

基于 OSR-MAS 的产业集群演化建模与仿真

任军号, 黄 中, 巩岁平

(西北工业大学 自动化学院, 陕西 西安 710072)

摘 要:针对产业集群的复杂自适应系统(Complex Adaptive System, CAS)特性,以 CAS 理论的个体行为模型和整体演化的 ECHO 模型为基础,并结合产业集群的概念特征建立产业集群系统构架。在此基础上,提出产业集群系统演化机制模型。该模型把产业集群演化的生命周期特性和复杂系统的演化识别过程结合起来,以复杂系统的演化机制为依据,提出产业集群诞生于混沌经济环境,经过系统对环境的自适应学习、自身的分岔与突变、系统功能的整体涌现,达到系统暂态稳定的循环过程。

关键词:人元模型;多主体系统;复杂自适应系统;ECHO 模型;Netlogo

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)11-0019-04

Industrial Cluster Evolution Modeling and Simulation Based on OSR-MAS

REN Jun-hao, HUANG Zhong, GONG Sui-ping

(College of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Aiming at the CAS characteristics of industrial cluster, combining the concept and characteristics of industrial clusters established industrial cluster system frame based on the individual behavior model in CAS theory and ECHO model. Proposed the industrial cluster system evolution mechanism model, which combined industry cluster evolution of life cycle characteristics and evolution of complex system identification process, and based on complex system evolution mechanism, proposed industrial cluster was born in chaos economic environment, after system to environmental adaptive learning, own bifurcation and mutation, the emerging of the whole system function, achieving the cycle of system transient stability.

Key words: OS model; MAS; complex adaptive system; ECHO model; Netlogo

0 引 言

产业集群是一个经济、社会、文化等多层面的区域复合体^[1],其优势不仅体现在降低产业成本、提高生产效率等经济层面,还体现在合作、诚信、创新^[2]等社会资本和文化层面。产业集群在增强地方产业竞争优势和拉动社会经济发展中发挥着重要的作用,有利于资源优化配置、推动产业升级,拉动地方经济增长,实现区域协调发展。

产业集群的演化是复杂的、动态的和非均衡的。其本质上是集群系统内主体的自适应性和自组织性^[3,4],其外在表现为演化的生命周期,内在表现是以空间要素为核心的动力机制。对于产业集群系统演化的状态变量必须从动态意义上理解。因此,文中以

复杂自适应系统(Complex Adaptive System, CAS)理论为视角,建立产业集群演化的 OS-MAS 模型,并基于 Netlogo 平台仿真分析,探索产业集群演化特征,对研究产业集群的发展有一定的理论意义和现实意义。

1 基于 OSR-MAS 的产业集群演化模型

多主体系统(MAS)模型^[5]可以写成一个二元组:

$$MAg = \langle O, S, R \rangle \quad (1)$$

O 是描述 Agent 若干属性及其变化规律的模型集合, S 表示客元的若干属性及其变化规律的模型集合, R 表示自适应规则集模型集合。

本节所描述的模型是基于 OSR-Agent 参考著名的 Sugarscape 模型而建立的,是一个没有全局控制的开放性、适应性系统^[6]。模型由主元(O)、客元(S)、决策规则集(R)构成。其中,主元和客元是对系统主体和客体的描述,规则集决定了 Agent 之间、Agent 与环境之间的交互以及资源和 Agent 的再生^[7]。Agent 通过移动来寻找资源并转化为货币,也可以和其他 A-

收稿日期:2011-04-02;修回日期:2011-07-15

基金项目:陕西省科技软课题项目(2010KRM18)

作者简介:任军号(1963-),男,陕西西安人,教授,硕士生导师,主要研究方向为管理系统工程等;黄 中(1986-),男,甘肃白银人,硕士研究生,主要从事系统工程、复杂系统建模仿真研究。

gent 合作来获得更多的货币。

文中在模型构建中,假设构成产业集群的 Agent 的获利以货币的多少来描述。

1.1 OS 构建

1.1.1 主元(O)构建

模型中 Agent 分为三种状态:

其一,Agent 不参与合作活动,Agent 通过寻食的生产行为将收集到的资源转化为货币^[8];

其二,Agent 参与合作活动,Agent 并参与利润分配^[9];

其三,Agent 不但通过寻食把资源转化为货币,而且与其他 Agent 合作来获得更多的货币^[10]。

每个 Agent 都有视力半径,半径的大小是由 Agent 拥有货币量的多少来衡量的。一个视力半径为 r 的 Agent 能够感受到它周围 $(2r+1)^2$ 个方格的信息。Agent 之间、Agent 与环境之间的交互只能发生在视力半径范围内,与当前 Agent 状态有关。主元具有一组动态属性,并且不断更新,见表 1。

表 1 O 动态属性

属性类别	变量	变量名称	变量解释
客观属性	xcor	横坐标	二维网络中的横坐标
	ycor	纵坐标	二维网络中的纵坐标
	avate	新陈代谢率	Agent 每周期消耗的货币量
主观属性	money	货币量	Agent 当前拥有的货币量,衡量 Agent 的活动能力
	radius	视力半径	Agent 所能观察到的区域半径
	m0	原料资源	Agent 目前拥有的原料资源量
	m1	劳动力资源	Agent 目前拥有的劳动力资源量
	m2	科技资源	Agent 目前拥有的科技资源量
	K	个体能力	Agent 的个体能力,合作次数越多,个体能力越强
	N	合作状态	衡量当前 Agent 的合作状态
	R	合作次数	记录当前 Agent 之间合作次数

1.1.2 客元(S)构建

客元主要包括狭义的空间环境和资源。在 Muti-Agent 产业集群模拟系统中,空间环境用网格来表示,大小为 $X \times Y^{[11]}$ 。环境的边界是联通的,即 Agent 从环境的某一边出,它将会从另一边进入。

表 2 S 动态属性

客元分类	变量	变量名称
环境	max-xcor	横坐标范围
	max-ycor	纵坐标范围
资源	money-materials	原材料资源货币转化率
	materials-reproduce	原材料资源再生率
	money-labors	劳动力资源货币转化率
	labors-reproduce	劳动力资源再生率
	money-techs	科技资源货币转化率
	techs-reproduce	科技资源再生率

为了便于研究,文中将集群资源抽象为三种:原料资源、劳动力资源和科技资源。每种资源的初始数量

是常数,系统会周期性按照一定的概率再生资源。Agent 对视力半径内资源吃掉并转化为货币量,并记录吃掉各种资源的数量,当 Agent 吃掉某种资源大于一定数量时,Agent 就专门从事这种资源开发,标志着集群系统产业分工出现,客元动态属性见表 2。

1.2 R 构建

在集群演化模拟系统中,规则集主要包括寻食规则、合作规则以及 Agent 再生规则、资源再生规则等^[12]。这些规则都具有学习适应能力。为了简化模型算法的复杂性,在此把规则集整合,整合后的流程如下:

Input:系统控制变量: N , totals-money, $m0$, $m1$, $m2$, K , R

Output:系统输出: totals-money, totals-turtles, totals-licks

主程序的流程如下:

Step1:系统初始化:系统全局变量初始化设置,包括 Agent 总量 MA、资源总量等;系统 O 动态属性变量和 S 动态属性变量初始化设置;

Step2: While (ticks! > 5000)

For i=1:MA

If ($N=0$) self-make; % Agent 自给自足,通过寻食来获取货币;

Else if ($N=1$) cooperation; % Agent 与其他的 Agent 合作来获取货币;

Else if ($N=2$) self-make; cooperation; % Agent 先自给自足,再与其他 Agent 合作;

Step3: if ($M-M > \Delta \text{Totals-money} > N-M$) and ($\text{money} > m-\text{money}$)

Hatch1 初始化; % 系统 Agent 的再生控制;

Step4: if (money=0)

Die Agent % 如果 Agent 的货币量等于 0,则让 Agent 死去;

Step5: If (random100 < 10)

Materials= materials+1; Labors= labors+1; Techs= techs+1; % 三种资源的再生控制;

End for

Step6: do-plots update-plot totals-money; totals-turtles; totals-licks; % 更新并绘图;

End while

2 模型仿真分析

产业集群系统演化的逻辑虽然比较简单,但是内部主体之间的交互是相当复杂的。在一个复杂产业集群系统中,可以通过 Agent 数量、系统货币量以及 Agent 之间的合作次数的涌现特征来分析系统演化特性。

2.1 实验一:集群系统复杂网络特性分析

图 1 为系统 Agent 的合作次数统计图,其中统计图纵坐标表示 Agent 的个数,横坐标表示合作次数。

注:统计图为系统运行 10 次,数据均匀化后,求均值。

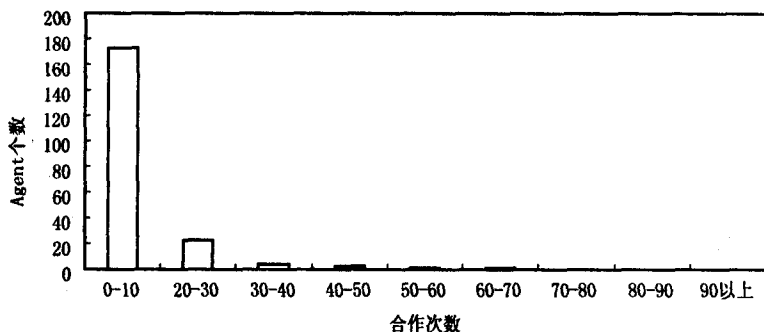


图 1 系统运行 5000ticks Agent 合作次数统计图

从图 1 可以发现网络的一个基本特征:大量的 Agent 的合作次数较少,少数几个 Agent 的合作次数远远大于其他 Agent。通过分析研究集群系统满足 BA 无标度网络的增长特性和优选连接特性,从而可以得出结论:该模型的演化形成的复杂网络属于无标度网络。

2.2 实验二:政府在集群演化中的作用分析

模型中加入控制变量 gov-control 来表示政府的决策,变量的取值范围[1.0, 10.0],这个变量通过改变资源的再生率和资源的货币转化率来综合影响系统的演化,其中[1.0,3.0]表示政府抑制集群的发展,[3.0,4.0]表示政府对集群的发展没有采取任何措施,[4.0,6.0]表示政府一般支持集群的发展,[6.0,10.0]表示政府支持集群的发展。

$$\text{gov-control} = \sum_{i=1}^3 (\text{money-resource}_i) \times (\text{resource-reproduce}_i) \quad (2)$$

通过调整 gov-control 变量的值,系统运行 5000ticks,观察 totals-agent 变化趋势得到仿真图如图 2 所示。

2.3 实验三:恶性竞争对集群影响分析

为了直观地分析恶性竞争对集群发展带来的影响,本章选择初始 Agent 数目为控制变量(initial-number-turtles)来观察整个系统 totals-turtles 变化趋势,initial-number-turtles 变量变化范围为[0, 100],仿真结果如图 3 所示。

在系统演化初期,Agent 的货币量和

个体能力值都很小,Agent 主要通过寻食资源转化为货币来供自己生存。当初始 Agent 越多时,Agent 之间的竞争越发激烈,Agent 之间的合作很少,从而形成 Agent 之间的恶性竞争。从图 3 可以看出,随着 initial-number-turtles 的不断增大,totals-agent 的变化波动增大,而且 Agent 总量变化逐渐呈现倒 U 型,说明在 Agent 演化初期,恶性竞争对集群规模发展影响很大。

2.4 实验四:分工对集群效益影响分析

在模型中用阈值来控制分工的形成,当收集到的某种资源大于设定阈值,就认为此 Agent 从事此行业。在模拟系统中设置阈值为 20,系统仿真 5000ticks,来观

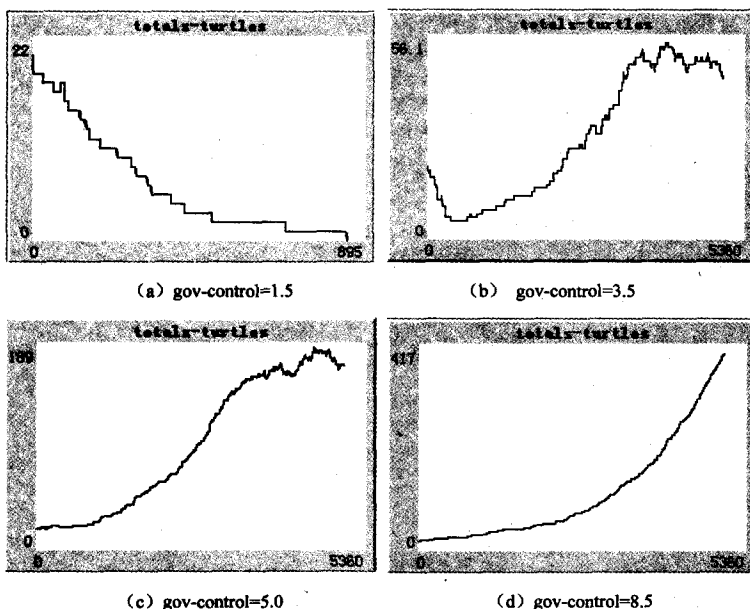


图 2 随着 gov-control 变化 totals-agent 的走势

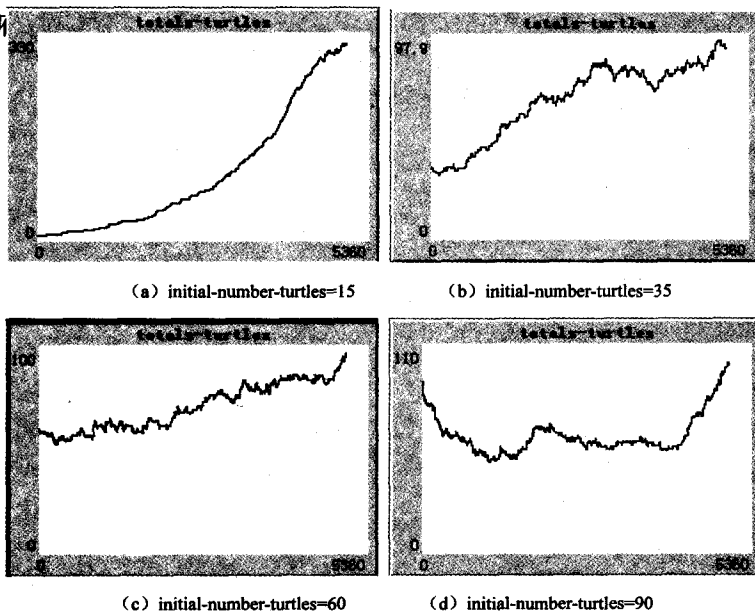
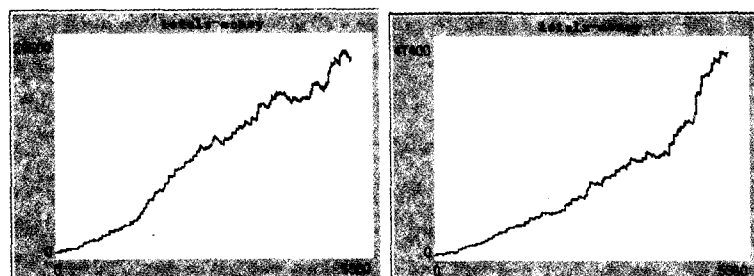


图 3 随着 initial-number-turtles 的变化 totals-agent 的走势

察系统的 totals-money 变化趋势如图4所示。



(a) 无分工

(b) 有分工

图4 有无分工情况下(相对的)totals-money 变化趋势

从图4可以看出,系统在有分工和无分工的情况下,集群效益差距很大,尤其在系统分工后,系统的 totals-money 上升更快。这也从另一个层面说明分工对于集群的重要性。分工也是衡量集群发展水平的重要指标。

对仿真结果分析可知:

1)产业集群演化网络是无标度网络,其度分布服从幂律分布;

2)恶性竞争和政府对于集群的发展影响很大,尤其在萌芽阶段;

3)以合作为基础的产业分工的形成,是集群演化的外在表现,对集群效益影响很大。

3 结束语

针对从传统经济学角度研究产业集群方法的不足以及产业集群的复杂性,考虑到复杂性系统理论研究此问题的优越性,文中以CAS理论为视角,把产业集群的概念拓展并结合个体行为演化模型和ECHO模型提出产业集群系统构架,并在此基础上提出产业集群演化机制模型。

该模型把产业集群演化的生命周期特性和复杂系统的演化识别过程结合起来,以复杂系统的演化机制为依据,提出产业集群诞生于混沌经济环境,经过系统对环境的自适应学习、自身的分岔与突变、系统整体的涌现,达到系统暂态稳定的循环过程。其中自适应机

制主要体现在产业集群系统主体之间、主体与环境的交互,分岔与突变机制主要体现在产业集群内主体的特定性知识增加为核心的规则集更新,其外在表现为以物质流、信息流、能量流的更新为主的系统创新。

参考文献:

- [1] 傅荣,裘丽,张喜征,等.产业集群参与者交互偏好与知识网络演化:模型与仿真[J].中国管理科学,2006,14(4):128-133.
- [2] 刘友金,郭新.集群式创新形成与演化机理研究[J].中国软科学,2003,23(2):91-95.
- [3] 牟绍波,王成章.产业集群持续成长的自组织机制研究[J].科技进步与对策,2007,24(7):73-75.
- [4] 许登峰.基于自组织理论的旅游产业集群发展研究[J].广西民族大学学报,2010,32(1):122-126.
- [5] 欧阳莹之.复杂系统理论基础[M].上海:上海科技教育出版社,2002.
- [6] 付韬,张永安.我国核型集群创新网络的多agent仿真研究[J].计算机应用研究,2010,27(8):3002-3005.
- [7] Lomi A, Larsen E R, Freeman J H. Things Change: Dynamic Resource Constraints and System-Dependent Selection in the Evolution of Organizational Populations[J]. Management Science, 2005, 51(6): 882-903.
- [8] Zhai E, Shi Yongjiang, Gregory M. The Growth and Capability Development of Electronics Manufacturing Service (EMS) Companies[J]. International Journal of Production Economics, 2007, 107: 1-19.
- [9] 黄春萍.基于CAS理论的企业系统演化机制研究[D].天津:河北工业大学,2007.
- [10] March J G. Rationality, Foolishness, and Adaptive Intelligence[J]. Strategic Management Journal, 2006, 27: 201-214.
- [11] 陈莞.产业集群结构分析及其演化的元胞自动机模拟[D].福州:福州大学,2005.
- [12] 武海鹰,王绪安.分布式人工智能与多智能体系统研究[J].微机发展(现更名:计算机技术与发展),2004,14(3):80-82.

(上接第18页)

cognition. [s. l.]: [s. n.], 2006.

- [13] 王宇石,高文.用基于视觉单词上下文的核函数对图像分类[J].中国图象图形学报,2010,15(4):607-616.
- [14] 付岩,王耀威,王伟强,等. SVM用于基于内容的自然图像分类和检索[J].计算机学报,2003,26(10):1261-1265.
- [15] 陈丽,陈静.基于支持向量机和k-近邻分类器的多特征融合方法[J].计算机应用,2009,29(3):833-835.
- [16] Bach F R, Lanckriet G R G, Jordan M I. Multiple kernel

learning, conic duality, and the SMO algorithm[C]// International Conference on Machine Learning. [s. l.]: [s. n.], 2004.

- [17] Zhang J, Marszalek M, Lazebnik S, et al. Local Features and Kernels for Classification of Texture and Object Categories: A Comprehensive Study[J]. International Journal of Computer Vision, 2007, 73: 213-238.