

基于 B-Z 反应的企业系统协同演化模型^①

张铁男, 韩 兵, 张亚娟

(哈尔滨工程大学经济管理学院, 哈尔滨 150001)

摘要: 以典型的具有自组织特点的“B-Z”反应模型为基础, 应用分析复杂巨系统的协同学思想分析企业系统自组织演化规律. 研究表明: 利用复杂性科学方法解决经济系统不确定性问题的研究逐步增多, 但大部分仍停留在定性描述或构建简单的 2 维变量模型模拟企业系统演化的阶段. 通过引入“B-Z”反应模型可以构建 3 维变量模型进行企业系统定量描述, 使其演化规律更客观、实际, 并运用协同学方法的绝热消去原理可以有效解决变量维度增加引起的复杂计算问题. 协同学方法和“B-Z”反应模型的成功契合为研究企业系统演化提供了全新的视角, 也为相关领域的进一步研究提供有利的理论支持.

关键词: 企业系统; 阈值; 序参量; 序参量方程

中图分类号: F270 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2011)02-0042-11

0 引 言

随着企业内外部环境不稳定性日益增加, 现有的管理技术越来越难以把握企业的演化方向, 为了使现代企业能够在与环境的互动过程中保持应变能力, 对企业系统运行规律的进一步研究迫在眉睫. 20 世纪 70 年代, 联邦德国学者哈肯建立的协同学指明了研究企业系统演化的新方向. 哈肯教授在对大量实验进行分析的基础上, 提出了系统演化发展的役使原则, 并将系统变量分为快变量与慢变量, 认为所有系统演化发展到临界点时慢变量主宰着演化发展的进程^[1]. 基于慢变量支配快变量的原理, 在研究复杂系统演化时, 可以从系统演化方程中消去快变量, 得到少数几个以慢变量表示的低维方程^[2]. 因此, 如果能识别多变量企业系统的慢变量, 就可以利用支配原理控制企业的关键要素, 并根据企业系统演化规律预测企业演化方向, 使得企业管理工作效率更高、成本更低.

“B-Z”反应模型是复杂性科学研究的重点模

型, 耗散结构理论、协同学等都将其作为经典案例进行研究^[3-5]. 目前, 应用复杂性科学方法, 特别是耗散结构和协同学方法分析企业系统已取得一定的研究成果^[6-14], 但以“B-Z”反应模型为基础的研究还不常见, 这与复杂性科学应用的成熟性以及“B-Z”反应模型自身的复杂性不无关系.

1) 从国内外研究成果来看, 复杂性科学在企业系统中的应用并没有形成体系, 研究成果零星分散, 并且局限于应用概念来定性分析和说明企业系统的某些现象和问题. 例如文献 [6] 利用耗散结构理论分析企业战略的有效转型; 文献 [7] 则在信息管理中引入耗散结构; 文献 [8] 通过研究管理熵和管理耗散对企业自组织结构的建立提供理论指导等.

2) 从目前的研究来看, 基于复杂性科学从事定量化模型研究的成果还很不足. 即使已有研究将企业系统抽象为两个变量, 并从 2 维视角构建了企业系统演化模型, 但对企业系统的描述仍不够客观. 例如文献 [9] 将布鲁塞尔器模型作为耗

① 收稿日期: 2009-09-27 修订日期: 2010-07-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70672086); 教育部博士点基金资助项目 (20070217068)

作者简介: 张铁男 (1963-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 教授, 博士生导师. Email: zhangtjennan001@163.com

散结构临界值的判定工具;文献[10]利用两个状态变量构建产业系统协同演化模型等,都尚未从企业系统定量化建模的角度构建完整的研究体系。

通过对复杂性科学的应用成果进行梳理发现,引入“B-Z”反应模型可以有效弥补现有研究在缺乏模型构建方法、过度依赖定性描述等方面的不足。在利用复杂性科学方法分析企业系统的过程中引入“B-Z”反应模型,不仅可以定性描述企业系统,而且可以通过构建 3 维变量模型对企业系统演化状态进行定量研究,从而更加客观地反映企业系统演化规律。

基于上述分析,本文以“B-Z”反应模型为基础,利用隐喻方法研究企业系统演化规律,以 Logistic 方程为基础构建企业系统协同演化模型,在引入协同学方法对模型展开分析的基础上,对企业系统演化的相关问题进行探讨。

1 理论前提

1.1 协同学基本原理

协同学理论接受一般系统理论的基本观念,把一切研究对象看成是由组元、部分或子系统构成的系统。协同学由控制变量和状态变量描述系统,控制变量是系统达到阈值并实现协同的条件变量,是系统外部的可控要素;状态变量在宏观上描述系统行为,由诸多子系统共同作用形成。系统通过改变控制变量达到阈值,此时某个状态变量作为役使系统演化的主要作用力而成为序参量,系统实现从无序向有序的转变。协同学利用线性稳定性分析方法确定系统演化的临界点,在临界点附近忽略快变量对系统演化的影响,使系统起决定作用的慢变量成为序参量,这种简化系统维度的处理就是绝热消去原理^[15]。在自身理论体系不断完善前提下,协同学方法在企业系统中的应用也取得一定进展,例如建立利用协同模型实施组织综合管理系统^[16]、信息管理中耗散与协同理论的应用^[17]、顾客服务中的计算机多元协同^[18]、复杂网络系统的序参量^[19]、协同学理论视角下的民营科技企业成长机制研究^[20]、可持续发展系统自组织演化规律^[21]等等。利用协同学方法分析企业系统达到阈值的条件以及在众多影响其演化的

变量中辨识序参量,可以更充分地把握企业系统的演化规律。

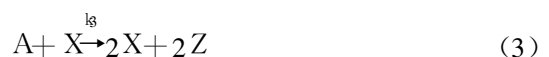
1.2 隐喻与复杂性科学

科学理论也应该具有某种适度的弹性和模糊度,以保有其预言性和开放性。隐喻语言的使用,成功地弥补了纯由形式逻辑词汇构造的理论语言“僵硬”、“封闭”的缺陷,极大地拓展了科学理论陈述所提供的意义空间^[22]。吴彤^[23]认为复杂性科学中具有隐喻性定义,并认为在数十种复杂性的定义中,有十余种定义是采用隐喻的方法来界定的,如蝴蝶效应、分形、混沌边缘、路径依赖、复杂适应系统、奇怪吸引子等等。隐喻方法是定义复杂性的重要途径,复杂性的概念可以用隐喻的方法来进行刻画。

1.3 “B-Z”反应模型及其特征分析

“B-Z”反应是化学中的贝洛索夫——扎波金斯基反应,具体指丙二酸等有机酸在金属铈离子作为催化剂时被溴酸氧化的一系列复杂化学反应的总称。“B-Z”反应在空间结构上出现美丽花纹,这种结构是由各种反应物浓度自组织运动产生的宏观上非均匀、非对称分布造成的。在时间上“B-Z”反应具有一定的节律性,产生红蓝变化的震荡现象,出现周期行为。

“B-Z”反应系统是典型的具有自组织性质的系统,这种宏观上的时空结构由大量微观粒子自组织运动产生。“B-Z”反应过程复杂,通过反应中主要反应物浓度的变化,最终将反应落到 3 种关键物质 $B^{\bar{r}}$ 、 $HB^{\bar{r}}O_2$ 、 $C^{\bar{e}+}$ 上。为了描述系统的自组织行为,借鉴普里高津分析布鲁塞尔器模型的方法,特引入符号 X Y Z 分别表示 $HB^{\bar{r}}O_2$ 、 $B^{\bar{r}}$ 、 $C^{\bar{e}+}$,引入 A P 分别表示 $B^{\bar{r}}O_2$ 、 $HOB^{\bar{r}}$ 则“B-Z”反应可以用如下反应方程表示:



其中 k_1, k_2, \dots, k_5 是反应速率常数, h 是 $C^{\bar{e}+}$ 再生 $B^{\bar{r}}$ 的能力,这里为实验确定的常数。各反应物质的微观粒子做大量无规则运动和碰撞,从微

观上并不能对其详细描述,该反应在微观上是无序的,但从宏观上,该反应不仅空间上有序,时间上也有序.与此类似,企业从孕育、创立、成长到成熟、变异,经历着发展变化的复杂过程^[24].企业系统与“B-Z”反应系统相比较,从微观上看,企业系统的各子系统都在自己的领域内发挥作用,企业系统并没有明确的有序行为;从宏观上看,企业系统不仅具有完整的时间及空间结构,而且运转灵活,所获得的效益也超过了各子系统单个效益的总和,具有明显的协同效应.

2 模型建立

2.1 企业系统及其序参量

任何系统都在一定的环境中运转,系统内部因素与环境的协调与否最终决定此系统的生存状态.企业系统的外部宏观环境包括政治、经济、文化、技术等^[25],政治要素涉及到市场准则制定、政府政策稳定性与连续性、其他行政干预措施等;经济要素影响物品、货币以及信息等方面的交换活动,通过市场效应影响企业系统运行;技术要素提供新技术、新产品等信息,促进企业系统技术创新;外部文化要素提供消费者价值观、风俗习惯等信息,但外部宏观环境对企业系统的影响具有间接性^[26],只能通过改变企业投资策略、促进技术革新等更直接的手段对企业系统施加影响.依据经济学中对经济发展主要投入要素(包括劳动力、资本和技术)^[27]的表述,将企业系统的外部控制变量定义为在外部宏观环境影响下的各种投入,包括资本、人力、技术等.由控制变量的定义可知,此处的外部投入要素严格区分于企业系统现有的同类要素.

企业的功能在于将企业的投入转变为产品和服务,并获取一定的利润.企业功能是业务、资源和管理三者协调互动的结果,三者共同构成企业的内部系统^[28].据此,可以将企业系统的状态变量确定为反映企业系统业务、资源和管理功能状态的变量,本文中将其定义为赢利状态、规模状态和运营状态.赢利状态体现企业系统的业务功能,反映企业系统产品或服务为企业系统产生效益的能力;规模状态体现企业系统的资源功能,反映产品周期初始阶段的规模,表现为企业的总

资本、固定资本总额等;运营状态体现企业系统的管理功能,反映企业系统的运作效率和效益.企业系统描述如图 1 所示.

序参量是企业系统状态变量,产生于企业内部,是企业系统宏观上的特征表现,对企业系统的运转长期产生影响.在企业系统状态变量中,企业运营状态由众多企业微观子系统、子元素自组织运动构成,是企业系统的宏观状态描述.随着企业系统正常运转,当系统控制变量达到阈值条件时,运营状态变量就在长时期内引导企业系统演化.因此,阈值条件下的企业运营状态具备企业序参量的特征. Nelson 和 Winter^[29] 将执行组织记忆的规则、程序和活动模式等称为组织惯例.伴随着战略资源的扩张,成功的企业倾向于以复制惯例的方式保持组织记忆的连续性,由此本文将作为序参量的运营状态称为“运营惯例”.众多学者提出的如创新、持续成长能力、核心理念、企业价值、企业领导者等不同层面的“序参量”都可以透过企业运营惯例解释其产生、进步和发展.

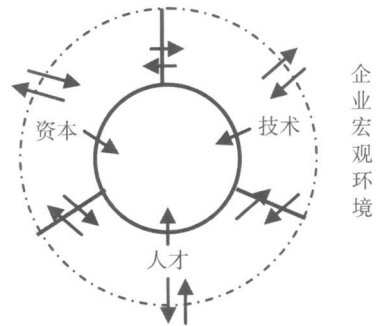


图 1 企业系统描述

Fig 1 Description of enterprise system

2.2 基于“B-Z”反应的企业系统协同演化模型

2.2.1 基本假设

本文的中心是以“B-Z”反应模型为基础的复杂性科学方法在研究企业系统演化规律中的应用,所以企业系统除具有一般自组织系统的特征外,还需满足以下假设条件.

1) 企业系统是开放系统,经过一定的条件可以成为耗散结构.耗散结构是复杂性科学研究企业系统的出发点,只有开放系统才可能出现耗散结构.热力学第二定律显示孤立系统的熵值随时间而增大,当熵值达到最大时,系统达到最无序的平衡态,孤立系统必然不会成为耗散结构.

2) 企业系统实现系统协同演化的阈值条件

并不唯一. 阈值条件与企业系统线性失稳的临界值一一对应. 随着状态变量和控制变量的改变, 企业系统演化具有动态性和时效性, 其失稳的临界条件也会相应改变.

3) 企业系统参数指标可量化. 企业系统外界投入指数与企业系统运转能力指数可以通过指标体系来衡量.

2.2.2 模型构造

企业系统的演化需确定企业系统状态变量之间的相互作用系数, 本文中称之为调整参数. 调整参数是一组可以用指标体系来衡量的统计数据, 如同化学反应中的反应速率. 企业系统的变量和参数汇总见表 1.

企业系统和“B-Z”反应的自组织规律具有相似复杂性, 但是企业系统并不能像化学反应般建

立系统演化方程, 而是直接采用系统演化的描述方程. 对于系统演化过程的描述, 通常用 Logistic 方程来表示, 两个变量的 Logistic 方程^[30] 如式 (6) 所示:

$$\begin{cases} \frac{1}{\rho_1} \frac{dx}{dt} = (k_1 \rho_1 - x - \frac{\gamma}{\alpha}) x - d_1 x & \text{(变量 } x \text{ 的演化)} \\ \frac{1}{\rho_2} \frac{dy}{dt} = (k_2 \rho_2 - x - \frac{\gamma}{\alpha}) y - d_2 y & \text{(变量 } y \text{ 的演化)} \end{cases} \quad (6)$$

其中, ρ_1, ρ_2 分别为变量 x, y 的调整参数; k_1, k_2 是控制变量; d_1, d_2 是两个变量的影响系数. 在方程 (6) 中不仅体现了两个变量自身变化对演化过程的影响, 也包含了它们之间的相互作用, 如竞争、合作等.

表 1 企业系统的变量与参数统计表
Table 1 Variables and parameters of enterprise system

变量	变量名称	变量解释
状态变量 1	企业运营状态	描述企业系统管理状态, 反映企业系统的运营效率和效益.
状态变量 2	企业规模状态	描述企业系统资源状态, 反映企业在产品周期初始阶段的规模.
状态变量 3	企业赢利状态	描述企业系统业务状态, 反映企业系统产品或服务为企业系统产生效益的能力.
控制变量	外界投入综合指数	描述企业系统外部对系统的投入, 取决于外部环境要素作用下的人力、资本和技术投入的综合效用.
调整参数 1	企业运营惯例水平指数	衡量企业系统运营发展水平, 通过指标体系综合评价获得.
调整参数 2	企业规模发展水平指数	衡量企业系统规模发展水平, 通过指标体系综合评价获得.
调整参数 3	企业赢利能力水平指数	衡量企业赢利能力发展水平, 通过指标体系综合评价获得.

在构建企业系统演化模型之前, 定义 q_1, q_2, q_3 表示企业系统运营状态、规模状态和赢利状态 3 个状态变量, $\frac{dq_i}{dt} (i=1, 2, 3)$ 是状态变量随时间的变化率; α, β, γ 分别为 q_1, q_2, q_3 的调整参数; θ 为控制变量, 在本文中企业系统的控制变量假定是外界投入综合指数, 所以 q_1, q_2, q_3 3 个状态变量的控制变量均为 θ .

对于企业运营状态 q_1 在初始状态下企业运营效率与企业规模相关, 且随着规模扩大, 企业运营效率有逐渐降低的趋势, 而此时企业是否具有赢利性并不影响企业运营. 由此, 在外界投入为 θ 的条件下, 状态变量 q_1 的 Logistic 演化方程如下式

$$\frac{1}{\alpha} \frac{dq_1}{dt} = \theta q_1 + \theta \frac{\beta}{\alpha} q_2 - \beta q_1 q_2 + \eta_1 q_1 \quad (7)$$

其中 θq_1 表示在控制变量 θ 影响下 q_1 的自身影响因子; $\theta \frac{\beta}{\alpha} q_2$ 项表示在 θ 作用下 q_2 对 q_1 的影响因子, $\frac{\beta}{\alpha}$ 是影响系数; $-\beta q_1 q_2 + \eta_1 q_1$ 表示在 θ 作用以外的 q_2 对 q_1 的影响因子, $-\beta q_1 q_2$ 体现了运营效率随企业规模扩大而降低的趋势, $\eta_1 q_1$ 则主要体现企业规模报酬的相关信息, η_1, η_2 为常数 (通常情况下大于 1, 此时企业呈现规模报酬递增效应).

同理, 对于企业规模状态 q_2 而言, 企业初始规模是企业运营状态、赢利状态产生的物质基础, 所以 q_2 的演化过程同时受到企业运营状态、企业赢利状态以及自身状态的影响, 在外界投入为 θ 的条件下, 状态变量 q_2 的 Logistic 演化方程如下式

$$\frac{1}{\beta} \frac{dq_2}{dt} = -\theta q_2 - \alpha q_1 q_2 + \frac{\gamma}{\beta} q_2 \quad (8)$$

其中, $-\theta q$ 项表示在控制变量 θ 影响下的 q 的自身影响因子, 其系数为负则体现企业规模状态随着外界投入的增加而递减, 通常表现为边际规模报酬递减性; $-\alpha q q$ 项是 q 对 q 的影响因子, 在外界投入一定的情况下, 企业经常会陷入继续扩大企业规模或是投入更多的资源提升企业运营效率的困境, 所以 $-\alpha q q$ 因子更多体现企业规模扩张的两难性; $\frac{\gamma}{\beta} q$ 是企业赢利状态 q 对 q 的影响因子, 赢利状态的提升对企业规模状态有促进效应, $\frac{\gamma}{\beta}$ 是影响系数。

企业赢利状态 q 的演化过程仅与自身状态和企业运营效率相关, 与企业规模状态无直接联系, 如小规模的企业在赢利能力上可能比大规模的企业强, 多数情况下中等规模的企业赢利能力最强. 企业赢利状态变量 q 的 Logistic演化方程如下式

$$\frac{1}{\gamma} \frac{dq}{dt} = -\eta_2 q + \eta_3 \theta \frac{\alpha}{\gamma} q \quad (9)$$

其中, $-\eta_2 q$ 项是状态变量 q 的自身影响因子, 因为状态变量 q 并不受控制变量 θ 的直接影响, 在无外界影响因素的条件下, q 自身状态呈下降趋势, η_2 是常数; $\eta_3 \theta \frac{\alpha}{\gamma} q$ 项是运营状态 q 对 q 的影响因子, 外界控制变量通过对 q 的作用而影响 q , $\eta_3 \theta \frac{\alpha}{\gamma} q$ 体现通常情况下企业赢利状态随着企业运营状态的改善而提升, $\frac{\alpha}{\gamma}$ 是影响系数, η_3 是常数 (通常情况下大于 1, 体现企业的学习效应)。

综上, 由方程 (7)、(8)、(9) 共同构成以 Logistic 演化方程为基础的企业系统协同演化模型, 如下式

$$\begin{cases} \frac{1}{\alpha} \frac{dq}{dt} = \theta q + \theta \frac{\beta}{\alpha} q - \beta q q + \eta_1 q \\ \frac{1}{\beta} \frac{dq}{dt} = -\theta q - \alpha q q + \frac{\gamma}{\beta} q \\ \frac{1}{\gamma} \frac{dq}{dt} = -\eta_2 q + \eta_3 \theta \frac{\alpha}{\gamma} q \end{cases} \quad (10)$$

其中, η_1, η_2, η_3 为常数; $\theta, \alpha, \beta, \gamma$ 的定义分别如下:

$$\theta = \frac{\prod_{i=1}^n \theta_i}{\prod_{i=1}^n \bar{\theta}_i} \kappa_{\theta}$$

控制变量, 表示外界投入综合指数, $\theta_i (i=1, 2, 3)$ 是企业人力、资本和技术的资本化投入, $\bar{\theta}_i$ 表示行业标准, κ_{θ} 表示各项投入的权重系数;

$\alpha = \frac{\prod_{i=1}^n \alpha_i}{\prod_{i=1}^n \bar{\alpha}_i} \kappa_{\alpha}$, 调整参数之一, 表示企业运营惯例水平指数, $\alpha_i (i=1, 2, 3, 4)$ 为劳动效率、总资产周转率、流动比率、成本费用利润率, $\bar{\alpha}_i$ 表示各指标的行业标准, κ_{α} 指标权重系数;

$\beta = \frac{\prod_{i=1}^n \beta_i}{\prod_{i=1}^n \bar{\beta}_i} \kappa_{\beta}$, 调整参数之二, 表示企业规模发展水平指数, $\beta_i (i=1, 2, 3)$ 为企业总资产、总销售额、固定资产占总资产的比重, $\bar{\beta}_i$ 表示行业标准, κ_{β} 指标权重系数;

$\gamma = \frac{\prod_{i=1}^n \gamma_i}{\prod_{i=1}^n \bar{\gamma}_i} \kappa_{\gamma}$, 调整参数之三, 表示企业赢利能力水平指数, $\gamma_i (i=1, 2)$ 为产品市场占有率、利润率, $\bar{\gamma}_i$ 表示行业标准, κ_{γ} 指标权重系数。

模型 (10) 利用企业系统 3 个主要状态变量的演化过程模拟企业系统演化规律, 运营状态变量、规模状态变量和赢利状态变量将企业内外部要素进行串联和整合, 各变量自身以及相互影响的演化过程反映了企业系统及其子系统紧密协调, 协同有序发展的规律。

比较发现, 模型 (10) 与 “B-Z” 反应模型的演化动力学方程具有相似性. 由此, 以企业系统的状态变量 q, q, q 隐喻 “B-Z” 反应模型中 3 种主要物质 X、Y 和 Z 的浓度状态; 以企业系统外界投入综合指数 θ 隐喻 “B-Z” 反应模型的控制参数; 以调整参数 α, β, γ 隐喻 “B-Z” 反应模型的反应速率 k 同时假定:

- $\eta_1 = 2, l = 2$ 企业规模报酬呈递增状态;
- $\eta_2 = 1$ 企业赢利能力在无外界条件影响下可以维持现状;
- $\eta_3 = 2$ 企业生产过程中具有较强的学习效应.

将模型 (10) 转化为以 “B-Z” 反应模型动力学方程为基础的企业系统协同演化模型, 如下式所示

$$\begin{cases} \frac{dq}{dt} = \alpha \theta q + \beta \theta q - \alpha \beta q q + 2\alpha q \\ \frac{dq}{dt} = -\beta \theta q - \alpha \beta q q + \gamma q \\ \frac{dq}{dt} = 2\alpha \theta q - \gamma q \end{cases} \quad (11)$$

式 (10) 到式 (11) 的转变体现了企业系统和 “B-Z” 反应系统的自组织规律具有相似复杂性. 为进一步引入分析复杂巨系统的协同学方法提供了证据和有利条件. 本文将利用线性稳定性分析、绝热消

去原理等方法主要对模型 (11) 进行分析.

2.3 模型分析

2.3.1 线性稳定性分析

系统在演化过程中, 从混乱到有序的改变需要经过某些涨落, 而涨落的最大作用就是帮助系统突破阈值的界限, 实现系统在序参量役使下的自组织. 本文利用协同学中的线性稳定性分析来确定企业系统协同演化的阈值.

拟扰动项如下式所示

$$\begin{cases} q_1 = \bar{q}_1 + \varphi_1 \\ q_2 = \bar{q}_2 + \varphi_2 \\ q_3 = \bar{q}_3 + \varphi_3 \end{cases} \quad (12)$$

其中 $\varphi_i (i=1, 2, 3)$ 为对定态解 \bar{q}_i 的小扰动. 令

$$\bar{q}_1 = \bar{q}_2 = \bar{q}_3 = 0 \quad (13)$$

显然式 (13) 是演化方程 (12) 的定态解.

将式 (11) 线性化, 有

$$\begin{cases} \frac{dq_1}{dt} = \alpha\theta\varphi_1 + \beta\theta\varphi_2 \\ \frac{dq_2}{dt} = -\beta\theta\varphi_2 + \gamma\varphi_3 \\ \frac{dq_3}{dt} = 2\alpha\theta\varphi_1 - \gamma\varphi_3 \end{cases} \quad (14)$$

写成矢量形式

$$\frac{dq}{dt} = Lq \quad (15)$$

其中

$$L = \begin{pmatrix} \alpha\theta & \beta\theta & 0 \\ 0 & -\beta\theta & \gamma \\ 2\alpha\theta & 0 & -\gamma \end{pmatrix} \quad (16)$$

式 (11) 的解为

$$q^{(\mu)} = q^{(\mu)}(0) \exp(\lambda_\mu t) \quad (17)$$

其通解为

$$q = \sum_{\mu} \xi_{\mu} \exp(\lambda_{\mu} t) q^{(\mu)}(0) \quad (18)$$

其中, ξ_{μ} 为任意常数, λ_{μ} 由本征方程 (19) 和 (20) 确定:

$$Lq^{(\mu)}(0) = \lambda_{\mu} q^{(\mu)}(0) \quad (19)$$

$$(L - \lambda I) q^{(\mu)} = 0 \quad (20)$$

式 (20) 有非零解的条件是

$$\begin{vmatrix} \alpha\theta - \lambda & \beta\theta & 0 \\ 0 & -\beta\theta - \lambda & \gamma \\ 2\alpha\theta & 0 & -\gamma - \lambda \end{vmatrix} = 0 \quad (21)$$

解式 (21) 得

$$\lambda^3 - (\alpha\theta - \beta\theta + \gamma)\lambda^2 - (\alpha\beta\theta^2 + \alpha\gamma\theta - \beta\gamma\theta)\lambda + \alpha\beta\gamma\theta^2 = 0 \quad (22)$$

系统只有在失稳的条件下才有可能达到阈值, 在特征根 λ 有负实部时系统才会达到失稳条件. 根据胡维茨判别法, 式 (22) 的根皆有负实部的条件如下

$$-\alpha\theta - \beta\theta + \gamma > 0 \quad (23)$$

$$\alpha\beta\gamma\theta^2 > 0 \quad (24)$$

$$(\alpha\theta - \beta\theta + \gamma)(\alpha\beta\theta^2 + \alpha\gamma\theta - \beta\gamma\theta) - \alpha\beta\gamma\theta^2 > 0 \quad (25)$$

1) 当 $\alpha - \beta \geq 0$ 时, 存在式 (25) 恒大于零, 解得失稳条件值如下式

$$\begin{cases} \theta > \gamma / (\alpha + \beta) \\ \alpha - \beta > 0 \end{cases} \quad (26)$$

2) 当 $\alpha - \beta < 0$ 时, 存在式 (21) 恒小于零, 解得此时的失稳条件值为下式

$$\begin{cases} \theta < \gamma / (\alpha + \beta) \\ \theta > \frac{\gamma}{\alpha} \\ \alpha - \beta > 0 \end{cases} \quad (27)$$

可以看出式 (27) 无解, 所以此种情况不存在.

3) 当 $\alpha - \beta < 0$ 时, 解得此时的失稳条件值如下式

$$\begin{cases} \gamma / (\alpha + \beta) < \theta < \gamma / \alpha \\ \alpha - \beta < 0 \end{cases} \quad (28)$$

综上, 企业系统演化模型线性失稳的条件如下式

$$\begin{cases} \theta > \gamma / (\alpha + \beta) & (\alpha - \beta \geq 0) \\ \gamma / (\alpha + \beta) < \theta < \gamma / \alpha & (\alpha - \beta < 0) \end{cases} \quad (29)$$

根据式 (29), 得出企业系统的阈值条件为

$$\theta = \gamma / (\alpha + \beta) \quad (30)$$

企业系统在投入水平为 $\gamma / (\alpha + \beta)$ 时达到系统的阈值, 但是在 α 小于 β 时, 企业的投入具有上限 γ / α , 如图 2 所示.

因为 α, β 都是与行业标准比较值, 所以 α 小于 β 表示同等规模的企业系统运营惯例水平低下, 没有限制的增大投入必然面临着巨大的风险. 在图 2 中对于 $\alpha < \beta$ 类企业系统达到阈值的投入属于某个区间, 在此区间外企业系统不可能实现

序参量役使下的自组织协同.

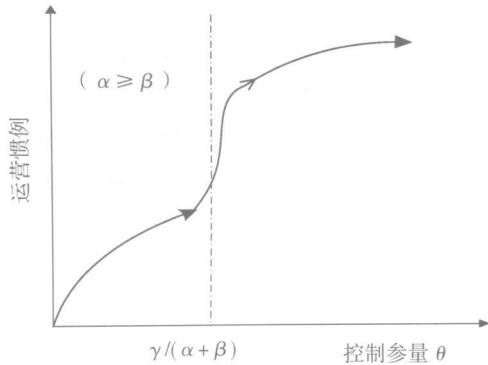


图 2 $\alpha < \beta$ 类企业系统序参量在阈值前后的变化特征

Fig 2 Different characteristics of order parameter below and above the threshold ($\alpha < \beta$)

对于 $\alpha \geq \beta$ 类企业系统, 如图 3 所示, 系统投入虽然在图中表现出没有限制, 但也受到企业本身投入能力、宏观政策改变等因素的影响.

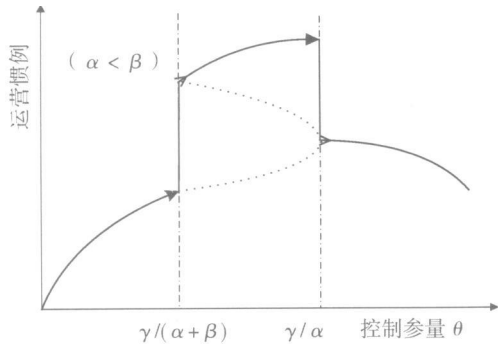


图 3 $\alpha > \beta$ 类企业系统序参量在阈值前后的变化特征

Fig 3 Different characteristics of order parameter below and above the threshold ($\alpha > \beta$)

2.3.2 绝热消去原理的应用

绝热消去法是协同学降低方程维数, 减少方程自由度或消去大量变量的基本方法之一, 在消去大量快变量的同时建立序参量方程. 本文对企业系统演化模型同样采取绝热消去法建立序参量方程, 由此揭示企业系统在运营惯例役使下的自组织演化规律.

企业系统是 3 变量系统, 由 q_1, q_2, q_3 3 个变量构成. 由于运营惯例是企业系统的序参量, 所以 q_1 是慢变量, q_2 和 q_3 为快变量.

令快变量对时间的导数等于零, 有

$$\begin{cases} \frac{dq_2}{dt} = -\beta\theta q_2 - \alpha\beta q_1 q_2 + \gamma q_3 = 0 \\ \frac{dq_3}{dt} = 2\alpha\theta q_1 - \gamma q_3 = 0 \end{cases} \quad (31)$$

解得

$$\begin{cases} q_2 = \frac{2\alpha\theta}{\beta} \frac{q_1}{2q_1 + \theta} \\ q_3 = \frac{2\alpha\theta}{\gamma} q_1 \end{cases} \quad (32)$$

将 q_2 的表达式代入式 (32), 得到企业系统协同演化的序参量方程为

$$\frac{dq_1}{dt} = \alpha\theta q_1 + 2\alpha\theta^2 \frac{q_1}{2q_1 + \theta} - 2\alpha^2\theta \frac{q_1^2}{2q_1 + \theta} + \frac{4\alpha^3\theta^2}{\beta^2} \frac{q_1^3}{(2q_1 + \theta)^2} \quad (33)$$

此时系统达到阈值条件.

引入时间变量, 式 (33) 可写为

$$\int_{Aq_1^3 + Bq_1^2 + Cq_1} (2q_1 + \theta)^2 dq_1 = \int dt \quad (34)$$

其中

$$A = 4\alpha\theta(1 - \alpha)$$

$$B = 2\alpha\theta \left[2(1 + \theta) + \frac{\alpha^2\theta}{\beta^2} - \alpha \right]$$

$$C = 3\alpha\theta^3$$

在获得 α, β, γ 以及 θ 的具体值的基础上, 就可以得到企业系统序参量随时间的演化解, 表现形式为 $q_1 = f(t)$. 序参量方程反映企业系统随时间演化的规律, 在阈值条件下, 企业系统的有序程度得到维持或向更高级有序发展.

如图 4 所示, 企业系统的赢利能力在不同的序参量状态会出现一系列的分岔与选择, 只要维持系统具有序参量, 企业系统赢利能力也会逐步增强.

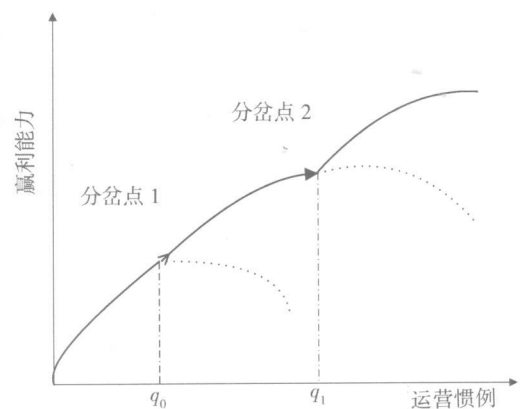


图 4 赢利能力的演化轨迹

Fig 4 Evolution path of enterprise's profitability

3 实证研究

3.1 阈值条件分析

选取集团公司 A 为实例, 以公司 200 × 财年的财务指标为依据, 计算公司 A 的阈值条件, 并判断下一财年初期合理的投入综合指数。

计算阈值条件时, 通过计算 A 公司指标数据与行业标准的比值, 对指标数据进行无量纲处理。行业标准可以认为是行业中标杆企业的执行标准, 据此选取该行业的另外 3 大公司 B、C 和 D (4 家公司的市场占有率达到了 51.2%) , 并以 4 家公司各项指标的均值为行业标准。4 家公司的财务数据以及 A 公司与行业数据的比较如表 2 和表 3 所示。

表 2 公司 A、B、C、D 的指标数据

Table 2 Index data of company A、B、C、D and industry standard

指标	数据				
	公司 A	公司 B	公司 C	公司 D	行业标准
劳动效率	2.01	3.37	6.06	2.65	3.52
总资产周转率	2.27	2.30	1.22	2.17	1.99
流动比率	0.87	1.073	1.21	1.25	1.10
成本费用利润率 (%)	17.23	20.7	32.19	4.20	18.58
总资产 / 亿美元	71.99	275.61	886.99	52.42	321.75
总销售额 / 亿美元	163.51	611.33	1042.86	140.6	489.58
固定资产比重 (%)	34.64	27.7	46.55	49	39.48
市场占有率 (%)	7.90	15.6	18.1	9.60	12.73
利润率 (%)	2.84	5.63	6.97	4.01	4.86

表 3 公司 A 与行业标准的比较值

Table 3 Comparison between index data of company A and industry standard

比率	指标								
	劳动效率	总资产周转率	流动比率	成本费用利润率 (%)	总资产 / 亿美元	总销售额 / 亿美元	固定资产比重 (%)	市场占有率 (%)	利润率 (%)
公司 A	2.01	2.27	0.87	17.23	71.99	163.51	34.64	7.90	2.84
行业标准	3.52	1.99	1.10	18.58	321.75	489.58	39.48	12.73	4.86
比值	0.57	1.14	0.79	0.93	0.22	0.33	0.88	0.62	0.58

3.2 序参量方程分析

根据具体数据测算, A 公司的序参量演化方程如下

$$\frac{dq}{dt} = 0.83\theta q + 1.66 \frac{\theta^2 q}{2q + \theta} -$$

根据 α 、 β 、 γ 的计算公式, A 公司的调整参数值如下

$$\alpha = \sqrt[4]{0.57 \times 1.14 \times 0.79 \times 0.93} = 0.83 \quad (35)$$

$$\beta = \sqrt[3]{0.22 \times 0.33 \times 0.88} = 0.40 \quad (36)$$

$$\gamma = \sqrt{0.62 \times 0.58} = 0.59 \quad (37)$$

根据已计算的 α 、 β 、 γ 的值, 可算出 A 公司的阈值条件为

$$\frac{\gamma}{\alpha + \beta} = 0.48 \quad (38)$$

由式 (34) 可确定当 $\theta \geq 0.48$ 时, A 公司投入规模较为合理。因此, A 公司在做新一轮战略投资时需仔细衡量各项投入的规模, 确保人力、资本、技术的投入综合指数为 0.48 及以上, 达到企业协同演化的阈值条件。

$$1.38 \frac{\theta q}{2q + \theta} + 28.59 \frac{\theta^2 q}{(2q + \theta)^2} \quad (39)$$

引入时间变量, 可得

$$\int \frac{(2q + \theta)^2}{0.56\theta q + 33.8\theta^2 q + 2.49\theta^3 q} dq = \int dt \quad (40)$$

利用 Mathematica 数学软件模拟式 (40) 当改变控制变量时, 序参量演化轨迹会发生变化, 在图 5 中如曲线 ①、②、③、④、⑤ 所示。

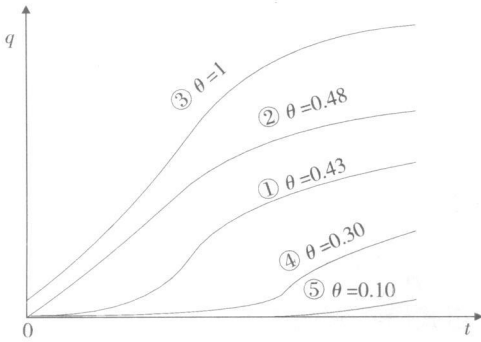


图 5 序参量的演化轨迹
Fig 5 Evolution path of order parameter

1) 当 $\theta = 0.43$ 时, 曲线 ① 模拟了将 A 公司的控制变量维持现状时, 序参量的演化轨迹, 表示在很长时间内, 企业的序参量并不存在, 随着时间推移企业也有可能实现有序演化, 但序参量水平较低。

2) 当 $\theta = 0.48$ 时, 曲线 ② 模拟 A 公司通过改变控制变量, 刚好达到阈值水平的序参量演化轨迹, 表示序参量从零时刻从无到有, 随着时间的推移稳步向高阶进发的状态。

3) 当 $\theta = 1$ 时, 曲线 ③ 模拟 A 公司将控制变量维持在阈值水平之上的序参量演化轨迹, 可以看出从零时刻开始序参量一直存在, 并随着时间推移向更高阶水平发展。

4) 当 $\theta = 0.30$ 时, 曲线 ④ 表示如果进一步降低 A 公司的控制变量水平时, 序参量的演化轨迹, 此种情况将在更长时间内不会出现序参量, 最终出现的情况与 ① 类似, 但是序参量水平更低。

5) 当 $\theta = 0.1$ 时, 曲线 ⑤ 表示即使时间是无穷的, 企业也不会出现序参量而实现自组织演化。曲线 ③ 和 ⑤ 是企业发展的极端情况, 在现实中并不存在。

综上, 曲线 ② 是 A 公司的阈值平衡线, 在 ②

左侧, 企业系统可以快速实现自组织协同演化; 在 ② 右侧, 企业系统将在长时期内处在无序状态, 即使实现自组织, 其序参量水平必然较低。所以, A 公司应该从现有条件出发, 设法将其演化轨迹从 ① 向 ② 的左边移动, 这样才能实现有序演化, 并获得持续赢利能力。在新一轮公司战略制定时将战略重点集中在人力、资本和技术等投入要素, 结合阈值条件制定投入战略, 这种不利局面可以改变。

4 结束语

本文以典型的自组织现象 “B-Z” 反应为原型, 以协同学理论为依据建立企业系统协同演化模型, 并提出运营惯例是企业系统序参量。在充分比较 “B-Z” 反应系统和企业系统之间的相似特性的基础上, 以 “B-Z” 反应的动力学方程为基础构建了企业系统协同演化模型, 此模型成为揭示企业系统演化规律的主要工具。通过稳定性分析得出企业系统的阈值条件为 $\theta \geq \gamma / (\alpha + \beta)$, 此时可实现在序参量役使下的自组织行为。虽然在实际管理过程中很难严格按照 $\theta \geq \gamma / (\alpha + \beta)$ 的条件去监控企业系统, 但为了实现各项资源的协同, 需要通过各种手段和方法去实现和维持此阈值条件。如构建各种严格的监控指标体系正是管理者为了使企业维持某种状态而经常采取的措施, 而本文的研究不仅证明了企业系统构建监控指标体系的意义, 更为构建企业系统监控指标提供新参考。

本文的研究需要进一步完善模型中参量 ($\theta, \alpha, \beta, \gamma$) 的量化指标, 使其能更充分合理的模拟企业系统演化。未来的研究还需从实践出发对企业系统阈值条件的实现路径以及企业系统序参量方程进行充分模拟, 从而使这种基于复杂性科学研究的模型真正成为解决企业系统现实问题的有效方法。

参 考 文 献:

[1] Wolfgang T. Hermann H. The functional aspects of self-organized pattern formation [J]. New Ideas in Psychology 2007 25 (1): 1-15
[2] Bobrek M. Sokovic M. Integration concept and synergetic effect in modern management [J]. Journal of Materials Processing

Technology 2006 175(1/3): 33—39

- [3] 罗 珉. 企业内部市场: 理论、要素与变革趋势[J]. 中国工业经济, 2004 (10): 59—68
Luo Min. Internal market of enterprise: Theory, elements and change trend[J]. China Industrial Economy 2004 (10): 59—68 (in Chinese)
- [4] 曾国屏. 论系统自组织演化过程[J]. 系统辩证学学报, 1998 6(1): 13—18
Zeng Guo ping. On the process of system self-organization[J]. Journal of Systemic Dialectics 1998 6(1): 13—18 (in Chinese)
- [5] 黄欣荣, 吴 彤. 复杂性科学兴起的语境分析[J]. 清华大学学报(哲学社会科学版), 2004 3(9): 38—45
Huang Xin rong Wu Tong. The context analysis to the arising of complexity sciences[J]. Journal of Tsinghua University (Philosophy and Social Sciences), 2004 3(9): 38—45 (in Chinese)
- [6] Macintosh R, Maclean D. Conditioned emergence: A dissipative structures approach to transformation[J]. Strategic Management Journal 1999 20(4): 297—316
- [7] Ziming L. Dissipative structure theory, synergetics, and their implications for the management of information systems[J]. Journal of the American Society for Information Science 1996 47(2): 129—135
- [8] 毛道维, 任佩瑜. 基于管理熵和管理耗散的企业制度再造的理论框架[J]. 管理世界, 2005 2(11): 108—118 132
Mao Dao wei Ren Pei yu. The theoretical framework for enterprise system reconstruction based on management entropy and management dissipation[J]. Management World 2005 2(11): 108—118 132 (in Chinese)
- [9] 李朝霞. 企业进化机制研究[M]. 北京: 北京图书馆出版社, 2001.
Li Zhao xia. Enterprise Evolution Mechanism[M]. Beijing: Beijing Library Press, 2001 (in Chinese)
- [10] 朱永达, 张 涛, 李炳军. 区域产业系统的演化机制和优化控制[J]. 管理科学学报, 2001, 11(3): 73—78
Zhu Yong da Zhang Tao Li Bing jun. Evolution mechanism and optimum control of regional industrial system[J]. Journal of Management Sciences in China 2001, 11(3): 73—78 (in Chinese)
- [11] Donald L G. Dissipative structures in educational change: Prigogine and the academy[J]. International Journal of Leadership in Education 2007 10(1): 49—69
- [12] 宋华岭, 温国锋, 李金克, 等. 基于信息度量的企业组织系统协同性评价[J]. 管理科学学报, 2009 4(3): 22—36
Song Hua ling Wen Guo feng Li Jin ke et al. Synergetic assessment of enterprise organizational system based on information measurement[J]. Journal of Management Sciences in China 2009 4(3): 22—36 (in Chinese)
- [13] Richard A J. Schumpeterian growth, chaos, and the formation of dissipative structures[J]. Journal of Evolutionary Economics 1994 4(2): 125—139
- [14] Malaska P, Kinnunen T. A model of management goal setting and its dissipative structure[J]. European Journal of Operational Research 1986 25(1): 75—84
- [15] Hermann H. Synergetics of brain function international[J]. Journal of Psychophysiology 2006 60(5): 110—124
- [16] Zeng S X, Jonathan S. A synergetic model for implementing an Integrated management system: An empirical study in China[J]. Journal of Cleaner Production 2007 15(12): 1760—1767.
- [17] Ziming L. Dissipative structure theory, synergetics, and their implications for the management of information systems[J]. Journal of the American Society for Information Science 1996 47(2): 129—137
- [18] Gillette B. Customer service: the Secret of success for synergetic[J]. Mississippi Business Journal 2002 24(10): 21.
- [19] Peijie M, Wang B. Order parameter hysteresis on the complex network[J]. Chinese Physics Letters 2008 25(9): 3507—3510
- [20] 曹 洋, 陈士俊. 协同学理论视角下的民营科技企业成长机制研究[J]. 科学学研究, 2006 18(3): 428—431
Cao Yang Chen Shi jun. The research on the development mechanism of non-state-run high-tech company in the visual angle of synergetics theory[J]. Studies in Science of Science 2006 18(3): 428—431 (in Chinese)
- [21] 傅晓华. 协同学与我国可持续发展系统自组织研究[J]. 系统辩证学学报, 2004 12(1): 50—55
Fu Xiao hua. Research on the self-organization of sustainable development system in china with the view of synergetics[J]. Journal of Systemic Dialectics 2004 12(1): 50—55 (in Chinese)

- [22] 郭贵春, 安 军. 隐喻与科学理论的陈述[J]. 社会科学研究, 2003 (4): 1—6
Guo Gui.chun, An Jun. Metaphor and statements of scientific theory[J]. Social Science Research, 2003 (4): 1—6 (in Chinese)
- [23] 吴 彤. 自组织方法论研究[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001
Wu Tong. Research on Self-organizing Methodology[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001. (in Chinese)
- [24] 刘 洪, 周 健. 企业系统演化的一般规律[J]. 系统辩证学学报, 2002 10 (1): 37—40
Liu Hong, Zhou Jian. General laws of enterprises evolution[J]. Journal of Systemic Dialectics, 2002 10 (1): 37—40 (in Chinese)
- [25] Houben G, Lenie K, Vanhooft K. A knowledge-based SWOT-analysis system as an instrument for strategic planning in small and medium sized enterprises[J]. Decision Support Systems, 1999 8(26): 125—135
- [26] Brews P, Devavrat P. Strategic Planning in unstable environments[J]. Long Range Planning, 2007 2(40): 64—83
- [27] McDonald S, Roberts J. Growth and multiple forms of human capital in an augmented solow model: A Panel data investigation[J]. Economics Letters, 2002 1(74): 271—276
- [28] 刘尔琦. 探讨高科技企业整体式管理模式[J]. 中国创业投资与高科技, 2004 (5): 43—44
Liu Er.qi. Explore the overall management model of high-tech enterprises[J]. China Venture Capital and High-Tech, 2004 (5): 43—44 (in Chinese)
- [29] 陈传明, 陈松涛, 刘海建, 等. 企业组织刚性影响因素的实证研究[J]. 南京社会科学, 2004 (5): 24—31
Chen Chuanming, Chen Songtao, Liu Haijian, et al. Empirical research on rigid factors of enterprises[J]. Social Sciences in Nanjing, 2004 (5): 24—31. (in Chinese)
- [30] 姜 璐, 王德胜, 等. 系统科学新论[M]. 北京: 华夏出版社, 1990
Jiang Lu, Wang Desheng, et al. New Theory of System Science[M]. Beijing: Cathayian Press, 1990 (in Chinese)

Enterprise system co-evolution model based on “B-Z” reaction

ZHANG Tie-nan, HAN Bing, ZHANG Ya-juan

School of Economic and Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China

Abstract Based on the “B-Z” reaction model characterized by typical self-organization, this paper analyzes the self-organization rules of enterprise system evolution with synergetic theory which is generally applied to analyze complex giant systems. The results show that studies of applying complex science methods to solve the problem of uncertain economy system are gradually progressing, but most studies remain on qualitative description or constructing simple two-dimensional variable model to simulate the phase of enterprise system evolution. By introducing “B-Z” reaction model, this paper constructs a three-dimensional variable model to describe enterprise system quantitatively, which makes the evolution rules more objective and practical, and applies adiabatic elimination principle of synergetic theory to the problem of complex calculation caused by increased variable dimension. The combination of synergetic methods and “B-Z” reaction model is a new idea in the study of enterprise system evolution, and a favorable theoretical support for the further related study.

Key words enterprise system, threshold, order parameter, order parameter equation