加以比较,选定其中优度最高者。我们用 SCPN 中变迁的发生表示决策,用变迁的前集表示决策的条件和所需的资源,模拟了动态过程。

定义 1 库所集 P 包含以下不相交的子集: 决策者子集 D ; 知识库子集 K ; 中间结果状态子集 R 。

定义 2 库所 p 中的 token 颜色集 $C(p)$ 包含以下不相交的子集: 备选方案子集; 属性(决策准则)子集; 决策者偏好子集; 决策方法子集(包括决策程序、综合函数等)。

定义 3 单步决策过程 $X: T \rightarrow D_{MS}$ 为 SCPN 变迁发生一步的条件是 $\forall t \in T: X(t) \subseteq C(t)_{MS}$, 且 $\forall p \in P: \sum_{t \in T} I_-(p, t)X(t) \leq M(p)$ 。其中 $C(t)_{MS}$ 是变迁 t 的出现色,表明该变迁不同的发生方式。它可以是单色,也可以是复合色,决定了决策所需备选方案、属性值、决策者偏好、决策方法等的组合方式。

定义 4 $I_-(p, t)$ 函数计算单个决策 t 发生后,前向库所 p 失去的有色 token 数。

失去有色 token 表示决策人 p 决策后消耗了信息资源。如果要表示信息资源守恒并可持续使用,则在 SCPN 的表示中添加弧 (t, p) , 并使 $I_+(p, t) = I_-(p, t)$ 。

定义 5 $I_+(p, t)$ 函数计算单个决策 t 发生后,后向库所 p 得到的有色 token 数。

得到有色 token 表示前一决策人决策后,当前决策人 p 获得的信息,理论上它可以是方案、属性(准则),也可以是决策方法。本文中模型不包括决策方法的产生,因为它牵涉的仿真算法过于复杂。

定义 6 变迁发生的冲突: 若 SCPN 的标识 M 授权 t_1 发生,并授权 t_2 发生,但不能授权 t_1 和 t_2 同时发生,则决策行为 t_1 和 t_2 在 M 互相冲突。

前向库所冲突表现 DS 中由谁决策产生冲突,按照冲突解决规则指定由哪个决策人进行决策;后向库所冲突表现 IS 中决策方案的冲突,按照冲突解决规则决定方案的相容性^[7]。

2.2 组织决策效率

决策效率使用正确率、时间和成本作为指标。对于决策正确率,把决策问题当作分类问题进行研究,认为决策过程本身有一个正确答案(属于某种 token 色),组织决策的最终结果(也属于某种 token 色)与之比较,若 token 色相同则认为决策正确。

延误的决策即使正确也无意义。文献[5,6]用仿真方法考察时间压力对决策正确率的影响,本文不采用时间压力的概念,而把决策的平均周期作为决策效率的重要指标。随机网的变迁本身就是随机时间参数,便于仿真统计决策平均周期,而且在计算机仿真工具中,为发生时间提供了除负指数分布以外的其它分布形式,例如正态、均匀等分布。

决策成本采用 Malone 提出的 3 种成本中协调成本的概念,即获得和交换信息的成本。通过基本信息过程(EIP)计算决策成本的方法,赋予代表基本决策过程的变迁以成本属性,便于仿真统计^[9]。

2.3 仿真建模

本文用面向对象方法开发的基于决策过程的随机有色 Petri 网仿真软件 SCPN Sim,它由图形编辑、参数输入、仿真运行、数据统计等模块组成。仿真运行算法关于变迁到时触发的规则同文献[10]。基于决策过程的关键算法如下。

2.3.1 表示决策的变迁发生算法

1) 检查变迁 t 发生条件,如果 t 满足定义 3,则将其放入可能发生变迁集合,否则检查下一变迁,直到检查完所有变迁;

2) 对可能发生变迁集合进行前向和后向冲突检查, 如果有冲突则调用冲突解决规则进行处理, 确定发生变迁集合;

3) 从发生变迁集合中取变迁 t , 根据 t 的出现色 $C(t)$ 确定 t 的不同发生方式;

4) 确定 I_- 和 I_+ 函数的具体形式, 改变变迁 t 的输入库所和输出库所中的有色 token;

5) 若发生变迁集合为空则结束, 否则返回 3)。

上述步骤中, 3) 和 4) 是根据方案、属性、个人偏好和决策方法做出决策产生的结果。为简化仿真算法, 模型中决策方法库赋予了变迁的属性。本文软件有这方面扩展能力, 可以加入新的决策方法。

2.3.2 冲突解决规则

本文赋予每个变迁发生优先级和优先发生概率, 优先级高的变迁先发生, 同一优先级的变迁依据它们的优先发生概率随机选择变迁发生。具体的解决规则参见文献[11]。

3 仿真实例

3.1 模型概述

现实中决策问题通常是多人多目标决策问题(MPMC), 这类问题可先化为多人单目标决策问题(MPSC), 然后解决单人多目标问题(SPMC), 或采

用相反的步骤^[9], 这里采用前一种方法。多个决策人之间的关系由 SCPN 的图形元素的拓扑结构表示, 如图 1 所示。仿真模型改进文献[9]的例子如下: 汽车企业根据市场信息进行汽车型号战略选择, 因素空间考虑价格、可靠性、大小、颜色 4 种因素, 策略空间考虑 A, B, C, D 四个方案, 在多次仿真中因素空间和策略空间都可变。

图 1 中的决策结构体现了上述 MPMC 问题分解成 MPSC 和 SPMC 分步解决的思想。前向库所 p_1 和 p_2 中 token 数有限引起变迁 $t_5, t_6, t_{11}, t_{12}, t_{13}$ 发生冲突, 冲突解决规则决定了决策人 Analyst₃, Analyst₄, Analyst₆, Analyst₇, Analyst₈ 的决策权。后向库所 Manager₅ 的容量决定了对决策人 Analyst₁ 和 Analyst₂ 决策方案的处理(相容、排斥或综合考虑), 参考他们的方案, 决策人 Manager₅ 根据个人偏好和决策方法做出自己的决策, 并向 CEO 报告。为简化起见, 图中省略了知识库和决策的其它条件。

3.2 仿真结果

考察决策权结构^[7]对决策效率的影响。仿真时假设所有决策人都采用加权决策方法(WADD), 但每个人偏好均不同。改变决策权结构进行多次仿真, 对每种决策权结构由信号发生器产生 token 重复仿真 1000 次。从表 1 可看出, 决策人 Analyst₆,

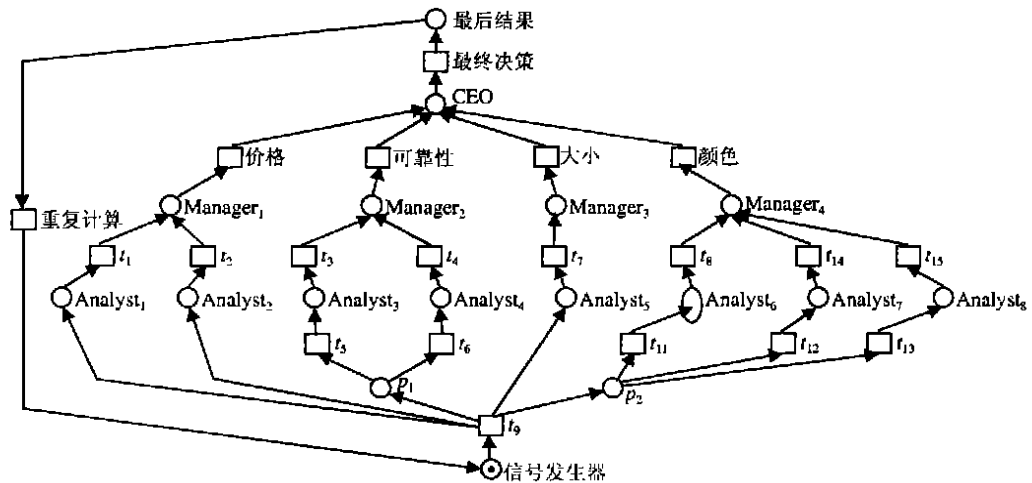


图 1 一个组织决策过程的仿真示例

表 1 决策结果输出

决策正确率	决策周期	成本	个人决策优先概率		
			Analyst ₆	Analyst ₇	Analyst ₈
0.6	31.05995	869.0377	0.545455	0.272727	0.181818
0.531250	28.35586	867.5690	0.545455	0.181818	0.272727
0.571429	27.53121	836.5503	0.272727	0.545455	0.181818
0.473684	27.48891	828.3440	0.272727	0.181818	0.545455
0.444444	26.83010	825.8808	0.181818	0.545455	0.272727

, A_{analyst_7} , A_{analyst_8} 的决策权结构对决策效率有明显的影 响。特别是决策人 A_{analyst_6} 的决策权力增加时, 决策正确率、决策平均周期、决策成本都随之明显增加, 而看不出 A_{analyst_7} 和 A_{analyst_8} 的决策权力变化对决策效率有明显的影 响。这表明在以颜色为目标的局部多人决策中, 决策人 A_{analyst_6} 的决策权力大小至关重要, 最终的决策效率对它的变化很敏感。另外还考察了个人偏好、决策方法、决策目标数、备选方案数等对决策效率的影响, 由于篇幅所限此处不再给出。

4 结 论

随机有色 Petri 网为组织决策过程提供了良好的描述框架和分析手段, 计算机图形建模仿真工具为研究决策人之间的协调结构、决策人偏好、采用的决策方法、任务环境、信息失真等对组织决策效率的影响提供了方便。进一步的工作是系统地研究上述组织设计变量对组织有效性的影响。

参考文献:

- [1] A Mehrez, M Muzumdar, W Acar *et al.* A Petri net model view of decision making: An operational management analysis[J]. *Omega*, 1995, 23(1): 63-78
- [2] W M P Van der Aalst, K M Van Hee. Business process redesign: A Petri-net-based approach[J]. *Computers in Industry*, 1996, 29(1/2): 15-26
- [3] 袁崇义. Petri 网原理[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998 88-95.
- [4] 李文波, 吴冲锋, 王意冈. Petri 网分析企业组织效率的探讨[J]. *管理科学学报*, 1999, 2(2): 49-56
- [5] Zhiang L in, Kathleen M Carley. Organizational response: The cost performance tradeoff[J]. *Management Science*, 1997, 43(2): 217-234
- [6] Kathleen M Carley, Zhiang L in. Organizational designs suited to high performance under stress [J]. *IEEE Trans on SMC*, 1995, 25(2): 221-230
- [7] Krishnan S A naand, Ham M endelson. Information and organization for horizontal multimarket coordination [J]. *Management Science*, 1997, 43(12): 1609-1627.
- [8] John W Payne, Eric J Johnson, James R Betman *et al.* Understanding contingent choice: A computer simulation approach[J]. *IEEE Trans on SMC*, 1990, 20(2): 296-309
- [9] Keith W Hipel, K Jim Radford, Liping Fang. Multiple participant multiple criteria decision making [J]. *IEEE Trans on SMC*, 1993, 23(4): 1184-1188
- [10] 张俊星, 张纪会, 张宏勋. 基于规则专家系统的广义随机 Petri 网仿真分析模型[J]. *系统仿真学报*, 1999, 10(2): 41-46
- [11] 陈永凤, 费奇. DSPN 仿真器的设计及其冲突消解规则 [J]. *系统仿真学报*, 1999, 11(1): 58-62

(上接第 85 页)

仿真中考虑两种情况:

1) 首先用已知 100 个样本数据对模型进行辨识, 然后以所得 T-S 模型代替 $g[y(k), y(k-1)]$, 产生一组输出与原系统方程输出相比较, 结果如图 1 所示(实线为系统方程输出, 虚线为 T-S 模型输出)。

2) 从第一个数据样本开始, T-S 模型的辨识与模型输出的计算同时进行, 同样进行 100 步, 辨识系统输出与原系统方程输出对比如图 2 所示。辨识后的 T-S 模糊模型由 3 条模糊规则构成, 具体参数如表 1 所示。

仿真过程中以 $\xi = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left| \frac{y_k - \hat{y}_k}{y_k} \right|$ (K 为仿真总步数) 分别考核两种情况的辨识精度, 得到 $\xi_1 = 0.82\%$, $\xi_2 = 0.55\%$ 。可见结果是令人满意的。

5 结 论

针对非线性系统辨识问题, 本文基于简化 T-S

模型^[4]提出一种新的辨识方法。其主要优点在于: 1) 定义综合聚类特征, 在输入空间的模糊划分中同时考虑样本距离和样本可线性化程度两个因素, 提高了辨识精度; 2) 定义规则置信度, 在辨识过程中通过对小置信度规则的剔除, 优化了聚类点的分布, 降低了模糊系统的阶次。以上结论在仿真中得到了证实。

参考文献:

- [1] Takagi T, Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control[J]. *IEEE Trans on Syst, Man and Cybern*, 1985, 15(1): 116-132
- [2] 王立新. 自适应模糊系统与控制——设计与稳定性分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995
- [3] 曾凡锋, 蔡自兴, 马润津. 基于模糊似然函数的模糊辨识法[J]. *控制与决策*, 1998, 13(5): 581-584
- [4] 陈建勤, 席裕庚, 张钟俊. 用模糊模型在线辨识非线性系统[J]. *自动化学报*, 1998, 24(1): 90-94