

文章编号: 1001-0920(2005)10-1147-05

基于混沌边缘的决策行为分析

张江, 李学伟

(北京交通大学 经济管理学院, 北京 100044)

摘要: 在简单地回顾了混沌边缘的历史之后, 通过建立 Agent 的一般决策模型, 并仿照 Langton 关于混沌边缘的讨论, 找到了一个刻画决策 Agent 的行为是否处于混沌边缘的行为模式的系数。通过一个进化的人工生命实验, 证明了混沌边缘的决策与个体适应性之间的关系。最后指出, 混沌边缘的决策概念对于个体决策和组织管理具有重要的意义和作用。

关键词: 决策; 混沌的边缘; 人工生命; 复杂性科学

中图分类号: C93 **文献标识码:** A

Analysis of Decision Behavior based on Edge of Chaos

ZHANG Jiang, LI Xuewei

(School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China Correspondent: ZHANG Jiang, Email: jakezj@163.com)

Abstract: The condition that an agent is just at the edge of chaos based on the agent decision model is defined after the brief review of the history of edge of chaos. Langton's coefficient widely used in cellular automata to define the edge of chaos is lent to describe the behavior of agent decision. By an evolutionary artificial life experiment, the connection between the edge of chaos behaviors and the individual adaptability is illustrated. At last, the meaning and importance of the conception of edge of chaos in the management and decision science is presented.

Key words: Decision making; Edge of chaos; Artificial life; Complexity science

1 引言

近年来, 复杂适应系统理论已逐渐受到人们的关注。该理论是关于变化、适应、自组织的科学, 它采用动态演化和涌现等观点看待决策问题, 取得了一定的成功^[1, 2]。

混沌边缘的概念是 Langton 在研究一类特殊的复杂系统(细胞自动机)时提出的^[3], 是指系统处在一种介于僵死的秩序与无规则的混沌之间的边缘状态下, 逐渐演化得更加复杂, 而且总会有一些秩序和模式不断地涌现出来。

混沌边缘的概念强调了系统发生自组织的条件, 它普遍适用于自然、社会和人工系统, 因而近年来人们将其引申应用到了各个领域。文献[4]探讨了基于混沌边缘的适应性软件开发方法; 文献[5, 6]则

讨论了在企业组织面临多变的环境情况下, 领导者如何进行混沌边缘的领导和管理; 文献[7]讨论了商业领域中成功的管理者如何站在混沌的边缘进行决策, 使得商业组织能够适应复杂的环境; 文献[8]则论述了金融市场领域的混沌边缘行为。由此可见, 混沌边缘的概念可应用于非常广泛的领域, 具有重要的意义。然而, 已有的论述大多采用文字叙述的方法, 定性描述经济或管理系统中的混沌边缘概念, 因此人们需要量化的模型, 以便更加精确地描述它。

在建模方面, 文献[9]讨论了随机网络模型, 并同样定义了混沌边缘的概念; 文献[10]讨论了神经网络模型中的混沌边缘问题; 文献[11]研究了足球机器人多 Agent 系统趋向混沌边缘的现象。在这些文献的基础上, 本文采用基于 Agent 的决策模型,

收稿日期: 2004-10-29; 修回日期: 2005-03-28

基金项目: 教育部基金项目(104049)。

作者简介: 张江(1978—), 男, 北京人, 博士生, 从事决策模型、复杂适应系统理论的研究; 李学伟(1964—), 男, 河南洛阳人, 教授, 博士, 从事企业经济分析理论、市场分析与决策管理等研究。

并主要针对 Agent 的决策行为进行讨论。文献[11]给出了 Agent 趋于混沌边缘的信息熵的条件,但作者认为该条件强烈依赖于 Agent 的具体行为规则,而实际分析中人们很难知道 Agent 的内部构造。本文从 Agent 的外部可观察的决策行为出发,借鉴 Langton 关于混沌边缘系数的概念,研究了个体 Agent 的混沌边缘决策行为的条件。以往的文献很少论及混沌边缘行为与个体适应性之间的关系,本文提出了只有让个体或组织的决策处于过于秩序的僵死状态与过于混沌的混乱状态之间的边缘时才能让决策主体更好地适应多变的环境,并通过这个观点讨论了混沌边缘的决策和管理的理念。

2 基本理论

2.1 决策模型

本文采用自主 Agent 模型研究决策行为。基于文献[12]中的观点,一个决策者可由一个 Agent 建模,这个 Agent 所处的环境是一个离散状态集合 E , 它的任意一个元素是 e 。一般情况下,Agent 能够感知的环境是有限的,记为 I 。本文将 Agent 所有能够感知到的环境可能状态记为

$$I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}, \quad (1)$$

而 Agent 本身具有内部状态,所有可能的内部状态构成了 Agent 内部状态的集合

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}. \quad (2)$$

Agent 还可以具有输出动作,改变自己所处的环境,并对环境造成影响。本文假设 Agent 可选择的输出动作集合为

$$O = \{o_1, o_2, \dots, o_p\}, \quad (3)$$

那么,在任意时刻 t , Agent 所作的决策就是根据它所感知的环境状态 $i^t \in I$ 和当前的内部状态 $s^t \in S$ 进行决策,决策的结果就是在 O 中选取一个动作输出并改变它的内部状态,因而决策就是一个函数

$$\Delta: I \times S \rightarrow O \times S, \\ \forall i^t \in I, s^t \in S, \Delta(i^t, s^t) = (o^{t+1}, s^{t+1}). \quad (4)$$

其中: $o^{t+1} \in O, s^{t+1} \in S$ 。并且,Agent 的决策也会对整个环境造成影响,也就是对于环境状态而言,假设 t 时刻环境处在状态 e^t ,则在 $t+1$ 时刻环境所处的状态是 e^{t+1} ,也可将其记为

$$\Phi: O \times E \rightarrow E, \\ \forall o^{t+1} \in O, e^t \in E, \Phi(o^{t+1}, e^t) = e^{t+1}, \quad (5)$$

其中 $e^{t+1} \in E$ 。这样对于 Agent 而言,它的每一步动作都能够改变自己所处的环境,并通过 Agent 的感知,环境的改变反过来又会对 Agent 的决策行为产生影响。

这种决策模型虽然结构简单,并不涉及 Agent 内部的复杂结构,但它具有一定的普遍性。因为该模

型的计算能力与图灵机等价,如果将环境看作一条纸带,则不难看出 Agent 的决策过程就是一个图灵机的计算过程。因而 Agent 的决策就是计算,通过变换 Agent 的决策规则,原则上可以模拟任何一台图灵机的动作^[13]。因此,也可用计算的统一视角看待决策过程。

2.2 混沌边缘概念的回顾

混沌边缘的概念是 Langton 在研究细胞自动机时提出的。所谓细胞自动机是一类离散的动力系统^[14]。本文以一维细胞自动机为例,假设有若干个方格排成一排,每个方格都有不同的状态,并且每个方格下一时刻的状态取决于它自身的状态和其邻居的状态。设方格的所有可能状态都在 Σ 中取值,并且时刻 t ,某方格 i 状态为 s_i^t ,它的邻居在 t 时刻的状态组合为 N_i^t ,那么方格 i 下时刻的状态为

$$s_i^{t+1} = f(N_i^t, s_i^t), N_i^t \subseteq \Sigma^r, s_i^t \in \Sigma, \quad (6)$$

其中 r 为邻居方格数。转换函数 f 不同对应了整体细胞自动机的不同行为。Wolfram 对几百个细胞自动机进行了试验,发现它们的行为可以被分成 4 类:固定值、循环型、混沌随机型、复杂类型。人们最关心的是第 4 类,它们产生了很多有序的结构,这些结构近似混沌但又不是完全随机的,因而称其为复杂型。4 类细胞自动机的行为之间有着深刻的关系,Langton 找到了一个系数 λ , 本文将将其定义为混沌边缘的规则系数。

定义 1 规则系数 首先在状态集 Σ 中选定一个状态 q_0 , 本文称其为静态。这样,对于细胞自动机的规则 f , 一共有 K^{r+1} 个元素,其中 $K = |\Sigma|$ 。在这些元素中,如果有 n_q 个元素是 q_0 , 那么定义规则 f 的规则系数 λ 如下:

$$\lambda = (K^{r+1} - n_q) / K^{r+1}. \quad (7)$$

这样,不同规则的细胞自动机就对应了不同的 λ 参数。通过实验,Langton 发现 λ 的值与细胞自动机的类型之间有一个大致的对应关系。具体的,当 λ 在 $0 \sim 0.2$ 之间时,对应的是固定值类型, λ 在 $0.2 \sim 0.4$ 之间时是周期类型,在 $0.4 \sim 0.6$ 之间时是复杂类型,而大于 0.6 时是混沌类型。因而,根据 λ 的变化,复杂型细胞自动机是介于混沌与固定的秩序之间的一种状态,因而 Langton 称其为混沌的边缘^[3]。

混沌边缘的概念虽然是在细胞自动机的研究中提出的,但其意义是普遍的。例如文献[9]讨论了随机网络中也存在混沌边缘的相变区域;文献[10]研究了神经网络中的混沌边缘概念。混沌边缘所揭示的是所有自组织复杂系统的共性,也就是说当个体的运动或变化刚好处于混沌边缘时,系统整体会发生大规模的复杂相变,新的秩序和结构将会不断

涌现

3 基于混沌边缘的决策行为分析

下面考虑能否将混沌的边缘这个概念, 尤其是 Langton 的系数引入一般的决策 Agent 模型中 所谓混沌边缘是指决策的行为既不是完全固死, 一成不变的状态, 同时其行为又不能过于随机, 过于活跃, 而应该是一种恰恰处于二者之间的边缘状态 事实上, 当从外部也就是行为方面观察决策主体时, 仅能观察到它对外界的输出动作, 而对于它的输入信息、内部状态则一概不知 如果该决策主体在所有可能的输出空间中完全随机取值, 那么一般会判断这个决策主体处于一种混沌的状态; 反之, 如果 Agent 的行为总是固定在一个给定的输出状态, 那么该主体就会表现为过于秩序 只有当 Agent 的行为能够维持在一个相对稳定的输出状态下, 并且会以一定的小概率犯错误, 那么该主体就刚好处于一个混沌边缘状态 类似于 Langton 的系数 λ , 下面给出一个衡量 Agent 决策行为是否处于混沌边缘状态的系数

定义 2 决策行为系数(决策系数). 对于任意一个 Agent, 它的决策规则 Δ 在某个固定观察时间段上得到的输出动作符合一个在集合 O 上的概率分布 F , 具体对于 $\forall o \in O, F(o) = p$, 其中 p 表示 Agent 输出为 o 的概率, p 的含义就是 Agent 选取 o 为输出的可能性 显然, 对于 O 中的所有元素都会对应一个概率, 则在其中会有一个最大的 p_{max} . 本文设 $F(o_{max}) = p_{max}$, 则定义

$$\lambda = \frac{p_o - p_{max}}{p_o} = 1 - p_{max}, \quad (8)$$

p_o 表示求 O 上所有元素对应的概率和显然为 1. 其中对应最大概率 p_{max} 的输出动作 o_{max} 定义为 Agent 在该时间段内的主动作 不难看出, 如果 λ 的数值很小, 则表示系统取某一个特定数值的可能性比较大; 当 λ 数值大时, 表示 Agent 的行为是随机的 当 λ 处于某个恰到好处的区间时, 则认为 Agent 的决策处在混沌边缘的状态 具体 λ 取值多少是处于混沌边缘状态, 这需要具体情况具体分析

4 决策行为与适应性

4.1 人工生命试验

在实际生活中, 人们总要面对各种各样的外界环境, 并作出决策 而什么样的决策行为才能使得决策的主体更能适应多变的环境呢? 答案是处于混沌边缘的决策能够提高决策主体的适应性 也就是说, 只有 λ 数值在某个区间中取值时, 该主体的适应性

才有可能提高 由人工生命的研究可知^[15], 计算机模拟的生命系统与现实世界有着惊人的相似性, 因此人们可通过计算机模型作为隐喻来考察现实世界中的概念和规律

下面用一个人工生命的实验来说明混沌边缘的决策与适应性之间的关系 在实验中, 世界是一个有限的方格区域, 且边界是周期型的 在这个方格世界上分布着不同的食物以及 Agent (即生命体). 该世界的一个可能分布如图 1 所示

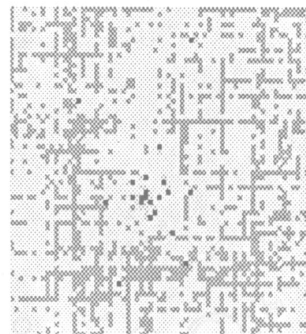


图 1 人工生命试验示意图

图 1 中: 深色的点代表 Agent, 浅色的点代表食物, 其中每个 Agent 就是一个进行决策的智能主体 Agent 在每个仿真周期都有一个面对的方向, 分别为上、下、左、右 也就是说, Agent 可能面向它的上边、下边、左边、右边等 假设 Agent 只能观察到它所面对的 3 个方格内的情况, 如图 2 所示 因此, 任意时刻 Agent 所面临的环境就是 3 个方格状态的不同组合 如果记有食物的方格为状态 1, 无食物的方格为状态 0, 则按第 2 节的讨论, 输入集合可写为

$$I = \{0, 1\} \times \{0, 1\} \times \{0, 1\}. \quad (9)$$

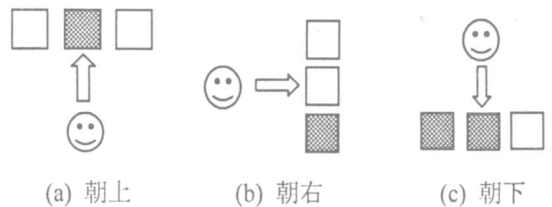


图 2 Agent 的朝向示意图

该集合是不同 01 字符串的组合, 所有可能组合有 8 种: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 111. 任何一个输入都是一个长度为 3 的 01 字符串, 比如图 2 所示的 3 种情况对应的输入字符串分别是 010, 001, 011, 3 个字符的顺序是按照顺时针方向的 假设 Agent 的内部状态集合为

$$S = \{1, 2, \dots, 10\}, \quad (10)$$

即有 10 个内部状态 而输出动作的集合为

$$O = \{0, 1, 2\}. \quad (11)$$

其中: 0 表示前进 1 步, 1 表示左转, 2 表示右转 每个 A gent 在任意时刻都可以在这 3 个可能行动状态中选择一个, 或顺着当前的面对方向前进 1 个方格, 或左转, 或右转 一个 A gent 的决策规则 Δ 可用一个表表示(见表 1). 它指导 A gent 在不同的输入情况和内部状态下选择不同的输出和下一时刻的内部状态 比如表 1 中第 1 项所示, 如果 A gent 的内部状态是 1, 而输入是 000, 那么 A gent 左转, 并将内部状态变为 2 显然, 不同的表对应了不同的决策规则 当每次 A gent 进行决策之后, 都会选择一个动作作为输出, 环境会根据 A gent 的动作更新 假设 A gent 前方是一个食物方格, 而当前 A gent 的输出是 0, 也就是往前走 1 步, 则认为 A gent 将食物吃掉了, 因而当前的方格状态由 1 变成了 0 为了方便, 这里没有写出具体的环境更新规则 Φ

表 1 决策规则表

编号	输入 e	内部状态 s	输出 o	内部状态 s'
1	000	1	1	2
2	010	3	0	1
3	100	2	2	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

下面选择一组(50 个)A gent, 并随机生成它们的决策规则; 然后对它们的决策规则表进行遗传进化 这组 A gent 称为一代种群, 每个种群都会经历 10 个不同的环境设置(食物的分布密度不同), 而且在这 10 个不同环境中每个 A gent 会经历 1 000 个仿真周期 用它在不同环境下吃掉的食物总量的平均值作为该个体总的适应度; 然后运行一次遗传算法得到优化后的下一代的结果, 将看到 A gent 在它们的数字环境中会变得越来越聪明 它们逐渐学会了适应各种多变的环境, 平均适应度也在提高

4.2 试验结果

不难得到衡量每个 A gent 是否处于混沌边缘状态的 λ 把 A gent 种群进化中的每一代与当前代种群的平均 λ 数值画在同一个坐标系下(见图 3). 其中

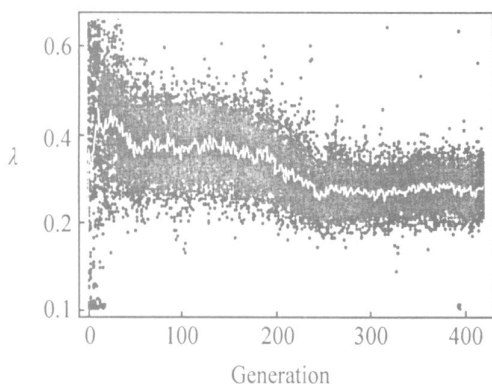


图 3 决策行为系数与 A gent 进化世代的关系

横轴是遗传算法运行的代数, 纵轴是每一代中平均 λ 数值, 深色的点是每个 A gent 在每一代中的 λ 数值, 浅色的线表示每代的平均 λ 数值 由图 3 可以看到, 随着遗传算法的运行, A gent 的 λ 数值逐渐趋于稳定, 这个稳定的区间大约是 0.2~0.4 因此, 整个 A gent 种群在逐渐趋向于混沌边缘的状态

为了进一步得到 λ 数值与适应度的关系, 本文将不同区间内的 λ 数值与该区间内 A gent 的相对平均适应度(即该 A gent 的适应度除以最大的适应度)画在同一个坐标轴下(见图 4). 不难看到, 当 λ 介于区间 0.1~0.5 时, 平均适应度曲线出现了一个凸起, 而这个凸起在大约 0.3 左右的地方达到了最大值 也就是说, 当衡量 A gent 的决策行为的参数 λ 在 0.2~0.4 区间时适应度会增大, 而当 λ 在这个区间外时则会减小 根据前面的讨论已经看到, λ 过大则表示 A gent 的决策行为过于混沌, 而 λ 过小则表示 A gent 决策比较死板, 当 λ 介于二者之间时 A gent 的决策处于混沌边缘状态 在这个具体试验中, λ 介于 [0.2, 0.4] 之间时, A gent 处于混沌边缘状态 只有处在混沌边缘状态下的 A gent 才会具有比较大的适应度

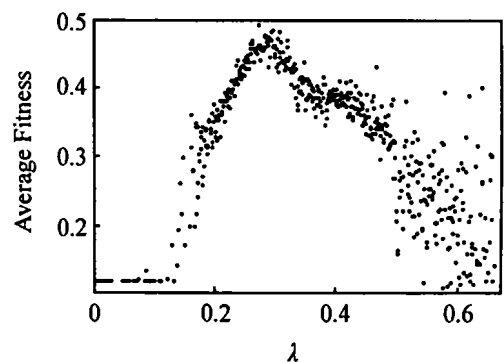


图 4 决策行为系数的相对平均适应度分布

该计算机试验虽然分析的是虚拟数字生命在计算机中的进化过程以及它们的决策行为与适应度之间的关系, 但不难将其看作是人类决策的一个隐喻 在该试验中, 每个 A gent 相当于社会中的一个决策个体, 它仅仅能够感知有限的随机分布的食物, 这就意味着决策个体面对的是一个完全不可预测的复杂环境 然而每个 A gent 都会遵循自己的决策规则, 这相当于人们决策时所遵循的规则 在现实生活中, 并不存在先验正确的决策规则, 每个主体仅仅能够在复杂多变的环境下不停地试错改进, 这相当于 A gent 在进化 一般而言, A gent 会进化得越来越适应环境 然而随着进化的进行, 什么样的决策规则能够被保留下来, 什么样的规则被淘汰呢? 这要看该规则是否有利于控制决策主体能更好地推向混沌边缘

的状态 通过这个试验,不难看出随着进化的进行, Agent 的行为会越来越趋向于混沌的边缘,在混沌边缘这个大的区域下, Agent 才可能进一步学习进化自己的决策规则 这是对人类决策问题的很好隐喻,也就是说,当人们面临复杂多变的环境时,只有处于混沌边缘的行为才会有助于提高自己的适应能力

5 在决策与管理中的意义

通过将决策模型抽象成某种特定的计算,得出了只有决策主体处于混沌的边缘状态时才能更好地适应环境 不难理解,在现实的系统中每个个体都完成一定的决策,而按照前面的观点,只有个体的决策处于混沌边缘状态时才能更好地适应动态环境 也就是每个个体都要积极主动地利用混沌的力量寻找创新模式,同时又要在经验教训之中利用秩序的力量凝固住有意义的模式,从而不断地在创新与保守、混沌与秩序之间寻求平衡,以创造永恒的新奇性和健康的自我发展

混沌边缘的概念也对管理工作提供了一定的启发 在管理企业或组织时,也许管理者不应该以自身固死的评判标准来评价员工或者组织,只要它们的决策处于一种混沌边缘的状态就可以适应多变的环境 按照混沌边缘的价值观,管理工作者的角色不应该是机械的家长式的领导,这样容易将管理者的价值观硬性灌输给整个组织中而导致组织的行为过于死板;反之,管理者又不能完全放任组织的自由散漫 管理工作者应该做的是使得组织永远处于一种混沌边缘的状态^[6]

事实上,很多国际知名大企业的管理者就是遵循混沌边缘的理念对组织实施管理的 例如,曾任过 Intel 公司首席执行官的 Grove 就曾指出他管理 Intel 的诀窍在于,当 Intel 面临新市场的竞争时, Grove 会将他的组织推向到一种主动迎接变化的边缘状态^[7] 首先, Grove 必须允许组织处于适当的混乱状态,他会看着公司内出现的各种矛盾冲突在组织中不断增长;然而一旦组织中的适应性变化已经发生,那么管理者就要站出来主动维持秩序,让组织重新井井有条起来 这种新建立的秩序往往能够更好地适应新环境,因此 Grove 认为管理者的角色就是要让组织始终维持在混沌边缘的状态

6 结 论

目前,人们决策所面临的环境是多变而复杂的,如何在这样的环境下进行有效的决策日益成为一个重要的课题 混沌边缘的概念作为一个复杂系统中的普遍观点已应用于多个学科中,因而也可用于对

个体的决策行为的分析 本文在简要回顾了混沌边缘概念后,主要利用 Agent 决策模型定义了衡量决策 Agent 处于混沌边缘的系数 并用人工生命的仿真作为一个隐喻,研究了不同的决策规则是否具有更高的适应性 试验结果指出,只有当主体处于混沌边缘的状态下才能使得自己的适应性更高 该实验对现实中的个体决策行为及其组织的管理工作具有重要的隐喻作用,也就是个体应该不断调整自己的状态,以便更好地趋向于混沌的边缘才能提高自身的适应能力

参考文献(References)

- [1] Mitchell Waldrop. *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos* [M]. New York: Touchstone, 1992
- [2] John Holland. *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity* [M]. New York: Helix Books, 1995
- [3] Christopher G Langton. *Life at the Edge of Chaos* [A]. *Artificial Life II* [C]. Redwood City: Westview Press, 1991: 4-90
- [4] James A. Highsmith III. *Adaptive Software Development* [M]. New York: Dorset House Publishing Co, 2000
- [5] Daryl R C. *Leading at the Edge of Chaos: How to Create the Nimble Organization* [M]. New York: John Wiley, 1998
- [6] 冯彦杰. 企业系统持续发展模式: 秩序与混沌的边缘 [J]. *系统辩证学学报*, 2002, 10(2): 59-62 (Feng Y J. Modes of Sustained Development of Enterprise: Edge of Chaos and Order [J]. *J of Systemic Dialectics*, 2002, 10(2): 59-62)
- [7] Richard P, Mark M, Linda G. *Surfing the Edge of Chaos: The Laws of Nature and the New Laws of Business* [M]. New York: Three Rivers Press, 2001
- [8] Cohen Bernice. *The Edge of Chaos: Financial Booms, Bubbles, Crashes, and Chaos* [M]. New York: John Wiley & Sons, 1997
- [9] Stuart A Kauffman, Sonke Johnson. Co-evolution to the Edge of Chaos: Coupled Fitness Landscapes, Poised States, and Co-evolutionary Avalanches [A]. *Artificial Life II* [C]. Redwood City: Westview Press, 1991: 325-370
- [10] Nils Bertschinger. Real-time Computation at the Edge of Chaos in Recurrent Neural Networks [J]. *Neural Computation*, 2004, 16(7): 1413-1436
- [11] Mikhail P, Peter W. Evaluating Team Performance at the Edge of Chaos [A]. *Robo Cup, 2003: Robot Soccer World Cup VII. Lecture Notes in Computer Science 2003* [C]. New York: Springer, 2004: 89-101

(下转第 1156 页)

首先利用最大Meta路算法求出4条最大Meta路,对应着4套不同的供应链方案,分别为{1, 2, 5}, {1, 2, 6}, {1, 3}, {1, 4};其源点集合分别为{2, 4, 5, 6, 8, 9, 12}, {2, 4, 5, 6, 8, 9, 13}, {2, 4, 5, 10}, {2, 4, 5, 11}。利用速度算法得到4套方案的速度分别为110 d, 125 d, 65 d, 55 d;利用成本算法得到4套方案的成本分别为:10 110元, 10 220元, 11 300元, 11 480元;利用匹配能力算法得到4套方案的匹配能力分别为2 500万台, 2 000万台, 2 500万台, 1 800万台;利用向上柔性下限算法得到4套方案的向上柔性下限分别为11 d, 6 25 d, 11 d, 3 61 d;利用向上柔性上限算法得到4套方案的向上柔性上限分别为20 d, 23 d, 11 d, 5 d。计算结果如图3所示,每幅图中的横轴分别代表4种供应链方案,纵轴分别代表供应链的速度、成本、匹配能力和柔性

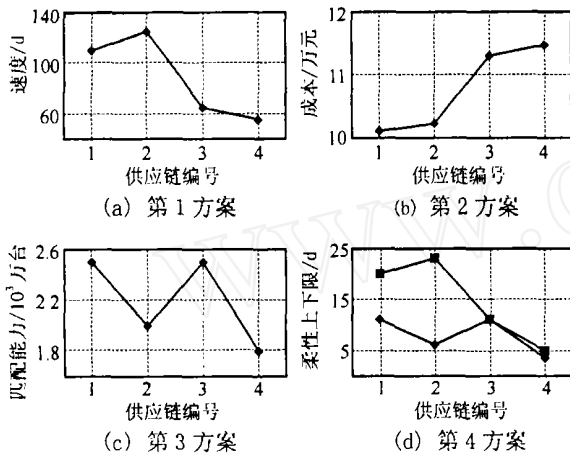


图3 微机生产供应链4种方案测度的图形显示

从图3可以看出,这4套方案各有所长:第1套方案的成本最低;第3套方案的匹配能力和第1套同为最大;第4套方案的速度最快,向上柔性最好;第2套方案则没有突出的测度值。企业决策者可根据这些定量结果从中选出对自己有利的方案。当对几种测度需要综合考虑时,则可利用加权或其他多目标规划方法,从中选出最佳方案。

6 结 语

本文从战略层面研究了供应链的定量分析模型,提出一种系统化的建模和分析手段。目前,国际上使用的关于供应链绩效的测评,大都根据供应链

的实际运行情况进行统计得到的,属事后评价模式,而本文方法则可作为供应链组建时的事前评价手段。此外,该方法与传统的数学建模方法相比具有以下优点:

1) 以图形的形式表示供应链模型,便于建模人员与管理人员之间的沟通和理解,从而提高了模型的可信度;

2) 该方法在处理多种因素方面,更为便捷,当所考虑的因素不同时,只需对生成元和弧的权值向量进行修改即可,无需对模型本身进行变动。

参考文献(References)

- [1] 马士华,林勇,陈志祥. 供应链管理[M]. 北京:机械工业出版社,2000:12-26
(Ma S H, Lu Z X. *Supply Chain Management* [M]. Beijing: China Machinery Press, 2000: 12-26)
- [2] Govil M, Proth J M. *Supply Chain Design and Management* [M]. Academic Press, 2002
- [3] Davis T. Effective Supply Chain Management [J]. *Sloan Management Review*, 1993, 34(4): 35-46
- [4] Arntzen B C, Brown G G, Harrison T P, et al. Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation [J]. *Interfaces*, 1995, 25(1): 69-93
- [5] Basu A, Banning R W. Metagraphs [J]. *Omega*, 1995, 23(1): 13-25
- [6] Basu A, Banning R W. Metagraphs: A Tool for Modeling Decision Support Systems [J]. *Management Science*, 1994, 43(12): 1579-1600
- [7] Basu A, Banning R W, Shtub A. Metagraphs in Hierarchical Modeling [J]. *Management Science*, 1997, 43(5): 623-639
- [8] Basu A, Banning R W. Metagraph Transformations and Workflow Management [A]. *Proc of the 30th Hawaii Int Conf on System Science (HICSS 230)* [C]. Hawaii: IEEE Computer Society Press, 1997: 359-366
- [9] 刘晋,沈春林. 供应链的一种形式化建模方法[J]. *南京航空航天大学学报*, 2001, 33(6): 537-543
(Liu J, Shen C L. Formal Modeling Method for Supply Chain Management [J]. *J of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics*, 2001, 33(6): 537-543)
- [10] Edward Forrest. *Activity-based management* [M]. New York: McGraw-Hill, 1996: 298-352

(上接第1151页)

- [12] Ronen I, Braffman, Moshe Tennenholtz. Modeling Agents as Qualitative Decision Makers [J]. *Artificial Intelligence*, 1997, 94(1-2): 217-268
- [13] Harry R Lewis. *Elements of the Theory of Computation* [M]. Upper Saddle River, N J: Prentice-Hall Inc, 1998

- [14] Wolfram S. *Theory and Applications of Cellular Automata* [M]. Singapore: World Scientific, 1986
- [15] Christopher G Langton. *Artificial Life, SFI Studies in the Sciences of Complexity* [M]. Redwood City: Addison-Wesley Publishing Company, 1988