

DOI:10.3969/j.issn.1674-8131.2012.02.009

# 基于分形理论的服务供应链网络组织研究<sup>\*</sup>

——以港口服务供应链为例

杨 阳,林国龙,胡志华

(上海海事大学 物流研究中心,上海 200135)

**摘 要:**服务产品具有无法库存等特征,要求服务供应链结构具有较强的自组织能力,因此需要找到一种能适应环境和通用的动态供应链重构模式,而分形供应链具有自相似性、自组织、自优化等特点,可以兼顾供应链组织结构的稳定性和灵活性。基于分形理论,将服务供应链分解为若干个分形供应链元,建立分形供应链元间相似性测度模型,可以较准确地研究服务供应链网络组织结构。对港口服务供应链仿真实例的分析表明,可以利用自相似维数的测算结果更好地认识现实复杂的服务供应链网络。

**关键词:**分形理论;服务供应链;分形供应链;自相似性;供应链网络结构;分形维数;分形维谱

**中图分类号:**F016;F719 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-8131(2012)02-0059-07

## Research on Service Supply Chain Networks Organization Based on Fractal Theory

—Taking Port Service Supply Chain as an Example

YANG Yang, LIN Guo-long, HU Zhi-hua

(Logistics Research Center, Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China)

**Abstract:** Service products have the characteristics such as non-inventory and so on and require service supply chain structure with stronger self-organizing ability, thus, a general dynamic reconstruction model adapting to the environment needs to be found and fractal supply chain has the characteristics such as self-similarity, self-organization, self-optimization and the like and can balance the stability and flexibility of supply chain organization structure. Based on fractal theory, service supply chain is decomposed into a lot of fractal supply chain cells, the calculation model on the similarity between fractal supply chain cells is constructed and service supply chain network organization structure can be accurately studied. The analysis of simulation examples on port service supply chain shows that the calculated results of self-similarity dimension can better study present complex service supply chain networks.

**Key words:** fractal theory; service supply chain; fractal supply chain; self-similarity; supply chain network structure; fractal dimension; fractal spectrum

\* 收稿日期:2012-01-23;修回日期:2012-02-28

**基金项目:**国家自然科学基金(71101088);国家自然科学基金(60904076);中国博士后科学基金(2011M500077);教育部人文社科项目(10YJC630087);教育部博士点基金项目(20113121120002);上海市自然科学基金(10ZR1413200);上海市自然科学基金创新行动计划项目(10190502500)

**作者简介:**杨阳(1988—),男;硕士研究生,在上海海事大学物流研究中心学习,主要从事物流与供应链管理研究;E-mail:aidan\_yang@live.cn。

林国龙(1951—),男;教授,博士生导师,在上海海事大学物流研究中心任教,主要从事物流管理与工程研究;E-mail:linglzm@online.sh.cn。

胡志华(1977—),男;副教授,博士,在上海海事大学物流研究中心任教,主要从事物流管理与工程研究;E-mail:zhuhu@shmtu.edu.cn。

## 一、引言

由于服务产品无法库存等特征, 要求服务供应链结构具有自组织的能力; 波动的市场需求要求服务供应链具有弹性的服务能力和灵活的服务组织。多代理系统 (multi-agent systems, MAS)、仿生 (bionic) 和分形 (fractal) 等理论为动态供应链的结构组织提供了新颖的研究方法。

多代理系统从分布式模拟和微观决策个体仿真的角度为供应链复杂性研究提供了一种研究平台, 从复杂系统机制设计的角度为供应链系统设计提供了机制的启发来源。虽然 MAS 能够较好地表达个体与环境之间的交互关系, 但是群体的整体行为与结构表现的动态性往往具有反直观的特征, 从个体交互机制设计角度出发难以发现动态供应链重构的内在模式。

分形供应链 (Fractal Supply Chain, FSC) 是基于分形方法论而构建的, 其主要目的是降低系统刚性从而提高供应链系统的可重构性。对于一个供应链系统而言, 分形理论不仅可以作为一种建模方法, 从某种程度上来说还是一种思想理念, 其本质核心是使供应链结构具有一定的柔性, 将供应链分解为具备一定完成任务能力的分形供应链元, 各个分形供应链元之间能够根据任务的需要重新配置, 从而实现低成本、快速的重组织。分形供应链元 (Fractal Supply Chain Cell, FSCC) 指以任务为驱动力, 具有完成特定供应链运作功能的运作单元, 它们在组织结构及运作模式上具有一定的相对的独立性以及自包容性 (范小军等, 2008)。分形供应链元及其自组织、自优化的特性共同构成分形供应链可重构的基础。分形供应链元可以实现供应链任务的部分或全部运作, 在环境或任务变化时, 分形供应链元的自组织可以实现供应链系统的重构。

分形企业管理理论将企业系统看做是非线性发展、不能精确预测、内外边界模糊的企业形态, 分形企业构建的目标是不断进行动态完善 (周建频等, 2005), 追求尽可能的低成本、无废品、零库存等精益生产模式, 具有自相似、自组织、自优化等特点。于艳飞等 (2007) 在分形理论的基础上研究了分形供应链的概念和特点, 认为分形供应链所具有的自相似、自组织、自优化等特点, 可以很好地提高供应链的灵活性, 增强适应环境的能力。罗勇 (2008) 将分形理论用于供应链经济, 建立了具有自

优化、自组织和自相似特点的供应链, 以使供应链在竞争中获胜。在供应链网络组织方面, Nagurney (2010) 研究供应链网络组织与重组织的最优化设计, 分别对供应链网络组织和重组织建模, 以实现满足客户需求的前提下最小化成本, 并使用实例验证文中研究的实用性与灵活性。Saman 等 (2011) 研究了不确定环境下的闭环供应链网络鲁棒优化设计问题, 提出了一个鲁棒优化模型控制闭环供应链内在的不确定性。Yang 等 (2009) 研究了闭环供应链网络组织的问题, 提出了一个包括原材料供应商、制造商、零售商、客户和恢复中心的通用的闭环供应链网络模型, 其目的是通过使用变分不等式理论制定和优化供应链网络的平衡。

当前的研究趋向于从传统的稳健型供应链向具有更高敏捷度的动态供应链模型进化, 并且服务供应链受到越来越多的关注。但是动态供应链往往因为过于关注敏捷性而导致资源整合周期过长、运作失衡等问题。而分形供应链所具有的自相似性、自组织性及自优化功能可以使其在保持一定稳定性的基础上拥有一定的灵活性。因此, 为了平衡供应链构建及运作的灵活性和稳定性, 本文基于分形理论研究服务供应链网络组织问题。

## 二、服务供应链的自相似性及其分形模式

面对激烈的市场竞争, 通过构建动态供应链, 以满足客户个性化、多样化的需求, 是企业取得竞争优势的一条重要途径, 但是其中的机理并未被深入研究。港口服务供应链自身资源和能力容量, 往往在吞吐量波峰时紧缺, 波谷时大量闲置。因此, 港口服务供应链需要一种动态演化以及自组织的机制以适应多变的市场环境。本文以港口服务供应链及其组织特征为主要研究对象, 结合分形理论, 提出港口服务供应链节点企业代理的分类机制, 并以此作为分形供应链的组织机制。

港口服务供应链主要涉及对物流对象的集疏运活动, 包括物流, 信息流和资金流; 以良好的物流服务满足供应链下游货主企业需求。港口服务分形供应链元间的相似性主要体现在任务输入、任务处理、任务输出这样的业务流程上, 通过对港口服务供应链一般结构及其业务过程的分析, 将港口服务供应链代理分解为处理、策略和接口三类代理。其中, 服务处理代理实现的是具有领域知识库和进行计划、监督的功能, 并且提供所需要的相关服务;

服务策略代理包含知识规则库、目标、信念和评估等组件;服务接口代理实现代理之间协调、协商的信息沟通,并且负责输入和输出沟通。各代理的具

体职能如表 1 所示。虽然本文以港口服务供应链为背景,但是本文提出的概念与方法均试图体现服务供应链的一般性。

表 1 服务供应链代理及其职能

代理类型	职能说明
服务处理代理	服务准备、服务执行、服务交付
服务策略代理	服务流程管理、服务质量管理、服务产品设计、服务过程控制等
服务接口代理	服务需求管理、服务供应管理、服务采购管理、服务营销管理、服务关系管理

供应链的分形结构是一个随需求变化动态演化的过程,针对具体应用环境和目标,利用供应链的分形模式框架可以对供应链进行重构,并可以将各模块按实际需要进行融合或分解,可以按实际需

要演化出更适应环境的功能集合体和组织环节,图 1 展示了分形结构的服务供应链框架,图 2 则展示了分形供应链元之间的融合方式,而分解则是融合的逆向过程。

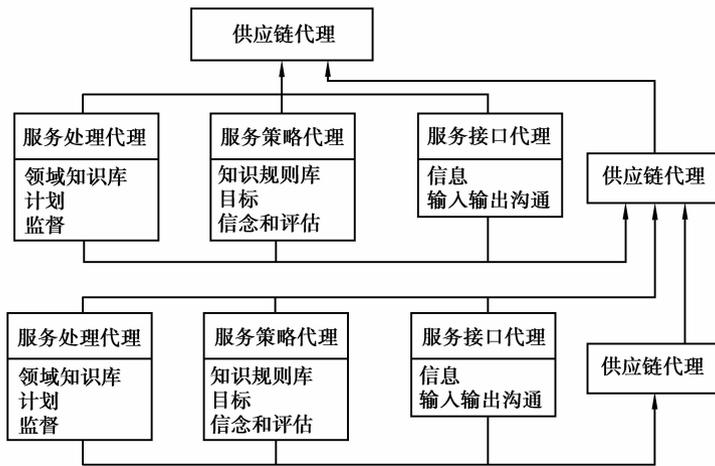


图 1 分形结构下的服务供应链框架

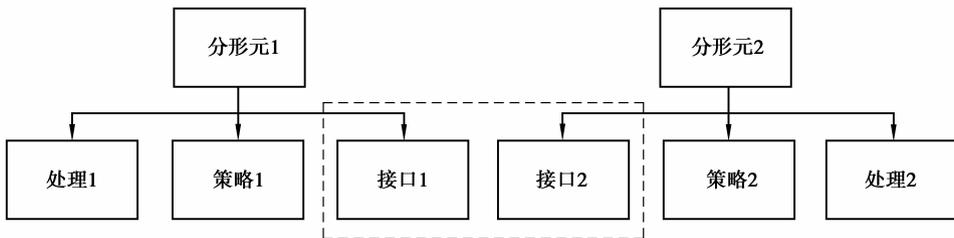


图 2 同层分形供应链元间模块的融合

以上对于分形模式的探讨,体现了服务供应链组织结构的相似性,而对三类代理的划分以及它们之间融合和分解模式的研究,则体现出服务供应链的动态目标、策略和重构模式上的一般性。

### 三、基于自相似性的供应链网络组织

港口作为港口服务供应链网络中集成服务的核心企业,显然会对整个服务供应链的形成和运作产生重大的影响(Tongzon et al,2009)。在实际运作

中, 供应链中的任意节点企业, 都有自己的供应链网络, 同样的, 他们也会与其他供应链的成员发生错综复杂的交互关系。供应链网络即是将其中的企业作为节点, 将企业间的需求和供应的合作关系作为边, 从而形成网络。实际运作中, 企业在供应链内部的合作关系是基于企业之间具有大量信息传递而产生的, 那么就可以认为企业之间是通过某信息传递上的相似性而连接在一起的。分形维数和分形维谱是分形系统分析的主要工具。在基于分形理论建立分形供应链结构和模式的前提下, 能够采用这两种分析工具对供应链结构及其演化进行研究, 发现和分析分形供应链结构组织的机理与模式。

### 1. 测度的复杂性

服务分形供应链具有整体的不规则性和微观分形供应链元的规则性, 因此在整体上只有统计意义上的自相似, 显然这种相似性建立在微观分形供应链元的基础上。在服务分形供应链的分形维测度中, 我们需要证明度量上等价的集合具有相同的分形维, 即假设度量空间  $(X_1, d_1)$  和  $(X_2, d_2)$  在度量上是等价的, 即  $\theta: X_1 \rightarrow X_2$ 。

令  $A_1 \in H(X_1)$  有分形维  $D$ 。由于两个空间  $(X_1, d_1)$  和  $(X_2, d_2)$  在  $\theta$  下是等价的, 故必存在正的常数  $e_1$  和  $e_2$ , 使得:

$$e_1 d_2[\theta(x), \theta(y)] < d_1(x, y) < e_2 d_2[\theta(x), \theta(y)]$$

为不失一般性, 可以设  $e_1 < 1 < e_2$ , 则可以导出:

$$d_2[\theta(x), \theta(y)] < \frac{d_1(x, y)}{e_1}, \forall x, y \in X_1 \quad (1)$$

由式(1)可以推导出:

$$\theta[B(x, \varepsilon)] \subset B[\theta(x), \varepsilon/e_1], \forall x \in X_1 \quad (2)$$

则存在一个集合  $\{x_1, x_2, \dots, x_N\} \subset X_1$ , 其中  $N = N(A_1, \varepsilon)$ , 使得闭集  $\{B(x_n, \varepsilon) : n = 1, 2, 3, \dots, N(A_1, \varepsilon)\}$  提供了  $A_1$  的一个覆盖, 而闭集  $\{\theta[B(x_n, \varepsilon)] : n = 1, 2, 3, \dots, N(A_1, \varepsilon)\}$  提供了  $A_2$  的一个覆盖。式(2)说明  $B[\theta(x), \varepsilon/e_1] : n = 1, 2, 3, \dots, N(A_1, \varepsilon)$  也提供了  $A_2$  的一个覆盖, 因此可以得到:

$$N(A_2, \varepsilon/e_1) \leq N(A_1, \varepsilon) \quad (3)$$

当  $\varepsilon < 1$  时,  $\frac{\ln N(A_2, \varepsilon/e_1)}{\ln(1/\varepsilon)} \leq \frac{\ln N(A_1, \varepsilon)}{\ln(1/\varepsilon)}$ 。由于  $k$  为常数, 则:

$$\begin{aligned} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(A, \varepsilon)}{\ln(1/\varepsilon)} &= \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(A, k\varepsilon)}{\ln(1/k\varepsilon)} \\ &= \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(A, k\varepsilon)}{\ln(1/k) + \ln(1/\varepsilon)} \\ &= \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(A, k\varepsilon)}{\ln(1/\varepsilon)} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{同时} \limsup_{\varepsilon \rightarrow 0} f(\varepsilon) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \{ \sup [f(\varepsilon) : \varepsilon \in (0, \varepsilon)] \},$$

于是有:

$$\begin{aligned} \limsup_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(A_2, \varepsilon)}{-\ln(\varepsilon)} &= \limsup_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(A_2, \varepsilon/e_1)}{-\ln(\varepsilon)} \\ &\leq \limsup_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(A_1, \varepsilon)}{-\ln(\varepsilon)} \\ &= D(A_1) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} D(A_1) &= \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(A_1, \varepsilon)}{-\ln(\varepsilon)} \\ &= \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(A_1, e_2\varepsilon)}{-\ln(\varepsilon)} \\ &\leq \liminf_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(A_2, \varepsilon)}{-\ln(\varepsilon)} \end{aligned} \quad (6)$$

结合式(5)和式(6), 可以得:

$$\begin{aligned} \liminf_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(A_2, \varepsilon)}{-\ln(\varepsilon)} &= D(A_1) \\ &= \limsup_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(A_2, \varepsilon)}{-\ln(\varepsilon)} \end{aligned} \quad (7)$$

式(7)即等价于:

$$\begin{aligned} D(A_2) &= D(\theta(A_1)) \\ &= \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(A_2, \varepsilon)}{-\ln(\varepsilon)} = D(A_1) \end{aligned} \quad (8)$$

所以, 我们在研究服务供应链的自相似性时, 可以通过测量度量上的等价集合的分形维得到。

### 2. 自相似性测度模型

服务分形供应链的自相似性是其所具有的诸多特性中最基本的特性, 正是基于此特性, 服务分形供应链才能具有相对稳定的运作基础, 同时使得服务分形供应链具备自组织及自优化等特性, 从而服务分形供应链可以快速地适应市场环境变化, 以实现供应链内部资源的最佳配置。服务分形供应链自相似性的基础即是服务分形供应链元间的相似性。本文从服务供应链的分形模式出发, 选取子相似性测度模型的指标, 并以港口服务供应链网络结构为背景, 建立服务分形供应链自相似性测度模型。

将所有指标分为评价型指标和计算型指标两类。其中评价型指标包括: 服务准备、服务执行、服务交付、服务流程管理、服务质量管理、服务产品设计、服务过程控制、服务需求管理、服务供应管理、服务采购管理、服务营销管理、服务关系管理; 计算型指标包括: 地理位置接近度、平均应急事件反馈时间、平均订单处理时间。

设  $k$  位专家对评价型指标进行百分制评价, 其评价结果为:

$$m(x, y) = \begin{bmatrix} m_{1,1} & \cdots & \cdots & \cdots & m_{1,n} \\ m_{2,1} & \cdots & \cdots & \cdots & m_{2,n} \\ \cdots & \cdots & m_{i,j} & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ m_{k,1} & \cdots & \cdots & \cdots & m_{k,n} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, k; j = 1, 2, 3, \dots, n$

其中  $\theta_{i,j}$  表示第  $i$  位专家对  $x, y$  两个分形供应链元的第  $j$  项指标所作出的评价:

$$\overline{m}(x, y) = (\overline{m}_1, \dots, \overline{m}_j, \dots, \overline{m}_n)$$

$$\overline{m}_j = \frac{\sum_{i=1}^k m_{i,j}}{k} \quad (10)$$

计算型指标的指标值可由  $z_i = 1 - \left| 1 - \frac{x_i}{y_i} \right|$  计算得到, 评价型指标可由  $\overline{z}_i = \overline{m}_i / 100$  计算得到; 其中  $x_i$  和  $y_i$  分别为两分形供应链元各自的指标值,  $\overline{m}_i$  为进行比较的分形供应链元的第  $i$  项指标均值。

这样,  $\{z_1, z_2, \dots, z_n\}$  就成为  $n$  维空间上的集合, 我们可以定义  $z_i$  为  $n$  维空间上坐标轴上的点。下面可以根据测度关系来求  $\{z_1, z_2, z_3\}$  的分形维。设包含于以原点为球心, 以  $r$  为半径的球形内部的点数为  $M(r)$ :

$$M(r) = \sum_{i=1}^k H(r - z_i)$$

$$H(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (11)$$

显然  $M(r)$  随着  $r$  的增大而增大。令  $R = \max\{z_1, z_2, z_3\}$ , 则  $\lim_{r \rightarrow R} M(r) = K, \lim_{r \rightarrow 0} M(r) = 0$ 。

当  $r$  位于某适当区域内时  $M(r)$  随着  $r$  的变化呈现出幂函数的形式, 集合  $\{z_i | i = 1, 2, 3, \dots, K\}$  具有分形特性。在分形理论中, 分形维数是表示系统复杂性的一个重要概念, 它表征自相似性结构的定量性质。分形维数  $D$  服从当  $r \rightarrow 0$  时的  $r$  指数关系即  $M(r) \sim cr^D$ , 那么显然有:  $\ln M(r) \sim \ln c - p \ln r$ , 则分形维数  $D = \frac{\ln M(r)}{\ln r}$ 。

定义相似度离差  $dev(x, y) = |D - N|$ 。相似度离差用于刻画的是两个分形供应链元的指标集之间的相似程度, 该离差越大, 则意味着两个分形供应链元的相似程度越小; 反之, 离差越小则代表着相似程度越大。相似度离差为 0 时即为两个服务分形供应链元的各项指标都相同, 其分形维数为  $n$ 。

最后, 我们可以得到  $\ln M(r) \sim \ln r$  的分形维谱, 通过该分形维谱可以形象地表示分形维随子集的变化情况。

#### 四、实例仿真

为了验证本文所构建的自相似度模型, 我们构造了一个实例加以说明。假设某港口服务供应链有多个分形供应链元。现需要考察其中的  $A, B$  和  $C$  三个同级分形供应链元之间的相似性相似程度。表 2 为三个分形供应链元的计算型指标数据。对各项数据进行计算整理后可得到两分形供应链元之间的各项指标相似度, 如表 3 所示。

表 2 A、B、C 三个分形供应链元的计算型指标数据

	A 分形供应链元	B 分形供应链元	C 分形供应链元
平均订单处理时间(小时)	2.80	3.10	2.70
平均服务处理时间(小时)	9.80	10.10	9.70
平均应急事件反馈时间(小时)	0.31	0.35	0.33

请 5 位专家对  $A$  和  $B, A$  和  $C, B$  和  $C$  之间各指标相似度进行评价, 其对服务准备、服务执行、服务交付、服务流程管理、服务质量管理、服务产品设计

计、服务过程控制、服务需求管理、服务供应管理、服务采购管理、服务营销管理、服务关系管理、地理位置接近度十三项指标给出的评价如下:

$$\begin{aligned}
 m(A,B) &= \begin{Bmatrix} 99 & 95 & 97 & 97 & 95 & 93 & 92 & 95 & 97 & 95 & 98 & 91 & 93 \\ 98 & 97 & 96 & 99 & 98 & 98 & 95 & 94 & 94 & 93 & 95 & 89 & 91 \\ 95 & 99 & 95 & 92 & 96 & 97 & 94 & 96 & 92 & 94 & 100 & 97 & 98 \\ 97 & 98 & 94 & 97 & 98 & 95 & 96 & 95 & 99 & 99 & 97 & 93 & 98 \\ 100 & 96 & 98 & 95 & 92 & 97 & 98 & 94 & 98 & 94 & 94 & 95 & 96 \end{Bmatrix} \\
 m(A,C) &= \begin{Bmatrix} 99 & 95 & 97 & 99 & 95 & 95 & 94 & 95 & 97 & 95 & 98 & 98 & 89 \\ 94 & 96 & 96 & 93 & 98 & 98 & 95 & 94 & 94 & 93 & 92 & 100 & 93 \\ 95 & 98 & 97 & 91 & 96 & 93 & 94 & 96 & 92 & 94 & 100 & 92 & 94 \\ 97 & 96 & 94 & 92 & 97 & 95 & 96 & 99 & 99 & 93 & 97 & 93 & 93 \\ 97 & 93 & 99 & 99 & 92 & 97 & 98 & 94 & 98 & 94 & 94 & 95 & 97 \end{Bmatrix} \\
 m(B,C) &= \begin{Bmatrix} 93 & 95 & 98 & 99 & 94 & 93 & 92 & 95 & 99 & 94 & 95 & 98 & 97 \\ 97 & 93 & 96 & 93 & 89 & 98 & 95 & 92 & 96 & 96 & 92 & 91 & 93 \\ 95 & 100 & 93 & 89 & 96 & 96 & 94 & 96 & 92 & 92 & 100 & 97 & 97 \\ 97 & 98 & 94 & 97 & 97 & 95 & 100 & 99 & 99 & 93 & 97 & 93 & 93 \\ 99 & 93 & 94 & 93 & 99 & 97 & 98 & 94 & 98 & 98 & 94 & 95 & 94 \end{Bmatrix}
 \end{aligned}$$

表3 分形供应链元之间的各项指标相似度

	$z(A,B)$	$z(A,C)$	$z(B,C)$
服务准备	0.978	0.964	0.962
服务执行	0.970	0.956	0.958
服务交付	0.960	0.966	0.954
服务流程	0.964	0.908	0.954
服务质量	0.958	0.956	0.950
服务产品设计	0.960	0.950	0.958
服务过程控制	0.942	0.952	0.938
服务需求管理	0.950	0.956	0.952
服务供应管理	0.960	0.960	0.952
服务采购管理	0.950	0.938	0.918
服务营销管理	0.968	0.962	0.956
服务关系管理	0.930	0.956	0.952
地理位置接近度	0.952	0.948	0.948
平均订单处理时间	0.903	0.943	0.852
平均服务处理时间	0.970	0.990	0.959
平均应急事件反馈时间	0.886	0.939	0.940

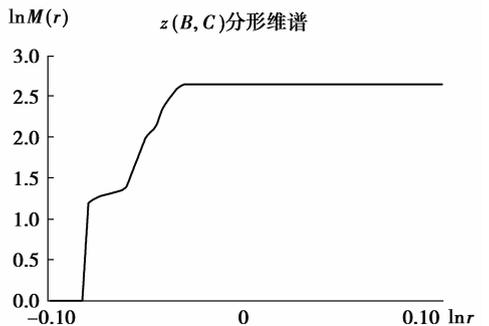
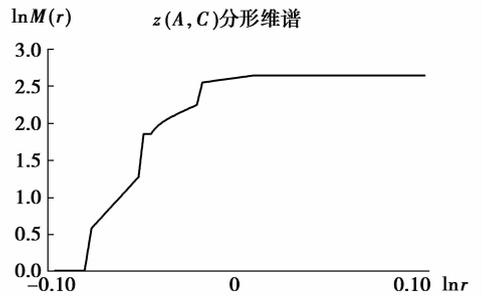
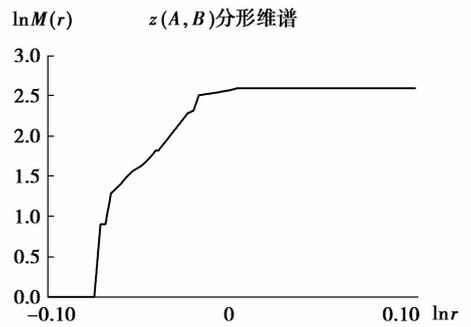


图3  $\ln M(r) \sim \ln r$  分形维谱

使用 MATLAB 编程后可以分别得到  $z(A,B)$ 、 $z(A,C)$ 、 $z(B,C)$  分形维谱  $\ln M(r) \sim \ln r$  曲线,如图3所示。

同时,根据对分形维谱中的数据进行拟合,我们可以分别得到  $z(A,B)$ 、 $z(A,C)$ 、 $z(B,C)$  的分形维数,如表 4 所示。那么,  $dev(A,B) = |15.24 - 13| = 2.24$ ,  $dev(A,C) = |11.07 - 13| = 1.93$ ,  $dev(B,C) = |17.32 - 13| = 4.32$ , 因此  $dev(A,C) < dev(A,B) < dev(B,C)$ , 这就说明 A、C 两分形供应链元之间的相似度最高, B、C 之间的相似度最低。因此在构建供应链网络时, A、C 两个分形供应链元最适合进行自组织以完成供应链任务。

表 4  $z(A,B)$ 、 $z(A,C)$ 、 $z(B,C)$  分形维数

	$z(A,B)$	$z(A,C)$	$z(B,C)$
D 值	15.24	11.07	17.32

## 五、结论及展望

基于分形理论的服务供应链研究为解决如何兼顾服务供应链的稳定性和灵活性问题提供了一种新的思路,分形结构下的服务供应链所具有自相似性、自组织、自优化等特点,可以兼顾服务供应链组织结构的稳定性和灵活性。

本文在分形理论的基础上建立了服务分形供应链相似性测度模型,并在此基础上研究供应链网络组织。模型较为准确地阐述了港口服务供应链网络的结构特征,在分形模式下,服务供应链可以快速地适应市场环境变化,从而实现供应链内部分形元的自组织。在模型提出后,我们以港口服务供应链为背景构建了一个具体实例,分析表明,自相似维数的测算结果有利于我们更好地认识现实中复杂的服务供应链网络。

在本文基础上有以下几个值得深入研究的方

向:一是考虑服务企业供应链结构演化的影响因素,比如每个节点企业自身的目标及抗风险能力以及节点企业之间合作关系的进化博弈等;二是考虑更多影响因素下的服务供应链结构;三是改进服务供应链的分形模式;四是在分形元间自相似性的基础上研究服务分形供应链的自组织演化等。

### 参考文献:

- 范小军,陈宏民. 2008. 分形供应链的自组织模型研究[J]. 中国管理科学,16(6):61-66.
- 罗勇. 2008. 基于分形理论的供应链经济研究[J]. 现代商业(2):13-14.
- 于艳飞,王效俐,刘红. 2007. 基于分形理论的供应链管理模型分析[J]. 工业工程,10(2):38-41.
- 周建频,杜文. 2005. 制造业分形供应链的适应与协调[J]. 控制与决策,20(4):459-462.
- NAGURNEY A. 2010. Optimal supply chain network design and redesign at minimal total cost and with demand satisfaction [ J ]. International Journal of Production Economics,11(1):200-208.
- SAMAN P, MASOUD R, SEYED A T. 2011. A robust optimization approach to closed-loop supply chain network design under uncertainty [ J ]. Applied Mathematical Modelling,35(2):637-649.
- TONGZON J, CHANG Y T, LEE S Y. 2009. How supply chain oriented is the port sector? [ J ]. International Journal of Production Economics,122(1): 21-34.
- YANG G, WANG Z, LI X. 2009. The optimization of the closed-loop supply chain network [ J ]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,45(1): 16-28.

(编辑:南 北;校对:段文娟)