

# 基于 VeC 模型结合模糊操作时间与模糊成本的 虚拟供应链伙伴选择问题研究

An Approach based on Virtual e - Chian with Fuzzy Operation Time and Fuzzy Cost for Partner Selection in Virtual Supply Chain

王卫平 朱扬光 (中国科学技术大学管理学院 安徽合肥 230026)

**摘要:**本文基于一个虚拟电子链 Virtual e - Chian (VeC) 平台, 尝试引入“订单意愿执行可能性”概念来帮助决策者作出伙伴选择决策, 虚拟供应链的订单意愿执行可能性直接影响着虚拟供应链伙伴选择方案。由于虚拟供应链中存在诸多不确定因素, 文中将组合使用三点估计法和三角模糊数来形式化表述虚拟供应链的订单执行时间和订单执行成本。

**关键词:**虚拟供应链 虚拟电子链 伙伴选择 订单意愿执行可能性 三点估计 三角模糊数 模糊时间 模糊成本

## 1 前言

随着全球制造 (Global Manufacturing) 模式的出现和全球化竞争的日益激烈, 单个企业往往不再包揽某产品从原料采购、配件生产到产品装配、市场投放的全过程 (即“纵向一体化”), 而是与一系列原料、配件供应商和市场分销商合作而集成为供应链联盟 (即“横向一体化”) 共同参与全球化市场竞争。

但是, 传统供应链存在着一些缺陷, 例如: 在传统供应链中, 信息共享往往是无效率的。一方面, 信息共享边界往往限制在组织边界, 这就会带来较低的网络能见度 (network visibility) 和牛鞭效应。另一方面, 由于通讯手段未加整合, 经常出现信息延迟, 从而影响了生产的敏捷性 (agility)。同时, 传统供应链往往缺乏先进的决策辅助工具与实时数据支持。这些缺陷使传统供应链网络在面对来自市场的交货期、质量、服务、成本等方面的巨大压力时失去竞争优势。而今日企业所面临的市场竞争越来越严峻, 要考虑在快速响应客户需求的同时还要能够盈利, 在满足客户需求的前提下, 企业需要寻找能够有效控制供应链成本的方法。

由于网络和计算技术 (如 Internet、软件 Agent 技

术) 取得了长足进步, Internet 的普及率也显著提高, 电子商务与 ERP 已为很多企业所接受。这就使得针对传统供应链的业务流程再造 (BPR) 成为可能。Hammer 和 Champy<sup>[1]</sup> 认为: 业务流程再造旨在从根本上对业务流程进行再思考与再设计以使之在一些关键性绩效测度 (如成本、质量、服务和速度等) 方面取得显著提高。这正是虚拟供应链所要考虑的。

为了准确把握虚拟供应链内涵, 有必要先解释“虚拟性”概念。从技术手段上看, “虚拟性”表示用计算机网络通讯代替人工通讯<sup>[2]</sup>; 从组织结构上看, “虚拟性”反映了“超组织 (supra - organization)”或“虚拟组织”概念, 它由多个组织构成, 每个合作伙伴只侧重于特定任务分工<sup>[3]</sup>。虚拟供应链具有需求拉动性, 即一条虚拟供应链往往是响应某个特定的市场需求, 基于一个信息共享的网络平台, 从接受客户订单开始而发起的。发起者可以是一条供应链的核心企业, 也可以是中小型企业构成的供应链中的任何一个环节。从接受客户订单开始, 该环节在信息共享平台上选择合适的上下游合作伙伴, 组成一个为完成这个特定任务而存在的虚拟组织。在此虚拟组织中, 每个成员都拥有自身的核心能力, 都能随时在需求驱动的虚拟供应链

中提供可配置的资源。因此,这种虚拟供应链可以随时组织起来,提供具有快速响应、高度灵活和效率的服务。为了解决这种快速执行订单而且可以盈利的伙伴选择问题,Manthou 等<sup>[4]</sup>提出了一种在虚拟环境下供应链的协作框架——Virtual e - Chian(虚拟电子链)模型。图1显示了 VeC 模型的基本框架。

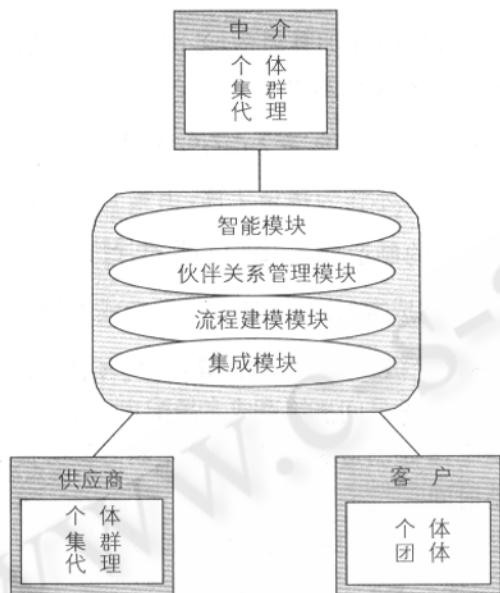


图1 VeC 模型基本框架

在虚拟电子链 VeC 中,智能模块能够追踪交互渠道事件和流程,并能萃取出面向决策的信息。通过智能模块,VSC 中的成员方能对其事务持有较为全面的观点,并能更加深入理解供应链渠道。这可改进决策制定、商务运作,提升 VSC 敏捷性。本文中所研究的伙伴选择模型,即是对这个智能模块的功能进行进一步细化,该模型能够帮助智能模块向决策者提供及时的伙伴选择参考方案,从而提高这个虚拟电子链框架上的虚拟供应链的盈利可能性。

接下来,要考虑虚拟供应链中的虚拟组织是否盈利,本文尝试引入虚拟供应链中的订单意愿执行可能性概念。该执行可能性越高,其满足客户需求并盈利的可能越大。影响供应链的订单意愿执行可能性的不确定因素有很多,包括上下游各成员的项目订单执行时间,订单执行成本,信息失真程度,库存等等。在传统供应链中,由于成员数据实时性不足,信息传递手段落后,要分析供应链的订单意愿执行可能性可能产生较大的误差,并影响供应链的最终利润水平。虚拟供

应链拥有信息共享平台,能够得到实时的成员数据支持,并且具有先进的决策辅助工具,因此供应链发起者完全可以在选择上下游伙伴之前,先对目标成员的订单意愿执行可能性进行总体分析,从时间、成本等多个角度来选择意愿执行可能性较高的目标成员组成虚拟供应链。

## 2 初步分析与参数说明

本文从成本效益(Cost - Efficiency)和有效客户响应(ECR, Efficient Customer Response)两个角度来评价供应链伙伴选择方案:从成本效益角度看,订单执行成本越小的方案越佳;而从有效客户响应角度看,延迟或提前交付都是客户所不愿接受的,因为延迟交付可能会造成客户缺货,提前交付则会提高客户的平均库存水平。因此订单执行时间(包括生产时间和配送时间)与客户订单的到期日(due date)越吻合,方案越佳。设  $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N\}$  是可供选择的伙伴选择方案集合,其中  $N$  是方案总数。这样,订单执行成本和订单执行时间都是定义域为  $\Lambda$  的函数。

我们使用三角模糊数来对虚拟供应链的订单执行成本和订单执行时间进行形式化描述:模糊订单执行成本  $C = (c_1, c_2, c_3)$ , 其中  $c_1$  是整条供应链最乐观成本,也就是可能耗费的最低成本, $c_2$  是实际情况中最有可能耗费的成本, $c_3$  是最悲观成本,即可能耗费的最高成本;模糊订单执行时间  $T = (t_1, t_2, t_3)$ ,  $t_1$  是最乐观完成时间, $t_2$  是最有可能需要的时间, $t_3$  是可能需要的最长时间。我们考虑的订单执行成本  $C(\lambda_0)$  包括制造成本  $C_p(\lambda_0)$ 、配送成本  $C_s(\lambda_0)$  以及时间因素成本  $C_t(\lambda_0)$ 。 $T$  包含制造时间  $T_p(\lambda_0)$  与配送时间  $T_s(\lambda_0)$ 。

本文的分析模型中将要涉及到的主要参数如下:

$\tilde{t}_{ij}$ : 虚拟组织中第  $i$  层第  $j$  伙伴的模糊制造时间

$T_0$ : 订单要求的提前期

$\tilde{c}_{ij}$ : 虚拟组织中第  $i$  层第  $j$  伙伴的模糊制造成本

$\tilde{C}(\lambda_0)$ : 对于伙伴选择方案  $\lambda_0$ , 整个虚拟组织的模糊订单执行成本

$T(\lambda_0)$ : 对于伙伴选择方案  $\lambda_0$ , 整个虚拟组织的模糊订单执行时间

$E(\lambda_0)$ : 伙伴选择方案  $\lambda_0$  造成的完成时间相比提

前期超前部分,表示为  $\max\{\bar{0}, T_d - T(\lambda_v)\}$

$D(\lambda_v)$ : 伙伴选择方案  $\lambda_v$  造成的完成时间相比提

前期延迟部分,表示为  $\max\{\bar{0}, T(\lambda_v) - T_d\}$

$\alpha$ : 单位时间的超前赔偿,  $\alpha > 0$

$\beta$ : 单位时间的延迟赔偿,  $\beta > 0$

$\bar{t}_{\eta q, \sigma}^s$ : 处于第  $\sigma$  层的第  $\eta$  被选伙伴到处于第  $\sigma + 1$  层的第  $q$  被选伙伴之间的配送时间

$S_{\eta q, \sigma}$ : 处于第  $\sigma$  层的第  $\eta$  被选伙伴到处于第  $\sigma + 1$  层的第  $q$  被选伙伴之间的配送距离

$\bar{\theta}$ : 对应产品单位距离的模糊配送成本

可以看出, 时间因素成本  $C_t(\lambda_v) = \alpha E(\lambda_v) + \beta D(\lambda_v)$

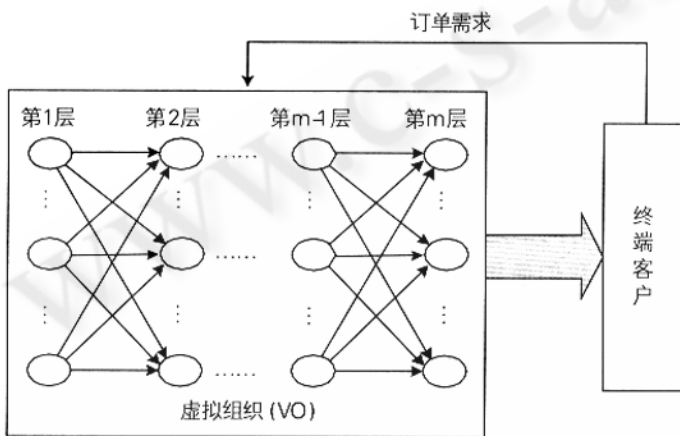


图 2 多层多成员虚拟供应链示意图

### 3 基于模糊成本与模糊订单执行时间的订单意愿执行可能性模型

现实中大多数情况下虚拟供应链的组成都比较复杂。当订单需求较大而订单周期较短时, 往往会出现各种瓶颈, 如生产能力偏低、库存能力偏小、运输能力不够等, 在这种情况下, 虚拟供应链需要具有迅速补充这些瓶颈资源的能力。而补充这些瓶颈资源的途径一般就是动态引入拥有相应资源或能力的新合作伙伴, 这样每层的成员数往往不止一个。假设虚拟供应链的虚拟组织由  $m$  层构成, 每层包含  $n_i (i=1, \dots, m)$  个成员企业, 如图 2 所示。这种情况下, 每层中所有被选中成员的模糊成本都要进行模糊加运算来得到该层的整体模糊成本。

定义一个备选标识符  $z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当第 } i \text{ 层第 } j \text{ 成员被选中作为供应链伙伴} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$ ,  $z_{ij}$  服从

于以下约束条件:

$\sum_{j=1}^{n_i} z_{ij} \leq n_i, i=1, 2, \dots, m$ ; 表示每层可以被选中的伙伴数量不超过候选成员数量

若定义模糊连加算符为  $\bar{\Sigma}$ , 对于伙伴选择方案  $\lambda_v$ , 各层模糊制造成本为

$$\bar{c}_i = \bar{c}_{i1} \oplus \dots \oplus \bar{c}_{in_i} = \bar{\Sigma}_{j=1}^{n_i} z_{ij} \bar{c}_{ij}, i=1, \dots, m \quad (1)$$

其中:  $\bar{c}_{ij}$  表示作为第道工序, 由第  $i$  层的第  $j$  成员完成所需要的制造成本,  $\bar{c}_{ij} = (c_{ij}^1, c_{ij}^2, c_{ij}^3)$ 。单独考虑  $\bar{c}_{ij}$ , 它由固定成本(比如设备), 与动态成本(比如劳动力)这两部分组成。为方便计算, 令  $\bar{c}_{ij} = (1 + \xi)(\epsilon \bar{\theta} + \epsilon' \theta')$ , 其中  $\xi$  是间接制造成本摊配率,  $\epsilon$  是制造准备劳务费率,  $\bar{\theta}$  是制造准备时间,  $\epsilon'$  是制造劳务费率,  $\theta'$  是制造时间。

此时整个虚拟组织的模糊制造成本为:  $C_p(\lambda_v) =$

$$\bar{\Sigma}_{i=1}^m \bar{c}_i = \bar{\Sigma}_{i=1}^m \bar{\Sigma}_{j=1}^{n_i} z_{ij} \bar{c}_{ij} \quad (2)$$

### 4 案例分析

在本案例中, 一个虚拟供应链, 包含一个核心企业, 以及三个制造能力和地理位置都有差异的备选伙伴企业。该虚拟供应链接到用户订单来制造工件, 订单提前期为(1, 2.5, 3.5), 单位是天, 订单批量为 400 件, 订单支付价格为(单位是元)。三个备选伙伴间的配送成本矩阵(单位是元)与配送时间矩阵(单位是天)分别如下:

$$\bar{\theta} S_{\eta q, \sigma} = \begin{bmatrix} (0, 0, 0) & (340, 350, 360) & (290, 300, 310) \\ (340, 350, 360) & (0, 0, 0) & (530, 550, 560) \\ (290, 300, 310) & (530, 550, 560) & (0, 0, 0) \end{bmatrix},$$

$$\bar{t}_{\eta q, \sigma}^s = \begin{bmatrix} (0, 0, 0) & (0.5, 1, 1.5) & (0.5, 1, 1.5) \\ (0.5, 1, 1.5) & (0, 0, 0) & (0.5, 1, 2) \\ (0.5, 1, 1.5) & (0.5, 1, 2) & (0, 0, 0) \end{bmatrix}$$

$\alpha$  跟  $\beta$  分别是 150 元/day 和 600 元/day。

Table 1

产品主要信息		
订货量	400	
原料	铝	
外围长度 (cm)	17.78	
外围宽度 (cm)	7.72	
外围高度 (cm)	0.64	
最紧尺寸可容忍误差 (cm)	0.0025	
部件	装配误差	安装方法
电源模块	pm 0.013 cm	非表面安装
组件	e1, e2 0.013 cm	非标准环氧焊接

Table 2

备选伙伴资源信息	伙伴 1	伙伴 2	伙伴 3
间接制造成本摊配率	1.85	1.5	1.4
准备劳务费率 (元/day)	200	250	300
制造劳务费率 (元/day)	200	250	300
机器加工			
排队时间 (day)	(0.3, 0.4, 0.5)	/	/
制造准备时间 (day)	(0.04, 0.05, 0.06)	/	/
制造时间 (day)	(0.1, 0.2, 0.3)		
轧齿边 $\sigma$ (cm)	0.0011	/	/
钻孔 $\sigma$ (cm)	0.0011	/	/
艺术加工			
排队时间 (day)	/	(0.2, 0.3, 0.4)	(0.2, 0.3, 0.4)
制造准备时间 (day)	/	(0.04, 0.05, 0.06)	(0.01, 0.02, 0.03)
制造时间 (day)	/	(0.05, 0.1, 0.15)	(0.01, 0.02, 0.03)
蚀刻 $\sigma$ (cm)	/	0.0038	0.0032
电镀 $\sigma$ (cm)	/	0.0038	0.0051
组装和焊接			
自动安装精确性 (cm)	/	0.0076	0.0076
排队时间 (day)	/	(0.3, 0.4, 0.5)	(0.1, 0.2, 0.3)
制造准备时间 (day)	/	(0.04, 0.05, 0.06)	(0.01, 0.02, 0.03)
制造时间 (day)	/	(0.05, 0.1, 0.15)	(0.05, 0.1, 0.15)
自动组装 $\sigma$	/	0.0025	0.0011
测试			
排队时间 (hour)	/	(0.3, 0.4, 0.5)	/
制造准备时间 (hour)	/	(0.04, 0.05, 0.06)	/
制造时间 (hour)	/	(0.05, 0.1, 0.15)	/

设组合  $(i, j)$  表示第  $i$  道工序由第  $i$  层的第  $j$  个成员完成。由 Table 2 可得到备选的伙伴选择集合如下:

$$(\lambda_v) = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1,1) & (2,2) & (3,2) & (4,2) \\ (1,1) & (2,2) & (3,2) & (4,2) \\ (1,1) & (2,3) & (3,2) & (4,2) \\ (1,1) & (2,3) & (3,3) & (4,2) \end{bmatrix}$$

### 5 结语

研究虚拟供应链的订单意愿执行可能性, 主要目标还是为了提高虚拟供应链对于市场需求的快速反应

能力, 方便决策者在虚拟电子链的框架平台上迅速选择合适的合作伙伴。而对于虚拟供应链的订单意愿执行可能性, 还可以从很多其它角度进行。本文中结合考虑了供应链的订单执行时间与订单执行成本, 并且将三点估计值概念运用于对供应链的时间和成本进行不确定性描述, 同时采用三角模糊数对时间和成本进行模糊化, 顾及到了实际情况中成本的模糊性。本文在订单意愿执行可能性分析模型中从模糊订单执行时间与模糊成本两个角度考虑各种情况下模糊成本对订单意愿执行可能性的影响。今后还可以继续从虚拟供应链运作风险等角度结合模糊数概念来进行供应链订单意愿执行可能性分析。

### 参考文献

- 1 Hammer, M., Champy, J. Reengineering the Corporation: A manifesto for Business Revolution [M]. New York, USA: Harper Collins. 1993.
- 2 Davidow, W. H., Michael, S. M. The Virtual Corporation [M]. New York, NY: Harper Business. 1992.
- 3 Hedberg, B., Goran, D., Jorgen, H., N. - G. Olve. Virtual Organizations and Beyond [M]. Chichester, UK: Wiley. 1994.
- 4 Manthou, V., Vlachopoulou, M., Folinas, D., Virtual e-Chain (VeC) model for supply chain collaboration [J]. International Journal of Production Economics, 2004, 87(3): 241 - 250.
- 5 C. -T. Chen, S. -F. Huang. Order - fulfillment ability analysis in the supply - chain system with fuzzy operation times [J]. International Journal of Production Economics, In Press, Corrected Proof, Available online at www.scienceDirect.com, 11 July, 2005.
- 6 Chen, S. M., Chang, T. H. Finding multiple possible critical paths using fuzzy PERT [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Part B: Cybernetics. 2001, 31(6): 930 - 937.
- 7 Zadeh, L. A. Fuzzy Set [J]. Information and Control, 1965, 8: 338 - 353.
- 8 Zimmermann, H. J. Fuzzy set theory and its applications [M]. Boston, USA: Kluwer Academic. 1996.