

# 基于信息度量的企业组织系统协同性评价<sup>①</sup>

宋华岭, 温国锋, 李金克, 张 漪  
(山东工商学院管理科学与工程学院, 烟台 264005)

**摘要:** 提出组织协同性一些新的概念和理论; 建立了评价组织协同性指标体系; 定义了企业组织系统固有协同性、应变协同性、管理层次、管理跨度、关系集合结构、关系水平、协同跨度、协同轨迹、协同机制、协同方式、协同职能幅度、职能凝聚度、协同效率等协同性参量。同时应用管理熵理论的基本原理, 拓展了复杂性理论结构学派的研究方法应用于组织系统协同性运行度量尺度建模、量化评价、理论方法研究, 从协同结构、协同方式和协同功能等多维度建立协同性熵信息评价数学模型, 给出适应于非同维度协同问题求解的降维方法, 并结合企业协同管理活动进行了应用与实证研究。

**关键词:** 熵理论; 协同性; 协同参量; 协同轨迹; 协同跨度; 协同凝聚度

**中图分类号:** C93-03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2009)03-0022-15

## 0 引言

企业系统是一个不同层次间多层次, 同一层次中多部门的复合结构系统, 其系统间的关系、部门间的关系、信息传递的相互关系等反映了这个系统的协同结构与协同性。分工与协作是企业组织机构设置的基本原则。所以研究企业系统的各个子系统的协同性, 协调组织结构的关系、确保企业系统的管理活动信息流畅和提高协同运行各个部门的效率是一个十分重要和复杂的问题, 许多学者应用协同理论与方法, 对企业系统协同性问题进行研究。

目前的研究大致可分为如下几个方面: 一是 CMS、MIS 等计算机系统与企业管理系统协同<sup>[1-14]</sup>, 如文献[7]提出了实现组织间信息系统协同的几项关键技术和确定协同效应<sup>[9]</sup>、协同设计方法研究<sup>[10]</sup>、交互模型的建立<sup>[11]</sup>等研究, 文献[11]描述了基于并行工程的企业资源计划(CE-ERP)过程模型结构和任务对象企业供应链; 在企业内部的产品工艺的还原性研究中, 文献[12]给出了产品-工艺设计活动对平均持续时间与产品

或工艺设计活动资源占有率的计算方法, 将并行工程产品开发过程的计划制定问题建模成一个有资源约束的项目调度问题<sup>[13]</sup>。二是在中观城市与企业间的协同方面: 文献[14]从产业组织的层面上, 构造了标准专业化、协同度模型、信息化序参量和产业组织系统协同宏观效果的指标体系, 及其产业组织的系统有序度、协同度模型; 文献[15]应用现代生物进化理论中的超循环理论研究基于网络制造模式的形成和进化机制, 对企业间和网络间的协同进化进行了分析。文献[16]结合协同企业建模系统的特点, 提出在模型节点状态约束下, 基于角色和任务的动态访问控制方法。文献[17]运用协同理论, 深入探究了集团企业管理协同能力的内涵与构成, 从宏观、中观、微观三个层面构建了集团企业管理协同能力理论模型。文献[18]提出协同自主创新有助于缩短创新时间, 能使更多的供应链企业参与分摊创新成本和分散创新风险。文献[19]构建了供应链管理 with 智能交通系统协同发展体系结构, 对协同发展进行

① 收稿日期: 2007-05-04; 修改日期: 2009-03-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70771060); 国家软科学计划资助项目(2006GXQ3D154); 山东省科技发展计划软科学资助项目(2007RKA134); 山东省自然科学基金(Y2006H10); 山东省社科规划研究项目(06BJJ005)。

作者简介: 宋华岭(1957-), 男, 吉林, 博士, 教授, 博士生导师。Email: songh@ccec.edu.cn

了实证研究. 文献 [20] 对矿业城市可持续发展系统的协同度进行了探讨. 在社会与经济系统的广义与宏观方面的研究<sup>[21-30]</sup>, 如文献 [18] 探讨应用协同学的基本原理解决体制系统内部结构协同性的问题. 文献 [21] 提出对管理对象、主体和方法三个方面对环境管理思想与环境科学研究的协同演进关系. 文献 [22] 提出需要设计一种更强调协同和合作的科学问题求解环境——协同科学计算环境. 文献 [23] 提出了部门行政的协同, 政府机构的重建, 分权行政的协同. 文献 [24] 从企业知识与产品关系研究出发, 对区域知识系统的协同条件、协同动力与协同影响因素进行了系统研究. 文献 [25] 把协同论引入管理研究后形成的管理协同理论的主要研究内容进行探讨. 文献 [26] 根据协同理论的科学原理, 尝试性地提出构建公共危机协同治理模式的主张.

纵观目前的研究, 企业组织协同属性的定量研究多为协同度建模与描述, 而关于企业组织结构功能方面的协同性理论与方法研究, 量化评价方面的研究较少, 大多在定性分析研究的阶段; 其中定量研究也需深化到可以规范操作的深度与层次.

自组织性和协同性是复杂性研究的重要部分, 作者对企业组织复杂性做了较为系统地研究. 本文在长期研究成果<sup>[31-41]</sup>的基础之上, 结合复杂性理论结构学派的研究方法, 对组织协同性进行研究, 提出了一些新的概念和观点. 从协同结构、协同方式和协同功能等多维度建立了企业微观组织系统的协同性评价模型. 试图在规范操作管理的理论层次上, 对企业微观组织系统的运行协同程度与协同性的度量建模、量化评价、实证论证、理论应用和方法研究做些工作. 特别是本研究理论与方法对组织设计的固有与应变协同性度量 and 自组织性的研究具有新意, 希望对此研究有所贡献

### 1 企业系统的组织协同性分析与评价模型的建立

企业系统是一个组合的结构体, 它的子系统关系表示出一个有限的离散数学结构. 企业的管理活动信息与指令的运行机制是由一定的管理理论与规律定义的逻辑结构. 从管理活动工作流程的流动上, 企业组织协同结构  $g$  是上下关联的结构体,  $g =$

$(D_N, D_T, \rho B)$ . 这里  $D_N$  是一系列子系统部门, 部门  $D_i$  将是一个子系统间的界面点, 或管理活动的转换点.  $B$  是起点的部门集合,  $D_T$  是终点部门集合;  $\rho$  是管理运行协同机制, 即管理活动的协同运行逻辑结构的集合,  $\rho = (\alpha \beta \gamma)$ ,  $\alpha$  是结构协同参量, 描述管理层次和跨度方面的信息量;  $\beta$  是协同方式参量, 描述有关协同跨度和协同轨迹方面的信息量;  $\gamma$  是协同功能参量, 描述职能幅度与凝聚度方面的协同性信息量. 从结构、方式和功能三维空间立体上描述了组织系统的有关协同性的参量, 如图 1 图 2 所示.

由图 2 可以看出, 这是一个非同维结构的问题, 即主、次划分评价参量维数不同, 有二维 (元) 或三维 (元). 同文献 [19] 中解法不同, 涉及降维的问题.

为此建立起一个企业系统部门协同状态的空间概念, 可利用减少复杂性所用的旋转和降维的技术. 组织的部门结构如同空间直立且与某一坐标面平行, 且依同时并行每个管理活动  $T_i$  划分为独立的一个个网格面, 各面上行格为管理层次, 格点为职能部门  $S_i$ , 建立起企业系统协同状态空间网格图 3 协同的概念就更为清晰.  $XZ$  平面的投影为各管理层次上协同状态集合,  $YZ$  平面的投影反映了协同跨度和职能凝聚度等指标; 而  $XY$  平面的投影则为协同轨迹集合和协同效率集合. 这样, 建立起组织系统协同性的评价模型.

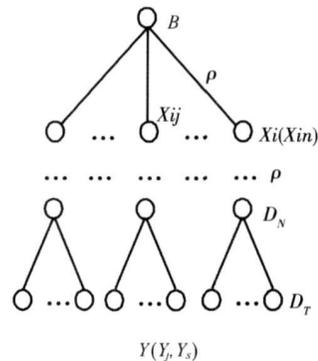


图 1 协同结构图

Fig. 1 Svernergic structure

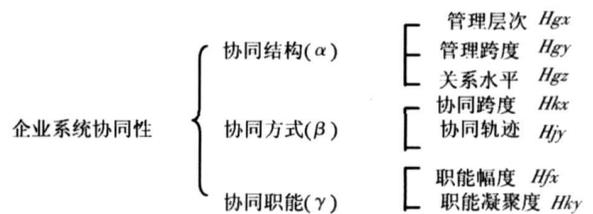


图 2 企业系统协同性非同维评价模型

Fig. 2 The differ-dimension assessing model of enterprirse system synergy

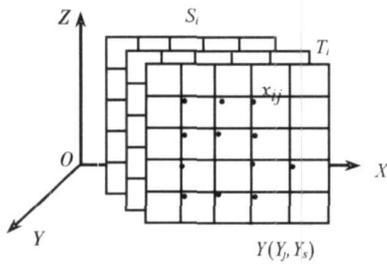


图 3 协同空间  
Fig 3 Synergic space

## 2 熵作为协同性信息含量的度量

在企业系统中, 信息流是联结管理与管理对象的神经网络, 管理系统的协同信息含量的多少是度量协同性的基础. 作者曾提出管理熵的概念<sup>[32]</sup>: 管理系统单个要素的平均信息量对相对应的总体要素的平均信息量贡献程度的度量.

本研究方法的实质是依据信息熵的基本意义, 求出每个基本评价要素对组织总体协同性的平均信息量贡献, 即信息量几率, 建立几率与熵的相互关系. 物理学家劳厄说过: 熵与几率之间的联系是物理学最深刻的思想之一<sup>[42]</sup>. 本问题中其熵信息含量表示所评价问题的协同性确定程度, 即协同性信息的多少.

企业系统协同结构要素模型的建立, 需要管理组织系统和协同运行机制的方面的知识. 该组织系统的最基本的评价要素, 就是协同关系因果链. 协同关系因果链定义如下:

**定义 1** 设部门或要素  $d_i$  与  $d_j$  如果有协同关系, 则定义联结弧  $a_{ij}$  为协同关系因果链. 对发生协同关系的部门间的关系联结, 用弧和节点表示.

显然, 若  $n_r$  为协同部门的协同因果链数,  $t$  为不同协同部门数, 则组织协同关系因果链  $n$  为

$$n = \sum_{r=1}^t n_r \quad (1)$$

**定义 2** 若几率为  $f_x = n_x / n$ , 依几率、概率与仙农<sup>[43]</sup> 熵函数的关系, 则协同信息熵为

$$H = - \sum_{r=1}^t \frac{n_r}{n} \log \frac{n_r}{n} \\ = - \sum_{r=1}^t f_r \log f_r = - \sum_{r=1}^t p_r \log p_r \quad (2)$$

由信息理论的基本原则, 大概率发生的任何信息传送很少的信息(熵). 在管理活动进行过程

中, 协同不确定性在信息的传送中增加, 可用量化协同运行相互任务活动的协同信息含量来度量协同性, 以下将给出建模与评价的过程.

## 3 企业系统的组织机构协同性分析

首先定义协同参量的概念.

**定义 3** 组织管理系统中影响协同性的要素、参数或变量统称为协同参量.

### 3.1 组织固有协同性与组织应变协同性

协同性是组织的基本特征, 多活动与功能同时进行的状态在组织中是基本与正常的.

**组织固有协同性:** 组织的许多并行功能是在组织设计过程中已经设定, 称之为组织固有的协同性. 这种对组织固有协同程度——固有协同性评价可以对组织的运行功效优劣给出判断.

**组织应变协同性:** 组织对特殊与机动的管理活动的协同能力反映了组织的应变协同能力, 称之为应变协同性.

组织固有协同性与组织应变协同性, 这些都是评价组织运行效率的重要指标.

#### 3.1.1 企业组织结构协同性参量

主要有管理层次、管理跨度和关系水平.

**管理层次:** 是指组织中职位等级的数目. **管理跨度:** 是指一个领导者直接指挥下级的数目.

**定义 4** 管理系统中不同层次间和各个要素间的横向与纵向间的相互关系称为关系水平.

关系集合 = {直接控制关系, 直接从属关系, 间接控制关系, 间接从属关系, 在较高级别上并列关系, 在较低级别上并列关系, 在同一级别上并列关系}<sup>[44]</sup>. 需要协调的关系包括上下级的直接关系、下级间的交叉关系和其它组织部门间的关系.

管理层次、跨度和关系水平是影响协同杂性的组织结构上固有的因素. 任何组织都必须遵守层级原则, 这是组织能够运行的基础. 管理层次越多, 协同性要求则越大; 管理跨度增大, 上级需要协调的关系数增长加快, 协同性增大; 但同时, 协同复杂性增大.

#### 3.1.2 企业系统的组织系统的协同方式参量

这些参量描述有关协同跨度和协同轨迹、协同运行机制方面的协同性信息量.

**定义 5** 管理活动在组织系统的纵向上, 经

过不同管理层次的处于协同发生状态部门 (或因果链) 到达结束点的路径称为协同轨迹, 即处于协同轨迹上的不同管理层次的各个部门发生跨越各层次的纵向协同状态集合簇。

由该路径上的因果链构成。协同轨迹在组织的纵向上将各管理层次的协同部门联系起来, 同时又在每个管理层次上横向反映本层次的参与协同部门的状态。全协同状态发生部门的概念将在 4.2 节协同轨迹熵函数中给出。

**定义 6** 一个管理活动的同一管理层次协同运行部门的个数称为协同跨度。

**定义 7** 一个部门内行使功能与职能的数目称为部门的职能幅度或跨度。

企业系统子系统职能部门同时管理的职能数目过多, 系统的功能效率将大大降低, 这表达了企业组织部门功能数的限制。

### 3.1.3 企业组织的协同职能参量

描述协同职能幅度与凝聚度方面的协同性信息量。

**定义 8** 部门内管理职能数目称为职能幅度。

**定义 9** 部门内管理职能间的相互作用的程度, 即行使并行管理活动的职能数目称为协同职能凝聚度。

职能凝聚度是衡量部门内各组成部分间协同程度的整体统一性的指标。管理职能越多, 职能凝聚程度越低, 协同关系愈复杂。

## 4 协同性参量熵信息评价模型

有关组织协同结构性参量方面的信息量的评价模型的建立与评价, 可根据定义 1、定义 2 和公式 (1)、公式 (2) 进行, 如表 1 所示计算。这里主要描述协同方式等新协同性参量的评价测度建模问题。

### 4.1 协同跨度熵函数

**定义 10** 若  $C_i$  表示  $i$  管理层所有协同关系的集合,  $X_i$  表示第  $i$  管理层的部门数,  $C_{ik}$  表示为管理活动  $k$  在  $i$  层所有协同关系的集合,  $x_{ik}$  表示管理活动  $k$  在第  $i$  管理层次的协同跨度, 则有  $x_{ik} \in C_i, x_{ik} \leq X_i, i = 1, 2, \dots, m$ 。协同跨度的熵信息量  $H_{kx}$  为

$$H_{kx} = - \sum_{i=1}^m \frac{x_{ik}}{X_i} \log \frac{x_{ik}}{X_i} \quad (3)$$

式中  $m$  为管理活动的总数。

### 4.2 协同轨迹熵函数

**定义 11** 受个别部门的职能低效或失效影响, 形成协同轨迹的中断, 定义为非顺畅协同路径或轨迹; 而协同轨迹同顺序顺畅达到协同终点的轨迹称为顺畅协同路径或轨迹。

这些非顺畅协同轨迹由于职能部门的渎职或失职, 引起管理信息的沉淀和管理活动的停滞或由于形成不可行的协同轨迹所引起。所以, 通常协同运行信息流动过程发生的轨迹是有限状态的, 它的全部协同发生的状态是同顺序最终达到全协同状态理想情况。但也有管理活动本身的结束点不一致的情况, 并不全部同时到达终点。

**定义 12** 设管理活动  $T_1, T_2, \dots, T_i, \dots, T_n$ , 子系统或部门  $S_1, S_2, \dots, S_j, \dots, S_m$  构成协同活动集, 则部门协同矩阵为

$$\varepsilon = [T_i S_j]_{n \times m} = [A_{ij}]_{n \times m}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m, \text{ 即}$$

$$\varepsilon = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & \dots & S_j & \dots & S_m \\ \begin{matrix} T_1 \\ T_2 \\ \dots \\ T_n \end{matrix} & \left| \begin{matrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1j} & \dots & A_{1m} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2j} & \dots & A_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nj} & \dots & A_{nm} \end{matrix} \right. \end{matrix}$$

$$A_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{子系统 } i \text{ 共享信息 } j \\ 0 & \text{否则;} \end{cases}$$

**定义 13** 若在  $i$  管理层次内, 部门  $Y_{jh}$  是管理活动  $h(1, i)$  的协同轨迹上的一个节点, 则协同轨迹上的节点集合为  $h = [(1, 1), (1, 2), (1, 3), \dots, (1, i), \dots, (1, n_i)]$ ,  $n_i$  为管理活动总数, 若其全部的终态为  $h \in (1, n_i)$ , 则称部门  $Y_{jh}$  为全协同发生状态, 该部门协同矩阵  $j$  列的元素  $A_{ij}$  皆为 1; 否则, 称该部门处于非全协同发生状态。

同理, 若某个管理活动  $T_i$  由同一管理层次上的所有部门参与协同运行, 则称该管理活动为全协同发生状态活动, 该部门协同矩阵  $i$  行的元素  $A_{ij}$  皆为 1。

若设  $Y_q$  为处于协同发生状态部门数,  $Y_f$  为处于非协同发生状态部门数,  $Y$  为该管理层次内的全部部门总数,  $Y = Y_q + Y_f$ , 决定该管理层次内协同轨迹上节点或部门的熵信息含量为

$$H_{jy} = - \frac{Y_q}{Y} \log \frac{Y_q}{Y} \quad (5)$$

$$H_{fy} = - \frac{Y_f}{Y} \log \frac{Y_f}{Y} \quad (6)$$

每个管理层的全部任务都到达该部门(终点)的协同部门数来计算轨迹数求解协同轨迹信息含量. 为评价这个问题, 给出如下定义与数学表达式.

定义 14 管理层次内全协同状态的部门与非全协同状态的部门熵信息之比定义为协同效率  $R$ .

$$R = \frac{H_f}{H_j} = \frac{Y_q}{Y} \log \frac{Y_q}{Y} / \frac{Y_f}{Y} \log \frac{Y_f}{Y} \quad (7)$$

根据  $\log$ 函数的性质, 几率与熵值成正比, 可得结论:

若  $R > 1$  表示管理层次内处于全协同状态的部门多于非全协同状态的部门,  $R$ 越大, 协同效率越高.

上述所讨论的问题涉及到组织的协同效率, 即组织的部分或全部部门参加了部分或全部的并行管理活动的问题, 这个效率作为评价协同运行职能部门信息的协同性指标之一.

### 4.3 协同凝聚度的度量

协同凝聚度主要是指职能凝聚度、协同职能跨度等协同参量. 当企业系统的管理活动由几个子系统共同进行或同时进行几个管理活动的时候, 交互任务活动的信息含量可看作由在协同的任务所享有的信息量. 在几个职能子系统构成的管理系统结构中, 职能子系统共享的信息是相互关联的. 同前述的部门协同矩阵同理, 可以建立职能协同矩阵, 并建立相应的职能凝聚度等协同参量的评价模型, 计算协同熵信息量值.

定义 15 设管理活动  $T_1, T_2, \dots, T_i, \dots, T_n$ , 部门  $f$  的职能为  $F_1, F_2, \dots, F_i, \dots, F_m$ , 则该部门的职能协同矩阵为

$$\omega = [ (T_i, F_j) ]_{n \times m} = [ B_{ij} ]_{n \times m}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m; \text{ 同理, } B_{ij} = 1 \text{ 处于协同状态; 否则, } B_{ij} = 0$$

设  $h_i(T_i, F_j)$  为任务  $T_i$  的职能协同熵信息量值,  $T_i$  对  $F_j$  为相互交叉集,  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  为部门  $f$  承担的任务数;  $j = 1, 2, \dots, m$ ;  $0 \leq m_i \leq m$ ,  $m_i$  为部门  $f$  任务  $T_i$  发生协同的职能的数目, 则有部门  $f$  的协同熵信息总量为

$$H_f = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} h_i(T_i, F_j) \quad (8)$$

若该系统有  $k$  个部门, 则有各部门的总协同熵信息总量

$$H_{ky} = \sum_{f=1}^k H_f \quad (9)$$

定义 16 若职能协同矩阵的  $F_j$  列元素  $B_{ij}$  皆为 1 则称该  $F_j$  列或职能为全协同状态. 若职能协同矩

阵的  $T_i$  行元素  $B_{ij}$  皆为 1 则称该  $T_i$  行为活动全协同状态.

有许多协同发生的职能部门其任务能被划分为任务的不交集, 即任务在子集中不同其它任何子集相交. 基于这个情况, 定义在协同发生职能中互相任务活动的量为计算任务不相交集的协同熵和.

利用职能协同矩阵可以直观而清晰地评价职能协同参量, 职能协同矩阵的迭加则可求解多个管理活动同时进行的职能协同信息量. 利用式 (8), (9) 公式的意义, 可计算职能凝聚度协同熵信息, 计算过程如表 3 所示.

## 5 企业系统的统一协同性度量

### 5.1 维协同性度量的尺度空间

在如上求得各个协同参量的信息熵值之后, 如何评价整个该企业系统统一协同度, 进而评价各个子系统的统一协同性. 企业系统协同性非同维评价模型结构如图 2 所示.

#### 5.1.1 尺度空间的定义

定义熵函数对于每个域的不同尺度, 以获得一个矢量空间  $E$ , 它含有变量  $X, Y$  和  $Z$ .  $E$  的元素定义为协同性矢量  $e_i = (x_i, y_i, z_i)$ , 或  $e_i = (x_i, y_i)$ , 或  $e_i = (x_i)$ . 矢量  $e_i \in H^3$  或  $e_i \in H^2$ , 或  $e_i \in H$ . 这里  $H^3, H^2, H$  是  $H$  上的三维、二维和一维空间.

定义 17 若  $H$  上的矢量空间  $E$  的矢量  $e_i$  形式  $\|e_i\|: E \rightarrow H$  来表示协同性矢量  $e_i$  长度的信息内容, 集合  $(E, \|e_i\|)$  带有内积的协同性空间, 则  $\|e_i\|, \|e_i - e_{i+1}\|$ , 叫做  $E$  的尺度或  $e_i$  到  $e_{i+1}$  的距离, 定义为

$$d(e_i, e_{i+1}) = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2 + (z_i - z_{i+1})^2} \quad (10)$$

$d$  是在部门  $B_i$  之后,  $B_{i+1}$  产生的熵信息量.

命题 1 对于主、次划分评价参量维数不同的非同维结构的问题, 可通过引入零向量, 降维的方法求解.

证明 引入零分量, 向平面投影, 进行降维. 对非同维的分量, 如其中  $x_i, y_i, z_i$  中不同时为零, 则必有其中一个向量的长度有一个唯一确定的算术平方根, 反映了向量处于坐标平面上的情况, 式 (10) 仍有实数解. 由此可以得到命题 1

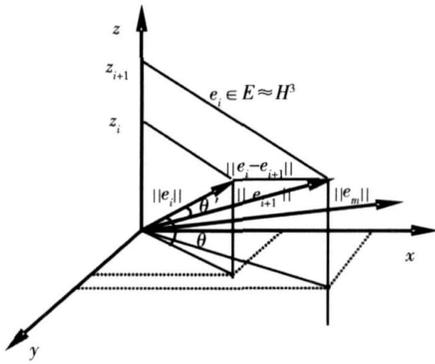


图 4 协同复杂性矢量空间 E

Fig 4 Vector space E of synergic complexity

### 5.1.2 协同力场与功的抽象描述

场的概念在自然场中定义为物质做各种能量的运动的存在方式, 能量一般定义为事物运动的量度. 在社会场中定义为社会事物能量运作的存在方式, 即一切社会事物运动的存在<sup>[26]</sup>. 同样, 在组织系统的内各种协同力相互作用存在.

**定义 18** 组织系统内协同力的运动和相互作用的存在为协同力场.

**定义 19** 对于这个在概念空间的协同力场, 引用牛顿的功的原理来度量协同力功值, 即

$$W = F \cdot D \cdot \cos\theta \quad (11)$$

W 是“协同力功值”;  $F = \|e_i\|$  是通过距离 D 所施加的协同力值;  $\theta$  是矢量由力的施加形成的角度. 由前述的熵尺度空间定义, 其量化值意义为协同性的熵信息含量值.

以 3 维为例, 由矢量间的欧几里德三角关系, 则有

$$\cos\theta = \frac{\sqrt{\|e_i\|^2 - z_i^2}}{\|e_i\|} \quad (12)$$

由公式 (10), (12) 代入公式 (11) 得, 子系统或部门 i 在特定矢量空间 E 中的协同力功方程式

$$w_i = z_i \sqrt{\|e_i\|^2 - z_i^2} \quad (13)$$

那么, 产生系统全部协同力功的信息量为

$$\|w\|_e = \sum_{i=1}^m z_i \sqrt{\|e_i\|^2 - z_i^2} \quad (14)$$

依次可推演出三维的协同性信息量如下式

$$\|w\|_\alpha = \sum_{i=1}^m z_{\alpha i} \sqrt{\|e_{\alpha i}\|^2 - z_{\alpha i}^2} \quad (15)$$

$$\|w\|_\beta = \sum_{i=1}^m z_{\beta i} \sqrt{\|e_{\beta i}\|^2 - z_{\beta i}^2} \quad (16)$$

$$\|w\|_\gamma = \sum_{i=1}^m z_{\gamma i} \sqrt{\|e_{\gamma i}\|^2 - z_{\gamma i}^2} \quad (17)$$

同理, 降维后, 可推演出对应的一维、二维协

同性信息量计算式.

### 5.1.3 整体协同性度量的统一尺度

为得到全部管理组织系统协同性的尺度, 需要建立一个统一的空间. 这里给出三维的协同性度量的统一尺度的数学模型.

**定义 20** 令三个协同性空间结合, 并在这新的空间上定义一个新的协同性尺度  $E_x \times E_y \times E_z$  叫做三维熵空间;  $\Phi$  是一个影像, 由  $\Phi: E_x \times E_y \times E_z \rightarrow H$  所定义, 是 H 上的三维形式或三维的协方差张量; 定义此张量为  $T_3(H)$ , 也是 H 上的一个矢量空间. 如果定义一个  $3 \times 3$  矩阵 B 由  $E_x, E_y$  和  $E_z$  上的部门  $B_i$  的三维协同性矢量构成, 作为矩阵的行, 那么  $\|\Phi_i\| = \|\Phi(e_{x_i}, e_{y_i}, e_{z_i})\| = |\det(B_{m_i})|$  是张量的形式, 表示管理活动协同部门的统一熵,  $\|\Phi_i\|$  也是信息含量值, 即张量协同性值.

**定义 21** 若设集合  $(T_3(H), \|\Phi_i\|)$  为协同性多维空间, 则 H 上的尺度或从  $E_i$  到  $E_{i-1}$  的距离定义为下式

$$\begin{aligned} & \|\Phi(E_{x_i}, E_{y_i}, E_{z_i}) - \Phi(E_{x_{i-1}}, E_{y_{i-1}}, E_{z_{i-1}})\| \\ &= \|\Phi(E_{x_i} - E_{x_{i-1}}, E_{y_i} - E_{y_{i-1}}, E_{z_i} - E_{z_{i-1}})\| \\ &= |\det(B_{m_i} - B_{m_{i-1}})| \end{aligned} \quad (18)$$

这是在  $B_{i-1}$  的部门之后部门 B 需要产生的全部协同性信息量, 则

$$\begin{aligned} \|B\|_T &= \sum_{i=1}^m \|\Phi_i\| = \sum_{i=1}^m \|\Phi(E_{x_i}, E_{y_i}, E_{z_i})\| \\ &= \sum_{i=1}^m |\det(B_{m_i})| \end{aligned} \quad (19)$$

是全部张量的熵值, 且

$$\begin{aligned} \|B\|_E &= \sum_{i=1}^m \|\Phi(E_{x_i}, E_{y_i}, E_{z_i}) - \Phi(E_{x_{i-1}}, E_{y_{i-1}}, E_{z_{i-1}})\| \\ &= \sum_{i=1}^m |\det(B_{m_i} - B_{m_{i-1}})| \end{aligned} \quad (20)$$

同理, 将上述表达式降维, 可推演出一维、二维协同性信息量统一评价尺度.

### 5.2 多维空间协同性信息评价模型

依据上述的过程求得信息量的熵值, 因为这是一个不同维次的评价问题, 需建立多维信息熵尺度空间评价模型来度量统一信息量值, 构建熵信息空间场来进行评价系统的协同性信息综合值.

#### 5.2.1 协同信息分量信息能评价基本模型

设  $X_n(x_i, i = 1, 2, \dots, n)$  为 H 熵空间上的 n 维矢量空间, 即  $X_n(x_i, i = 1, 2, \dots, n) \rightarrow H^n$ , 分量

$x_i \in H^n$ . 对于这个在多维概念空间的协同信息力场, 由功的原理来建立评价模型, 度量信息力能值 有

$$w = \|F\| \|D\| \cdot \cos\theta$$

而  $\|F\|$  是通过距离  $D$  所施加的信息力值,  $\theta$  是矢量由力的施加形成的角度, 由此表示在一个特殊的矢量方向中的矢量  $W$ , 即“协同信息能量值”的构成. 若  $F = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , 则有

$$\|F\| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}$$

由多维矢量空间的欧几里德关系可得

$$\cos\theta = \frac{\sqrt{\|F\|^2 - x_n^2}}{\|F\|} \quad (21)$$

对于分量  $W_i$ , 由上述公式得其在特定矢量空间中的能量方程式

$$w_i = x_{in} \sqrt{\|F_i\|^2 - x_n^2} = x_{in} \sqrt{x_{i1}^2 + x_{i2}^2 + \dots + x_{in-1}^2} \quad (22)$$

那么, 全部协同信息  $F$  的能量信息量为

$$W = \sum_{i=1}^n w_i = \sum_{i=1}^n x_{in} \sqrt{\|F_i\|^2 - x_n^2} \quad (23)$$

### 5.2.2 统一尺度模型的建立

如图 2 所示的模型, 为得到全部协同信息力能尺度, 需要建立一个统一的尺度空间. 这里给出  $n$  维的度量的统一尺度的数学模型.

定义一个  $n$  维协同信息力能尺度空间,  $W_1 \times W_2 \times W_3 \times \dots \times W_i \times \dots \times W_n$  为  $n$  维熵空间,  $n$  为  $W$  的第一次划分  $W_i$  的维度,  $n_i$  为分量  $W_i$  的维数. 若设  $\Phi$  是一个影像, 由  $\Phi: W_1 \times W_2 \times W_3 \times \dots \times W_i \times W_n \rightarrow H^n$  所定义,  $\Phi$  是  $H^n$  上的  $n$  维张量.

定义此张量为  $Tn(H)$ , 也是  $H$  上的一个矢量空间. 如果定义一个  $n \times m$  矩阵  $B_i, i = 1, 2, \dots, m (m = \max\{m_1, m_2, \dots, m_n\})$ ; 由  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_i, \dots, W_n$  上的分量  $W_{ki} (b_{ij}^k) (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n)$  的矢量对应行构成, 如果某行的列数小于  $m$ , 可用 0 元素补齐, 那么  $\|\Phi_i\| = \|\Phi_i(W_{ki})\| = \|B_i\|$  是张量的形式, 表示各信息力能分量  $W_i$  的统一熵协同信息力能量值.

若设集合  $(Tn(H), \|\Phi_i\|)$  为协同信息力能  $n$  维空间, 则  $H$  上的尺度或从  $W_i$  到  $W_{i-1}$  的距离定义为下式

$$\|\Phi_i(W_{ki}) - \Phi_i(W_{ki-1})\| =$$

$$\|\Phi_i(W_{ki} - W_{ki-1})\| = \|B_i - B_{i-1}\| \quad (24)$$

这是在能分量  $W_{i-1}$  的之后分量  $W_i$  需要产生的全部协同信息力能信息量, 则

$$\|w\|_T = \sum_{i=1}^n \|\Phi_i\| = \sum_{i=1}^n \|\Phi(W_{ki})\| = \sum_{i=1}^n \|B_i\| \quad (25)$$

$$\|w\|_E = \sum_{i=1}^n \|\Phi(W_{ki+1} - W_{ki})\| = \sum_{i=1}^n \|B_{i+1} - B_i\| \quad (26)$$

是全部张量的熵值, 为全部需要产生的协同信息能量值.

同理, 3 维尺度空间是多维空间的一个特例. 通过降维可以使多维尺度空间转化为 3 维尺度空间, 利用上述的 3 维尺度的评价方法进行评价. 关于多维空间的计算模型, 作者将在以后的研究中介绍.

## 6 实例分析

### 6.1 管理活动概况

GLS 公司进入空调业重大的管理决策和技术开发的活动为例, 来评价该企业的固有与应变协同性.

生产微波炉这种制“热”产品的龙头企业——GLS 集团公司, 做出新战略决策: 将投入 20 亿元巨资进入空调整冷业, 其空调产品将批量投入市场; 同时, 在开发新型的微波炉的技术, 保持技术领先的同时, 将在最短的时间内使空调产品继微波炉产品之后成为该公司的第二主导产品; 计划挺进电冰箱行业.

该管理活动作为公司的原有产品的新技术研究、重大转产与新产品开发决策. 活动涉及众多的管理层次和职能部门, 如市场营销部门, 要做出市场的调查与分析; 产品开发部门要进行原、新技术研究; 生产部门要进行原、新产品的生产活动; 财会部门要进行筹款、成本核算等; 人力资源部门要进行人才的准备等. 这种多管理活动同时进行的状态在现代企业是正常的, 需在时间与空间上需要全公司的通力协作, 依此对公司这个变化时段的协同参数和统一的协同性进行评价.

定义原产品的生产为任务  $T_1$ , 空调产品开发为任务  $T_2$ , 电冰箱开发战略计划为任务  $T_3$ . 图 5 给出该公司的组织结构图, 在各个职能部门内部, 具有不同

的职能幅度和凝聚度, 如职能分解图图 6 所示。

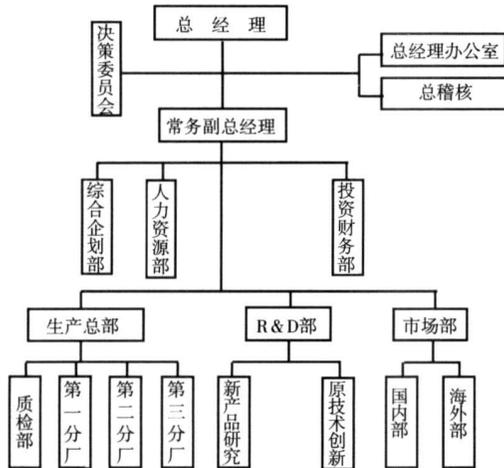


图 5 GLS 公司组织结构图

Fig 5 Organization structure of GLS company

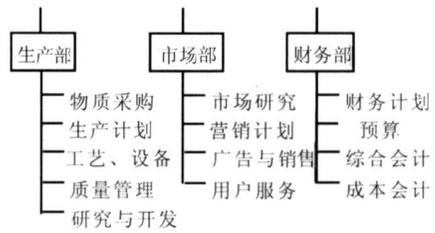


图 6 部分职能部门活动分解图

Fig 6 Activities breakdown diagram of some functional department

## 6.2 协同性评价

为了减少描述篇幅, 利用图表结合注释的方式进行协同性求解, 如表 1, 2, 3 及注释。

结构协同性尺度计算, 这里协同参量大部分属于固有协同性的范畴, 反映了组织设计的结构与关系的协同性。按前述的数学模型计算如下表 1。

表 1 结构协同性尺度计算

Table 1 The scale calculating of structural synergy

职能部门	管理层次	$Z_x$	管理幅度	关系水平							$H_{gx}$	$ex_i$	$ey_i$	$ez_i$	$\ e_x\ $	$W\alpha$
				$Z_y$	$Z_{z1}$	$Z_{z2}$	$Z_{z3}$	$Z_{z4}$	$Z_{z5}$	$Z_{z6}$						
总经理	1		4	4												
$m_1$ 层内和		1	4	4						0.151	0.151	0.145	0.145	0.264	0.034	
总经理办公室	2				1											
决策委员会	2				1											
总稽核	2				1											
常务副总经理	2		6	6	1											
$m_2$ 层内和		1	6	6	4					0.151	0.301	0.159	0.446	0.561	0.152	
综合企划部	3				1	1										
投资财务部	3				1	1										
人力资源部	3				1	1										
生产总部	3		4	4	1	1										
研究与开发部	3		2	2	1	1										
市场部	3		2	2	1	1										
$m_3$ 层内和		1	8	8	6	6				0.151	0.452	0.157	0.621	0.784	0.154	
质检部	4				1	1										
第一分厂	4				1	1										
第二分厂	4				1	1										
第三分厂	4				1	1										
新产品研究	4				1	1										
原技术创新	4				1	1										
国内市场部	4				1	1										
国外市场部	4				1	1										
$m_4$ 层内和		1			8	8				0.151	0.602	0	0.449	0.751	0.271	
总体量 $\sum m_i$		4	18	18	18	16				58				2.361	0.610	$\ w\  \alpha$

注: 管理层次共 4 层, 每层次对总层次的信息贡献量为  $H(Z_x)_i = -(1/4) \log(1/4) = 0.1505$ ,  $i = 1, 2, 3, 4$ 。Zzi 关系为 7 种关系之一, 1. 直接控制关系; 2 直接从属关系; 3 间接控制关系; 4 间接从属关系; 5 在较高级别上并列关系; 6 在较低级别上并列关系; 7. 在同一级别上并列关系。用因果链关系决定,  $H(Z_z) = \sum H(Z_{zi}), i = 1, \dots, 7$ 。

为了便于理解公式的意义和计算应用, 将  $ex_i, ey_i, ez_i$  对应的参量标注在栏目中。Zdi = Hgx<sub>i</sub> + Zd<sub>(i-1)</sub>, 以下的表 2 和表 3 中的  $ex_i$  对应量同理。  
 © 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

按此实证研究来评价, 这部分协同参量大部分属于应变协同性的范畴, 反映了组织在机动功能方面的协同性. 按前述的数学模型计算如下表 2 表 3

表 2 部门协同矩阵及协同性评价表

Table 2 The assessment of department synergic matrix

		职能部门子系统					协同跨度		协同轨迹							
任务						$x_{ik}$	$h_{kx}$	$ex_i$	$h_{ij}(ey_i)$	$h_f$	$R$	$\ e_y\ $	$W\beta$			
部门	总经理					1	0									
任务 1	1					1	0									
任务 2	1					1	0									
任务 3	1					1	0									
管理层次 1	3					0	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000			
部门	总经理办公室	决策委员会	总稽核	常务副总经理		4										
任务 1	1			1		2	0 151									
任务 2	1	1		1		3	0 094									
任务 3	1	1	1	1		3	0 094									
管理层次 2	3			3		0	0 339	0 338	0 117	0 159	1.354	0 358	0 039			
部门(略写)	企划部	财务部	人力部	生产部	R&D	市场部	6									
任务 1	1	1		1	1	1	5	0 066								
任务 2	1	1	1	1	1	1	5	0 066								
任务 3	1	1	1	1	1	1	5	0 066								
管理层次 3	3	3			3		0	0 198	0 536	0 153	0 151	1.000	0 557	0 056		
部门(略写)	质检	一厂	二厂	三厂	新技术	原技术	国内	国外	8							
任务 1	1	1			1		1	1	5	0 128						
任务 2	1		1			1	1	1	5	0 128						
任务 3				1	1		1	1	4	0 151						
管理层次 4							3	3	0	0 407	0 942	0 151	0 094	0 623	0 954	0 142
总体量 $\sum m_i$												1.988	0 238	$\ w\ \beta$		

图中管理层次标记的 3 是指全部任务到达终点, 如管理层次 2:  $h_{iz} = -(2/4) \log(2/4) = 0.1174$  用此评价协同效率. 本例中仅计算  $T_i = 3$  使用的最大的协同效率, 同理, 可求  $T_i = 0.12$  是协同效率.

表 3 职能协同矩阵及协同性评价表

Table 3 The assessment of function synergic matrix

任务	职能部门分解					$fx$	$h_{fx}$	$ex_i$	$ny$	$h_{ny}(ey_i)$	$\ e_z\ $	$W_y$
总经理	计划	组织	协调	控制	决策							
任务 1			1		1				2	0 151		
任务 2	1		1		1				3	0 094		
任务 3	1				1				2	0 151		
管理层次 1						4	0	0		0 396	0 000 0	0 000 0
总经理办公室	计划	组织	协调	控制		4	0 151					
任务 1		1	1	1					3	0 094		
任务 2		1	1	1					2	0 151		
任务 3			1						1	0 151		
决策委员会	计划	协调	控制	决策		4	0 151					
任务 1		1	1	1					3	0 094		
任务 2		1	1	1					3	0 094		
任务 3	1			1					2	0 151		
总稽核	监督	审计	协调	控制		4	0 151					
任务 1	1	1							2	0 151		
任务 2	1	1							2	0 151		
任务 3	1								1	0 151		
常务副总经理	计划	组织	协调	控制		4	0 151					
任务 1		1	1	1					3	0 094		
任务 2		1	1	1					3	0 094		
任务 3		1	1						2	0 151		

续表 3

管理层次 2							16	0 602	0 602		1 522	2 810	3 596
综合企划部	规划	组织	公共关系				3	0 115					
任务 1	1	1	1							3	0		
任务 2	1	1								2	0 117		
任务 3	1									1	0 159		
投资财务部	集资	财务计划	预算	综合会计	成本会计		5	0 144					
任务 1	1	1		1	1					4	0 078		
任务 2	1	1	1		1					4	0 078		
任务 3	1		1		1					4	0 078		
人力资源部	吸收	录用	发展	评价	调整		5	0 144					
任务 1	1	1			1					3	0 117		
任务 2			1	1	1					3	0 117		
任务 3	1	1								2	0 159		
生产部	物质采购	生产计划	工作研究	工艺、设备	质量管理	技术开发	6	0 152					
任务 1	1	1	1	1	1	1				6	0		
任务 2	1	1		1	1	1				5	0 066		
任务 3		1				1				2	0 159		
市场部	国内、	外市场信息	产品技术调研	市场开发			4	0 132					
任务 1	1	1	1	1						4	0 000		
任务 2	1	1	1	1						4	0 000		
任务 3	1	1	1							3	0 094		
管理层次 3							23	0 688	1 290		1 222	1 777	1 576
质检部	质量检查	评估	认证				3	0 090					
任务 1	1	1	1							3	0 000		
任务 2	1	1								2	0 117		
任务 3													
第一分厂	加工工艺设计	生产组织	产品加工	质检	存贮管理		5	0 119					
任务 1		1	1	1	1					4	0 078		
任务 2	1	1	1	1						4	0 078		
任务 3	1									1	0 140		
第二分厂	加工工艺设计	生产组织	产品加工	质检	存贮管理		5	0 119					
任务 1		1	1	1	1					4	0 078		
任务 2	1	1	1							3	0 133		
任务 3													
第三分厂	加工工艺设计	生产组织	产品加工	质检	存贮管理		5	0 119	1				
任务 1	1	1	1	1	1					5	0 000		
任务 2	1	1	1							3	0 133		
任务 3	1												
新产品开发部	调研	计划	设计	研究	开发		5	0 119					
任务 1										0	0 000		
任务 2		1	1	1	1					4	0 078		
任务 3	1	1	1							3	0 133		
原技术创新	原产品技改	设计	创新				5	0 119					
任务 1	1		1							2	0 159		
任务 2		1	1							2	0 159		
任务 3													
国内部	国内市场研究	营销计划	广告与销售	用户服务			4	0 106					
任务 1	1	1	1	1						4	0 000		
任务 2	1	1	1							3	0 094		
任务 3	1									1	0 151		
国外部	国外市场信息	产品技术调研	市场开发				4	0 106					
任务 1	1	1	1							3	0 094		
任务 2	1	1								2	0 151		
任务 3	1	1								2	0 151		
管理层次 4							36	0 897	2 197		1 924	3 497	5 619
总体量 $\sum m_i$												8 084	0 190
													$\ w\ _Y$

### 6.3 统一协同信息熵的计算

这是一个三维尺度空间的评价问题,用节5.1部分的模型来评价其统一的协同性.由以上表中的各个协同参量值,依公式(18),(19),(20)可得如下各结果:

$$\begin{aligned}
 | \det(B_{m_1}) | &= \begin{vmatrix} 0 & 151 & 0 & 145 \\ 0 & 000 & 0 & 000 \\ 0 & 000 & 0 & 000 \\ 0 & 000 & 0 & 000 \end{vmatrix} = 0.000 \\
 | \det(B_{m_2}) | &= \begin{vmatrix} 0 & 301 & 0 & 159 \\ 0 & 338 & 0 & 117 \\ 0 & 602 & 1 & 522 \\ 0 & 000 & 0 & 000 \end{vmatrix} = 0.021 \\
 | \det(B_{m_3}) | &= \begin{vmatrix} 0 & 452 & 0 & 157 \\ 1 & 290 & 1 & 222 \\ 0 & 536 & 0 & 151 \\ 0 & 000 & 0 & 450 \end{vmatrix} = 0.304 \\
 | \det(B_{m_4}) | &= \begin{vmatrix} 0 & 602 & 0 & 151 \\ 0 & 942 & 0 & 151 \\ 2 & 197 & 1 & 924 \\ 0 & 000 & 0 & 000 \end{vmatrix} = 0.666 \\
 | \det(B_{m_2-m_1}) | &= \begin{vmatrix} 0 & 301 & 0 & 159 \\ 0 & 338 & 0 & 117 \\ 0 & 602 & 1 & 522 \\ 0 & 000 & 0 & 000 \end{vmatrix} = 0.021 \\
 | \det(B_{m_3-m_2}) | &= \begin{vmatrix} 0 & 151 & -0.003 & 0.178 \\ 0 & 952 & 1 & 104 \\ 0 & 066 & -1.372 & 0.000 \end{vmatrix} = 0.220 \\
 | \det(B_{m_4-m_3}) | &= \begin{vmatrix} 0 & 151 & -0.158 & -0.446 \\ -0 & 338 & -0.117 & -0.000 \\ -0 & 602 & -1.522 & 0.000 \end{vmatrix} = 0.198
 \end{aligned}$$

表 4 GLS公司管理组织统一协同性

Table 4 The unified synergy of management organization of GLS company

结构层	$  \det(B_{m_i})  $	$  \det(B_{m_i-m_{i-1}})  $
$m_1$	0.000	
$m_2$	0.021	0.021
$m_3$	0.304	0.220
$m_4$	0.666	0.198
	$\  B \ _T = 0.991$	$\  B \ _E = 0.439$

则  $\| B \|_T = 0.991$   $\| B \|_E = 0.439$ 为统一协同性熵信息评价价值.

### 6.4 协同性分析

分析各个协同性各种参量的特征及演化规律,由图 7 & 9 可以看出协同性的演变特征.图 7 中,协同结构在第 3 层次达到最大,协同结构最为

复杂,这一层次协同单位多,协同关系复杂.由图 8 和图 9 是 3 维空间的降维后,即  $Z = 0$  2 维平面上协同性演变情况,反映了协同方式与职能的演化规律.由图 10 的协同效率曲线的演化规律可知,在第 2 层次的协同性最好.

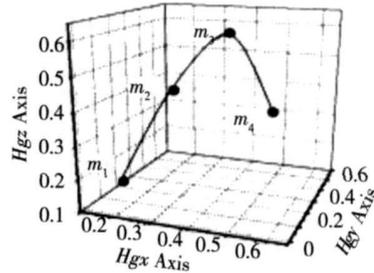


图 7 结构协同性演变图

Fig. 7 Evolving diagram of structural synergy

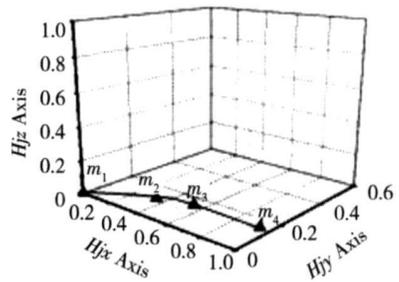


图 8 协同方式协同性演化图

Fig. 8 Evolving diagram of manner synergy

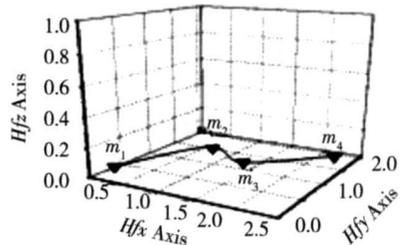


图 9 职能协同性演变图

Fig. 9 Evolving diagram of functional synergy

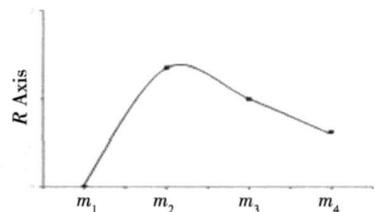


图 10 协同效率

Fig. 10 Synergic efficiency

## 7 结 论

由上述的过程分析,可以得出如下结论:

**结论 1** 从协同效率  $R$  值得知, 如果  $R > 1$  协同效率高, 反之协同效率低. 管理层次 1 的协同效率高于其它各个层次. 可计算同时承担的 2 个或一个任务的部门的协同效率的非全协同状态的部门的效率.

**结论 2**  $\|w\|_{\alpha}$ 、 $\|w\|_{\beta}$ 、 $\|w\|_{\gamma}$  为协同性分量, 而  $\|B\|_T$ 、 $\|B\|_E$  则为统一的协同性值, 两者结合起来, 可作为一个评价的标准, 从系统的局部到系统的整体综合评价协同性信息含量值. 其值越大, 表示协同关系越复杂.

管理层次 1 因为只有一个部门, 故  $|\det(B_{m1})| = 0$  相应的协同参量熵信息含量值为 0

**结论 3** 如果协同性信息熵为零 (如层次 1), 则表示协同确定的状态, 协同关系最为理想. 但这种状态事实上是不可能的, 因为企业组织系统不会有如此的弹性既适应这种多个管理活动的交叉并行的状态, 而又使系统的各个部门同时满负荷运转. 所以企业系统如何最优的组织与协调, 达到最佳的协同状态, 才是可行的目标, 这需要最佳的协同参数配置.

## 参 考 文 献:

- [1] 毕新华. 与管理变革协同的 MIS 建设整体效果的测度研究 [J]. 情报科学, 2001, 19(7): 692—695  
 Bi Xinhua. The research on measuring the synergistic effect of MIS construction and management change [J]. Information Science, 2001, 19(7): 692—695. (in Chinese)
- [2] 马 峻. 基于企业协同的生产资源信息系统开发 [J]. 企业管理信息化, 2001, (8): 21—23  
 Ma Jun. Development of productive resources information system based on enterprise synergy [J]. Informationization, 2001, (8): 21—23. (in Chinese)
- [3] 杨文江, 刘 蕾. 企业数据协同管理模型研究 [J]. 现代制造工程, 2008, (9): 31—34  
 Yang Wenjiang, Liu Lei. Research on model of cooperative management of enterprise data [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2008, (9): 31—34. (in Chinese)
- [4] 李 峰, 郭玉钗, 等. workflow 管理系统中的协同建模技术研究 [J]. 计算机技术辅助设计与图形学学报, 2000, 12(11): 810—812  
 Li Feng, Guo Yuchai, et al. Research on techniques of collaborative modeling in workflow [J]. Journal of Computer Aided Design & Computer Graphics, 2000, 12(11): 810—812. (in Chinese)
- [5] 崔耀东, 周儒荣, 等. 考虑协同效应时制造业信息系统应用水平的评价方法 [J]. 信息与控制, 2002, 31(1): 41—44  
 Cui Yaodong, Zhou Rurong, et al. A method to measure the performance of information technology applications in the manufacturing industry by considering synergy [J]. Information and Control, 2002, 31(1): 41—44. (in Chinese)
- [6] 胡耀光, 王田苗, 等. 面向敏捷制造的分布式信息资源协同交互模型研究 [J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(1): 17—20  
 Hu Yaoguang, Wang Tianmiao, et al. An interactive model of distributed information resource oriented to agile manufacture [J]. Systems Engineering and Electronics, 2002, 24(1): 17—20. (in Chinese)

研究协同的性就是要减少这种不确定性, 最大限度地提高企业系统的协同性和管理效率. 除此以外, 由表中的数据还能挖掘出一些参量的协同相互关系及其量化值.

实际上企业的组织结构形态与运行协同机制是多样化的, 此实证研究的企业例子这里仅用于进行此研究理论与方法的协同性评价的实际计算. 在实践中, 可以对不同的典型企业进行这方面的评价.

此文主要是建立了一种量化的与可操作性的组织协同性的评价方法, 目的在于提供一个基于熵信息度量的管理与生产活动协同性的基本概念、理论; 提出了用信息理论来度量信息含量、协同效率等协同性参数及评价方法. 对同维数的协同性度量的模型进行改进与扩展, 使模型有较强的通用性与适应性, 力争深化到可以规范操作的管理理论层次上. 此方法和模型的另一个意义是提供了一个探讨解决不同企业组织管理系统问题的研究方法, 由此展开研究, 可评价企业系统管理与生产活动的其它问题. 十分希望同行专家学者给予批评指正.

- [7]徐宝祥, 王 姣, 张 欣. 组织间信息系统协同及其实现技术研究 [J]. 情报杂志, 2008, (2): 63—65.  
Xu Bao-xiang Wang Jiao Zhang Xin Research on collaboration of inter-organizational information system and its realizing technique [J]. Journal of Information, 2008, (2): 63—65. (in Chinese)
- [8]刘 弘, 林宗楷. 一种支持动态任务分配的协同设计方法 [J]. 软件学报, 2001, 12(12): 1830—1837.  
Liu Hong Lin Zong-kai A cooperative design approach supporting dynamic task assignment [J]. Journal of Software, 2001, 12(12): 1830—1837. (in Chinese)
- [9]韩亚欣, 罗明宇, 谭跃进. 基于并行工程的企业资源计划过程建模 [J]. 管理科学学报, 2001, 3(3): 25—29.  
Han Ya-xin Luo Ming-yu Tan Yue-jin Procedure modeling of ERP based on CE [J]. Journal of Management Sciences in China, 2001, 3(3): 25—29. (in Chinese)
- [10]汪 峥, 严洪森, 刘霞岭等. 并行工程产品开发过程量化建模与计划制订 [J]. 管理科学学报, 2000, 3(4): 46—59.  
Wang Zheng Yan Hong-sen, Liu Xia-ling et al. Quantitative modeling and planning of the product development process in concurrent engineering [J]. Journal of Management Sciences in China, 2000, 3(4): 46—59. (in Chinese)
- [11]曹 华, 赖朝安, 杨国政. 基于 Internet 的制造企业协同知识网格平台 [J]. 制造业自动化, 2008, 30(10): 112—116.  
Cao Hua Lai Chao-an, Yang Guo-zheng The knowledge grid platform of manufacturing enterprises collaborative based on internet [J]. Manufacturing Automation, 2008, 30(10): 112—116. (in Chinese)
- [12]周荣辅, 方淑芬. 先进制造技术与生产流程的协同性研究 [J]. 科技进步与对策, 2007, 24(6): 67—68.  
Zhou Rong-fu Fang Shu-fen Research on synergy of advanced manufacturing technology and production process [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2007, 24(6): 67—68. (in Chinese)
- [13]张雪平, 殷国富. 虚拟样机协同设计并发控制策略研究 [J]. 计算机应用研究, 2008, 25(10): 2959—2961.  
Zhang Xue-ping Yin Guo-fu Research on concurrency control mechanism for collaborative of virtual prototype [J]. Application Research of Computers, 2008, 25(10): 2959—2961. (in Chinese)
- [14]徐浩鸣, 徐建中, 康姝丽. 中国国有通信设备制造业系统协同度模型及实证研究分析 [J]. 工业技术经济, 2003, (2): 43—46.  
Xu Haom-ing Xu Jian-zhong Kang Shu-li The empirical analysis of the synergy-degree model for the system of the national electronic communication equipment manufacturing [J]. Industrial Technology & Economy, 2003, (2): 43—46. (in Chinese)
- [15]徐向泓, 顾新建, 陈子辰. 基于网络制造的仿生自组织协同进化 [J]. 系统工程理论与实践, 2002, (2): 42—48.  
Xu Xiang-hong Gu Jian-xin Chen Zi-chen Self-organized bionic co-evolution of web-based manufacturing [J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2002, (2): 42—48. (in Chinese)
- [16]王洪秀, 王 刚, 问晓先, 高国安. 协同企业建模中的动态访问控制方法 [J]. 计算机工程, 2008, 34(17): 178—179.  
Wang Hong-xiu Wang Gang Wen Xiao-xian Gao Guo-an Dynamic access control method in collaborative enterprise modeling [J]. Computer Engineering, 2008, 34(17): 178—179. (in Chinese)
- [17]邹志勇, 武春友. 企业集团管理协同能力理论模型研究 [J]. 财经问题研究, 2008, (9): 99—102.  
Zou Zhi-yong Wu Chun-you Research on theoretical models of enterprises group's synergetic management capabilities [J]. Research on Financial and Economic Issues, 2008, (9): 99—102. (in Chinese)
- [18]杨丽伟. 供应链企业协同自主创新研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.  
Yang Li-wei Research on Synergy Independent Innovation in Supply Chain Enterprises [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2008.
- [19]段爱媛, 杨俊刚, 张席洲. 城市智能交通系统与供应链管理协同发展研究 [J]. 铁道运输与经济, 2008, 30(01): 71—73.  
Duan Ai-yuan Yang Jun-gang Zhang Xi-zhou Research on synergetic development of intelligent city traffic system and supply chain management [J]. Railway Transport and Economy, 2008, 30(01): 71—73. (in Chinese)
- [20]龙如银, 周德群. 矿业城市可持续发展的系统结构及其调控研究 [J]. 科学管理研究, 2003, 21(2): 43—46.  
Long Ru-yen Zhou De-qun Study on the structure and regulation of mining cities sustainable development system [J]. Scientific Management Research, 2003, 21(2): 43—46. (in Chinese)
- [21]叶文虎, 万劲波. 论环境管理思想与环境科学的协同演进 [J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(1): 6—10.  
Ye Wen-hu Wan Jin-bo On co-evolution of environmental management thought and environmental science [J]. China Population Resources and Environment, 2008, 18(1): 6—10. (in Chinese)

- [ 22]文元桥. 协同地球科学计算环境的协同与共享研究 [ D]. 武汉: 华中科技大学, 2008  
W en Yuan-qiao Collaboration and Sharing under Geophysical Collaborative Computing Environment [ D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2008 ( in Chinese)
- [ 23]曹堂哲. 政府协同执行力的理念和制度设计 [ J]. 北京大学研究生学志, 2007, ( 4): 74—83  
Cao Tangzhe The philosophy and system design for government synergic implementation ability [ J]. Graduate Students' Journal of Peking University, 2007, ( 4): 74—83 ( in Chinese)
- [ 24]张 林. 区域知识系统的协同研究 [ J]. 科学与科学技术管理, 2008, 03: 86—90  
Zhang Lin Research on synergy of regional production system-view from knowledge [ J]. Science of Science and Management of S & T., 2008, 03: 86—90 ( in Chinese)
- [ 25]白列湖. 协同论与管理协同理论 [ J]. 甘肃社会科学, 2007, ( 5): 228—230  
Bai Liehu Synergetic theory and the management synergetic theory [ J]. Gansu Social Sciences, 2007, ( 5): 228—230 ( in Chinese)
- [ 26]张立荣, 冷向明. 协同治理与我国公共危机管理模式创新——基于协同理论的视角 [ J]. 华中师范大学学报 (人文社会科学版), 2008, 47(2): 11—19  
Zhang Li rong Leng Xiangming Synergetic governance and the innovation of national public crisis management model—from synergetic theory angle [ J]. Journal of Huazhong Normal University ( Humanities and Social Sciences), 2008, 47(2): 11—19 ( in Chinese)
- [ 27]李太杰, 李汉铃. 构建广义社会发展系统协同理论的思辩取向 [ J]. 中共中央党校学报, 2001, 5(1): 34—39  
Li Taijie Li Hanling Speculative aims to construct broad society development system with synergetic theory [ J]. Journal of the Party School of the Central Committee of the C. P. C., 2001, 5(1): 34—39 ( in Chinese)
- [ 28]孙凯飞. “序”在系统论中的含义 [ J]. 哲学研究, 1994, ( 4): 38—43  
Sun Kai fei The meaning of “order” in system theory [ J]. Philosophical Researches, 1994, ( 4): 38—43 ( in Chinese)
- [ 29]毛 锋, 王 奇, 叶文虎. 论人与自然的和谐 [ J]. 地域研究与开发, 2000, 19(2): 1—6  
Mao Feng Wang Qi Ye Wenhu Theoretical analysis on the relation between human and nature [ J]. Areal Research and Development, 2000, 19(2): 1—6 ( in Chinese)
- [ 30]黄启学. 政治体制改革协同论 [ J]. 北京社会科学, 1994, ( 1): 114—120  
Huang Qixue Synergetics on political system reform [ J]. Social Science of Beijing, 1994, ( 1): 114—120
- [ 31]宋华岭, 刘全顺, 刘丽娟, 等. 管理熵理论——企业组织管理系统复杂性评价的新尺度 [ J]. 管理科学学报, 2003, 6(3): 19—27.  
Song Hua ling Liu Quan shun Liu Li juan, et al Management entropy—The assessment metric of management system complexity for enterprise [ J]. Journal of Management Sciences in China, 2003, 6(3): 19—27. ( in Chinese)
- [ 32]宋华岭, 王 今. 广义与狭义管理熵理论 [ J]. 管理工程学报, 2000, 14(1): 30  
Song Hua ling Wang Jin Theories of the general and special management entropies [ J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2000, 14(1): 30 ( in Chinese)
- [ 33]宋华岭, 等. 回采工作面生产系统运行失序复杂性评价 [ J]. 煤炭学报, 2003, 28(5): 459—464  
Song Hua ling et al A new assessment metric of operating disorder complexity for the working face in mine [ J]. Journal of China Coal Society, 2003, 28(5): 459—464 ( in Chinese)
- [ 34]宋华岭, 等. 随机模糊环境下企业动态生产计划编制 [ J]. 系统工程学报, 2001, 16(6): 411—417  
Song Hua ling et al. Making dynamic production planning for enterprise under fuzzy random environment [ J]. Journal of Systems Engineering, 2001, 16(6): 411—417. ( in Chinese)
- [ 35]Song Hua ling The entropy evaluation of the high-entropy system and its determination of operating entropy [ J]. Journal of System Science and Systems Engineering, 2000, 9(3): 315—323
- [ 36]宋华岭, 金智新, 白希军等. 矿井生产系统结构复杂性评价 [ J]. 煤炭学报, 2005, 30(3): 403—408  
Song Hua ling Jin Zhixin Bai Xijun et al The assessment for mine productive system's structural complexity [ J]. Journal of China Coal Society, 2005, 30(3): 403—408 ( in Chinese)
- [ 37]Song Hua ling Management Complexity Evaluating System Based on Entropy Information Content [ M]. 北京: 中国经济出版社, 2005, 12  
Song Hua ling Management Complexity Evaluating System Based on Entropy Information Content [ M]. Beijing: China Economics Press, 2005, 12 ( in Chinese)
- [ 38]宋华岭, 金智新, 李金克等. 企业管理系统复杂性评价的三维尺度模型建模与实证研究 [ J]. 管理工程学报, 2006

- (1): 103—108  
 Song Hua ling, Jin Zhixun, Li Jirke, *et al*. The three dimension metric model of management system complexity for enterprise [J]. *Journal of Systems Engineering*, 2006, (1): 103—108 (in Chinese)
- [39] 宋华岭, 李金克, 于红, 等. 薄煤层煤矿生产车间特殊开采生产技术的复杂性评价 [J]. *中国管理科学*, 2007, 15(1): 80—87.  
 Song Hua ling, Li Jirke, Yu Hong, *et al*. Complexity assessment of mining technology for thin coal seam and particularly working face [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2007, 15(1): 80—87. (in Chinese)
- [40] 宋华岭, 刘丽娟, 李金克, 等. 企业车间系统结构与工艺复杂性多维度评价 [J]. *管理科学学报*, 2007, 10(1): 54—63  
 Song Hua ling, Liu Lijuan, Li Jirke, *et al*. Multidimensional metric assessments of structural and technological complexity for enterprise working shop systems [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2007, 10(1): 54—63 (in Chinese)
- [41] Song Hua ling, Yu Hong, Li Jirke, Hokky Stungkir. On organizational structural complexity assessment—Case of study Mining enterprise [J]. *Journal of Social Complexity*, 2008, 3(2): 19—25.
- [42] 王彬. 熵与信息 [M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1994, 10  
 Wang Bin. *Entropy and Information* [M]. Xi'an: Northwest Polytechnical University Press, 1994, 10 (in Chinese)
- [43] Shannon C. E. A mathematical theory of communication [J]. *Bell System Technology Journal*, 1948, (27): 379—423
- [44] 李伟钢. 复杂系统结构有序度——负熵算法 [J]. *系统工程理论与实践*, 1988, 10(4): 15—22  
 Li Weirgang. Order degree of complex system structure—Negative entropy algorithm [J]. *Systems Engineering Theory & Practice*, 1988, 10(4): 15—22 (in Chinese)
- [45] 赵琳, 王湛. 论企业兼并中的管理协同效应 [J]. *价值工程*, 2001, (6): 43—45.  
 Zhao Lin, Wang Zhan. Discussion on management synergetic effect in enterprises' merger [J]. *Value Engineering*, 2001, (6): 43—45. (in Chinese)
- [46] 崔琳琳, 柴跃廷. 企业群体协同机制的形式化建模及存在性研究 [J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2008, 48(4): 486—489  
 Cui Lirilin, Chai Yue ting. Modeling and existence of enterprise synergy mechanisms [J]. *Journal of Tsinghua University (Science and Technology)*, 2008, 48(4): 486—489. (in Chinese)

## Synergetic assessment of enterprise organizational system based on information measurement

SONG Hua-ling, WEN Guofeng, LI Jin-ke, ZHANG Yi

School of Management Science and Engineering, Shandong Institute of Business and Technology, Yantai 264005, China

**Abstract** This paper puts forth some new conceptions and theories of the organizational synergy, establishing the target systems of organizational synergy assessment and defining a series of synergic parameters for the enterprise organizational system, such as inherent and contingency synergy, management layer and span, relationship collection structure and level, synergic span, synergic path, synergic mechanism, synergic manner, synergic functional span and cohesion, synergetic efficiency. By using the basic entropy theory, this paper extends the research methods of structure-based complexity theories to apply to the synergic metric modeling, quantitative assessing, constructs the mathematical models based information entropy at multi-dimensions of the synergic structure, manner, and function, and proposes the decreasing dimension solution methods for different dimension synergy problems. An empirical study combining with the synergic management activities of enterprise is also discussed finally.

**Key words** entropy theories, synergy, synergetic parameter, synergetic path, synergetic cohesive, synergetic span