

复杂适应性系统理论研究方法 在区域经济研究中的应用

刘 建¹, 汤临佳², 池仁勇²

(1. 浙江大学,浙江 杭州 310027;2. 浙江工业大学 中小企业研究所,浙江 杭州 310014)

摘要:复杂适应性系统理论的研究方法,为剖析经济组织结构类型如何影响经济效率提供了新的研究视角。以 NK 模型作为典型的理论方法,介绍了该理论具体应用于实际区域经济研究中的一般性方法与相关可得性结论。

关键词:复杂适应性系统理论;区域经济;NK 模型

DOI:10.3969/j.issn.1001-7348.2011.14.010

中图分类号:F061.5

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2011)14-0044-03

0 引言

复杂适应性系统理论(Complex Adaptive System, CAS)是由 Holland^[1]教授在1992年最早提出的,该理论主要用于研究一个包含有若干个子系统的复杂系统,在面对外部环境突变时如何实现自身适应度的提升过程。该系统的主体是具有自身目的性与主动性、有活力和适应性的个体,它在持续不断地与环境以及其它主体的交互作用中学习和积累经验,并且根据学到的经验改变自身的结构和行为方式,以达到自身适应性的提升。同时,系统内个体的适应性提升也会被综合反映到系统整体适应性的提升上,这也就是系统发展和进化的基本动因。

对于区域经济问题的研究可以涵盖众多方面的讨论,其中有以诺斯、里查森为代表的空间经济学,主要研究区域结构与经济发展的相互关系;有以杜贝等为代表的差异区域经济学,主要探索地区以及生产内容的异质所造成的区域之间的经济发展问题。当然还有研究如经济规律与区域经济的关系、政策法规对区域经济发展的影响等。但是不管从哪个切入点进行研究,其研究主体都是针对区域经济体所包含的经济因素、社会因素等各种复杂组成要素,其研究目标都是以探索如何达到区域内经济的整体最优化。由此可以看到,区域经济学问题的研究对象正是典型复杂适应性

系统理论的研究对象。

自从复杂适应性系统理论于上世纪末被引入到管理学和经济学领域后,这一研究方法的应用广度得到了空前的扩展。Auerswald(2000)等学者以复杂系统理论建立了若干基于区域经济的生产技术模型;Frenken(2001)则对区域内技术创新、网络创新等一系列问题进行了探讨,他还把产品创新看成是对产品设计组合进行选择的过程,应用复杂系统理论建模方法进行研究。特别值得关注的是 Kerstin^[2-3]教授针对区域经济中的集群治理问题,提出应基于不同模式应用 NK 模型分析方法研究其适应性,并精辟地分析了集群动态学原理。本文也是将 NK 模型作为复杂系统理论的典型分析工具,并以此展开该理论实际应用于区域经济问题的研究。

1 NK 模型应用于区域经济问题的契合性

复杂适应性系统理论最初被成功应用于生物生态学研究领域,确切地说该理论中一些重要的思想也是借鉴于生物基因进化过程。生物学上认为基因是决定一个生物种群性征的内在决定因素,而基因的延续是在遗传和变异中混合进行的。在外界环境稳定时,不同基因型种群不会受到太大影响,而在面对外界环境剧烈变化时,基因优良型的生物就得以“适者生存”;反之则“不适者淘汰”。复杂适应系统理论将此定义为适

收稿日期:2010-10-21

基金项目:国家自然科学基金项目(70873110);浙江省科技厅重点项目(2008C20018);浙江省研究生创新科研项目(G0809107005521)

作者简介:刘建(1969—),男,浙江温州人,浙江大学硕士研究生,研究方向为企业管理、区域经济;汤临佳(1983—),男,浙江杭州人,浙江

工业大学中小企业研究所博士研究生,研究方向为创新网络、中小企业集群;池仁勇(1959—),男,浙江温州人,浙江工业大学中小企业研究所教授、博士生导师,日本一桥大学高级访问学者,研究方向为中小企业技术创新与发展。

应度(Fitness adaptability), 并以此为核心发展了复杂系统自适应分析模型, 开展了以计算机编程模拟实现复杂事物的研究。

我们以 NK 模型作为复杂适应性系统理论的有效分析工具, 可以更直观地介绍该理论如何应用于区域经济问题的研究。简单来说, NK 模型是研究系统成员(N)的互相关系(K)的一种研究方法, 它最早由 Kauffman^[4]教授于 1993 年提出。NK 模型最初被用来分析生物群落在面对外部变化事件时的适应性(Adaptation)变化, 特别是何种群落结构在变化性环境中可具有更好适应性的问题。国外已经有许多学者将 NK 模型方法运用于经济管理领域中, 如 Jovanovic 等^[5]基于模型思想, 提出了一个针对区域产业在战略性策略和组织结构的整体配置上更为宽泛的概念模型; Levinthal 等^[6]认为企业某个特定战略的选择, 依赖于其它维度上的战略选择, 从而把不同维度的战略作为主体进行 NK 模型研究, 等等。

在国内应用 NK 模型的相关研究相对于国外较少, 特别是模型研究才刚起步, 还有待进行更广泛深入的探讨, 有一些研究论文则起到了引路作用。如杨雪莱^[7]运用 NK 模型的基本思想研究金融生态环境, 并提出了一些优化策略。戚桂杰等^[8]将 NK 模型应用于知识联盟企业信息资源开发的相关问题研究中, 对知识联盟企业信息资源开发中, 政府和相关法规政策的作用问题进行了深入探讨。

区域经济实体在许多方面都与生物种群之间存在着相似性, 如生物种群以食物链来串联各个成员之间的关系, 而区域经济中往往以产业链来实现这一功能; 在生物种群中往往存在一些核心成员, 而区域经济网络中同样存在各种联结度很高的结点^[9]。将区域经济

看作一个复杂适应性系统, 将 NK 模型的研究方法移植到区域经济问题研究上, 就具有较高的合理性。区域经济内各经济体的交互活动由于外部集聚因素(Agglomeration externalities)的存在而被相互关联起来^[10], 而这又与个体驱动的区域经济体的整体适应性紧密相关。正是基于这些关键性特征, NK 模型被应用于区域经济问题的建模及相关分析中才具有了生命力。笔者认为, 应用 NK 模型等一些崭新理论研究工具来对区域经济问题进行研究, 将具有深远的意义。许多以前我们在微观层面上难以得到的结果或者难以达成的共识, 在中观层面上进行分析将能够得到令人兴奋的结果。

2 应用 NK 模型建模的思路

应用 NK 模型首先要确立几个基本要素: ①互相关联的成员(N), 一般表示经济模型中的所有组成成员; ②同类单位的内部关联性(K), 代表了各成员之间相关性程度, 当 K=0 时, 各成员的适应性取决于其自身; 当 K>0 时, 则各成员的适应性将由 K 个其它成员共同影响; 当 K 达到 N-1 时, 表示任一成员的适应性与其它所有成员都相关; ③单位之间的外部关联性(C), 相关定义基本类似于 K。在研究一个区域经济体的时候, 成员就是该经济体中的各组成经济单位, 这 N 个经济单位可以按照一定的原则归为若干类。这个原则可以是按劳动分工不同, 按生产产品不同, 按贡献值不同等标准进行划分。归类完成后, 同类别单位之间所产生的关联关系则定义为内部关联性(K), 不同类别单位之间所产生的关联关系被相应地定义为外部关联性(C)。NK 模型的要素以及结构确定过程见表 1。

表 1 区域经济体 NK 模型基本要素设定

经济单位 结构 (劳动分工) 横向联系 (内部之间) 纵向联系 (外部之间)	结点单位						
	$\{n_1, n_2\}$	$\{n_1, \dots, n_4\}$	$\{n_5, \dots, n_{10}\}$	$\{n_{11}, \dots, n_{18}\}$	$\{n_{19}, \dots, n_{27}\}$	$\{n_{28}, \dots, n_{32}\}$	$\{n_{33}, \dots, n_N\}$
N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆		
$\{n_1, \dots, n_4\}$	$\{n_5, \dots, n_{10}\}$	$\{n_{11}, \dots, n_{18}\}$	$\{n_{19}, \dots, n_{27}\}$	$\{n_{28}, \dots, n_{32}\}$	$\{n_{33}, \dots, n_N\}$		
		$\searrow K_1 \swarrow$	$\searrow K_2 \swarrow$	$\searrow K_3 \swarrow$			
		$\searrow C_1 \swarrow$		$\searrow C_2 \swarrow$	$\searrow C_3 \swarrow$		

NK 模型对不同结构区域经济体适应度的模拟, 是通过对适应性期望(Fitness landscape)这一概念进行的。Kauffman 认为, 在外部环境条件下, 一个系统成员的状态将对整个系统的适应性产生影响, 如 $w_{10} = w(n_i = 0) = 0.4$, $w_{11} = w(n_i = 1) = 0.3$ ……这样, 系统的整体适应性方程就可表示为 $W(s) = 1/N \sum w_n(s_n)$ 。此时, 方程存在两个外生变量: W_{na} 和 K , 其中 W_{na} 是随机赋值的。

以上设定的都是 NK 模型中的静态元素, 要实现该区域经济模型在受到外部变化时的适应性动态模拟过程, 就要依靠分歧(Bifurcation)和混乱(Perturbation)

的作用来实现并衡量, 最终表现在期望值的改变上。反映到模型上就是影响 NK 模型适应性的三大因素(结构、寻查和选择)被引入到模型进行叠代分析的过程。当系统的基因发生变异或者与之有上位关系的基因发生变异时, 就从(0, 1)均匀分布的随机变量中抽取一个随机数, 作为该基因的适应度值 w_i , 而整个系统的适应度就为 $W(s) = 1/N \sum w_n(s_n)$ 。其中, S_n 是系统的设计空间, 包含了所有可能元素等位基因的组合。

如果把各种可能的结点成员关联结构看成是由基因表示的染色体, 那么经济体中各主体的形态就是染色体中的一个基因 a(0 或 1)。寻找能够达到更高适应

性水平网络关联结构的过程,就是寻找适应度更高染色体的过程,也就是对当前各种网络关联结构进行交

换和变异,并在这种演化中搜寻适应度值更高的关联结构的过程,见图 1。

N=6,K=1,C=1 的适应度景观						适应度初始随机赋值表			
						w ₁ (a ₂ =0,a ₄ =0)=0.50 w ₁ (a ₂ =0,a ₄ =1)=0.60 w ₁ (a ₂ =1,a ₄ =0)=0.40 w ₁ (a ₂ =1,a ₄ =1)=0.75	w ₂ (a ₃ =0,a ₅ =0)=0.30 w ₂ (a ₃ =0,a ₅ =1)=0.35 w ₂ (a ₃ =1,a ₅ =0)=0.45 w ₂ (a ₃ =1,a ₅ =1)=0.60	w ₃ (a ₁ =0,a ₄ =0)=0.65 w ₃ (a ₁ =0,a ₄ =1)=0.50 w ₃ (a ₁ =1,a ₄ =0)=0.45 w ₃ (a ₁ =1,a ₄ =1)=0.85	
“—” 表示自身关系,“X”表示具有关联性,“0”表示不具有关联性						w ₄ (a ₁ =0)=0.25 w ₄ (a ₁ =1)=0.65	w ₅ (a ₂ =0)=0.55 w ₅ (a ₂ =1)=0.45	w ₆ (a ₁ =0)=0.80 w ₆ (a ₁ =1)=0.75	
基因型{a ₁ ,a ₂ ,a ₃ ,a ₄ ,a ₅ ,a ₆ }						w ₁	w ₂	w ₃	w ₄
单基因变异过程	{0, 0, 0, 0, 0, 0}	0.50	0.30	0.65	0.25	0.55	0.80	0.51	说明
	{0, 1, 0, 0, 0, 0}	0.40	0.30	0.65	0.25	0.45	0.80	0.48	系统默认起始点
	{0, 1, 1, 0, 0, 0}	0.40	0.45	0.65	0.25	0.45	0.80	0.50	第 1 次变异, “0.51” → “0.50”拒绝进化结果
	{0, 1, 1, 1, 0, 0}	0.75	0.45	0.50	0.25	0.45	0.80	0.53	
	{.....}	继续变异
	{.....}	第 i 次变异, “0.51” → “0.53”接受进化结果
	{1, 1, 1, 0, 0, 0}	0.40	0.45	0.45	0.65	0.45	0.75	0.53	
	{1, 1, 1, 1, 0, 0}	0.75	0.45	0.85	0.65	0.45	0.75	0.65	继续变异
	{1, 1, 1, 1, 1, 0}	0.75	0.60	0.85	0.65	0.45	0.75	0.68	
	{1, 1, 1, 1, 1, 1}	0.75	0.60	0.85	0.65	0.45	0.75	0.68	模拟进化终点

图 1 模型的基因变换与适应度最优值搜寻过程

以上以区域经济作为一个基本模型,讨论了如何利用 NK 模型对其适应性进行模拟分析的过程,当然该示例一开始就设定好了这个模型的适应度景观,相当于该区域经济模型的结构特征已经被假设好了。当我们面对具体的区域经济体时,必须通过深入的调研,统计设定好模型中的各结构参数,然后通过 NK 模型进行具体的模拟分析。比如我们在研究某个区域产业集群的适应度问题时,就要重点考察两个因素:①该集群内各成员的分工程度,以及各成员内部的关联性;②集群内各成员之间的合作模式,即由劳动分工细化带来的个体适应性,如何通过协作提升整条经济价值链的整体适应性。

值得说明的是,利用 NK 模型对单个经济体的模拟本身没有太多对现实问题的解释性,因为模拟过程中的初始适应度都是通过计算机程序随机抽取的。面对现实问题一般可以通过以下过程进行分析:①将若干个不同模型结构的研究对象,在同一个 NK 模型中进行模拟,例如将某几个地区具有代表性的产业集群进行结构归类后代入模型,这样得到的结论就具有相对可比性;②若要针对单一经济体进行研究,可以采用不同的进化规则对其发展态势进行区别后分析。例如针对绍兴纺织集群的现状,可以分析讨论集体协作型进化模式,还是发展领袖企业型进化模式更利于这一具体集群的适应性提升。

3 相关可得性结论及其政策参考性

(1)应用 NK 模型对复杂适应性系统优化过程进行模拟,首先可以得到一些普适性的结论,这些结论与具体针对的研究对象没有明显的单独对应关系。根据

研究结果可以看到,系统适应性程度一般随着要素间相关程度的增加而降低,这是由于各成员间的冲突性所造成的。因为在一个相关性程度较高的系统内,一个要素的优化过程很有可能是以其它若干要素的衰退作为代价的。当然在 K=0 的系统中,各要素可以单独完成优化过程。这给我们的政策建议是在处理区域经济发展问题时,工作重心不是建立、建设复杂完整的相关机构单位,同时相关政策法规的制定也尽量不要增加经济体内成员活动的难度。“层层制度”只能增加系统成员之间额外的复杂性程度,从而导致整体效率的下降。

(2)不同的现实经济体具有不同的内外部联系强度(K 和 C),而且即使得同一联系强度,其实际联接方式也会存在众多差异。所以我们必须实事求是地调研取材,根据模型需要计算分析这些主要参数的组成,然后依靠模型进行数据模拟,这样才能够得到较为接近现实经济问题的结论。如针对不同联接强度和结构模式的产业集群,最后就可以得到模拟曲线的对比,从而能够比较直观地研究何种类型的产业集群在面对外部环境变化时的效率更优。或者根据适应性变化进一步分析其发展生命曲线,即刻画成长曲线和衰退曲线。再深一步的研究还可以落脚在如何测定成长性以及衰退频率上。

(3)对于单个经济对象,模型可以研究其面对外部环境变化时,采用何种应对发展策略更为适合。这主要需要设定好不同类型的模型进化模式。如针对某种类型的产业集群,我们可以根据现实调研状况中集群企业在危机处理时所采取的不同类型的策略,再提炼出典型的集群进化模式,并在 NK 模型中以进化条件进行描述,最终得到各种策略所决定的模拟曲线,从而对各种策略模式进行评价分析。