

基于动态目标连接模型的组织变尺度控制策略^①

陈星光¹, 周 晶¹, 朱振涛^{1,2}, 李 民¹

(1. 南京大学工程管理学院, 南京 210093; 2. 南京工程学院经济管理学院, 南京 211167)

摘要: 现实中的组织往往由许多不同产出效率类型的个体组成, 由于个体的加入和离去使得组织结构具有明显的动态特征, 如何在考虑到个体异质的条件下, 采取有针对性的调控措施来保证组织整体的产出效率, 是一个值得研究的问题. 本文从复杂系统的角度提出了动态目标连接模型(dynamic object connection model, DOC model), 该模型能够较好地描述系统层次嵌套性、结构异质性和动态性等特征, 可以精细地表达出系统组成要素相互作用之间的结构特征. 应用该建模方法对工程项目组织的变尺度控制问题进行了研究, 仿真分析结果显示, 当组织中效率输出不稳定的个体数量增加时, 序主体需要对系统中所有个体提高控制强度, 当组织中效率输出稳定的个体数量增加时, 序主体只需要适度提高对这些个体的控制强度. 结论为认识和理解组织管理复杂性提供了有价值的洞见, 并且为复杂系统建模和分析提供了新的思路.

关键词: 复杂性; 复杂系统; 相互作用; 动态目标连接; 组织管理; 变尺度控制

中图分类号: N945.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2012)10-0026-11

0 引 言

广义地说, 复杂系统由巨大数量相互作用的组分构成, 可能包括分子、细胞、细菌、电子芯片、计算机、路由器、移动电话, 甚至人、商业公司或者国家联盟. 这些系统元素间的相互作用往往是非线性的, 因此导致了大量的在许多时间和空间规模上的模式和波动性方面的动态复杂性现象. 对于复杂系统的研究引起了物理学家、生物学家、生态学家、经济学家和社会科学家广泛的关注, 复杂性是现实世界的一个重要属性^[1], 不同领域的学者, 提出了许多行之有效的研究工具和手段. 比如, 在生物学领域, 为了描述基因通过一系列所谓的适应点来进行搜索的自适应演化过程, 适应度景观的概念在上世纪 30 年代就被提出^[2], Kauffman 等人^[3-7]使用这些概念来考察物种的自组织

和自然选择过程, 他们借鉴了物理学研究中的自旋玻璃模型(spin-glass model), 提出了适应度 NK 模型, 许多社会科学领域的学者将 NK 模型作为建模工具, 来研究诸如组织结构、技术创新、工业过程、动态交通评估等问题^[8-15]. 对于社会经济、工程技术等领域的人工复杂系统, 相比较物理或者生物系统而言, 往往其层次性、异质性、动态性、非线性、涌现性、自组织性等特征表现得更为明显, 对于其上的复杂结构和动力学之间的相互作用机制的理解迫切需要新的方法和工具. Amaral 等人^[16]特别强调网络分析和基于 Agent 的建模两种方法的重要性, Ottino 指出^[17], 虽然目前对于复杂系统的理解上取得了不错的进展, 但在究竟应该采取何种方法最为有效的问题上, 离达成一致还有相当的距离, 比如, 有的人认为应该使用元胞自动机, 而另一些人则认为基于网络的方法.

① 收稿日期: 2010-05-14; 修订日期: 2010-12-15.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70831002; 70971061; 70901038; 71071073; 71101067; 71101069); 教育部人文社科青年基金资助项目(12YJCZH017).

作者简介: 陈星光(1977—), 男, 湖北新洲人, 博士, 讲师. Email: cxg@nju.edu.cn

Vespignani^[18]专门讨论了由大规模物理基础设施(比如,运输系统和电力分配网络等)组成的技术社会系统的行为预测问题,指出有效的研究途径需要在大量的实际数据的基础上,获得系统模式的公式化表述,这依赖于理论和建模方法的进步。对于社会经济系统, Schweitzer 等人^[19]指出,经济网络同其他复杂系统一样,由于大量异质个体间动态的相互作用导致的复杂行为变得非常难以预测和控制。经济危机不能简单地解释为一些关键节点的故障,因此,需要对系统动力学和它们究竟与底层的相互作用网络的结构特征有何关联有更为本质的洞察,他们详细地讨论了“宏观”和“微观”两种不同研究范式的优缺点,建议了未来应该着重努力的几个方向: 1) 巨量数据分析; 2) 时间和空间组合信息利用; 3) 系统结构的辨识; 4) 超越简单性的模型; 5) 对系统反馈的理解。

工程作为一类典型的人工复杂系统,其显现的自适应、自组织和涌现行为十分普遍,对于这些复杂性现象的研究离不开对各种正式和非正式的组织组织的分析。现实中,由于组织中主体成员的进入和离开是不断发生的,因此,许多不同规模的组织表现出明显的动态性特征,对于正式的组织而言,往往存在着若干个起主导作用的序主体,序主体的管理和控制对于维持组织整体的效率和性能起着至关重要的作用,如何在组织结构(规模、成员等)发生变化的情况下,采取有针对性的调控措施,尽量降低这种波动带来的不利影响,提高组织抵抗这种“扰动”的鲁棒性,保证组织的整体输出达到一个较为理想的水平,是一个值得深入探讨的问题。这里需要同时考虑到组织成员的异质性(组织中存在着大量不同类型的个体)、组织的动态性(组织规模的扩大或缩小)以及主体成员之间的相互关联影响(组织的网络拓扑结构),此外,现实中的人工系统往往还存在着嵌套现象,比如,若干个个体组成了一个任务群体,若干个任务群体构成了一个项目组织,若干个项目组织又构成了一个更大的项目群网络……,需要有一个适当的模型方法来刻画这几个方面的特征,以此作为进一步研究的基础。

本文提出一个动态目标连接模型(dynamic object connection model, DOC Model)来试图达到

这一目的,这里目标的含义是已知系统组成要素的某些参数值,需要知道系统整体的参数结果。

1 DOC 模型的实现

本节首先对动态目标连接(DOC)模型的基本框架进行说明,然后讨论该方法的搜索算法和对于多层次嵌套系统的模型设计,图 1 是 DOC 模型和复杂系统特征之间的对应关系。

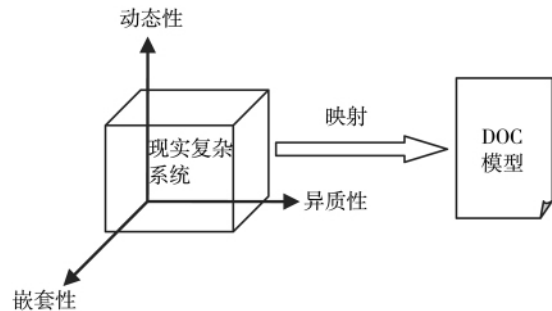


图 1 复杂系统与 DOC 模型对应关系图

Fig. 1 Illustration of corresponding between complex systems and DOC model

1.1 DOC 模型的基本框架

首先,对 DOC 模型中几个基本的函数进行说明,DOC 模型的基本假设是,已知系统各个组成主体在时刻 t 的状态参量,也清楚这些主体之间的相互作用关系,需要对系统整体的某个目标值作出估计。根据应用情况的不同,可以赋予该函数不同的含义,比如,可以是系统当前时刻的复杂度或者运行效率。

记系统整体的目标函数为 $G(x(t))$,组成系统的主体在时刻 t 的个数是 $N(t)$,向量函数 $x(t) = (x_1(t), \dots, x_{N(t)}(t))^T$ 是系统在时刻 t 的状态,第 i 个分量 $x_i(t)$ 表示系统第 i 个主体在时刻 t 的状态参数,注意状态参数 $x_i(t)$ 本身可能是一个向量,即 $x_i(t)$ 可能包含有若干个不同类型的状态值,即 $x_i(t) = (x_{i1}(t), \dots, x_{im}(t))^T$ 表示第 i 个主体由 m 个不同的状态参数组成。系统各个主体的目标函数为 $f_i(x_i(t))$,表示时刻 t 系统中第 i 个主体的目标值。定义个体目标贡献函数 $\phi_i(x(t))$,表示时刻 t 系统中第 i 个主体对于系统整体目标的贡献大小。

记 $w(t) = (w_1(t), \dots, w_{N(t)}(t))^T$ 称为目标贡献权重分配向量,每一个分量 $w_i(t)$ 表示时刻 t 第 i 个主体对于整体目标的贡献程度,满足归一化

和非负条件 $\sum_{i=1}^{N(t)} w_i(t) = 1, w_i(t) \geq 0$. 则系统整体目标函数与主体贡献函数之间的关系可以表示为

$$G(x(t)) = \sum_{i=1}^{N(t)} w_i(t) \phi_i(x(t)) \quad (1)$$

如果 $N(t)$ 是与时间无关的常数, 即 $N(t) = N$, 且各主体对于整体的贡献权重均相等, 即 $w_1(t) = \dots = w_{N(t)}(t) = \frac{1}{N}$, 则公式 (1) 即等价于 NK 模型中标准的适应度函数.

$N(t)$ 个主体间的相互关联关系用一个矩阵表示, 称为作用关联矩阵 (effect incidence matrix, EIM), 记作 $A(t) = (a_{ij}(t))_{N(t) \times N(t)}$, 其中, 标号为 ij 的元素 $a_{ij}(t) \in [0, 1]$, 表示 t 时刻系统第 i 个主体对第 j 个主体的相互作用强度, 当 $a_{ij}(t) = 0$ 表示系统的第 i 个主体对第 j 个主体不存在相互作用, 当 $a_{ij}(t) = 1$ 表示系统的第 i 个主体对第 j 个主体存在完全的关联影响. 实际 $a_{ij}(t)$ 的参数值如何确定, 需要具体问题具体分析. 注意 $a_{ij}(t)$ 可能和 $a_{ji}(t)$ 并不相等, 即 EIM 是非对称矩阵. 图 2 举例说明了两个主体间相互作用的非对称性, 第 1 个主体对于第 2 个主体的相互作用强度为 0.1, 第 2 个主体对于第 1 个主体的相互作用强度为 0.4.

第 i 个主体对于系统整体的目标贡献函数计算公式为

$$\phi_i(x(t)) = \sum_{j=1}^{N(t)} a_{ij}(t) f_j(x_j(t)) \quad (2)$$

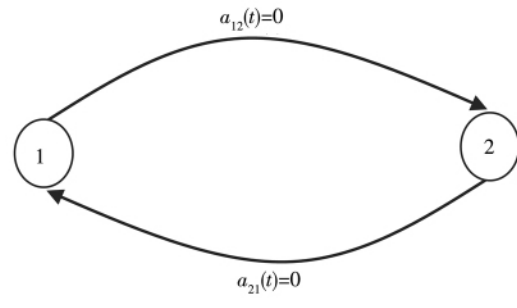


图 2 两个主体非对称的相互作用

Fig. 2 Schematic of asymmetric interaction between two components

其含义是, 第 i 个主体对于系统整体目标的贡献度, 不仅来自该主体自身的贡献, 还与系统中与之发生相互作用的其他主体有关, 将主体目标函数和系统目标贡献函数表示为向量形式, 则有

$$F(x(t)) = (f_1(x_1(t)), \dots, f_{N(t)}(x_{N(t)}(t)))^T,$$

$$\Phi(x(t)) = (\phi_1(x(t)), \dots, \phi_{N(t)}(x(t)))^T$$

则 (1)、(2) 两式可以改写为

$$G(x(t)) = w(t)^T \Phi(x(t)) \quad (3)$$

$$\Phi(x(t)) = A(t) F(x(t)) \quad (4)$$

根据假设, 已知 $w(t)$, $A(t)$, $F(x(t))$, 则可以根据式 (3)、(4) 求得所需要的系统整体目标函数值, 在此称式 (3)、(4) 为 DOC 模型的基本合成公式 (primary synthesized formula, PSF). 图 3 显示了 DOC 模型的基本框架构成.

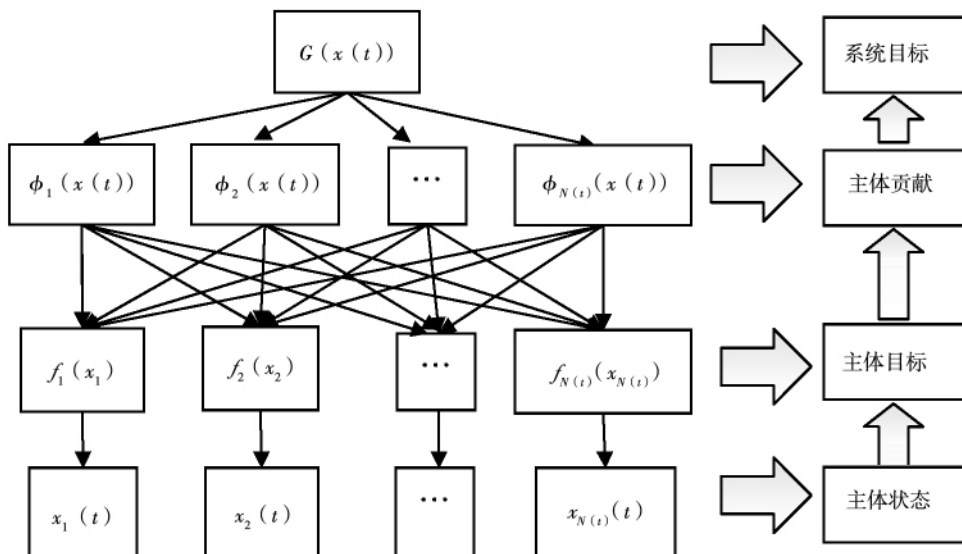


图 3 DOC 模型基本框架结构

Fig. 3 Schematic of DOC model constituent

1.2 建模步骤和多层次系统的迭代方法

DOC 模型依据从局部到整体,自下而上的思路,在已知系统主体成员状态值和成员之间相互关联的前提下,得到反映系统宏观特征的目标值,使用 DOC 模型的一般操作步骤如下:

1) 分析系统,识别出所有系统中各层次的主体成员,得到主体成员的当前时刻状态向量函数 $x(t)$ 根据 $x(t)$ 找出当前时刻系统的主体目标函数 $F(x(t))$;

2) 根据主体成员间的相互作用关系,构造关联矩阵 $A(t)$;

3) 作出目标贡献权重向量 $w(t)$,利用基本合成公式 PSF, 求出系统整体目标函数值 $G(x(t))$ 。

值得注意的是,层次嵌套性是许多复杂系统的一个基本特征,考察实际系统往往会发现,一个大系统有许多子系统构成,而子系统还可以进一步细分为更低一层次的子系统,一直到最基本的不能再细分的个体单元为止。如何在模型中恰当描述这种系统的多层次嵌套特征,是复杂系统建模必须解决的问题,本文提出的 DOC 模型,采用迭代的方法来实现系统的多层次性,具体说来,就是从最基本单元出发,按照基本合成公式 PSF 的方法,算出该层系统的目标函数值,然后以该目标函数值作为上一层系统的输入,再运用基本合成公式 PSF,得到该层系统的目标函数值,再将该值作为上一层系统的输入,反复运用该过程,直到最上层的一级为止。假设第 $k-1$ 层系统有 m_{k-1} 个整体目标,第 k 层系统有 m_k 个整体目标,则上述过程可用公式表述如下

$$G_k(y(t)) = w_k(t)^T \Phi_k(y(t)) \quad (5)$$

$$\Phi_k(y(t)) = A_k(t) F_k(y(t)) \quad (6)$$

$$F_k(y(t)) = (G_{k-1}(x(t)))_{m_{k-1} \times 1} \quad (7)$$

$$G_{k-1}(x(t)) = w_{k-1}(t)^T \Phi_{k-1}(x(t)) \quad (8)$$

$$\Phi_{k-1}(x(t)) = A_{k-1}(t) F_{k-1}(x(t)) \quad (9)$$

上述公式中,下标 k 表示第 k 层系统,假设系统总共有 M 层,则 $k = 0, 1, \dots, M$, 第 0 层表示已经不可再分解的最基本层次, $x(t)$ 和 $y(t)$ 分别表示第 $k-1$ 层和第 k 层系统的状态向量,公式(7)中的 $(G_{k-1}(x(t)))_{m_{k-1} \times 1}$ 表示第 $k-1$ 层的计算得到一个

元素个数为 m_{k-1} 的列向量,其中的每个元素为第 $k-1$ 层系统中的一个目标,称公式(5)~(9)为迭代合成公式(iterated synthesized formula ISF)。

基于 DOC 模型,可以构造出一个一维局部最优搜索算法(一维表示每次改变一个元素的状态值)算法可以简要地描述为如下步骤:

(1) 给定系统所有主体状态的初始值序列 $\{x_i(t)\} \quad t = t_0$;

(2) 从搜索集(搜索集初始的元素个数为 $N(t)$)中随机选择一个主体 $x_q(t) = (x_{q1}(t), \dots, x_{qm}(t))^T$ 将该主体的状态值增加一个事先给定的步长单位 $\Delta_q(t) = (\delta_{q1}(t), \dots, \delta_{qm}(t))^T$ 时间步长增加 1 个单位 Δt , 即 $x_q(t + \Delta t) \leftarrow x_q(t) + \Delta_q(t)$;

(3) 计算系统的目标值,如果目标值提高了,更新所有主体的状态序列,再将该主体的状态值增加一个事先给定的步长单位,时间步长增加 1 个单位;如果该主体的状态值达到了区域边界且所有的主体都完成了计算,转第(5)步,否则,如果该主体的状态值达到了区域边界且至少有一个主体没有完成计算,则从剩下的搜索集中随机选择一个主体,计算新状态序列下的目标值,重复第(3)步;否则,如果主体的状态值没有达到区域边界,则重复本步;

(4) 如果目标值下降了,搜索集中主体个数减 1,更新搜索集,转至第(2)步;

(5) 则当前主体状态值序列即为整体目标函数值达到局部最优的点,停止。

2 DOC 模型应用算例

本节针对工程项目组织管理复杂性分析中的一个具体算例说明上述方法的应用。关于工程项目的复杂性, Baccarini 等人^[20-21]指出,建筑过程的复杂程度是所有行业中最高的,建筑行业面对项目中日益增长的复杂性显示出了巨大的困惑,如何理解并且去管理项目的复杂性是非常有现实意义的。他们将建设项目的复杂性理解为由许多变化的相互影响的部分而构成,提出应该将协调、沟通和控制进行集成来有效应对建筑工程项目的复杂性。Gidado^[22]从实现项目目标的困难程度

的角度给出了另一个不同的定义,他从执行项目的实际时间和消耗成本来间接定义项目的复杂性,并给出了一个量化项目复杂性的方法.本文给出的例子从工程项目主体关联复杂性的角度来说明针对不同参与主体,需要采取不同管理手段来提高组织整体的产出效率,为工程项目的整体目标服务.

2.1 算例基本假设说明

根据 Holland 的观点^[23],复杂系统通过活动主体的聚集可以生成新的功能.对于一个工程项目组织而言,是由许多独立的活动主体所构成,而其中可能有若干个起支配或者主导作用的主体构成了组织的序参量,本文称为序主体,序主体对组织中的参与个体可能会采取一定的控制措施来实现工程目标.本算例将研究两个问题:一是序主体的存在与否对于组织产出效率的影响;二是在有序主体存在的条件下,不同的序主体策略对于组织产出效率的影响.本算例的基本假设如下:

1) 不同的工程参与主体具有不同的产出效率特征,假设存在着三种典型类型,1: 效率震荡型(效率在一定范围内保持震荡,高低之间的落差不大,本文称为亚稳定型);2: 效率平稳型(效率波动起伏不太显著,呈现相对较为稳定的状态,本文称为稳定型);3: 效率冲动型(效率的高点和低点相差很大,涨落非常明显,本文称为非稳定型),三种类型分别记为类型 A,类型 B,类型 C.

2) 有四种可选择的主体控制策略

S₁: 不存在序主体控制;

S₂: 存在序主体,序主体采取平均主义策略,即对所有的个体均采取相同的控制强度;

S₃: 存在序主体,序主体对稳定型和亚稳定型的个体采取强控制,对非稳定型的个体采取弱控制;

S₄: 存在序主体,序主体对稳定型和亚稳定型的个体采取弱控制,对非稳定型的个体采取强控制.

四种策略下序主体的控制作用量的大小分别

为 S₁: e₁ = e₂ = e₃ = 0, S₂: e₁ = e₂ = e₃ = 0.2, S₃: e₁ > e₂ > e₃, S₄: e₁ < e₂ < e₃. (e₁, e₂, e₃ 分别表示序主体对于类型 A、B、C 群体的作用量大小). 下面将分别考察这四种情形下,组织网络结构的动态演进与序主体控制策略之间的最佳匹配规律,工程组织结构的动态演进用不同类型群体的人数变化来表示.

3) 为简单起见,假设个体工作产出效率由工作技能和工作态度两者决定,并且对于所有工程项目的主体,关联矩阵 EIM 是对称阵,即 a_{ij}(t) = a_{ji}(t), ∀ i, j ∈ {1, ⋯, N(t)}. 每种类型的群体内部近似于一种正式的组织,故可以认为群体内部的相互作用强度是固定不变的,而群体之间则存在一种比较弱的不确定性联系,则群体之间相互作用可以用满足某种分布函数的随机量来描述,假设服从均值 μ = 0.01, 方差 σ² = 0.1 的正态分布.

4) 假设序主体的个数为 1,三个工程参与群体 A, B, C 的初始人数分别为 3, 4, 3. 群体 A, B, C 的主体状态参数依次为 x₁(t) = (x₁₁(t), x₁₂(t))^T, x₂(t) = (x₂₁(t), x₂₂(t))^T, x₃(t) = (x₃₁(t), x₃₂(t))^T. 这里,变量 x₁₁(t) 和 x₁₂(t) 分别表示主体的工作技能和工作态度.

图 4 说明了算例中组成主体的网络结构与相互作用关系. 在该图中,不同线型的圆圈代表着不同类型的主体. 群体 A, B, C 组成的主体编号依次为 {1, 2, 3}, {4, 5, 6, 7}, {8, 9, 10}, 序主体的编号为 11. 它们所对应的作用关联矩阵 A(t) 中的相互作用向量依次为 a₁, ⋯, a₁₁. 假设 A, B, C 三种群体成员分别增加 2 个单位,组织的成员构成分别有如下四种情形: case1: (3, 4, 3, 1); case2: (5, 4, 3, 1); case3: (3, 6, 3, 1); case4: (3, 4, 5, 1), 括号中前面三个数字分别表示项目组织中 3 种类型群体的主体成员数量,第 4 个数字表示序主体数量. 后面将根据 DOC 模型的计算方法,得到四种情形下整体产出效率的均值、方差和排序,然后比较当系统从初始状态 case1 分别变化到 case2, case3, case4 三种情形下,整体产出效率的变化情况.

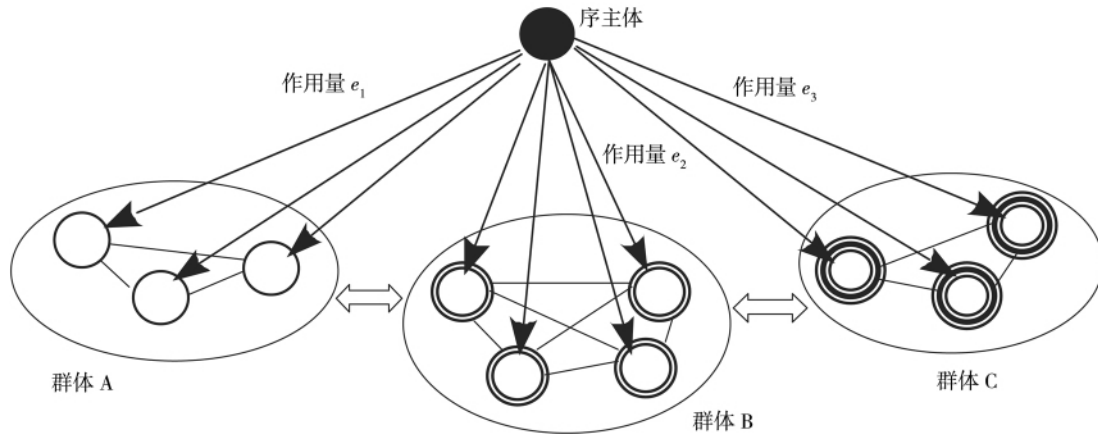


图 4 工程组织结构与成员作用关系示意图

Fig. 4 Schematic of project organization structure and components interrelated relationship

2.2 函数定义及数据说明

主体目标函数取为(本算例中目标函数即为主体产出效率函数)

$$f_i(x_i(t)) = c_{i1}x_{i1}(t)^{c_{i2}}x_{i2}(t)^{c_{i3}} + c_{i4}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (10)$$

三种类型的参数 $c_{i1}, c_{i2}, c_{i3}, c_{i4}$ 分别取为 $\{10, 3, 2, 10\}, \{10, 5, 4, 10\}, \{10, 4, 3, 10\}$. 工作技能函数 $x_{i1}(t) = \left(1 + \frac{1}{t + \alpha_i}\right)^t + 1$, 工作态度

函数 $x_{i2}(t) = \frac{\sin(t^{\beta_i})}{t^{\gamma_i} + \lambda_i}$. 对于 A, B, C 三种类型的群体, 参数 $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \lambda_i$ 依次取为 $\{0.01, 2, 0.25, 6\}, \{0.03, 0.5, 0.4, 4\}, \{0.02, 1, 0.3, 4\}$ (这里参数和函数的取值来源于 2.1 中的几个假设条件, 是为了反映出三种类型群体的产出效率输出特征, 并无特殊含义).

将上述参数分别代入到公式(10)中, 可以计算出三种类型的主体产出效率, 图 5 为三种类型的参与主体产出效率曲线, 其中细实线为亚稳定型群体 A 的产出效率函数 $f_1(x_1(t))$ 的图像, 粗实线为稳定型群体 B 的产出效率函数 $f_2(x_2(t))$ 的图像, 虚线为非稳定型群体 C 的产出效率函数 $f_3(x_3(t))$ 的图像.

群体 A 中 3 个主体的相互作用具有 $a_i = (*, *, * \mu_{i4}, \dots, \mu_{i10}, \mu_{i11})$ 的形式, 其中, 前面的三个星号分别表示 $(0, 1, 1), (1, 0, 1), (1, 1, 0)$, ρ 表示主体对自身的相互作用强度为 0, $\mu_{i4} \sim \mu_{i10}$ 表示群体 A 中的 3 个主体(序号分别为 1, 2,

3) 与群体 B, C 里面的 7 个主体之间的相互作用, 根据前面的假设, 这 7 个数服从正态分布 $N(0.01, 0.1)$, 最后一个参数 a_{i11} 表示群体 A 中的 3 个主体对序主体的作用量; 类似的, 群体 B 中 4 个主体的相互作用具有 $a_i = (\mu_{i1}, \mu_{i2}, \mu_{i3}, *, *, *, *, \mu_{i8}, \dots, \mu_{i11})$ 的形式, $\mu_{i1} \sim \mu_{i3}, \mu_{i8} \sim \mu_{i10}$, 这 6 个数服从正态分布 $N(0.01, 0.1)$, 四个星号分别表示 $(0, 1, 1, 1), (1, 0, 1, 1), (1, 1, 0, 1), (1, 1, 1, 0)$, 最后一个参数 a_{i11} 表示群体 B 中的 4 个主体(序号分别为 4, 5, 6, 7) 对序主体的作用量; 类似的, 群体 C 中 3 个主体的相互作用具有 $a_i = (a_{i1}, \dots, a_{i7}, *, *, *, \mu_{i11})$ 的形式, $a_{i1} \sim a_{i7}$, 这 7 个数服从正态分布 $N(0.01, 0.1)$, 三个星号分别表示 $(0, 1, 1), (1, 0, 1), (1, 1, 0)$, 最后一个参数 a_{i11} 表示群体 C 中的 3 个主体(序号分别为 8, 9, 10) 对序主体的作用量.

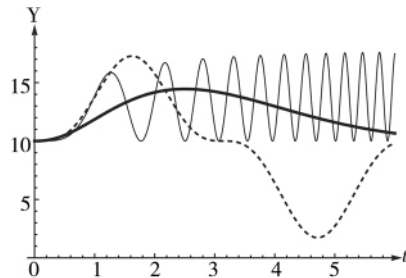


图 5 三种组织主体的产出效率示意图

Fig. 5 Schematic of productivity efficiency about three kind organization components

当序主体采用策略 S_1 时 $\mu_{11j} = 0, j \in \{1, \dots, 11\}$; 当序主体采用策略 S_2 时 $\mu_{11j} = 0.2, j \in \{1, \dots, 11\}$; 当序主体采用策略 S_3 时 $\mu_{11,1} = \mu_{11,2} =$

$a_{11,3} = 0.3$ $\mu_{11,4} = a_{11,5} = a_{11,6} = a_{11,7} = 0.2$ $\mu_{11,8}$
 $= a_{11,9} = a_{11,10} = 0.1$; 当序主体采用策略 S_4 时,
 $a_{11,1} = a_{11,2} = a_{11,3} = 0.1$ $\mu_{11,4} = a_{11,5} = a_{11,6} =$
 $a_{11,7} = 0.2$ $\mu_{11,8} = a_{11,9} = a_{11,10} = 0.3$. 目标贡献
 权重分配向量 $w(t) = (\frac{1}{11}, \dots, \frac{1}{11})^T$. 数据周期
 $[0, 9.5]$ 采样间隔 $\Delta_t = 0.5$, 一共取 20 个点进
 行计算, 对于每一个时刻点, 11 个主体(包括序主
 体)的产出效率服从正态分布 $N(e_i, \rho, 5)$, 其中,
 e_i 是每个主体根据公式(10)求得的当前时刻的
 效率, 这里序主体的产出效率与类型 A 主体的效
 率参数取值相同.

图 6 是算例计算过程的逻辑流程图.

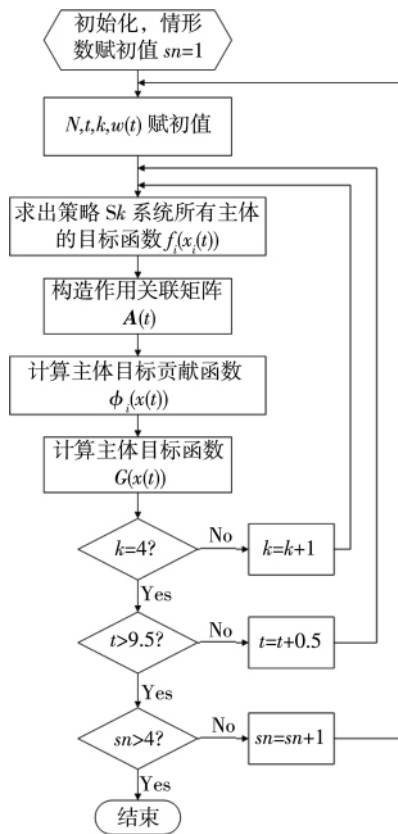


图 6 计算过程逻辑流程图

Fig. 6 Flow chart of numerical example calculation process

3 结果分析和讨论

图 7 是第 1 种情形下(初始情形) 20 个时期的
 4 种不同序主体策略输出的组织整体产出效率的
 计算结果.

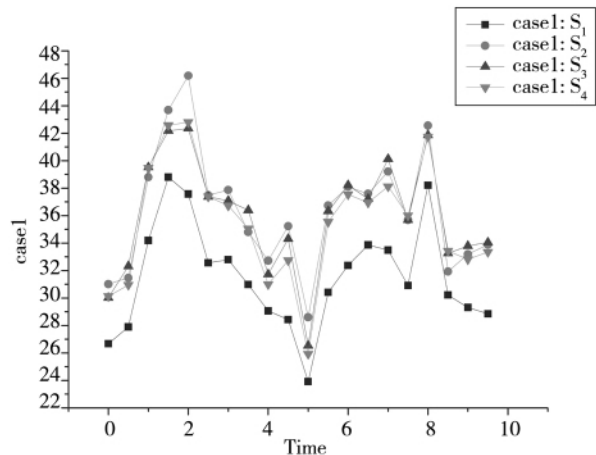


图 7 情形 1 的个体参与者效率贡献数据

Fig. 7 Calculation results of individual agent efficiency contribution for case1

表 1 是第 1 种情形下 20 个时期 4 种不同序主
 体策略下整体产出效率的均值、方差和均值的
 排序.

表 1 情形 1 的整体效率均值方差和排序

Table 1 Total performance mean variance and sorting under case1

	S_1	S_2	S_3	S_4
均值	31.524 4	36.336 4	36.016 8	35.511 6
方差	3.838 55	4.453 94	4.157 46	4.364 5
排序	4	1	2	3

图 8 是第 2 种情形下 20 个时期 4 种不同序主
 体策略输出的整体产出效率的计算结果.

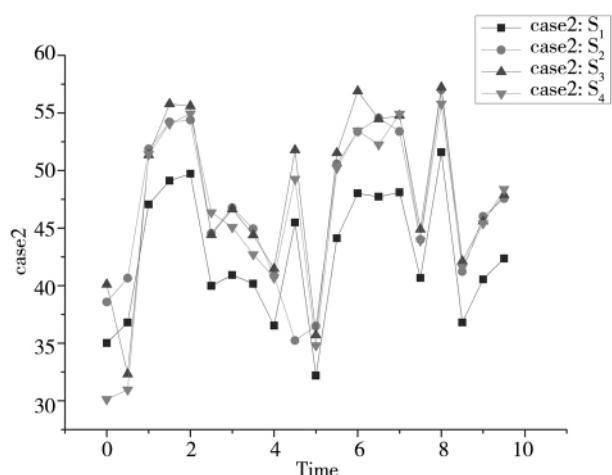


图 8 情形 2 的个体参与者效率贡献数据

Fig. 8 Calculation results of individual agent efficiency contribution for case2

表 2 是情形 2 下 20 个时期 4 种不同序主体策
 略下整体产出效率的均值、方差和均值的排序.

表 2 情形 2 的整体效率均值方差和排序

Table 2 Total performance mean variance and sorting under case2

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
均值	42.64	46.804 2	47.744 4	46.311 2
方差	5.543 36	6.619 97	7.205 49	7.756 92
排序	4	2	1	3

图 9 是第 3 种情形下 20 个时期 4 种不同序主体策略输出的整体产出效率的计算结果.

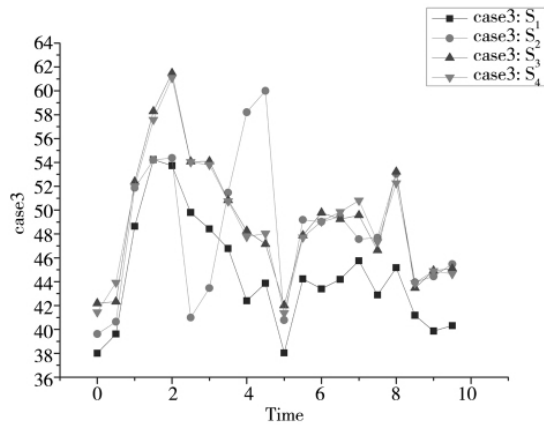


图 9 情形 3 的个体参与者效率贡献数据

Fig. 9 Calculation results of individual agent efficiency contribution for case3

表 3 是情形 3 下 20 个时期 4 种不同序主体策略下整体产出效率的均值、方差和均值的排序.

表 3 情形 3 的整体效率均值方差和排序

Table 3 Total performance mean variance and sorting under case3

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
均值	44.526 7	48.273 8	49.145 7	49.114
方差	4.670 44	5.912 55	5.329 77	5.149 8
排序	4	3	1	2

图 10 是第 4 种情形下 20 个时期 4 种不同序主体策略输出的整体产出效率的计算结果.

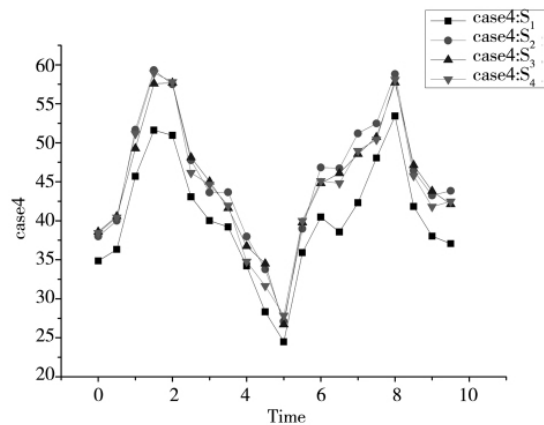


图 10 情形 4 的个体参与者效率贡献数据

Fig. 10 Calculation results of individual agent efficiency contribution for case4

表 4 是情形 4 下 20 个时期 4 种不同序主体策略下整体产出效率的均值、方差和均值的排序.

表 4 情形 4 的整体效率均值方差和排序

Table 4 Total performance mean variance and sorting under case4

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
均值	40.22	45.444 4	44.853 7	44.558 3
方差	4.670 44	5.912 55	5.329 77	5.149 8
排序	4	1	2	3

表 5 是三种不同组织群体结构变化情形下, 整体产出效率在不同序主体控制策略下的排序变化对比.

表 5 序主体控制策略的整体效率变化比较

Table 5 Comparison of efficiency change under four different order control strategies

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
A ↑ (case 1 to 2)	↔	↓	↑	↔
B ↑ (case 1 to 3)	↔	↓	↑	↑
C ↑ (case 1 to 4)	↔	↔	↔	↔

综合表 2、3、4、5 可以得到如下基本结论:

1) 对于第 1 种情形(case1 变到 case2) 随着组织中亚稳定型群体成员数量的增加,序主体使用控制策略 S₁ 和 S₄ 得到的组织整体效率变化不大,而使用控制策略 S₂ 导致的组织整体效率呈现下降的趋势, S₃ 导致的组织整体效率呈现上升的趋势,最佳控制策略从 S₂ 变为 S₃,说明控制策略 S₃ 更适合于在组织中亚稳定型成员增加的时候使用;

2) 对于第 2 种情形(case1 变到 case3) 随着组织中稳定型群体成员数量的增加,序主体使用控制策略 S₁ 得到的组织整体效率变化不大,而控制策略 S₂ 得到的组织整体效率呈现下降的趋势,同时 S₃ 和 S₄ 导致的组织整体效率呈现上升的趋势,序主体的最佳控制策略也从 S₂ 变为 S₃,说明控制策略 S₃ 和 S₄ 更适合于在组织中稳定型成员增加的时候使用;

3) 对于第 3 种情形(case1 变到 case4) 随着组织中非稳定型群体成员数量的增加,四种序主体控制策略得到的组织整体效率的排序并没有发生变化(策略产生的输出排序保持稳定),最佳策略都是 S₂,说明在这种情况下,使用平均控制策

略是最佳选择.

综合三种情况,表明当系统中亚稳定型(稳定型)个体总数增加时,平均主义的策略将让位于关注数量增加的控制策略(即将更多的控制力量投入到人数增加的群体中),有趣的是,当系统中非稳定的个体数量增加时,此时的最佳策略并非加强对这些增加群体的控制,而是采用平均主义的策略,对系统其它类型的成员同样采取适当的控制力度,反而会得到更好的系统整体输出效果.

此结果可以这样来解释,当系统中稳定类(包括亚稳定型和稳定型)个体增加时,由于稳定型个体的产出效率波动微弱,因此,稳定型个体的加入对于系统整体产出效率的影响相对微弱,所以只需要加强对于这些增加的稳定型个体的控制即可保证系统整体的输出性能;当系统中产出效率不稳定型个体增加时,这些个体的波动将会传递到系统中其他个体,由于组织成员间存在非线性相互作用,单独个体微小的波动可能会造成其他个体输出效率剧烈的波动,从而带来系统整体性能的波动,因此面对这种情况,不仅需要对这些新增的不稳定型个体提高控制强度,而且还要对其他数量没有发生变化的个体施加力度相当的控制,才能够保证系统整体输出性能维持在一个较好的水平.可见,随着系统组成要素复杂性影响因素的改变(比如说,类别的多样性、关联波动等),需要根据组织群体结构的变化,采取变尺度的管理控制措施(这里变尺度的含义是管理实施的强度、覆盖的范围等是随被管理系统组成结构的变化而进行动态调整的).

4 结束语

本文提出了一种可用于许多复杂社会技术系统的简单而直接的定量建模方法,并将该模型方法应用到动态组织序主体的控制策略研究中,得

到了一些对于实际管理工作有意义的结论:对于组织结构动态变化的情形,组织序主体的最优控制策略需要根据主体成员的特点有针对性地采取调整措施,如果组织中稳定型的个体增加,则此时序主体的最佳控制策略是将更大的精力投入到这些增加的主体成员的管理中;如果组织中非稳定型个体增加,则此时序主体的最优控制策略并非专门提高对这些增加成员的管理,而是遵循一种类似于平均主义的控制原则,需要对系统其它类型的成员采用同样的管理控制力度,才能够有效地保证系统整体的产出效率处于较好水平.

本文提出的 DOC 模型能够充分表现系统的动态性、层次嵌套性和异质性等几个典型的复杂性特征.相对于广泛应用的 NK 模型,该模型在三个方面有明显的改进:1)能够针对系统的层次嵌套性,进行多次反复的迭代,使得“系统的系统”这种普遍存在的现象能够应用本模型进行研究;2)引入了作用关联矩阵,能够精细地表达出系统要素相互作用之间的网络结构特征;3)引入了一个多元主体目标函数的概念,使得具有多种类属性的个体特征可以得到描述,提高了模型应用的灵活性.

该方法为认识和理解复杂系统由于微观个体之间相互作用导致系统宏观实现的动力学提供了新的建模手段和探索途径,当然,正如 Holland^[23]所指出的,建模是一种选择的艺术,它选择与研究问题有关的方面,同任何艺术一样,这种选择受爱好、品味和隐喻的指引,科学研究需要依靠这种艺术.本文用类似于网络化的模型来描述实际现象,进行了一些假设,它要求人们对存在哪些相互作用的个体、相互作用的形式和发生的时间尺度进行假设,这些假设并不是可以随意进行的^[24].未来进一步工作一是结合实际数据来验证本文模型中假设的合理性,二是适当放宽本文的一些假设条件,研究更为复杂的个体互动行为下系统整体所涌现出来的性质和导致这些现象的内在机制.

参 考 文 献:

[1] Ioannou P A, Pitsillides A (eds). Modeling and Control of Complex Systems [M]. New York : CRC Press , 2008.

- [2]Wright S. The roles of mutation ,inbreeding ,cross-breeding and selection in evolution[C]// Jones D F. ed. Proceedings of the Sixth International Congress of Genetics. New York: Genetics Society of America ,1932 ,1: 356 – 366.
- [3]Kauffman S A , Levin S. Towards a general theory of adaptive walks on rugged landscapes [J]. Journal of Theoretical Biology ,1987 ,128(1) : 11 – 45.
- [4]Kauffman S A , Weinberger E D. The NK model of rugged fitness landscapes and its application to maturation of the immune response [J]. Journal of Theoretical Biology ,1989 ,141(2) : 211 – 245.
- [5]Kauffman S A , Johnsen S. Coevolution to the edge of chaos: Coupled Fitness Landscapes ,poised states ,and coevolutionary avalanches [J]. Journal of Theoretical Biology ,1991 ,149(4) : 467 – 505.
- [6] Kauffman S A. The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution[M]. Oxford: Oxford University Press ,1993.
- [7]Levitan B ,Kauffman S A. Adaptive walks with noisy fitness measurements [J]. Molecular Diversity ,1995 ,1(1) : 53 – 68.
- [8]Westhoff F H , Yarbrough B V , Yarbrough R M. Complexity ,organization ,and stuart kauffman ’s the origins of order [J]. Journal of Economic Behavior and Organization ,1996 ,29(1) : 1 – 25.
- [9]Haynes K E , Kulkarni R G , Stough R R. Evolutionary Traffic Flow Landscapes: A Fitness Approach for ITS Management. Network Science , Nonlinear Science , and Infrastructure Systems[C]// Friesz T L. ed. New York: Springer Science Business Media ,2007 ,123 – 146.
- [10]Campos P R A , Adami C , Wilke C O. Optimal performance and delocalization in NK fitness landscapes [J]. Physica A ,2002 ,304(3 ,4) : 495 – 506.
- [11]Kaul H , Jacobson S H. New global optima results for the kauffman NK model: Handling dependency [J]. Mathematical Programming ,2007 ,108(2 ,3) : 475 – 494.
- [12]Evans S N , Steinsaltz D. Estimating some features of NK fitness landscapes [J]. The Annals of Applied Probability ,2002 ,12(4) : 1299 – 1321.
- [13]唐方成 , 马 骏 , 席酉民. 和谐管理的耦合机制及其复杂性的涌现 [J]. 系统工程理论与实践 ,2004 ,24(11) : 68 – 75.
Tang Fangcheng , Ma Jun , Xi Youmin. The coupling mechanism and emergence of complexity in HeXie management [J]. Systems Engineering: Theory & Practice ,2004 ,24(11) : 68 – 75. (in Chinese)
- [14]张 华 , 席酉民 , 曾宪聚. 网络结构与成员学习策略对组织绩效的影响研究 [J]. 管理科学 ,2009 ,22(2) : 64 – 72.
Zhang Hua , Xi Youmin , Zeng Xianju. The research on the effect of network structure and actor learning strategy on organizational performance [J]. Journal of Management Science ,2009 ,22(2) : 64 – 72. (in Chinese)
- [15]吴伟伟 , 朱 彬 , 于 渤. 企业技术管理的适合度景观研究 [J]. 中国软科学 ,2006 ,8: 120 – 133.
Wu Weiwei , Zhu Bin , Yu Bo. Research on fitness landscape of technology management of enterprise [J]. China soft science ,2006 ,8: 120 – 133. (in Chinese)
- [16]Amaral L A N , Uzzi B. Complex systems: A new paradigm for the integrative study of management , physical , and technological systems [J]. Management Science ,2007 ,53(7) : 1033 – 1035.
- [17]Ottino J M. Engineering complex systems [J]. Nature ,2004 ,427(6973) : 399.
- [18]Vespignani A. Predicting the behavior of techno – social systems [J]. Science ,2009 ,325(5939) : 425 – 428.
- [19]Schweitzer F , Fagiolo G , Sornette D , et al. Economic networks: The new challenges [J]. Science ,2009 ,325(5939) : 422 – 425.
- [20]Baccarini D. The concept of project complexity a review [J]. International Journal of Project Management ,1996 ,14(4) : 201 – 204.
- [21]Austina S , Newton A , John J , et al. Modelling and managing project complexity [J]. International Journal of Project Management ,2002 ,20(3) : 191 – 198.
- [22]Gidado K I. Project complexity: The focal point of construction production planning [J]. Construction Management and E-

economics ,1996 ,14(3) : 213 – 225.

[23]Holland J H. Hidden order: How Adaptation Builds Complexity [M]. California: Addison-Wesley ,1995.

[24]Butts C T. Revisiting the foundations of network analysis[J]. Science ,2009 ,325(5939) : 414 – 416.

Changeable scale control strategy of organizations based on dynamic object connection model

CHEN Xing-guang¹ , ZHOU Jing¹ , ZHU Zhen-tao^{1 2} , LI Min¹

1. School of Management and Engineering , Nanjing University , Nanjing 210093 , China;

2. School of Economics and Management , Nanjing Institute of Technology , Nanjing 211167 , China

Abstract: It is putative that the real organization is made up of many individuals with different productivity efficiency. The organizational structure has obvious dynamic properties because of member's entering or leaving. It's a significant problem to explore how to consider the individual heterogeneous conditions and take effective control measures to ensure the organization overall output efficiency. In this paper , a dynamic object connection (DOC) model which characterized the hierarchical nested , heterogeneous diversity and dynamic properties is proposed from complex systems point of view. The system elements interaction between the structure characteristics can be expressed subtly. We investigated the changeable scale control problems for a construction project organization by applying this proposed method. The simulation analytical results showed that the ordinal agent should improve control intensity for all components of the systems when the size of non-stability individuals increasing. By contrast , the ordinal agent should only improve control intensity on the specific groups which have stable output efficiency when the number of these type individuals increasing. These findings provide meaningful insights for exploring and understanding complexity of organization management. All these developments maybe serve as a novel method for complex systems modeling and analysis as well.

Key words: complexity; complex systems; interaction; dynamic object connection; organization management; changeable scale control