

文章编号:1007-6735(2011)03-0297-06

基于供应链间竞争的需求干扰下供应链绩效研究

张超, 高尚, 滕春贤
(哈尔滨理工大学 管理学院, 哈尔滨 150080)

摘要: 在供应链与供应链竞争的经济背景下,以制造企业为核心的供应链为研究对象,利用非合作博弈理论和变分不等式理论构建了需求干扰前、后的供应链均衡模型.给出了以盈利率和需求满足率加权为标准的供应链绩效度量方法.利用算例说明了模型的有效性.

关键词: 供应链间竞争; 需求干扰; 绩效; 变分不等式

中图分类号: F 224; C 931.1 **文献标志码:** A

Study on supply chain performance under demand disruption

ZHANG Chao, GAO Shang, TENG Chun-xian
(School of Management, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: Under the economic background of SC vs SC competition, supply chain networks whose core companies are manufacturers were taken as study object. The supply chain equilibrium model before and after the demand disruption was established by using variational inequality theory and Nash game theory. A measure of SC performance based on weighted profit and demand was proposed. A numerical example was given to illustrate the validity of the model.

Key words: supply chain (SC) competition; demand disruption; performance; variational inequality

美国著名的供应链管理学家 Christopher 等^[1]曾指出:伴随供应链结构的复杂化以及供应链之间耦合程度越来越高,干扰性事件发生的频度越来越高.在没有干扰时,供应链能够正常运行.但是诸如非典、金融危机等干扰事件给产品和服务的需求带来重要影响,给供应链管理带来巨大的挑战.基于上述背景,笔者在供应链与供应链竞争的经济背景下,以制造企业为核心的供应链为研究对象,构建了需求

干扰前后的均衡模型,提出了相应的供应链绩效的度量方法.

供应链间竞争研究. Boyaci 等^[2]研究了两个竞争供应链中具有顾客服务竞争的供应链协调问题. Xiao 等^[3]构建了一个包含两条供应链的价格——服务竞争模型,研究了博弈参与者在需求不确定条件下的最优决策,分析了零售商的风险敏感度对局中人最优策略的影响. Zhang^[4]借助市场链的定义,

收稿日期: 2011-05-11
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70871031);黑龙江省教育厅人文社科重点资助项目(1152z033)
作者简介: 张超(1981—),男,博士研究生.研究方向:优化理论、供应链管理. E-mail: zhangchao1999@gmail.com
滕春贤(联系人),男,教授.研究方向:系统分析与优化、供应链管理. E-mail: tengcx@hrbust.edu.cn

利用变分不等式理论,建立了一个整合链内合作和链际竞争的数学模型,该数学模型不再受供应链结构的限制,具有较强的通用性.包括上述文献在内的许多研究,从不同的角度对供应链与供应链竞争进行了分析,但较少涉及干扰事件对供应链的影响以及干扰环境下的供应链绩效度量.

供应链干扰管理研究. Qi 等^[5]为实现需求干扰对供应计划影响成本最小的目标,利用批量折扣的协调方法,构建了需求不确定下的单供应链协调模型. Xiao 等^[6]利用全单位数量折扣和累进制数量折扣契约协调了由一个制造商和两个相互竞争零售商构成的供应链模型,分析了成本干扰对协调契约的影响. 于辉等^[7]研究了回购契约条件下市场需求量发生变化时,对整个供应链和其成员企业的收益,以及对供应链协调机制的影响. 滕春贤等^[8]利用二次订购(补货)数量折扣契约,分析了一个由多个制造商和多个零售商组成的供应链网络应对突发事件模型. 胡祥培等^[9]对国内外供应链干扰管理研究进行综述的基础上,提出了干扰事件辨识、干扰管理建模和算法,以及仿真研究等几个未来的研究方向. 关于供应链的干扰管理方面的研究,主要集中于单供应链背景下的干扰事件应对管理,并未涉及供应链竞争背景下的干扰管理,以及干扰环境下的供应链绩效评价.

供应链绩效研究. Beamon^[10]在指出供应链绩效评价重要性的同时,认为由于供应链结构的复杂性选择合适的供应链绩效度量是非常困难的. Gunasekaran 等^[11]指出供应链绩效度量对公司的成功起着很大的作用,并构建了一个包括顾客满意度以及库存和物流成本的绩效评价模型. Pyke 等^[12]从成本最小的角度对供应链绩效进行了研究. Qiang 等^[13]从超网络角度,对需求不确定下的供应链绩效进行了研究.

包括以上文献在内的众多研究,从成本最小、顾客满意度等方面,设计了单供应链的绩效度量方法. 本文则在供应链与供应链竞争的背景下,给出了一种综合盈利和需求满足的供应链绩效度量方法.

在对上述所有文献进行归纳并拓展后,笔者提出了一个综合利润、需求满足、成本以及网络拓扑结构的供应链绩效度量方法,能够有效的对供应链以及整个供应链网络的绩效做出度量,明确各供应链在整个行业中所处的地位,为管理者决策提供科学的依据.

1 供应链间竞争的均衡模型

供应链的竞争力体现在从采购、生产、分销和销售等环节的共同作用,为了清晰地刻画这种链式竞争,借鉴文献[4]提出市场链概念.

定义 1 市场链(Market chain)

是制造企业为将最终产品送达最终消费场所从事的、具有相互协调的商业活动的网络,这些商业活动包括:特定产品的原材料获取、生产、组装、配送、销售等.

据定义 1,供应链可看做是一族市场链,而供应链之间的竞争就可通过市场链的竞争加以刻画.

1.1 需求干扰前的供应链均衡

利用变分不等式理论研究需求干扰前的供应链网络均衡问题. 令 $G = [N, L] = \bigcup_{i=1,2,\dots,I} [N_i, L_i]$ 表示由节点集合和边集合组成的供应链网络,每条供应链都以制造企业为核心. 每个制造企业有若干个生产工厂,生产工厂下游是零售商,零售商负责向市场 $j, j=1, \dots, J$ 销售产品. 连接制造企业和其生产工厂的边表示生产活动,连接生产工厂和零售商的边表示运输活动,连接零售商和市场的边表示销售活动. S_{ij} 表示 (i, j) 之间的市场链集合,令 S_i 表示以制造企业 i 为核心的供应链, S_j 表示所有指向需求市场 j 的市场链集合, S 表示所有市场链的集合.

令 $X_s, \forall s \in S$ 和 $x_a, \forall a \in L$ 分别表示需求干扰前,市场链 s 和边 a 上的非负产品流量,边上的流量是其所参与市场链的流量之和,即

$$x_a = \sum_{s \in S} \delta_{as} X_s, \quad \forall a \in L$$

其中

$$\delta_{as} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } a \in s \\ 0, & \text{如果 } a \notin s \end{cases} \quad (1)$$

假设每条边上都有一个非负约束 $u_a, \forall a \in L$, 于是,有不等式成立

$$0 \leq x_a \leq u_a, \quad \forall a \in L \quad (2)$$

需求市场 j 上的对产品的非负需求量用 d_j 表示,那么等式成立

$$d_j = \sum_{s \in S_j} X_s, \quad \forall j \quad (3)$$

令 $\rho_j, \forall j$ 表示市场 j 上的产品价格,由于市场价格是依赖于市场需求,所以有

$$\rho_j = \rho_j(d_j), \quad \forall j \quad (4)$$

令 $C_a, \forall a \in L$ 为发生在边上的成本,它与边

上的产品流量有关,即

$$C_a = C_a(x_a), \quad \forall a \in L \quad (5)$$

供应链 S_i 的利润函数 $\pi_i, i = 1, \dots, I$ 是供应链 S_i 上的总收入减去其总成本,供应链的目标是最大化其利润,即

$$\begin{aligned} \max \pi_i &= \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (\rho_j(d_j) \sum_{s \in S_{ij}} X_s) - \sum_{a \in L_i} C_a(x_a) \\ \text{s.t. } &0 \leq x_a \leq u_a, \quad \forall a \in L \end{aligned} \quad (6)$$

假设边成本函数为连续可微凸函数,进一步假设供应链间进行纳什非合作竞争.那么供应链网络的优化模型式(6)可被表示为如下变分不等式^[14],即求解 $(X_s^*, \lambda_a^*) \in K^1$,使得对 $\forall (X_s, \lambda_a) \in K^1$,满足

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I \left[\sum_{a \in L_i} \delta_{as} \left(\frac{\partial C_a(x_a^*)}{\partial X_s} + \lambda_a^* \right) - \sum_{j=1}^J \rho_j \left(\sum_{s \in S_j} X_s^* \right) - \sum_{j=1}^J \left[\frac{\partial \rho_j \left(\sum_{s \in S_j} X_s^* \right)}{\partial X_s} \sum_{s \in S_{ij}} X_s^* \right] \right] \times (X_s - X_s^*) + \\ \sum_{a \in L} (u_a - x_a^*) \times [\lambda_a - \lambda_a^*] \geq 0 \end{aligned} \quad (7)$$

其中, $K^1 = \{(X_s, \lambda_a) \mid X_s \geq 0, \lambda_a \geq 0 \text{ 且满足式(1)~(5)}\}$.

1.2 需求干扰后的供应链均衡

干扰事件对需求产生影响,如非典期间对口罩的需求增大,毒奶粉事件后,对奶制品的需求减少.这里重点研究需求干扰后的供应链均衡问题.以线性需求函数 $d = D - b\rho$ 为例,在需求干扰后,需求变为 $d = D + \Delta D - b\rho$,市场需求的波动由 ΔD 反映. $\Delta D > 0$ 时,说明需求增大; $\Delta D < 0$ 表示市场需求减小.显然,此时 $D + \Delta D > 0$ 才有意义,因此,下面的讨论建立在 $D > -\Delta D$ 成立的基础上^[15].

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left[\sum_{a \in L_i} \delta_{as} \left(\frac{\partial (C_a(\tilde{x}_a^*) + \tilde{C}_a^1((x_a - \tilde{x}_a^*)^+) + \tilde{C}_a^2((\tilde{x}_a - x_a^*)^+))}{\partial X_s} + \lambda_a^* \right) - \sum_{j=1}^J \tilde{\rho}_j \left(\sum_{s \in S_j} \tilde{X}_s^* \right) - \sum_{s \in S_j} \frac{\partial \tilde{\rho}_j \left(\sum_{s \in S_j} \tilde{X}_s^* \right)}{\partial \tilde{X}_s} \sum_{s \in S_{ij}} \tilde{X}_s^* \right] \times [\tilde{X}_s - \tilde{X}_s^*] + \sum_{a \in L} (u_a - \tilde{x}_a^*) \times [\lambda_a - \lambda_a^*] \geq 0 \end{aligned} \quad (11)$$

其中, $K^2 = \{(\tilde{X}_s, \tilde{\lambda}_a) \mid \tilde{X}_s \geq 0, \tilde{\lambda}_a \geq 0\}$.

2 绩效度量

2.1 供应链绩效度量

在文献[16]基础上,提出了一个综合利润、需求满足、成本、以及网络拓扑结构的供应链绩效度量方法.

令 $\tilde{C}_a^1, \tilde{C}_a^2$ 分别表示边 a 上,比原生产计划减少和增加的产量所造成的额外成本,就它们的实际意义而言, $\tilde{C}_a^1$ 是少于原来计划产量部分的剩余产品的单位处理成本.假设 $\tilde{C}_a^1 < C_a$, 即,剩余的产品可以通过二级市场卖出而得到部分剩余价值; $\tilde{C}_a^2$ 是多于原来计划产量部分的总体额外成本. $\tilde{C}_a^1, \tilde{C}_a^2$ 是变更产量的函数,即

$$\tilde{C}_a^1 = \tilde{C}_a^1((x_a - \tilde{x}_a)^+) \quad (8)$$

$$\tilde{C}_a^2 = \tilde{C}_a^2((\tilde{x}_a - x_a)^+) \quad (9)$$

其中, $(X)^+ = \max(0, X)$ ^[15].那么在发生需求干扰后的供应链的目标函数为(上波浪线表示干扰后的变量)

$$\begin{aligned} \max \tilde{\pi}_i &= \sum_{j=1}^J [\tilde{\rho}_j(d_j) \sum_{s \in S_{ij}} \tilde{X}_s - \sum_{a \in L_i} (C_a(\tilde{x}_a) + \tilde{C}_a^1((x_a - \tilde{x}_a)^+) + \tilde{C}_a^2((\tilde{x}_a - x_a)^+))] \\ \text{s.t. } &0 \leq \tilde{x}_a \leq u_a, \quad \forall a \in L \end{aligned} \quad (10)$$

式中, $\tilde{\pi}_i$ 为需求干扰后供应链 S_i 的利润.等式右边第一部分是需求干扰后的供应链系统的收入,第二部分是原生产计划产生的成本,后两部分是由于需求变化所引起的额外成本.

假设成本函数和额外成本函数为连续可微的凸函数,进一步,假设供应链之间进行纳什非合作竞争.于是,供应链的目标函数可以被表示为如下的变分不等式^[14],即求解 $(\tilde{X}_s^*, \tilde{\lambda}_a^*) \in K^2$,使得对 $\forall (\tilde{X}_s, \tilde{\lambda}_a) \in K^2$,满足

定义2 供应链绩效度量

给定一个供应链与供应链竞争的网络拓扑结构 G ,则供应链绩效 $\epsilon_i(G, \pi, d)$ 定义为

$$\epsilon_i(G, \pi, X_s) = \frac{\beta \pi_i + (1 - \beta) d_i}{n_i C_i} \quad (12)$$

式中, d_i 为供应链 S_i 所满足的需求; C_i 为其总成本; n_i 为其服务的市场数; β 为利润和需求满足之间的权重.式(12)的经济解释为:如果供应链能够以更低的成本来获得更大的利润并满足更多的需求,说明

供应链的绩效越高.简单的说,供应链绩效指的是供应链在盈利能力和满足需求能力上的表现.

2.2 供应链系统的整体绩效度量

定义3 供应链系统的整体绩效度量

供应链系统整体绩效 $\varepsilon(G, \pi, d)$ 定义为

$$\varepsilon(G, \pi, X_s) = \frac{\beta \pi + (1 - \beta) d}{JC} \quad (13)$$

式中, π 为供应链系统的总体利润; C 为供应链系统的总成本.

将各供应链的绩效水平与供应链网络的整体绩效水平进行比较,可以明确该供应链在其所处行业中的地位.当 $\varepsilon_i > \varepsilon$ 时,说明供应链 S_i 处于行业中的上游水平;反之,则说明该供应链处于行业下游水平.

3 算例

利用算例来说明本文均衡模型的有效性.图1是一个供应链与供应链竞争的结构图,其中包括了以制造企业1、2和3为核心的3条供应链.根据市场链定义,本例中有6条市场链,其中供应链 S_1 有2条,分别是 $S_{11} = \{a_1^1, a_3^1, a_5^1\}$, $S_{12} = \{a_2^1, a_4^1, a_6^1\}$;供应链 S_2 有2条,分别是 $S_{21} = \{a_1^2, a_3^2, a_5^2\}$ 和 $S_{22} = \{a_2^2, a_4^2, a_6^2\}$.供应链 S_3 有2条,分别是 $S_{31} = \{a_1^3, a_3^3, a_5^3\}$ 和 $S_{32} = \{a_2^3, a_4^3, a_6^3\}$.下面通过需求干扰前、需求减小、需求增大3种情景,来说明需求干扰下的供应链的网络均衡与绩效度量.

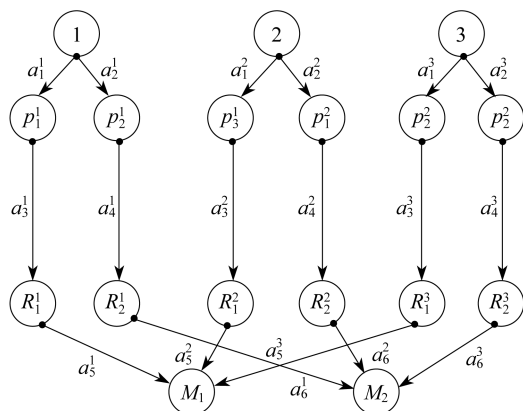


图1 供应链与供应链竞争结构图

Fig.1 Topology of supply chain competition

a. 需求干扰前

令需求干扰前供应链 S_1 上的边成本为:生产边 $C_{a_1^1} = 25X_{a_1^1} + 30$, $C_{a_2^1} = 29X_{a_2^1} + 35$; 运输边 $C_{a_3^1} = 5X_{a_3^1} + 12$, $C_{a_4^1} = 6X_{a_4^1} + 15$; 销售边 $C_{a_5^1} =$

$3X_{a_5^1} + 10$, $C_{a_6^1} = 3.5X_{a_6^1} + 11$. 供应链 S_2 上的边成本为:生产边 $C_{a_1^2} = 30X_{a_1^2} + 30$, $C_{a_2^2} = 36X_{a_2^2} + 35$; 运输边 $C_{a_3^2} = 5.5X_{a_3^2} + 15$, $C_{a_4^2} = 7X_{a_4^2} + 17$; 销售边 $C_{a_5^2} = 4X_{a_5^2} + 12$, $C_{a_6^2} = 5X_{a_6^2} + 14$. 供应链 S_3 上的边成本为:生产边 $C_{a_1^3} = 23X_{a_1^3} + 30$, $C_{a_2^3} = 28X_{a_2^3} + 35$; 运输边 $C_{a_3^3} = 5X_{a_3^3} + 10$, $C_{a_4^3} = 5.5X_{a_4^3} + 13$; 销售边 $C_{a_5^3} = 4.5X_{a_5^3} + 10$, $C_{a_6^3} = 4X_{a_6^3} + 12$. 设需求函数为: $d_j = 500 - 1.6\rho_j$, $j = 1, 2, 3$.

b. 需求减小

考虑市场规模减小50的情况.假设剩余产品由制造企业在二级市场进行处理.当需求减少时,供应链 S_1 上处理剩余产品的额外成本为 $\tilde{C}_{a_1^1}^1 = 2(X_{a_1^1} - \tilde{X}_{a_1^1})$, $\tilde{C}_{a_2^1}^1 = 2(X_{a_2^1} - \tilde{X}_{a_2^1})$; 供应链 S_2 上处理剩余产品的额外成本为 $\tilde{C}_{a_1^2}^1 = 3(X_{a_1^2} - \tilde{X}_{a_1^2})$, $\tilde{C}_{a_2^2}^1 = 3(X_{a_2^2} - \tilde{X}_{a_2^2})$. 供应链 S_3 上处理剩余产品的额外成本为 $\tilde{C}_{a_1^3}^1 = 2.5(X_{a_1^3} - \tilde{X}_{a_1^3})$, $\tilde{C}_{a_2^3}^1 = 2.5(X_{a_2^3} - \tilde{X}_{a_2^3})$.

c. 需求增加

考虑市场规模扩大50的情况.市场规模增大,组织生产和销售需要一定额外的成本,如原材料二次订购费、工人加班费、和物流公司以及零售商的谈判费等,这里假设供应链 S_1 由于采用期货策略以及和物流公司以及零售商的关系密切,使其额外成本相对另外两条供应链要小.供应链 S_1 上多于原来产量部分的额外成本为:生产边 $\tilde{C}_{a_1^1}^2 = 5(\tilde{X}_{a_1^1} - X_{a_1^1})$, $\tilde{C}_{a_2^1}^2 = 4(\tilde{X}_{a_2^1} - X_{a_2^1})$; 运输边 $\tilde{C}_{a_3^1}^2 = 2(\tilde{X}_{a_3^1} - X_{a_3^1})$, $\tilde{C}_{a_4^1}^2 = 2(\tilde{X}_{a_4^1} - X_{a_4^1})$; 销售边 $\tilde{C}_{a_5^1}^2 = \tilde{X}_{a_5^1} - X_{a_5^1}$, $\tilde{C}_{a_6^1}^2 = 1.5(\tilde{X}_{a_6^1} - X_{a_6^1})$. 供应链 S_2 上的额外成本为:生产边 $\tilde{C}_{a_1^2}^2 = 8(\tilde{X}_{a_1^2} - X_{a_1^2})$, $\tilde{C}_{a_2^2}^2 = 9(\tilde{X}_{a_2^2} - X_{a_2^2})$; 运输边 $\tilde{C}_{a_3^2}^2 = 3(\tilde{X}_{a_3^2} - X_{a_3^2})$, $\tilde{C}_{a_4^2}^2 = 4(\tilde{X}_{a_4^2} - X_{a_4^2})$; 销售边 $\tilde{C}_{a_5^2}^2 = 2(\tilde{X}_{a_5^2} - X_{a_5^2})$, $\tilde{C}_{a_6^2}^2 = 3(\tilde{X}_{a_6^2} - X_{a_6^2})$. 供应链 S_3 上的额外成本为:生产边 $\tilde{C}_{a_1^3}^2 = 8(\tilde{X}_{a_1^3} - X_{a_1^3})$, $\tilde{C}_{a_2^3}^2 = 12(\tilde{X}_{a_2^3} - X_{a_2^3})$; 运输边 $\tilde{C}_{a_3^3}^2 = 5(\tilde{X}_{a_3^3} - X_{a_3^3})$, $\tilde{C}_{a_4^3}^2 = 5.5(\tilde{X}_{a_4^3} - X_{a_4^3})$; 销售边 $\tilde{C}_{a_5^3}^2 = 2.5(\tilde{X}_{a_5^3} - X_{a_5^3})$, $\tilde{C}_{a_6^3}^2 = 2(\tilde{X}_{a_6^3} - X_{a_6^3})$.

对以上3种情景,分别使用动态投影算法,运用MATLAB7.1软件包进行求解,计算结果如表1所示.

表 1 需求干扰前、后的均衡流量
Tab.1 Equilibrium shipments before and after demand disruption

需求的扰动 ΔD	流量					
	$\widetilde{X}_{S_{11}}$	$\widetilde{X}_{S_{12}}$	$\widetilde{X}_{S_{21}}$	$\widetilde{X}_{S_{22}}$	$\widetilde{X}_{S_{31}}$	$\widetilde{X}_{S_{32}}$
- 50	16.407 1	16.064 2	15.974 1	15.431 3	16.906 7	16.663 7
0	18.641 3	18.293 1	18.201 0	17.649 5	19.149 4	18.902 7
50	20.900 5	20.547 5	20.453 7	19.894 5	21.416 0	21.166 1

利用表 1 中的数据,计算各供应链在需求干扰前后的利润,计算结果如表 2 所示.

表 2 需求干扰前后的供应链利润
Tab.2 Equilibrium profits before and after demand disruption

需求的扰动 ΔD	利润		
	供应链 S_1	供应链 S_2	供应链 S_3
- 50	6 867.912 4	6 374.476 3	6 946.669 0
0	8 837.549 7	8 279.730 3	8 892.737 1
50	12 052.265 0	11 361.988 0	11 956.142 5

根据式(14)和式(15),并利用表 1 和表 2 中的数据,计算需求干扰下的供应链绩效,结果如表 3 所示.

表 3 需求干扰下的供应链绩效($\beta=0.5$)

Tab.3 Supply chain performance under demands disruption

需求的扰动 ΔD	绩效			
	供应链 S_1	供应链 S_2	供应链 S_3	总体
- 50	1.346 6	1.062 6	1.421 6	1.262 9
0	1.549 6	1.231 4	1.589 2	1.443 2
50	1.857 5	1.462 0	1.852 4	1.707 5

根据以上数据可以得出以下结论:

- a. 根据表 1 和表 2,当市场规模扩大时,各供应链的生产水平随之增加,当市场规模减小时,生产水平随之减少,这和文献[15]的结论一致.同时,市场规模扩大时,各供应链利润也随之增加.
- b. 根据表 3,在 3 种情景下,供应链 S_1 和供应链 S_3 的绩效均高于行业总体水平,处于行业领先地位,而供应链 S_2 的绩效均低于行业平均水平,说明该供应链在行业中处于下游,应当采取一定的措施改善供应链绩效.
- c. 根据表 3,可以发现,供应链绩效同市场规模的变化呈正相关关系.
- d. 根据表 3,当需求无干扰和需求降低时,供应链 S_1 的绩效水平小于供应链 S_3 水平;当需求增大 50 时,由于出色的原材料采购策略和更紧密的网络

结构,使其绩效水平超过了供应链 S_3 ,由此可见,对干扰事件的积极应对,有利于改善供应链绩效.

4 结束语

在供应链与供应链竞争的经济背景下,以制造企业为核心的供应链为研究对象,构建了需求干扰前、后的均衡模型,并度量了供应链绩效及其所处行业的整体绩效,对供应链在其行业中的地位进行了分析,研究表明,当需求发生干扰时,积极有效的预防措施,有利于改善供应链的绩效水平.进一步,还可以考虑成本干扰以及多产品等情况.

参考文献:

[1] CHRISTOPHER M. The agile supply chain: competing in volatile markets[J]. Industrial Marketing Management,2000,29(1):37-44.

[2] BOYACI T,GALLEGO G. Supply chain coordination in a market with customer service competition[J]. Production and Operations Management,2004,13(1):3-22.

[3] XIAO T J. Price and service competition of supply chains with risk-averse retailers under demand uncertainty[J]. International Journal of Production Economics,2008,114(1):187-200.

[4] ZHANG D. A network economic model for supply chain versus supply chain competition[J]. Omega: The International Journal of Management Science,2006,34(3):283-295.

[5] QI X T,BARD J,YU G. Supply chain coordination with demand disruptions[J]. The International Journal of Management Science,2004,32(4):301-312.

[6] XIAO T J,QI X T. Price competition, cost and demand disruptions and coordination of a supply chain with one manufacturer and two competing retailers[J]. The International Journal of Management Science,2008,36(5):741-753.

[7] 于辉,陈剑,于刚. 回购契约下供应链对突发事件的协调应对[J]. 系统工程理论与实践,2005,25(8):

38-43.

[8] 滕春贤,胡引霞,周艳山.具有随机需求的供应链网络均衡应对突发事件[J].系统工程理论与实践,2009,29(3):16-20.

[9] 胡祥培,张漪,丁秋雷,等.干扰管理模型及其算法的研究进展[J].系统工程理论与实践,2008,28(10):40-46.

[10] BEAMON B M. Measuring supply chain performance [J]. International Journal of Operations & Production Management,1999,19(3):275-292.

[11] GUNASEKARAN A, PATEL C, MCGAUGHEY R. A framework for supply chain performance measurement [J]. International Journal of Production Economics, 2004,87(3):333-347.

[12] PYKE F, COHEN A. Performance characteristics of stochastic integrated production-distribution systems [J]. European Journal of Operational Research,1993,68(1):23-48.

[13] QIANG Q,NAGURNEY A,DONG J. Modeling of Supply Chain Risk Under disruptions with Performance Measurement and Robustness Analysis [M]. London: Springer,2009:91-111.

[14] NAGURNEY A. Network economics:a variational inequality approach [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers,1998:66-68.

[15] XU M H,QI X T,YU G,et al. The demand disruption management problem for a supply chain system with nonlinear demand functions[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2003, 12 (1): 82-97.

[16] QIANG Q,NAGURNEY A. A unified network performance measure with importance identification and the ranking of network components[J]. Optimization Letters,2008,2(1):127-142.

• 下期发表论文摘要预告 •

世博会排队集群行为研究

顾基发¹, 徐山鹰¹, 房 勇¹, 时 勘², 王 波³, 宋 利⁴, 解 蓉⁴
(1.中国科学院 系统科学研究所,北京 100190; 2.中国科学院研究生院 管理学院,北京 100049;
3.上海理工大学 管理学院,上海 200093; 4.上海交通大学 安泰经济与管理学院,上海 200052)

上海世博会是成功的,但是参观世博会的排队成为一个突出的问题.本文从物理事理人理系统方法论角度进行了研究.从物理层次看,大部分场馆的设计不可能不出现排队,只是队的长短会不一样.从事理层次看不同排队方式会出现不同的队长和效率.从人理层次看,由于站在组织方,场馆和顾客对队长有不同的满意程度,如何合理评价? 过度排队还可能造成拥挤与践踏,形成突发事件.本研究从排队论、顾客排队心理学、社会物理的行人动力学、顾客排队行为分析以及系统科学中自组织现象等去分析排队现象.本文是 973 项目的一个中期研究成果.