

经济与管理学院

博士

目 录

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期	类别
1.	王玉燕 李帮义	博士 教授	092 092	不对称信息条件下两层供应链的协调	统计与决策	2006.11	
2.	丁立波 王玉燕	博士 博士	092 092	模糊判断矩阵的一种新排序方法	统计与决策	2006.1	
3.	王玉燕 李帮义	博士 教授	092 092	供应链、逆向供应链系统的定价策略模型	中国管理科学	2006.4	
4.	王玉燕 李帮义	博士 教授	092 092	两个闭环供应链的定价模型研究	预测	2006.6	
5.	王玉燕 李帮义	博士 教授	092 092	FAHP 在供应链合作伙伴选择中的应用	工业技术经济	2006.2	
6.	张玉春 李宗植	博士 教授	096 096	产业融合对我国制造业发展的启示	集团经济研究	2006 年总 203 期	
7.	张玉春 李宗植	博士 教授	096 096	中国工业结构优化升级的战略思考	经济经纬	2006.5	
8.	张玉春 李宗植	博士 教授	096 096	江苏制造业主导产业战略选择及发展研究	南京航空航天大学学报	2006.8.3	
9.	张玉春	博士	096	着力推进工业结构优化升级	《光明日报》理论版	2006 年 11 月 28 日	
10.	马晓国 李宗植	博士 教授	096 096	产业融合理论及发展江苏信息产业的分析	科学学研究	2006 年 8 月 增刊	
11.	马晓国 李宗植	博士 教授	096 096	高新技术产业发展的实证分析——以江苏为例	科学学研究	2006 年 8 月	
12.	马晓国	博士	096	The unascertained Comprehensive Evaluation on Rationalization of Regional industrial Striation	Journal of systems Science and Information	2006.4.3	
13.	马晓国	博士	096	以产业为依托推进新农村建设	《光明日报》理论版	2006 年 11 月 12 日	
14.	冯向前	博士	091	基于群组满意度最大化的区间偏好信息集结	系统工程	2006.24.11	
15.	郭 际	博士	091	建筑企业危机管理能力的模糊综合分析	技术经济	2006.25.10	
16.	郭 际 李 南	博士 教授	091 091	基于生命周期理论的企业危机管理动态分析	科学学与科学技术管理	2006.7	
17.	郭 际	博士	091	长角外商直接投资流入的影响因素分析	当代财经	2006.5	
18.	郭 际 李 南	博士 教授	091 091	企业危机的成因及对策研究	武汉理工大学学报 (信 息与管理工程版)	2006.28.12	
19.	张慧明 周德群	博士 教授	091 091	煤、电价格联动与纵向一体化的比较分析	统计与决策	2006.7 (下)	
20.	张慧明 周德群	博士 教授	091 091	企业转移、市场结构与西部煤炭资源保护	工业技术经济	2006.25.9	

21.	贾积身 张秋生	博士 副教授	091 091	基于系统平均停机时间的维修策略研究	河南机电高等专科学校学报	2006.14.4	
22.	贾积身 王东升	博士 讲师	091 091	退化可修系统最优更换数学模型研究	数学的实践与认识	2006.36.4	
23.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	基于停机时间的单重休假可修系统的优化策略研究	集团经济研究	2006.2(下)	
24.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	一类可修系统的最优化管理	集团经济研究	2006.1(上)	
25.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	自动化车床刀具的更换策略研究	统计与决策	2006.10 (下)	
26.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	退化可修系统最优更换策略	系统工程理论方法应用	2006.15.1	
27.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	修理工单重休假可修系统平均停机时间研究	系统工程与电子技术	2006.28.11	
28.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	基于 ExSpect 语言的维修过程建模与仿真	系统工程与电子技术	2006.28.1	
29.	王育红 党耀国	博士 教授	091 091	灰色综合聚类评价模型应用探讨	灰色系统理论及其应用会议	2006	
30.	吴薇薇 宁宣熙	博士 教授	091 091	紧急疏散网络防堵塞改造研究	系统工程学报	2006.21.3	
31.	吴薇薇 宁宣熙	博士 教授	091 091	基于改善紧急疏散网络流通能力的仿真研究	中国管理科学	2006.14.3	
32.	吴薇薇 宁宣熙	博士 教授	091 091	堵塞网络中最小饱和流的灵敏度分析	系统工程	2006.24.8	
33.	吴薇薇 宁宣熙	博士 教授	091 091	运输网络中最小饱和流的求解	教学的实践与认识	2006.36.9	
34.	吴薇薇 宁宣熙	博士 教授	091 091	基于不同路径选择方案对交通网络中随机的 Monte-Carlo 仿真研究	山东大学学报(理学版)	2006.41.6	
35.	吴薇薇 宁宣熙	博士 教授	091 091	Evaluation of the reliability of emergency networks under time constraints	Annual IEEE Conference on Automation Science and Engineering	2006	
36.	吴薇薇 宁宣熙	博士 教授	091 091	How to Improve the Flow Capability of Transport networks	Proceeding of the fifth International Conference on Information and Management Science	2006.5	
37.	吴薇薇 宁宣熙	博士 教授	091 091	Evaluation of the reliability of the transport network based on the stochastic flow of the moving objects	Proceeding of the fifth International Conference on Information and Management Science	2006.5	
38.	董斌	博士	091	长江三角洲都市经济圈的发展概况	国际学术论坛	2006.2	
39.	董斌	博士	091	长江三角洲地区城市体系的结构研究	现代经济探讨	2006.4	
40.	刘彬 陈圻	博士 教授	091 091	长江三角洲地区 IT 产业集群内比较优势分析	统计与决策	2006 总第 209 期	
41.	刘彬 陈圻	博士 教授	091 091	关于产业集群界定识别的研究方法综述	科技进步与对策	2006.23.9	

42.	刘彬 陈圻	博士 教授	091 091	江苏省IT产业集聚度与劳动生产率的实证分析	工业技术经济	2006.25.3	
43.	刘彬 陈圻	博士 教授	091 091	长三角地区IT产业集聚度研究	商业时代	2006.14	
44.	仇伟杰 刘思峰	博士 教授	091 091	GM(1,N)模型的离散化结构解	系统工程理论与电子技术	2006.28.11	
45.	仇伟杰	博士	091	基于状态空间模型与KALMAN滤波的中国电力需求分析	工业技术经济	2006.25.3	
46.	仇伟杰 刘思峰	博士	091 091	中国固定资产投资与电力生产动态经济调节与控制	统计与决策	2006.6	
47.	仇伟杰	博士	091	中国电力生产灰色动态波动周期研究	中国电力	2006.39.9	
48.	仇伟杰	博士	091	基于三角白化函数的中国电力工业区域发展水平灰色评估	华北电力大学学报	2006.33.3	
49.	仇伟杰 刘思峰	博士 教授	091 091	Dynamic Fluctuating Period Analysis of Consumption Based on Difference Equation and Model GM(1,1)	Journal of Grey System	2006.18.3	
50.	宰予东 米传民	博士 讲师	091 091	基于灰关联度的企业资源外包的决策分析	统计与决策	2006.2	无论文
51.	阮爱清 刘思峰	博士 教授	091 091	Study on Chain Model of Evolutionary Game of Industrial Cluster under Strong Correlation between Individual Pay-off and Individual Quantity	The 6 th World Congress on Intelligent Control and Automation	2006	
52.	阮爱清 刘思峰	博士 教授	091 091	Study on Development Kinetic Energy of Chinese Industry and Measure Model of Energy	The 6 th World Congress on Intelligent Control and Automation	2006	
53.	周辉 刘思峰	博士 教授	091 091	论企业战略执行与控制系统优化	现代经济探讨	2006.1	
54.	周辉	博士	091	我国商业银行商务模式创新的趋势分析	金融与经济	2006.5	
55.	周辉 刘思峰	博士 教授	091 091	企业持续竞争优势的内生性与动态性源泉	预测	2006.25.3	
56.	周辉 刘思峰	博士 教授	091 091	战略预见的竞争优势: 基于不确定环境的全景分析	商业研究	2006.11	
57.	胡明礼 刘思峰	博士 教授	091 091	基于有限扩展优势关系的粗糙决策分析方法	系统工程	2006.24.4	
58.	胡明礼 刘思峰	博士 教授	091 091	不完备信息系统下量化容差关系的改造	统计与决策	2006.8	
59.	胡明礼 刘思峰	博士 教授	091 091	不完全信息下概率决策的扩展粗糙集方法	山东大学学报(理学版)	2006.41.6	
60.	胡明礼 刘思峰	博士 教授	091 091	副集上的双向粗决策与决策识别	山东大学学报(工学版)	2006.36.1	
61.	胡明礼 刘思峰	博士 教授	091 091	企业集群演进的进化博弈链模型研究	科技进步与对策	2006.23.11	
62.	谢乃明 刘思峰	博士 教授	091 091	一类离散灰色模型及其预测效果研究	系统工程学报	2006.21.5	

63.	谢乃明 刘思峰	博士 教授	091 091	强化缓冲算子的性质与若干实用强化算子的构造	统计与决策	2006.7	
64.	谢乃明 刘思峰	博士 教授	091 091	离散灰色模型的拓展及其最优化求解	系统工程理论与实践	2006.26.6	
65.	李桥兴 刘思峰	博士 教授	091 091	一般位值公式及一般初等关联函数构造方法	系统工程	2006.24.6	
66.	李桥兴 刘思峰	博士 教授	091 091	我国城乡经济产业结构调整的可拓分析	哈尔滨工业大学学报	2006.38.7	
67.	李桥兴 刘思峰	博士 教授	091 091	基于区间距和区间侧距的初等关联函数构造	哈尔滨工业大学学报	2006.38.7	
68.	李桥兴 刘思峰	博士 教授	091 091	多项式形的静态非线性投入产出模型解的存在性研究	运筹与管理	2006.15.2	
69.	李洪伟 刘庆怀	博士后 教授	091 091	一类非凸区域的拟法锥构造方法及其在非凸规划求解中的应用	应用数学学报	2006.29.6	
70.	李洪伟 杨印生	博士后 教授	091	基于 DEMATEL 方法的地面仿生机械绿色属性影响因素分析	吉林大学学报(工学版) EI:06229912401	2006.36.2	EI
71.	李洪伟 周德群	博士后 教授	091 091	运用 DEMATEL 方法及交叉增援矩阵法对层次分析法的改进	统计与决策	2006.8	
72.	李洪伟 周德群	博士后 教授	091 091	区域支柱产业选择的研究现状综述	集团经济研究	2006.4	
73.	李洪伟 周德群	博士后 教授	091 091	绿色产品开发的关键因素分析	生态经济	2006.3	
74.	白琳 陈圻	博士 教授	091 091	顾客感知价值驱动因素研究新进展	外国经济与管理	2006.28.7	
75.	陈学云 黄郑新	博士 教授	091 091	从洋务事业看洋务派“知识”意识的觉醒	自然辩证法通讯	2006.28.3	
76.	袁鹏 陈圻	博士 教授	091 091	关于企业社会责任争论的焦点问题	南京航空航天大学学报 (社会科学版)	2006.8.2	
77.	巩在武 刘思峰	博士 教授	091 091	互反判断矩阵的最小 Theil 不等系数排序方法	广西大学学报	2006.31.1	
78.	巩在武 刘思峰	博士 教授	091 091	模糊判断矩阵的特征向量排序方法	运筹与管理	2006.15.4	
79.	巩在武 刘思峰	博士 教授	091 091	区间数互补判断矩阵的性质及相关问题研究	运筹与管理	2006.15.3	
80.	巩在武 刘思峰	博士 教授	091 091	On Proprieties and the Corresponding Problems of Triangular Fuzzy Number Complementary Preference Relations	Lecture Notes in Computer Science (Fuzzy Systems and Knowledge Discovery)	2006.4223	
81.	巩在武 刘思峰	博士 教授	091 091	区间数互补判断矩阵的一致性及其排序研究	中国管理科学	2006.14.4	
82.	巩在武 刘思峰	博士 教授	091 091	三角模糊数互补判断矩阵的一致性及其排序研究	控制与决策	2006.21.8	
83.	汤少梁	博士	091	中药国际市场竞争策略的研究	商业研究	2006.11	
84.	汤少梁	博士	091	客户关系管理与知识管理的集成研究	商业研究	2006.3	

不对称信息条件下两层供应链的协调

■王玉燕 李帮义 丁立波

随着顾客需求个性化、多样化,产品更新周期缩短,市场不确定性加大,市场竞争已由过去的价格、质量竞争转向基于时间的竞争,由企业与企业之间的竞争转向供应链与供应链之间的竞争。但实际的供应链往往是由不同利益主体构成的合作型,各个子系统在考虑自身利益最大化的基础上接受合作,那么集中决策只能作为一种指导成员之间进行合作的参考,如何协调不同主体之间的利益是这种供应链管理研究的热点和难点。目前一些学者对此问题进行了探讨和研究,但大多都是假设供应链成员企业完全公开其成本等信息,即不存在不对称的信息,而实际上,即使相互合作的企业,为了自身的利益,往往都将自己的成本等作为商业秘密严格保密,其他企业要想完全了解这些信息并不容易。所以研究不对称信息下的供应链协调有一定的实际价值。

本文考虑两层供应链。该供应链由一个上游垄断企业和 $n(n \geq 1)$ 个下游企业组成,上游企业向下游企业提供投入品,并分别针对对称信息下和不对称信息下两层供应链的协调进行博弈分析,得出一些有价值的结论,进一步丰富了供应链协调机制研究的成果。

一、模型描述

在一个两层供应链系统中,存在一个垄断上游(A节点)企业和 $n(n \geq 1)$ 个下游(B节点)企业。假定这些下游企业在市场上销售产品并进行 cournot 竞争。下游产品的逆需求函数为 $p=a-bQ$,其中: $Q = \sum_{i=1}^n q_i$ 为下游企业的总产量; q_i 为下游企业 i 的产量; p 为下游产品的价格; $a, b > 0$ 且为常数。每生产一单位下游产品需要一单位上游产品作为投入。设上游产品价格为 w , 下游产品单位生产成本为 v , 则下游企业 $i(1 \leq i \leq n)$ 的利润为:

$$\pi_{R_i} = (p-w-v)q_i \quad (1)$$

垄断上游企业的利润为:

$$\pi_A = (w-c)Q \quad (2)$$

其中, c 为上游企业的生产成本。

至此,可将上下游企业的博弈关系描述如下:

(1) 上游企业根据市场需求预定自己的产品价格;

(2) 下游企业进行 cournot 产量竞争并确定自己的产量;

(3) 上下游企业进行 stackelberg 博弈,确定博弈均衡结果。

二、独立决策下博弈求解

在传统供应链系统中,上下游企业均以各自利润最大为出发点来确定产量,此时采用逆向归纳法求解过程如下:

下游企业 i 将其它下游企业的产量和上游产品的价格 w 视为固定,选择产量最大化自己的利润,由(1)式得一阶条件 $\partial \pi_{R_i} / \partial q_i = a - bQ - w - v - bq_i = 0$

$$\text{求得 } q_i = \frac{a-w-v}{(n+1)b} \quad (3)$$

$$\text{相应地, } Q = \sum_{i=1}^n q_i = \frac{n(a-w-v)}{(n+1)b} \quad (4)$$

由上游企业确定 w , 以最大化自己的利润,将(4)代入(2)得 $\pi_A = \frac{n(w-c)(a-w-v)}{(n+1)b}$, 又 $\pi_A / \partial w = \frac{n(a-2w-v+c)}{(n+1)b} = 0$,

$$\text{求得 } w = \frac{a-v+c}{2} \quad (5)$$

将(4)代入(3)得 $q_i = \frac{a-v+c}{2b(n+1)}$, 再由(1)-(5)式确定均衡结果

$$q_i = \frac{a-v+c}{2b(n+1)}, Q = \frac{n(a-v+c)}{2(n+1)b}, w = \frac{a-v+c}{2}$$

$$\pi_A = \frac{n(a-v-c)^2}{4(n+1)b}, \pi_{R_i} = \frac{(a-v-c)^2}{4(n+1)^2b}, \pi = \pi_A +$$

$$\sum_{i=1}^n \pi_{R_i} = \frac{n(n+2)(a-v-c)^2}{4(n+1)^2b}$$

由上结果可知,供应链中生产成本 $v+c$ 越小,各企业利润越大。因此上下游各企业应努力降低各自的生产成本。另外,各企业的利润与下游企业的服务水平有关。服务水平越高,产品的市场容量越大,从而 a (产品最高价格) 也越高,各企业的利润越大。因此,上下游企业应加

强相互协调,提高整个供应链的柔性及快速响应能力,增加顾客价值。从上述均衡结果,也可看到 n 越大,下游企业的利润越小,而上游企业的利润越大,供应链总渠道的利润越大,因此增加下游企业的数量有利于增加上游垄断企业的利润和供应链的整体绩效,但会减少下游企业的利润,这对下游企业是不利的。

三、集中决策下博弈求解

如果上下游企业紧密合作,以供应链系统的总利润最大为出发点来决定产量,此时采用逆向归纳法求解过程如下:

由(3)、(4)式 $q_i = \frac{a-w-v}{(n+1)b}$, $Q = \frac{n(a-w-v)}{(n+1)b}$, 以供应链系统总利润最大确定 w , 因为

$$\pi = \pi_A + \sum_{i=1}^n \pi_{R_i} = (p-v-c)Q = (a-bQ-v-c)Q = \frac{n(a-w-v)[a-v+nw-(n+1)c]}{b(n+1)^2}$$

$$\text{由 } \partial \pi / \partial w = 0 \text{ 得 } w^* = \frac{(n-1)(a-v) + (n+1)c}{2n}$$

相应得均衡结果

$$q_i^* = \frac{a-v-c}{2bn}, Q^* = \frac{a-v-c}{2b}$$

$$w^* = \frac{(n-1)(a-v) + (n+1)c}{2n}$$

$$\pi_A^* = \frac{(n-1)(a-v-c)^2}{4nb}, \pi_{R_i}^* = \frac{(a-v-c)^2}{4n^2b}$$

$$\pi^* = \pi_A^* + \sum_{i=1}^n \pi_{R_i}^* = \frac{(a-v-c)^2}{4b}$$

$$\text{所以 } \Delta \pi_A = \pi_A^* - \pi_A = -\frac{(a-v-c)^2}{4bn(n+1)} < 0,$$

$$\Delta \pi_{R_i} = \pi_{R_i}^* - \pi_{R_i} = \frac{(2n+1)(a-v-c)^2}{4bn^2(n+1)^2} > 0, \Delta \pi =$$

$$\pi^* - \pi = \frac{(a-v-c)^2}{4b(n+1)^2} > 0 \quad (6)$$

由上比较可知, $\pi^* > \pi$, 这说明集中决策能使供应链系统的利润增加,但 $\pi_{R_i}^* > \pi_{R_i}$, $\pi_A^* < \pi_A$, 也就是说集中决策对下游企业有利,使其各自企业的利润增加,但上游垄断企业的利润降低了,因此这样的合作不可能被上游垄断企业所接受。

四、基于转移支付的协调方法

由上节分析可知,集中决策下,上下游企业合作有利于提高整个供应链的利润,为了使上游垄断企业接受这种合作,要从下游企业向上游企业支付转移费用,设为 t ,则要满足:

$$\begin{cases} \pi_A + t \geq \pi_A^* \\ \sum_{i=1}^n \pi_{B_i} - t \geq \sum_{i=1}^n \pi_{B_i}^* \end{cases}$$

$$\text{即} \begin{cases} \frac{(n-1)(a-v-c)^2}{4nb} + t \geq \frac{n(a-v-c)^2}{4(n+1)b} \\ \frac{(a-v-c)^2}{4nb} - t \geq \frac{n(a-v-c)^2}{4(n+1)^2b} \end{cases}$$

解得 $t \in \left[\frac{(a-v-c)^2}{4n(n+1)b}, \frac{(2n+1)(a-v-c)^2}{4n(n+1)^2b} \right]$ (7)

所以只要 t 在可行区间 $\left[\frac{(a-v-c)^2}{4n(n+1)b}, \frac{(2n+1)(a-v-c)^2}{4n(n+1)^2b} \right]$ 内,上下游各企业在集中决策下所获利润均大于独立决策下所得利润,即集中决策优于独立决策。并由 (7) 中 $\frac{(2n+1)(a-v-c)^2}{4n(n+1)^2b} -$

$\frac{(a-v-c)^2}{4n(n+1)b} = \frac{(a-v-c)^2}{4(n+1)^2b}$ 可看出, n 越小,集中决策的优越性越大。另外 t 的可行区间的长度随 n 增加而减少,也就是说下游企业的数量越小,转移支付的选择余地也越大。因此集中决策适合于下游企业数量较少的供应链,这也说明要实现利益共享要减少供应链中下游企业的数量。

至于 t 的具体取值不仅受其可行区间的制约,而且受上下游企业的谈判实力、技巧、所拥有的信息、风险、意识等因素的影响, t 的取值越大对上游企业越有利,反之对下游企业越有利。

五、不对称信息下的供应链协调

上述协调解是在假设上下游企业相互了解对方的生产成本信息基础上得出的,而现实中要做到这一点是相当困难的,企业为了使自己能够获得最大的利益,往往会保留私有信息。因此,现实中的供应链协调更接近一种不对称信息下的博弈过程。

假设上游企业的生产成本 c 只有上游企业自己完全清楚,下游企业对 c 不完全清楚,只知道有两种可能: $c=c_H$ 或 $c=c_L$,且有 $p(c=c_H)=\theta, p(c=c_L)=1-\theta, 0 \leq \theta \leq 1, c_H > c_L$ (这种情况可能是由于上游企业采用了一种新技术,使得下游各企业对其生产成本无法完全了解),因为上游企业拥有私有信息,有可能谎报成本类型,而下游企业在决策时当然会考虑到上游

企业这种行为的可能性。与对称信息下供应链协调的博弈分析类似,分析计算得不对称信息下的相应结果如下:

1. 不对称信息下独立决策

$$q_i = \frac{a-v-\theta c_H - (1-\theta)\theta_L}{2b(n+1)}, w = \frac{a-v+c}{2}$$

$$\pi_A = \frac{n(a-v-c)^2}{4(n+1)b}$$

$$\pi_{B_i} = \frac{(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4(n+1)^2b}$$

$$\bar{\pi} = \pi_A + \sum_{i=1}^n \pi_{B_i} = \frac{n(a-v-c)^2}{4(n+1)b} +$$

$$\frac{n(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4(n+1)^2b}$$

2. 不对称信息下集中决策

$$q_i = \frac{a-v-\theta c_H - (1-\theta)\theta_L}{2bn}$$

$$w = \frac{(n-1)(a-v) + (n+1)c}{2n}$$

$$\pi_A = \frac{(n-1)(a-v-c)^2}{4nb}$$

$$\pi_{B_i} = \frac{(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4n^2b}$$

$$\bar{\pi} = \pi_A + \sum_{i=1}^n \pi_{B_i} = \frac{(n-1)(a-v-c)^2}{4nb} +$$

$$\frac{(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4nb}$$

所以 $\Delta \pi_A = \pi_A^* - \pi_A = -\frac{(a-v-c)^2}{4nb(n+1)} < 0,$

$$\Delta \pi_{B_i} = \pi_{B_i}^* - \pi_{B_i} = \frac{(2n+1)(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4(n+1)^2n^2b} >$$

0,

$$\Delta \bar{\pi} = \bar{\pi}^* - \bar{\pi} = \frac{(2n+1)(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4n(n+1)^2b} -$$

$$\frac{(a-v-c)^2}{4n(n+1)b} > 0$$

所以只要

$$\frac{(a-v-c)^2 - (a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{2(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2 - (a-v-c)^2} < n, \text{有 } \Delta \bar{\pi} >$$

0, 即 $\bar{\pi}^* > \bar{\pi}$ 。此时集中决策优越于分散决策,集中决策有利于提高供应链的整体绩效,同时也可增加下游企业的利润。但集中决策对上游企业却是不利的,为增加利润,促成合约,下游企业需支付单位产品转移费用 \bar{t} 给上游企业,而为了谋求更多的转移支付额,上游企业不会把真实的成本 c 告诉下游企业,在这种情况下, \bar{t} 要满足:

$$\begin{cases} \frac{(n-1)(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4nb} + \bar{t} > \frac{n(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4(n+1)b} \\ \frac{(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4nb} - \bar{t} > \frac{n(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4(n+1)^2b} \end{cases}$$

解得, $\bar{t} \in \left[\frac{(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4n(n+1)b}, \frac{(2n+1)(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4n(n+1)^2b} \right]$ 。

$$\frac{(2n+1)(a-v-\theta c_H - (1-\theta)c_L)^2}{4n(n+1)^2b}$$

比较 t 与 \bar{t} , 可以看出: 当上游企业得真实成本为 c_H 时(此时 t 中 $c=c_H$), \bar{t} 的上下限均大于 t 的上下限, 此时拥有私有信息上游企业可以在谈判中谋求更多的转移支付额, 而处于信息弱势的下游企业则承受更大的风险; 当上游企业的真实成本为 c_L 时(此时 $c=c_L$), \bar{t} 的上下限均小于 t 的上下限, 所以与完全信息下的协调解相比, 此时对上游企业是不利的, 在这种情况下(上游企业采用了一种新技术降低了生产成本)下, 上游企业没有必要隐瞒自己的真实成本。

六、结论

本文对两层供应链中的合作协调进行了研究, 从中得出: 集中决策能使供应链整体收益优于独立决策下供应链收益, 但集中决策下, 上游企业利润降低, 合作难以持续; 基于转移支付的协调方法能实现上下游企业的合作。此外, 在独立决策和集中决策下, 供应链绩效与下游企业的数量有关: 在独立决策下, 下游企业数量越多, 供应链绩效越佳; 而集中决策下, 结论却恰恰相反。并且转移支付费用选择的自由度随下游企业数量的增加而减少。但在不同的信息环境下, 供应链的协调效果有所不同: 与对称信息下的情况相比, 在不对称信息情况下, 当上游企业的生产成本降低时, 隐瞒真实生产成本并不利; 但当上游企业的生产成本升高时, 拥有私有信息有可能获得更多好处。

本文只是研究了两级供应链的协调模型。对于更具有现实意义的多级供应链的情况还有待更深入的研究。

(作者单位/南京航空航天大学, 济南大学)
(责任编辑/亦民)



模糊判断矩阵

的一种新排序方法

丁立波 王玉燕 李福义

模糊层次分析法(FAHP)中,决策者在两两比较决策方案进行两两比较,并构造模糊判断矩阵。近年来,随着模糊决策的推广,有关模糊判断矩阵的排序理论与方法也在不断发展与完善,目前有10余种排序方法。本文根据排序向量夹角余弦之和应尽可能大为依据,从新的角度讨论模糊判断矩阵的排序理论,进而提出一种新的排序方法,丰富和完善了模糊决策分析的理论和方法。

模糊判断矩阵的有关概念

设一个有限的决策方案集(或指标集)为 $X=\{X_i|1 \leq i \leq n\}$,其中 X_i 表示第 i 个决策方案。假设决策者针对方案集 X 给出的偏好信息由一个矩阵 $R \subset X \times X$ 来描述,相应的隶属函数 $\mu_{ij}: X \times X \rightarrow [0,1]$,其中 $\mu_{ij}(X_i, X_j) = r_{ij}$ 可以被理解为方案 X_i 优于 X_j 的程度。

定义1 设二元对比矩阵 $R=(r_{ij})_{n \times n}$,若满足性质:

$$r_{ij} = 0.5, 1 \leq i \leq n; r_{ij} + r_{ji} = 1, 1 \leq i, j \leq n.$$

则称矩阵 R 为模糊判断矩阵。

若对任意 $1 \leq k \leq n$,均有 $r_{ik} = r_{kj} + 0.5$,

则称矩阵 R 为模糊一致矩阵。

定理1 设 $R=(r_{ij})_{n \times n}$ 为模糊判断矩阵, $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$,由相关文献的优化方法所确定,

$$\text{则有: } w_i = \frac{1}{n} - \frac{1}{2\alpha} + \frac{1}{n\alpha} \sum_{j=1}^n r_{ij}, i \in I(\alpha \geq (n-1)/2)$$

模糊判断矩阵的一种新排序方法

设模糊判断矩阵 $R=(r_{ij})_{n \times n}$,又设 R 对应的排序向量为 $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$,作矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}=(r_{ij}-0.5)_{n \times n}$,则

定理2 $A=(a_{ij})_{n \times n}=(r_{ij}-0.5)_{n \times n}$ 为反对称矩阵。

证明: 对任意 $i, j, a_{ij} = r_{ij} - 0.5 = (1-r_{ji}) - 0.5 = 0.5 - r_{ji} = -(r_{ji} - 0.5) = -a_{ji}$ (证毕)

取 A 的第 j 个列向量 a_j ,即

$$a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})^T = (r_{1j}-0.5, r_{2j}-0.5, \dots, r_{nj}-0.5)^T, 1 \leq j \leq n.$$

又设 $v_j = (w_1 - w_j, w_2 - w_j, \dots, w_n - w_j)^T = (v_{1j}, v_{2j}, \dots, v_{nj})^T$

w 应是矩阵 R 所反映的有关排序信息的综合。同样, v_j 应是矩阵 A 所反映的有关排序信息的综合。由于 a_j 可视为决策人对 v_j 的 n 个观测值,为较大限度地保存 a_j 所提供的

信息,选取这样的 n 维向量 v_j 是合理的;向量 v_j 与 a_j 的夹角余弦之和 $s = \sum_{j=1}^n \cos \theta_j$ 应尽可能地大。于是依据上述分析,可再求解 R 的排序向量要素:

Step1: 由 $R=(r_{ij})_{n \times n}$ 计算 $A=(a_{ij})_{n \times n}$,其中 $a_{ij} = r_{ij} - 0.5, 1 \leq i, j \leq n$

Step2: 设 $v_j = (v_{1j}, v_{2j}, \dots, v_{nj})^T$,排序向量 $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 由非线性规划问题:

$$\begin{cases} \max s(x) = \sum_{j=1}^n \cos \theta_j \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0 \end{cases} \text{求解。}$$

$$\text{其中 } \sum_{j=1}^n \cos \theta_j = \sum_{j=1}^n \frac{\langle a_j, v_j \rangle}{\|a_j\| \|v_j\|} = \sum_{j=1}^n \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} v_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_{ij}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n v_{ij}^2}}$$

Step3: 由 v_j 计算 $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$,其中 $v_{ij} = w_i - w_j$

算例

$$\text{设模糊判断矩阵 } A = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.1 & 0.6 \\ 0.9 & 0.5 & 0.8 \\ 0.4 & 0.2 & 0.5 \end{bmatrix}$$

分别采用本文介绍方法、相关文献的方法($\alpha=(n-1)/2$)计算,结果如下:

采用本文介绍方法 $w=(0.233, 0.567, 0.2)^T$;

采用相关文献的方法 $w=(0.233, 0.55, 0.217)^T$ 。

可见,两方法的计算结果极为相似,也正说明了本文介绍方法的合理可行性。

采用本文介绍方法计算模糊判断矩阵的排序,方法简单,容易理解,值得向决策者推荐。但该方法也存在明显的缺陷:对高维矩阵计算复杂,限制了其应用。为此探讨计算较简单、实用性较强的模糊判断矩阵排序方法仍有待研究。

(作者单位/南京航空航天大学经济管理学院)

(责任编辑/孙 民)

文章编号:1003-207(2006)04-0040-06

供应链、逆向供应链系统的定价策略模型

王玉燕¹,李帮义¹,申亮²

(1. 南京航空航天大学经济与管理学院,江苏南京 210016;2. 山东经济学院,山东济南 250014)

摘要:本文对基于单一制造商和单一零售商构成的供应链、逆向供应链系统进行了研究,应用博弈理论对供应链、逆向供应链系统的定价策略进行了分析,分别得出非合作博弈的均衡解和合作博弈的均衡解,进一步对各种定价策略的效率进行了分析。另外,给出了便于实际操作的协调方法。

关键词:供应链、逆向供应链系统;协调;博弈论;定价

中图分类号:F224;O225 **文献标识码:**A

1 引言

传统供应链是制造商根据客户订单和市场需求开发产品、购进原材料、加工制造出成品,以商品形式销售给消费者,并且提供售后服务的系统。物料从供给方开始,沿着生产制造各个环节向需求方移动。每个环节都存在“需求方”和“供给方”的对应关系,形成一条首尾相连的长链。而逆向供应链(Reverse Supply Chain,简称RSC)是从消费者手中回收废旧产品进行分类、检测、拆解,直到最终处置或由制造商再利用的过程。逆向供应链涉及到企业生产与销售、产品售后服务等各个方面,如生产加工过程中的原材料节约、废料包装物的重新利用、次品的改造、产品消费后的回收处理等^[1]。显然,逆向供应链的出现改变了传统物料的单向运作模式,有利于减少传统供应链所带来的环境污染,减少因焚烧、填埋带来的资源浪费,降低企业处理废旧物品的成本,改善企业和整个供应链的绩效。

由于逆向供应链在环境保护、资源有效利用、实现可持续发展方面表现出的积极作用,越来越多的学者将注意力投向了逆向供应链的研究。K. K. Pochampally 与 S. M. Gupta(2003)构建了基于三阶段程序设计的逆向供应链网络模型^[2]; A. I. Kokkinaki 等(2002)研究了逆向供应链在电子商务管理中的作用^[3]; Moritz Fleischmann 等

(2002)提出了在随机性产品回收情况下再制造库存控制的一个基本模型^[4]。在国内学者中,赵宜(2004)等针对传统供应链的局限性,提出对其战略层与运作层实施变革^[5];达庆利等(2004)对逆向供应链的研究前景进行了展望,并对其发展表现出了极大的期待^[6];周根贵(2005)把遗传算法应用到逆向物流网络选址问题的研究中,丰富了逆向物流网络的研究方法^[7]。

本文旨在运用博弈论研究供应链与逆向供应链交互作用形成的复杂系统的定价策略与协调机制。在供应链系统协调问题方面,已有的研究主要涉及参与逆向供应链的相关实体之间的逆向物流、信息流、资金流的同步协调问题,对供应链、逆向供应链的同时协调问题的研究所见不多。赵宜(2005)研究了逆向供应链中的回收物流库存控制问题,推导出最优生产和定货批量的EOQ模型^[8];魏洁(2005)对生产者责任延伸(EPR)下的逆向物流的模式进行了研究,对需求函数为非线性条件下的不同回收模式进行细致的比较分析^[9];顾巧论(2005)构建了逆向供应链的博弈模型,但模型中采用的回收函数是指数形式,其理论依据值得商榷^[10]。在研究方法上,近年来,在供应链协调问题的研究领域开始出现了一种趋势,即从单人优化模型转向博弈论的研究框架^[11-17],但在逆向供应链的协调问题上应用博弈论进行研究的相关文献却不多见^[18]。

下面本文将对一个非合作博弈模型和一个合作博弈模型进行比较分析,并给出相应的定价策略和协调机制。

2 问题、假设与模型

模型讨论基于单一制造商和单一零售商构成的

收稿日期:2005-09-05;修订日期:2006-07-28

作者简介:王玉燕(1978-),女(汉族),山东禹城人,南京航空航天大学经济管理学院,博士研究生,研究方向:博弈论与供应链管理。

供应链、逆向供应链系统,制造商制造一种产品销售给零售商,零售商再将该产品销售给最终消费者。同时,制造商委托零售商负责回收这种产品的废旧品,并以一定的回收价格从零售商处将该产品的废旧品回收。然后,制造商对回收的废旧产品进行加工处理,形成再生产品将其投放市场,并以与产品同样的价格销售。假设不同零售商的需求模式与成本结构是相同的,不同零售商的回收模式与成本结构也是相同的(即废旧产品的供应与零售商的运营成本是相同的)。该模型结构如图1所示(图中符号说明见下文)。

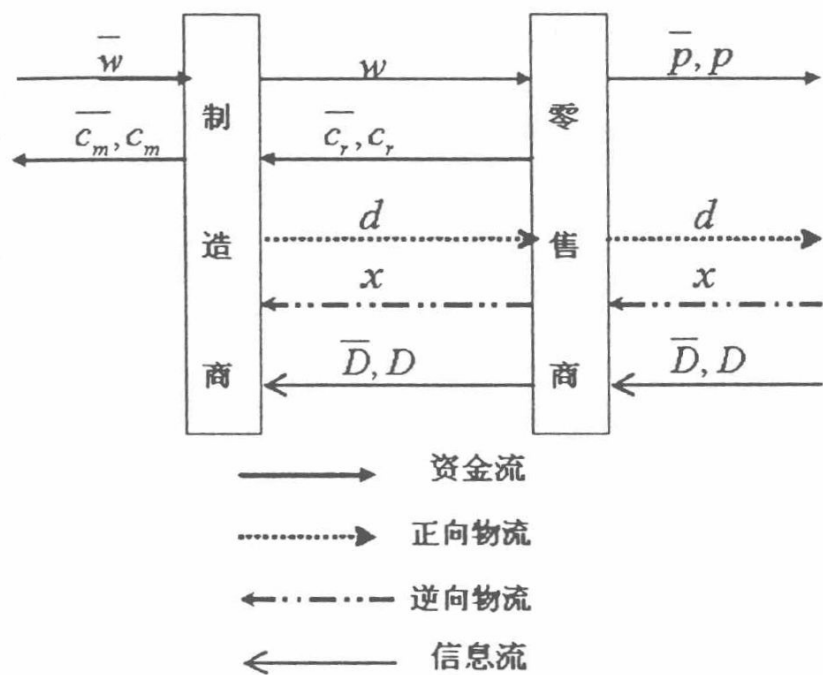


图1 供应链、逆供应链系统

假设制造商、零售商均为独立的决策者,其目标为各自利润的最大化,市场需求为零售价格的线性减函数^[19],市场供应为回收价格的增函数。决策过程为:首先,制造商基于市场分析制定产品的生产计划,在销售季节到来之前确定批发价格定价策略,并且制定废旧产品的回收计划,在回收时机到来之前确定回收价格,以最大化自己的利润。然后零售商根据制造商的批发价格和回收价格,并且根据市场分析确定产品的零售价和废旧产品的市场回收价格使其利润最大化。回收废品的再加工和产品的制造过程是同时进行的,并且供应商将再生产品和产品以同样的批发价格销售给零售商来满足市场需求。

根据以上假设条件,我们可以建立一个 Stackelberg 博弈模型^[20],制造商为领导者,零售商为跟随者,即制造商首先宣布批发价格与回收价格的定价策略,零售商随即对此做出反应,确定零售价格和废品的回收价格。一旦这些决策确定,制造商将按照既定的回收价格回收废旧品,零售商按既定的市场回收价格回收废旧品,同时制造商按既定的批发

价格供货,零售商按既定的零售价格供应市场,满足全部市场的需求。

本文中的符号说明如下:

\bar{c}_m, c_m 分别为制造商的边际生产成本(元/件)与加工再生产品的单位边际再生产成本(元/件),且 $\bar{c}_m > c_m$;

\bar{c}_r, c_r 分别为零售商对产品的运营(包括库存、运输)成本与废旧品的运营成本;

\bar{w}, w 分别为制造商的批发价格(元/件)与制造商从零售商处购买废旧品的单位回收价格(元/件),它们分别为制造商的决策变量,且 $\bar{w} > w$;

$\bar{p} = (1 + \bar{r})\bar{w}$:零售价,为零售商的决策变量, \bar{r} 为边际利润率(无量纲);

$p = (1 - r)w$:零售商从消费者回收废旧产品的单位回收价格,为零售商的决策变量; r 为边际利润率或零售商的减价率(无量纲);

d :为在零售价格 \bar{p} 下的市场需求量,依假设 $d = \bar{D} - a\bar{p}$, \bar{D} 为市场最大的可能需求, $a > 0$ 为价格敏感系数;

x :为在单位回收价格为 p 时废旧产品的回收量。依假设 $x = bp^k$ ($b > 0, k > 1$), b 为换算常数, k 为价格弹性, $x \leq D, D$ 为废旧产品的市场拥有量;

π_m :制造商的利润;

π_r :零售商的利润;

π :供应链、逆向供应链系统的总利润, $\pi = \pi_m + \pi_r$ 。

假设制造商对所有回收的废旧产品进行加工处理,形成再生产品,即没有废弃处理,因此给定的批发价 \bar{w} ,零售价 \bar{p} 与市场回收价格 w ,市场回收价格 p 下,有

$$\begin{aligned} \pi_m &= (\bar{w} - c_m - w)x + (\bar{w} - \bar{c}_m)(d - x) \\ &= b(\bar{w} - c_m - w)((1 - r)w)^k + (\bar{w} - \bar{c}_m)(\bar{D} - a(1 + \bar{r})\bar{w} - b((1 - r)w)^k) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \pi_r &= (\bar{p} - \bar{c}_r - \bar{w})d + (w - p - c_r)x \\ &= (\bar{r}\bar{w} - \bar{c}_r)(\bar{D} - a(1 + \bar{r})\bar{w}) + b(rw - c_r)((1 - r)w)^k \end{aligned} \quad (2)$$

$$\pi = \pi_m + \pi_r \quad (3)$$

称数对 $[(\bar{w}, \bar{r}), (w, r)]$ 为一个价格策略,设 $F = \{[(\bar{w}, \bar{r}), (w, r)] \mid \max\{c_m + w, \bar{c}_m, \bar{c}_r/\bar{r}\} < \bar{w} < D/a(1 + \bar{r}),$

$$\frac{c_r}{r} < w < \frac{1}{(1 + r)}\left(\frac{D}{b}\right)^{\frac{1}{k}}\} \quad (4)$$

F 表示价格策略的集合, 当 $[(\bar{w}, \bar{r}), (w, r)] \in F$ 时, 或者双方无利可图, 或者由于需求减少使得系统与成员的利润均减少。因此, 限定双方在 F 上进行价格策略, 故称 F 为策略的可行集合。

3 非合作博弈模型

在这里, 我们首先考虑非合作决策情况, 即决策双方以各自利润最大化为决策目标。按照我们的假设制造商为主, 零售商为从, 显然, 当制造商的批发价格 \bar{w} 与废旧产品的回收价格 w 给定时, 零售商确定边际利润率 \bar{r}, r , 以最大化自己的利润。因此在完全信息下, 制造商在确定 w, \bar{w} 时必须考虑零售商对自己决策的反应。Stackelberg 均衡刻画了此类决策问题, 它通过考虑从的反应来选择主的最优决策。求解过程如下:

由(2), $\partial \pi_r / \partial \bar{r} = 0, \partial \pi_r / \partial r = 0$, 联立得,

$$\bar{r} = \frac{\bar{D} - a\bar{w} + a\bar{c}_r}{2a\bar{w}}, r = \frac{1}{1+k} + \frac{kc_r}{(1+k)w} \quad (5)$$

把(5)代入(1)得

$$\pi_m = b(\bar{w} - c_m - w) \left(\frac{k(w - c_r)}{(1+k)} \right)^k + (w - c_m) \left(\frac{\bar{D} - a\bar{w} - a\bar{c}_r}{2} - b \left(\frac{k(w - c_r)}{(1+k)} \right)^k \right) \quad (6)$$

由 $\partial \pi_m / \partial \bar{w} = 0, \partial \pi_m / \partial w = 0$ 联立得

$$\bar{w} = \frac{\bar{D} + a\bar{c}_m - a\bar{c}_r}{2a}, w = \frac{c_r + k\bar{c}_m - kc_m}{1+k} \quad (7)$$

由(3)(5)(6)(7)可得 Stackelberg 均衡解, 即为非合作问题的最优解, 相应计算结果如下:

$$\bar{r} = \frac{\bar{D} - a\bar{c}_m + 3a\bar{c}_r}{2(\bar{D} + a\bar{c}_m - a\bar{c}_r)}, r = \frac{1}{1+k} + \frac{kc_r}{c_r + k\bar{c}_m - kc_m} \quad (8)$$

$$\bar{w} = \frac{\bar{D} + a\bar{c}_m - a\bar{c}_r}{2a}, w = \frac{c_r + k\bar{c}_m - kc_m}{1+k} \quad (9)$$

$$\bar{p} = \frac{3\bar{D} + a\bar{c}_m + a\bar{c}_r}{4a}, p = \frac{k^2(\bar{c}_m - c_m - c_r)}{(1+k)^2} \quad (10)$$

$$\pi_m = \frac{bk^{2k}}{(1+k)^{2k+1}} (\bar{c}_m - c_m - c_r)^{k+1} + \frac{(\bar{D} - a\bar{c}_r - a\bar{c}_m)2}{8a} \quad (11)$$

$$\pi_r = \frac{bk^{2k+1}}{(1+k)^{2k+2}} (\bar{c}_m - c_m - c_r)^{k+1} +$$

$$\frac{(\bar{D} - a\bar{c}_r - a\bar{c}_m)^2}{16a} \quad (12)$$

$$\pi = \pi_m + \pi_r = \frac{b(1+2k)k^{2k}}{(1+k)^{2k+1}} (\bar{c}_m - c_m - c_r)^{k+1} + \frac{3(\bar{D} - a\bar{c}_r - a\bar{c}_m)^2}{16a} \quad (13)$$

由(11)(12)(13)可知, 供应链、逆向供应链系统中的变动成本 $c_r, c_m, \bar{c}_r, \bar{c}_m$ 越小, 制造商、零售商的利润越大, 系统的利润也越大。因此为了增加利润, 无论是制造商还是零售商都会努力降低各自相应的成本。另外, 双方的利润均与价格弹性 k 、价格敏感系数 a 有关, 其中 k 越大, 制造商、零售商及系统的利润越高, 通过微分计算 ($a \partial \pi_m / \partial a < 0, a \partial \pi_r / \partial a < 0, a \partial \pi / \partial a < 0$) 可知, a 越小, 制造商与零售商的利润越大。因此, 制造商和零售商会共同致力于提高废旧产品市场供应的价格弹性系数 k , 降低市场需求的价格敏感系数 a , 以获得更高的利润。

4 联合定价合作博弈模型

联合定价, 即制造商和零售商联合决策批发价格、零售价格及对废旧产品的回收价格、市场回收价格以最大化系统的利润, 此时, 上述问题可如下建模表示:

$$\begin{aligned} \max_{(\bar{w}, \bar{r}), (w, r)} \quad & \pi(\bar{w}, \bar{r}, w, r) \\ \text{s.t.} \quad & [(\bar{w}, \bar{r}), (w, r)] \in F \end{aligned}$$

联立上式的一阶条件 $\partial \pi / \partial \bar{w} = 0, \partial \pi / \partial \bar{r} = 0, \partial \pi / \partial w = 0, \partial \pi / \partial r = 0$ 可得, 联合定价策略的最优结果 $[(\bar{w}^*, \bar{r}^*), (w^*, r^*)]$ 满足:

$$[(\bar{w}^*, \bar{r}^*), (w^*, r^*)] \in Y \quad (14)$$

其中, $Y = \{[(\bar{w}, \bar{r}), (w, r) \mid (1 + \bar{r})\bar{w} = \frac{\bar{D} + a\bar{c}_m + a\bar{c}_r}{2a}, (1 - r)w = \frac{k}{(k+1)}(\bar{c}_m - c_m - c_r)]\}$ 。

即只要满足 $[(\bar{w}^*, \bar{r}^*), (w^*, r^*)]$ 满足(14)式, 则可使双方总利润最大。(14) 式为制造商和零售商得联合定价策略集合。

制造商和零售商采用联合定价策略时, 其它相应结果如下:

$$\begin{aligned} \bar{p}^* &= \frac{\bar{D} + a\bar{c}_m + a\bar{c}_r}{2a}, \\ p^* &= \frac{k(\bar{c}_m - c_m - c_r)}{1+k} \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \pi_m^* &= \frac{bk^k}{(1+k)^k} (\bar{c}_m - c_m - w)(\bar{c}_m - c_m - c_r)^k \\ &+ \frac{(\bar{w} - \bar{c}_m)(\bar{D} - a\bar{c}_r - a\bar{c}_m)}{2} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\pi_r^* = \frac{bk^k}{(1+k)^k} \left(w - \frac{k(\bar{c}_m - c_m) + c_r}{k+1} \right) (c_m - c_m - c_r)^k + \frac{(\bar{D} - a\bar{c}_r - a\bar{c}_m)}{2} \left(\frac{\bar{D} - a\bar{c}_r + a\bar{c}_m}{2a} - \bar{w} \right) \quad (17)$$

$$\pi^* = \pi_m^* + \pi_r^* = \frac{bk^k}{(1+k)^{k+1}} (c_m - c_m - c_r)^{k+1} + \frac{(\bar{D} - a\bar{c}_r - a\bar{c}_m)^2}{4a} \quad (18)$$

由(16—17)式可知,当双方采用联合定价策略时,他们的利润均与批发价格 \bar{w} 、回收价格 w 的选取有关: \bar{w} 越高,制造商的利润越多,零售商的利润越少;而 w 越高,制造商的利润越少,零售商的利润越多。

比较(12)与(20),(15)与(23)易得:

定理(I) $p < p^*, \bar{p} > \bar{p}^*$; (II) $\pi < \pi^*$ 。

定理中(I)表示,非合作均衡时回收价格低于合作时的回收价格,而非合作均衡时零售价格低于合作时的零售价格;(II)说明非合作均衡时的系统利润低于合作时的系统利润。

定理的含义很明显,制造商和零售商采用联合定价策略,一方面使得回收价格提高,回收量增加,系统利润增加;另一方面使得零售价格降低,产品销售量增加,系统利润增加。其实,这种情况相当于制造商和零售商通过提高回收价格,降低零售价格把废旧产品再生获取的利润部分地返回给消费者。不仅制造商和零售商达到双赢的目的,而且消费者也从中受益。因此,双方均有积极性协调各自的决策,并通过分配由协调带来的系统增益使得各自的利润增加。

5 协调机制

由上节的分析可知,双方采取联合定价策略时,系统利润优于非合作时的系统利润。并且在联合定价时,批发价格 \bar{w} 越大,回收价格 w 越小,制造商的利润越大,零售商的利润越小。为了增加利润,制造商会努力提高批发价格,但此时零售商的利润会降低,当零售商的利润低于非合作博弈时的利润时,这种联合定价策略就不会被零售商所接受。为了增加系统利润,促成联合定价顺利实施,必须保证零售商的利润也不低于非合作时的利润,因此,应设置一个便于实际操作的利润分享机制,使得制造商与零售商共同分享系统增加利润。假设制造商接受的系统增益比例为 $\lambda(0 \leq \lambda \leq 1)$,零售商接受剩余的 $1 -$

λ ,则制造商的利润与零售商的利润如下: $\pi_m(\lambda) = \pi_m + \lambda\Delta\pi; \pi_r(\lambda) = \pi_r + (1 - \lambda)\Delta\pi$

$$\text{其中 } \Delta\pi = \pi^* - \pi = \frac{bk^k}{(1+k)^{k+1}} (c_m - c_m - c_r)^{k+1} \left(1 - \frac{k^k}{(1+k)^{k+1}} \right) + \frac{(\bar{D} - a\bar{c}_r - a\bar{c}_m)^2}{16a}。$$

λ 表示双方讨价还价能力的量化值。即 $\lambda = 1$ 时,表示制造商在此次交易中处于绝对的优势地位,他将得到通过合作所得的系统增加的全部利润。 $\lambda = 0$ 时则表示完全相反的情形。显然, λ 值的大小依赖于双方的谈判能力。

为了进一步说明文中结论,下面采用算例进行分析说明。

6 数值算例

假设 $\bar{c}_m = 8, c_m = 2, \bar{c}_r = 1, c_r = 2, a = 5, b = 10, k = 2, \bar{D} = 100, D = 120$, 则 $d = 100 - 5\bar{p}, x = 10p^2$ 。由(10)(13)(15)(18)式计算得非合作博弈与联合定价时的均衡结果,如表1所示。表1的计算结果进一步验证了文中定理的正确性。

表1 非合作博弈与联合定价合作时的均衡结果

	非合作 博弈模型	联合定价 合作模型	结果比较
零售价格	$\bar{p} = 17.25$	$\bar{p}^* = 14.5$	$\bar{p} > \bar{p}^*$
市场回收价格	$p = 1.78$	$p^* = 2.67$	$p < p^*$
供应链、逆向供应链系统的总利润	$\pi = 183.67$	$\pi^* = 246.06$	$\pi < \pi^*$
			$\Delta\pi = \pi^* - \pi = 62.39$

由(11)(12)式计算得,非合作博弈均衡时,制造商的利润为 $\pi_m = 117.76$,零售商的利润为 $\pi_r = 65.91$,选取利润分享机制中不同的 λ ,制造商与零售商在联合定价合作模型中的利润分配如表2所示。

表2 协调机制下制造商与零售商的利润

	制造商的利润	零售商的利润	双方利润的变化趋势
$\lambda = 0$	$\pi_m(\lambda) = 117.76$	$\pi_r(\lambda) = 128.3$	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;"> 制造商的利润 零售商的利润 </div> <div style="margin: 0 10px;"> ↓ ↑ </div> <div style="writing-mode: vertical-rl; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;"> 双方的利润均沿 箭头方向递增 </div> </div>
$\lambda = 0.2$	$\pi_m(\lambda) = 130.24$	$\pi_r(\lambda) = 115.82$	
$\lambda = 0.4$	$\pi_m(\lambda) = 142.72$	$\pi_r(\lambda) = 103.34$	
$\lambda = 0.6$	$\pi_m(\lambda) = 155.19$	$\pi_r(\lambda) = 90.87$	
$\lambda = 0.8$	$\pi_m(\lambda) = 167.67$	$\pi_r(\lambda) = 78.39$	
$\lambda = 1$	$\pi_m(\lambda) = 180.15$	$\pi_r(\lambda) = 65.91$	
备注	$\Delta\pi = 62.39$		

由表2可看出,通过设置适当的利润分享机制,在采取联合定价策略时,制造商、零售商均获得比非合作博弈时更多的利润 ($\pi_m(\lambda) \geq \pi_m, \pi_r(\lambda) \geq$

π_r)。因此,双方均有积极性采取联合定价策略,从而使得供应链、逆向供应链系统的总利润也达到了最优。并且从表2结果中发现: λ 越大,制造商的利润越大,零售商的利润越小; λ 越小,制造商的利润越小,零售商的利润越大。所以,谈判能力较强的一方通过协调机制可获得更多的系统增益。

7 结束语

本文应用博弈理论,对基于单一制造商和单一零售商构成的二级供应链、逆向供应链系统的定价和协调机制进行研究。通过对非合作博弈模型和合作博弈模型比较分析发现:当存在产销双方共同可接受的利益协调机制时,双方联合定价将带来最优结果:较之各自分散决策,联合定价将使得市场回收价格、零售价格提高,供应链系统利润增加,不仅如此,消费者也从中获益良多,从而支持了整个系统的良好运转。当然,为分析方便,文章仅研究了基于单一制造商和单一零售商构成的供应链、逆向供应链系统同时协调的定价策略和协调机制,并且是在完全信息下的决策环境中讨论的,这只是对现实环境的一种近似模拟。显然,现实中存在的问题要更为复杂多样,这有待我们以后做出更为深入的研究。

参考文献:

- [1] 向盛斌. 逆向物流与环境保护[J]. 物流技术, 2001, 106(1): 44 - 45.
- [2] Pochampally K. K., Gupta S. M. . A multiphase mathematical programming approach to strategic planning of an efficient reverse supply chain network[C]. Electronics and the Environment, 2003. IEEE International Symposium, 2003: 72 - 78.
- [3] A. I. Kokkinaki, R. Dekker, M. B. M. de Koster Ebusiness models for Reverse logistics[C]. Contributions and challenges. Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing, 2002.
- [4] Moritz Fleischmann, Roelof Kuik, Rommert Dekker. Controlling inventories with stochastic item returns: A basic model [J]. European journal of operational research, 2002, 138: 63 - 75.
- [5] 赵宜, 谢合明, 尹传忠. 基于循环经济的供应链变革[J]. 经济体制改革, 2004, (6): 159 - 161.
- [6] 达庆利, 黄祖庆, 张钦. 逆向物流系统结构研究的现状及展望[J]. 中国管理科学, 2004, 12(1): 131 - 138.
- [7] 周根贵, 曹振宇. 遗传算法在逆向物流网络选址问题中的应用研究[J]. 中国管理科学, 2005, 13(1): 42 - 47.
- [8] 赵宜, 蒲云, 尹传忠. 回收物流库存控制研究[J]. 中国管理科学, 2005, 13(5): 49 - 53.
- [9] 魏洁, 李军. EPR下的逆向物流回收模式选择研究[J]. 中国管理科学, 2005, 13(6): 18 - 22.
- [10] 顾巧论, 陈秋双. 再制造/制造系统集成物流网络及信息网络研究[J]. 计算机集成制造系统—CIMS, 2004, 10(7): 721 - 726, 731.
- [11] Susan X. Li, Zhimin Huang, Allan Ashley. Seller - buyer system co - cooperation in a monopolistic market [J]. Journal of Operational Research Society, 1995, 46 (1): 1456 - 1470.
- [12] Diane J. Reyniers and Charles S. Tapiero. The delivery and control of quality in supplier - producer contracts[J]. Management Science, 1995, 41(10): 1581 - 1589.
- [13] Zhimin Huang & Susan X. Li. Co - op advertising models in manufacturer - retailer supply chains: A game theory approach [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 135(3): 527 - 544.
- [14] Wei Shi Lim. A lemons market? An incentive scheme to induce truth - telling in third party. logistics providers [J]. European Journal of Operational Research, 2000, 125 (3): 519 - 525.
- [15] 梁浩, 王渝. 基于对策论的供需链运作稳定性问题的研究[J]. 计算机集成制造系统——CIMS, 2001, 7(11): 7 - 10.
- [16] 牟德一. 基于博弈理论的供应链决策分析[D]. 天津: 南开大学博士学位论文, 2000.
- [17] 罗卫, 张子刚, 欧阳明德. 基于一个博弈论方法的简单供应链合作广告模型[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(2): 31 - 36.
- [18] 顾巧论, 高铁杠, 石连栓. 基于博弈论的逆向供应链定价策略分析[J]. 系统工程理论与实践, 2005, (3): 20 - 25.
- [19] Lila J. Truett, Dale B. Truett. Managerial Economics [M]. Ohio: South - Western College Publishing, Cambridge: 1995.
- [20] Roger B. Myerson. Game Theory - Analysis of Conflict [M]. Cambridge: Harvard University Press. 1991.

两个闭环供应链的定价模型研究

王玉燕¹, 李帮义¹, 乐菲菲^{1,2}

(1. 南京航空航天大学经济与管理学院, 江苏南京 210016; 2. 济南大学管理学院, 山东济南 250022)

摘 要: 本文对基于单一制造商和单一零售商构成的闭环供应链(CLSC)进行了研究, 应用博弈理论对闭环供应链的定价策略进行了分析, 分别得出非合作模型的均衡解和合作模型的均衡解, 进一步对两种定价策略的效率进行了分析。

关键词: 闭环供应链; 协调; 博弈; 定价

中图分类号: F224.32 文献标识码: A 文章编号: 1003-5192(2006)06-0070-04

The Research on Two Price Decision Models of the Closed-loop Supply Chain

WANG Yu-yan¹, LI Bang-yi¹, YUE Fei-fei^{1,2}

(1. College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China; 2. School of Management, Jinan University, Jinan 250022, China)

Abstract: The closed-loop supply chain between the manufacturer and the retailer is studied in this paper. The price decisions are analyzed by game theory. A non-cooperative model equilibrium and a cooperative model equilibrium are obtained. Efficiencies of every decision are further analyzed.

Key words: closed-loop supply chain; coordination; game; pricing

1 引言

随着世界各国对可持续发展和循环经济的重视, 闭环供应链问题成为近 10 年来国际学术界关注的重要议题, 在实业界, 越来越多的企业也开始将其纳入战略体系。闭环供应链是在传统的正向供应链上加入逆向反馈过程(即逆向供应链)而形成的一个完整的环状供应链体系(Closed Loop Supply Chain, 简称 CLSC^[1,2]), 通过产品的正向交付与逆向回收再利用, 使“资源—生产—消费—废弃”的开环过程变成了“资源—生产—消费—再生资源”的闭环反馈式循环过程^[3]。对闭环供应链的有效管理, 不仅可以促进生态环境优化, 促进社会经济的可持续发展, 同时也可以为企业带来明显的经济效益, 强化企业的竞争优势。

目前, 学术界对 CLSC 的研究还处于初级阶段, 现有成果主要集中于定性分析和个案分析, 对于闭环供应链中参与成员的关系及利润的分配协调的研究还很少。如 Guide、Samee 探讨了 CLSC 的实施方案^[4,5]; Surendra 研究了 CLSC 实施中的

一些关键问题^[6]; Dimitrios 借助计算机构建了 CLSC 的仿真模型^[7,8]等。对处于集成供应链上的企业来说, 提高效率的策略与其上下游企业的利益都密切相关, 因此其决策不可能是孤立和任意的。据 Deloitte 咨询公司的研究报告^[9], 北美有 91% 的制造企业将供应链管理列入了关键或重要管理活动, 但仅有 2% 的企业取得较好效果, 其中一个最主要的原因就是在供应链管理中缺乏有效的协调。于是, 如何协调一个企业与其上下游企业之间的关系、实现双赢或者多赢就变得尤其重要了。

本文旨在应用博弈论理论, 研究基于单一制造商和单一零售商构成的 CLSC 的定价策略, 对 CLSC 的一个非合作模型和合作模型进行了比较分析, 提出了闭环供应链企业联合定价策略。

2 问题与模型

制造商制造一种产品销售给零售商, 零售商再将该产品销售给最终消费者。同时, 制造商委托零售商收购这种产品的废旧品, 以一定的回收价格回收。然后, 制造商对回收的废旧品进行加工处理,

收稿日期: 2006-02-19

基金项目: 江苏省研究生科技创新基金资助项目(XM06-142)

形成再生产品,将其投放市场销售,于是形成了一个 CLSC。模型结构如图 1 所示。

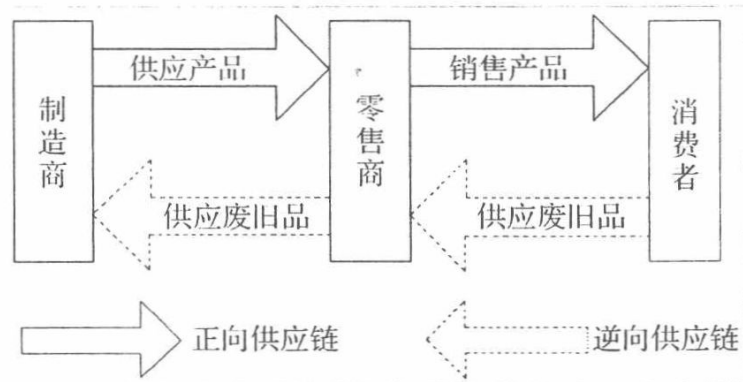


图 1 CLSC 模型结构

模型只讨论单个制造商、零售商的情形。在模型中,制造商、零售商均为独立的决策者,其目标为各自利润的最大化。决策过程如下:一方面,制造商基于市场分析制定产品的生产计划,进而确定批发价格;另一方面,制造商制定废旧品的回收计划,确定回收价格。零售商根据制造商的定价策略,确定相应的零售价格和废旧品的市场回收价格使其利润最大化。文中假设如下:

(1)假设制造商、零售商均基于完全信息,即彼此都完全清楚对方的成本、定价与策略等信息;

(2)假设产品(包括再生产品)的市场需求为零售价格的线形减函数,废旧品的市场供应为市场回收价格的增函数^[10];

(3)假设制造商对所有回收的废旧品进行加工处理,形成再生产品,即没有废弃处理;

(4)假设废旧品的再加工过程与产品的制造过程是同步进行的,并且再生产品与产品质量相同,以同样的批发价格销售。

文中符号说明如下:

c_m 、 v_m 分别为制造商制造产品的边际生产成本与加工再生产品的边际生产成本;

c_r 、 v_r 分别为零售商对产品的运营(包括库存、运输等)成本与废旧品的运营成本;

w_n 、 w_o 分别为制造商的批发价格与回收价格,它们分别为制造商的决策变量;

p_n 为零售价格,为零售商的决策变量;

p_o 为零售商收购废旧品的市场回收价格,为零售商的决策变量;

Q_n 为在零售价格 p_n 时的产品市场需求量,依假设 $Q_n = D_n - ap_n$, D_n 为市场最大的可能需求, $a > 0$ 为零售价格敏感系数;

Q_o 为在市场回收价格 p_o 时废旧品的回收量。

依假设 $Q_o = bp_o^k$ ($b > 0, k > 1$), b 为换算常数, k 为市场回收价格弹性, $Q_o \leq D_o$, D_o 为废旧品的市场最大拥有量。

则有制造商的利润

$$\pi_m = (w_n - v_m - w_o)Q_o + (w_n - c_m)(Q_n - Q_o) \quad (1)$$

其中等式右边第一项表示制造商销售再生产品获得的利润,第二项表示销售产品获得的利润。

零售商的利润

$$\pi_r = (p_n - c_r - w_n)Q_n + (w_o - p_o - v_r)Q_o \quad (2)$$

其中等式右边第一项表示零售商销售产品获得的利润,第二项表示收购废旧品获得的利润。

CLSC 的利润

$$\pi = \pi_m + \pi_r \quad (3)$$

为保证上述问题有意义,假设文中参数满足

$$p_o + v_r \leq w_o < w_o + v_m < c_m < w_n < w_n + c_r \leq p_n \text{ 且 } Q_o < Q_n \quad (4)$$

3 非合作模型

在这里,考虑非合作决策情况,即决策双方以各自利润最大化为决策目标。建立上述问题的 Stackelberg 博弈模型^[11]。此时,制造商为主导者,零售商为跟随者,即制造商首先宣布批发价格与回收价格,零售商随即对此做出反应,确定零售价格和市场回收价格,以期最大化利润。显然,制造商在决策时必须考虑零售商对自己决策的反应。采用逆向归纳法求解过程如下。

由(2)式中, $\partial \pi_r / \partial p_n = 0, \partial \pi_r / \partial p_o = 0$ 得

$$p_n = \frac{D_n + aw_n + ac_r}{2a}, \quad p_o = \frac{k(w_o - v_r)}{1+k} \quad (5)$$

把(5)式代入(1)式,由 $\partial \pi_m / \partial w_n = 0, \partial \pi_m / \partial w_o = 0$ 得

$$w_n = \frac{D_n + ac_m - ac_r}{2a}, \quad w_o = \frac{v_r + kc_m - kv_m}{1+k} \quad (6)$$

由(5~6)式得 Stackelberg 均衡解,亦为结论 1。

结论 1 CLSC 中,Stackelberg 均衡时制造商和零售商的最优定价策略 p_n, p_o, w_n, w_o 为

$$p_n = \frac{3D_n + ac_m + ac_r}{4a}, \quad p_o = \frac{k^2(c_m - v_m - v_r)}{(1+k)^2} \quad (7)$$

$$w_n = \frac{D_n + ac_m - ac_r}{2a}, \quad w_o = \frac{v_r + kc_m - kv_m}{1+k} \quad (8)$$

用 π_m, π_r 及 π 分别表示在该最优定价策略下制造商的利润、零售商的利润及 CLSC 的利润,则

$$\pi_m = \frac{bk^{2k}}{(1+k)^{2k+1}}(c_m - v_m - v_r)^{k+1} + \frac{(D_n - ac_r - ac_m)^2}{8a} \quad (9)$$

$$\pi_r = \frac{bk^{2k+1}}{(1+k)^{2k+2}}(c_m - v_m - v_r)^{k+1} + \frac{(D_n - ac_r - ac_m)^2}{16a} \quad (10)$$

$$\pi = \frac{b(1+2k)k^{2k}}{(1+k)^{2k+1}}(c_m - v_m - v_r)^{k+1} + \frac{3(D_n - ac_r - ac_m)^2}{16a} \quad (11)$$

4 联合定价合作模型

若制造商、零售商能以 CLSC 系统的利润最大化为目标,合作决定双方的定价策略,即联合定价,此时问题可建模如下

$$\begin{aligned} & \max_{(w_n, p_n, w_o, p_o)} \pi(w_n, p_n, w_o, p_o) \\ \text{s.t. } & p_o + v_r \leq w_o < w_o + v_m < c_m < w_n < w_n + c_r \leq p_n \\ & Q_o < Q_n \end{aligned}$$

通过联立求解一阶条件

$$\begin{cases} \partial \pi / \partial w_n = 0 \\ \partial \pi / \partial p_n = D_n - 2ap_n + a(c_m + c_r) = 0 \\ \partial \pi / \partial w_o = 0 \\ \partial \pi / \partial p_o = bp_o^k + kp_o^{k-1}(c_m - v_m - v_r - p_o) = 0 \end{cases}$$

得联合定价策略的最优结果,即结论 2。

结论 2 CLSC 中,制造商、零售商在联合定价决策下的最优定价策略为

$$p_n^* = \frac{D_n + ac_m + ac_r}{2a}, \quad w_n^* \in (c_m, p_n^* - c_r) \quad (12)$$

$$p_o^* = \frac{k(c_m - v_m - v_r)}{1+k}, \quad w_o^* \in (p_o^* + v_r, c_m - v_m) \quad (13)$$

即只要(12~13)式成立,则可使 CLSC 的利润最大。

可见在联合定价策略时,制造商的价格策略(批发价格、回收价格)并不唯一,只要 w_n, w_o 取满足 $w_n \in (c_m, p_n^* - c_r), w_o \in (p_o^* + v_r, c_m - v_m)$ 的任何值,对 CLSC 的利润都不产生影响。

结论 3 采用联合定价策略时,用 π_m^*, π_r^* 及 π^* 分别表示在该最优定价策略下制造商的利润、零售商的利润及 CLSC 的利润,则

$$\begin{aligned} \pi_m^* &= b(p_o^*)^k(c_m - v_m - w_o^*) + \\ & (w_n^* - c_m)(D_n - ap_n^*) \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \pi_r^* &= b(p_o^*)^k(w_n^* - p_n^* - v_r) + \\ & (p_n^* - w_n^* - c_r)(D_n - ap_n^*) \end{aligned} \quad (15)$$

$$\pi^* = \frac{bk^k}{(1+k)^{k+1}}(c_m - v_m - v_r)^{k+1} + \frac{(D_n - ac_r - ac_m)^2}{4a} \quad (16)$$

由于 w_n, w_o 不唯一,导致制造商与零售商的利润也不固定,双方的利润与价格 w_n, w_o 的选取有关,即可得

结论 4 联合定价策略时,制造商与零售商的利润与价格 w_n, w_o 的选取有关:

- ① π_m^* 与 w_n 正相关,与 w_o 负相关;
- ② π_r^* 与 w_n 负相关,与 w_o 正相关。

结论很显然,批发价格越高,回收价格越低,制造商的利润越大,零售商的利润越小。因此在采用联合定价策略时,为了提高利润,制造商会努力致力于提高批发价格,降低回收价格,但此时零售商的利润减少,当其利润低于非合作决策时的利润时,这种联合定价策略不会被零售商所接受。因此双方有必要协调利润分配,促成该策略,使 CLSC 的利润达到最大。

5 模型比较

比较非合作模型与联合定价合作模型的均衡结果,得出:

结论 5 $p_o^* = w_o - v_r, p_n^* = w_n + c_r$

证明 由(12)式

$$\begin{aligned} p_n^* - c_r &= \frac{D_n + ac_m + ac_r}{2a} - c_r \\ &= \frac{D_n + ac_m - ac_r}{2a} = w_n \end{aligned}$$

由(13)式

$$\begin{aligned} p_o^* + v_r &= \frac{kc_m - kv_m - kv_r}{1+k} + v_r \\ &= \frac{kc_m - kv_m + v_r}{1+k} = w_o \end{aligned}$$

证毕。

结合(4)式,结论 5 说明联合定价决策均衡时的市场回收价格是非合作时市场回收价格的上确界,联合定价决策均衡时的零售价格是非合作时相应价格的下确界。因此联合定价时,无论是零售价格还是市场回收价格都是对消费者最有利的,这更有利于刺激消费者的消费。

结合结论 5,可得

结论 6 (I) $p_o < p_o^*, p_n > p_n^*$; (II) $w_n <$