

联合库存管理模式下考虑公平关切的供应链协调研究

陈志松^{1,2} 潘 晶¹ 方 莉¹

(1. 南京师范大学商学院, 江苏南京 210023; 2. 江苏省民营经济决策研究基地, 江苏南京 210023)

摘 要:联合库存管理模式下,供应链上下游企业的公平关切对于供应链协调运作有着重要影响。本文构建联合库存管理模式下供应链集中优化决策模型、非联合库存管理模式下供应链均衡决策模型、联合库存管理模式下不考虑公平关切和考虑公平关切的供应链协调决策模型,并进行了对比数值分析。研究结果表明,在联合库存管理模式下,收益分享-成本分担契约机制可以有效实现考虑公平关切的供应链协调和运作绩效的帕累托改进;当供应商和零售商具有相同公平关切时,具有公平关切的零售商会获得更多协调利润,也承担更多的联合库存成本,而具有公平关切的供应商则相反;当供应商和零售商具有相同公平关切时,公平关切越强,具有公平关切的零售商会获得更多协调利润,也承担更多的联合库存成本,而具有公平关切的供应商则相反;当供应商和零售商具有相同公平关切时,供应商谈判能力越强,具有公平关切的零售商会获得更多协调利润,也承担更多的联合库存成本,而具有公平关切的供应商则相反。

关键词:联合库存管理;公平关切;供应链协调;供应链管理

中图分类号:F253;F273 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-4970(2018)04-0075-09

一、引 言

“互联网+”时代,以“大云物移”为代表的新技术不断涌现并广泛应用于商业领域,为供应链上下游企业之间的协同运作提供了强大的技术支撑,供应链协同运作越来越成为主流趋势。联合库存管理(Jointly Managed Inventory, JMI)作为一种在供应商管理库存(VMI)基础上发展起来的供应链上下游企业权责对等和风险共担的库存管理模式,体现了供应链上下游企业之间互利共赢的协同运作关系。相对于传统的库存管理模式,联合库存管理具有信息优势、成本优势、物流优势和战略联盟优势,可以有效缓解传统库存管理模式下长鞭效应的危害。研究和实施联合库存管理模式对于降低库存成本、提高供应链的运作绩效有着积极的现实意义和应用价值。

联合库存管理(JMI)的相关研究主要集中于比较分析传统库存管理模式、供应商管理库存与联合管理库存的优缺点、联合库存管理模式下供应链优

化与协调研究等。早期文献出现了不少关于供应链整合库存的联合经济批量(JELS)订货模型,并进行了相应的扩展和改进^[1-3]。后来则出现了更多联合库存优化与管理策略的研究,考虑了运输整合^[4]、寄售政策、可控提前期和买方空间约束^[5]、随机提前期^[6]、交易信用和质量改进^[7]、容量约束和交易信用^[8]、随机需求和可变产出率^[9]、允许缺货和提前订货^[10]、随机需求和双渠道、动态优化^[11]、允许延期支付^[12]、允许退货和替代性双产品^[13]、需求分布未知和提前期可控^[14]等因素的影响。此外,还有关于供应链联合库存成本分摊和利益分配问题研究,考虑了过度自信、允许缺货和合作分摊^[15]等情境下的联合库存成本分摊和利益分配。

联合库存管理模式下,供应链上下游企业在协调运作过程中往往都具有较强的公平关切,但现有研究中还没有充分考虑公平关切对于联合库存管理模式供应链协调的影响。公平关切是指行为人在关注个人最大收益的同时,还会关注收益分配是否

收稿日期:2018-03-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71603125, 71433003);国家重点研发计划项目(2017YFC0404600);江苏省高校自然科学基金面上项目(15KJB110012)

作者简介:陈志松(1983—),男,江苏盐城人,副教授,从事供应链管理研究。

公平的社会偏好。公平关切主要包括两种类型:双边公平和单边公平。其中,双边公平是决策者不仅关注自身也关注合作者遭受的不公平对待,当自己收益少于公平分配时会产生愤怒,当自己收益高于公平分配收益时会产生愧疚感,宁愿放弃个人部分收益以换取收益的公平分配^[16-18]。公平关切对于供应链协调的影响研究文献较多,主要包括公平关切对供应链协调影响的实验研究和建模研究:①公平关切对供应链协调影响的实验研究,通过实验验证了社会偏好会改变供应链中的成员行为,并分析了其对供应链运作绩效的影响^[19],解释了公平感和有限理性可以解释协调合同不总是能协调供应链的现象^[20],分析了不公平厌恶、有限理性和不完全信息对于供应链运作效率和契约协调的影响^[21]。②公平关切对供应链协调影响的建模研究,考虑了单边/双边公平关切对于线性需求和非线性需求^[22-23]、随机需求^[24-25]、幂需求函数^[26]、通用需求函数^[27]、策略型顾客和易逝品^[28]、低碳与减排决策^[29]、广告合作与减排成本分担^[30-31]、闭环供应链^[32]、双渠道供应链^[33]、服务供应链^[34]等情境下供应链协调的影响。

显然,现有研究并没有充分考虑公平关切对于联合库存管理模式供应链协调决策的影响。在联合库存管理(JMI)模式下,本文分析公平关切对于供应链协调决策的影响,分别构建联合库存管理模式供应链集中优化决策模型、非联合库存管理模式供应链均衡决策模型、联合库存管理模式供应链协调决策模型和联合库存管理模式考虑公平关切的供应链协调决策模型,并进行对比数值分析。

二、模型假设

在联合库存管理(JMI)模式下,考虑一个由供应商和零售商组成的供应链系统。在该系统中,供应商的单位产品成本为 c , 供应商以单位产品批发价 w 向零售商提供产品,零售商的单位产品零售价为 p , 供应链的单位产品联合库存持有成本为 $\kappa_h p$ ($0 < \kappa_h < 1$), 单位产品联合库存短缺惩罚成本为 $\kappa_s p$ ($0 < \kappa_s < 1$), 补货启动成本为 c_s , 单位产品物流成本为 l 。

假设产品需求函数为 $D(p) = y(p) \cdot x$, 其中 $y(p) = ap^{-b}$, a 为常数,且 $a > 0$, b 为期望需求的价格弹性,且 $b > 1$, x 为定义在区间 $[A, B]$ 的随机变量,且 $B > A > 0$, 其累积分布函数(CDF)和概率密度函数(PDF)分别为 $F(\cdot)$ 和 $f(\cdot)$, 均值和标准差分别为 μ 和 σ 。Lariviere 等定义了 $h(x) = f(x)/[1 - F(x)]$, 则当随机变量 x 的分布满足 IGFR (Increasing Generalized Failure Rate) 条件^[35-37], 即 $d[xh(x)]/dx$

$= h(x) + xdh(x)/dx > 0$; 参照 Wang 等^[38-39] 的研究, 定义产品库存因子 $z \equiv q/y(p)$, 其中, q 为产品订购量。供应商与零售商进行联合库存管理, 库存持有成本、库存短缺惩罚成本和补货启动成本由供应商和零售商共同承担, 零售商和供应商分担联合库存成本的比率分别为 ϕ 和 $1 - \phi$, 在收益分享-成本分担契约中, 供应链收益-成本保留比率和收益分享-成本分担比率也分别设定为 ϕ 和 $1 - \phi$, $\phi \in (0, 1)$ 。本文的决策变量为: 单位产品零售价 p , 单位产品批发价 w , 产品库存因子 z , 供应链收益-成本保留比率 ϕ 。

三、模型构建与分析

为分析公平关切对于联合库存管理(JMI)模式下供应链协调决策的影响, 分别构建联合库存管理模式供应链集中优化决策模型、非联合库存管理模式供应链均衡决策模型、联合库存管理模式供应链协调决策模型和联合库存管理模式考虑公平关切的供应链协调决策模型, 并进行对比分析。

1. 联合库存管理模式供应链集中优化决策分析

联合库存管理模式, 联合库存持有成本为 $\kappa_h p \int_A^z y(p)(z - x)f(x)dx$, 联合库存短缺成本为 $\kappa_s p \int_z^B y(p)(x - z)f(x)dx$, 补货启动成本为 c_s , 则联合库存管理模式下的供应链集中优化问题如下:

$$\begin{aligned} \max_{p, z} \Pi_{sc}(p, z) = & \int_A^z y(p)[px - cz - lz - \kappa_h p(z - x)]f(x)dx + \\ & \int_z^B y(p)[pz - cz - lz - \kappa_s p(x - z)]f(x)dx - c_s \end{aligned} \quad (1)$$

当随机变量 x 的分布满足 IGFR 条件时, 分别求解关于单位产品售价 p 和库存因子 z 的一阶条件, 可求得供应链的最优库存因子和单位产品售价分别为:

$$F(z_c) = \frac{1 + \kappa_s}{b(1 + \kappa_h + \kappa_s)} + \frac{(b - 1)R(z_c)}{b(1 + \kappa_h + \kappa_s)z_c} \quad (2)$$

$$p_c = \frac{b(c + l)}{b - 1} \frac{z_c}{(1 + \kappa_s)z_c - R(z_c)} \quad (3)$$

其中 $R(z_c) \equiv (1 + \kappa_h + \kappa_s) \int_A^{z_c} (z_c - x)f(x)dx +$

$$\kappa_s \int_A^B xf(x)dx$$

则最优的产品订购量为:

$$q_c(p_c, z_c) = y(p_c)z_c = a(p_c)^{-b}z_c \quad (4)$$

将 (p_c, z_c) 带入供应链目标函数中, 可求得供应链最优利润为:

$$\Pi_{SC}^c = \frac{c+l}{b-1} y(p_c) z_c - c_s \quad (5)$$

显然,单位产品生产成本和物流成本越小,供应链最优利润越大;需求价格弹性越大,供应链最优利润越小。

2. 非联合库存管理模式下供应链均衡决策分析

非联合库存管理模式下,供应链中的库存管理由零售商负责,同理,零售商的最优化问题如下:

$$\begin{aligned} \max_{p,z} \quad \Pi_R(p,z) = & \int_A^z y(p) [px - wz - lz - \\ & \kappa_h p(z-x)] f(x) dx + \int_z^B y(p) [pz - wz - \\ & lz - \kappa_s p(x-z)] f(x) dx - c_s \end{aligned} \quad (6)$$

同理,可求得零售商的最优产品库存因子和单位产品售价分别为:

$$F(z_d) = F(z_c) \quad (7)$$

$$p_d = \frac{w+l}{c+l} p_c \quad (8)$$

同理,零售商的最优产品订购量为:

$$q_d(w) = \left(\frac{w+l}{c+l} \right)^{-b} q_c(p_c, z_c) \quad (9)$$

将 $q_d(w)$ 带入供应商的利润函数中可得:

$$\max_w \Pi_S(w) = (w-c) \left(\frac{w+l}{c+l} \right)^{-b} \frac{b-1}{c+l} (\Pi_{SC}^c + c_s) \quad (10)$$

分别求解关于批发价 w 的一阶条件和二阶导数,可以得到均衡的产品批发价为:

$$w_d = \frac{bc+l}{b-1} \quad (11)$$

则均衡的产品库存因子、单位产品售价和产品订购量分别为:

$$z_d = z_c \quad (12)$$

$$p_d = \frac{b}{b-1} p_c \quad (13)$$

$$q_d = \left(\frac{b-1}{b} \right)^b q_c(p_c, z_c) \quad (14)$$

则零售商和供应商的均衡利润如下:

$$\Pi_R^d = \left(\frac{b-1}{b} \right)^{b-1} (\Pi_{SC}^c + c_s) - c_s \quad (15)$$

$$\Pi_S^d = \left(\frac{b-1}{b} \right)^b (\Pi_{SC}^c + c_s) \quad (16)$$

显然,单位产品生产成本和物流成本越小,零售商和供应商的均衡利润越大;需求价格弹性越大,零售商和供应商的均衡利润越小。

3. 联合库存管理模式下不考虑公平关切的供应链协调决策分析

基于前述分析,联合库存管理模式下供应链的利润函数为:

$$\begin{aligned} \Pi_{SC}(p,z) = & \int_A^z y(p) [px - cz - lz - \\ & \kappa_h p(z-x)] f(x) dx + \int_z^B y(p) [pz - cz - lz - \\ & \kappa_s p(x-z)] f(x) dx - c_s \end{aligned} \quad (17)$$

其中,供应链联合库存成本为:

$$\begin{aligned} C_{JMI}(p,z) = & \int_A^z y(p) \kappa_h p(z-x) f(x) dx + \\ & \int_z^B y(p) \kappa_s p(x-z) f(x) dx + c_s \end{aligned} \quad (18)$$

则零售商和供应商分担的联合库存成本分别为:

$$C_{JMI}^R(p,z) = \phi C_{JMI}(p,z) \quad (19)$$

$$C_{JMI}^S(p,z) = (1-\phi) C_{JMI}(p,z) \quad (20)$$

其中, ϕ 为零售商分担联合库存成本的比例, $\phi \in (0,1)$ 。

因此,联合库存管理模式下零售商的利润函数为:

$$\Pi_{JR}(p,z) = \Pi_R(p,z) + (1-\phi) C_{JMI}(p,z) \quad (21)$$

联合库存管理模式下供应商的利润函数为:

$$\Pi_{JS}(w) = \Pi_S(w) - (1-\phi) C_{JMI}(p,z) \quad (22)$$

引入一种收益分享-成本分担契约,构建联合库存管理模式下的供应链协调决策机制:供应商以较低的批发价向零售商供应产品,零售商将销售收益和物流成本的 $1-\phi$ 分享(或分担)给供应商(ϕ 为零售商分担联合库存成本的比例,也是销售收益和物流成本保留比率),最终使得双方的收益水平高于非联合库存管理模式下供应链均衡决策情形,从而提升供应链运作绩效,实现供应链成员运作绩效的帕累托改进。因此,收益分享-成本分担契约下零售商对供应商的转移支付为:

$$\begin{aligned} T(p,z) = & (1-\phi) \left[\int_A^z y(p) (px - lz) f(x) dx + \right. \\ & \left. \int_z^B y(p) (pz - lz) f(x) dx \right] \end{aligned} \quad (23)$$

因此,收益分享-成本分担契约下零售商的最优化问题如下:

$$\max_{p,z} \Pi_{JR}^c(p,z) = \Pi_{JR}(p,z) - T(p,z) \quad (24)$$

同理,可求得供应商的最优单位产品售价、产品库存因子和最优产品订购量分别为:

$$p_d(w) = \frac{w+\phi l}{\phi c + \phi l} p_c \quad (25)$$

$$F(z_d) = F(z_c) \quad (26)$$

$$q_d(p_d, z_d) = \left(\frac{\phi c + \phi l}{w + \phi l} \right)^b q_c(p_c, z_c) \quad (27)$$

收益分享-成本分担契约下分散供应链中供应商的利润函数为:

$$\Pi_{JS}^c(w) = \Pi_{JS}(w) + T(p,z) \quad (28)$$

基于契约协调理论,供应商要使得联合库存管理模式下的供应链实现协调,其协调批发价决策必须满足:集中供应链的零售价决策与收益分享-成本分担契约下的零售价决策相一致,必须满足 $p_d(w) = p_c$, 因此,收益分享-成本分担契约下供应商的协调批发价为:

$$w_c = \phi c \quad (29)$$

则有收益分享-成本分担契约下零售商和供应商的协调利润分别为:

$$\Pi_{JR}^c = \phi \Pi_{SC}^c \quad (30)$$

$$\Pi_{JS}^c = (1 - \phi) \Pi_{SC}^c \quad (31)$$

相应的供应链最优联合库存总成本为:

$$C_{JMI}^* = p_c \left[y(p_c) z_c - \int_A^{z_c} y(p_c) (z_c - x) f(x) dx \right] - [b \Pi_{SC}^c + (b - 1) c_s] \quad (32)$$

则有零售商和供应商通过契约协调分担的最优联合库存成本分别为:

$$C_{JMI}^{R*} = \phi C_{JMI}^* \quad (33)$$

$$C_{JMI}^{S*} = (1 - \phi) C_{JMI}^* \quad (34)$$

性质 1: 当且仅当 $\Pi_{JR}^c \geq \Pi_R^d$ 且 $\Pi_{JS}^c \geq \Pi_S^d$ 时, 零售商和供应商才有经济动因参与契约协调。因此, 零售商的收益保留比率(联合库存成本的分担比例) ϕ 取值范围为:

$$\phi \in \left[\left(\frac{b-1}{b} \right)^{b-1} \left(1 + \frac{c_s}{\Pi_{SC}^c} \right) - \frac{c_s}{\Pi_{SC}^c}, 1 - \left(\frac{b-1}{b} \right)^b \left(1 + \frac{c_s}{\Pi_{SC}^c} \right) \right] \quad (35)$$

显然, 联合库存管理模式下, 收益保留比率 ϕ 取值满足上述区间范围时, 联合库存管理模式下供应链及其成员的协调利润高于非联合库存管理模式下供应链及其成员的均衡利润。零售商的收益保留比率(联合库存成本的分担比例) ϕ 越大, 零售商的协调利润越大, 分担的联合库存成本也越大; 而供应商的协调利润越小, 分担的联合库存成本也越小。

4. 联合库存管理模式考虑公平关切的供应链协调决策分析

借鉴 Fehr-Schmid 公平关切模型思想, 供应链决策者不是纯粹自利的, 在关注自己收益的同时, 还具有不公平厌恶心理。若供应链决策者具有双边公平关切, 当其收益低于公平参考点时, 会产生愤怒感, 从而遭受愤怒负效用; 当其收益高于公平参考点时, 会产生愧疚感, 从而遭受愧疚负效用^[17-18]。

假设供应商和零售商感知的公平参考点分别为 Π_{JS}^f 和 Π_{JR}^f , 显然有 $\Pi_{JS}^f + \Pi_{JR}^f = \Pi_{SC}$, $\Pi_{JS} + \Pi_{JR} = \Pi_{SC}$ 。设定零售商和供应商均具有单边公平关切, 即只考虑零售商和供应商的愤怒负效用, 且双方公平关切

系数均为 $\lambda, \lambda > 0$ 。基于 Fehr-Schmid 模型思想, 可分别定义供应商和零售商的效用函数为:

$$U_{JS}(\Pi_{JS}) = \Pi_{JS} - \lambda(\Pi_{JS}^f - \Pi_{JS}) = (1 + \lambda) \Pi_{JS} - \lambda \Pi_{JS}^f \quad (36)$$

$$U_{JR}(\Pi_{JR}) = \Pi_{JR} - \lambda(\Pi_{JR}^f - \Pi_{JR}) = (1 + \lambda) \Pi_{JR} - \lambda \Pi_{JR}^f \quad (37)$$

通过构建纳什谈判框架^[40-42]来设定公平参考点, 供应商与零售商之间的不对称纳什谈判目标函数为:

$$\begin{aligned} \max_{\Pi_{JS}} \theta &= [U_{JS}(\Pi_{JS})]^\tau [U_{JR}(\Pi_{JR})]^{1-\tau} \\ \text{s. t. } &\Pi_{JR} + \Pi_{JS} = \Pi_{SC} \\ &\Pi_{JR}, \Pi_{JS} > 0 \end{aligned} \quad (38)$$

其中, τ 为供应商的谈判能力。

分别求解目标函数关于 Π_{JS} 的一阶条件和二阶导数, 则有:

$$\tau \Pi_{SC} = (1 + \lambda) \Pi_{JS} - \lambda \Pi_{JS}^f$$

根据不动点定理, 纳什谈判的最优解 $\Pi_{JS}^* = \Pi_{JS}^f$ 即为收益的纳什谈判解, 代入上述条件式, 则有供应商的公平参考点为:

$$\Pi_{JS}^f = \tau \Pi_{SC} \quad (39)$$

由于 $\Pi_{JR}^f + \Pi_{JS}^f = \Pi_{SC}$, 则有零售商的公平参考点为:

$$\Pi_{JR}^f = (1 - \tau) \Pi_{SC} \quad (40)$$

则有考虑公平关切的供应商和零售商的效用函数分别为:

$$U_{JS}(\Pi_{JS}) = (1 + \lambda) \Pi_{JS} - \lambda \tau \Pi_{SC} \quad (41)$$

$$U_{JR}(\Pi_{JR}) = (1 + \lambda) \Pi_{JR} - \lambda (1 - \tau) \Pi_{SC} \quad (42)$$

考虑公平关切的供应链效用函数为:

$$U_{SC}(\Pi_{SC}) = U_{JS}(\Pi_{JS}) + U_{JR}(\Pi_{JR}) = \Pi_{SC} \quad (43)$$

因此, 联合库存管理模式下, 考虑公平关切的供应链最优单位产品售价、库存因子和订购量分别为:

$$p_c = \frac{b(c+l)}{b-1} \frac{z_c}{(1 + \kappa_s) z_c - R(z_c)} \quad (44)$$

$$F(z_c) = \frac{1 + \kappa_s}{b(1 + \kappa_h + \kappa_s)} + \frac{(b-1)R(z_c)}{b(1 + \kappa_h + \kappa_s) z_c} \quad (45)$$

$$q_c(p_c, z_c) = y(p_c) z_c = a(p_c)^{-b} z_c \quad (46)$$

$$\begin{aligned} \text{其中 } R(z_c) &\equiv (1 + \kappa_h + \kappa_s) \int_A^{z_c} (z_c - x) f(x) dx + \kappa_s \int_A^B x f(x) dx \end{aligned}$$

考虑公平关切的供应链最优效用为:

$$U_{SC}^c = \Pi_{SC}^c = \frac{c+l}{b-1} y(p_c) z_c - c_s \quad (47)$$

同理, 参照前述收益分享-成本分担契约机制设计, 零售商对供应商的转移支付为:

$$TU(p, z) = (1 + \lambda)(1 - \phi)y(p) \left[\int_A^c (px - lz)f(x)dx + \int_z^B (pz - lz)f(x)dx \right] - (1 - \phi)(1 - \tau)\lambda\Pi_{SC} \quad (48)$$

因此,收益分享-成本分担契约下考虑公平关切的零售商最优化问题如下:

$$\max_{p,z} U_{JR}^c(p, z) = U_{JR}(p, z) - TU(p, z) \quad (49)$$

同理,可以求得供应商的最优单位产品售价和产品库存因子为:

$$p_d(w) = \frac{\phi(1 + \tau\lambda)(c + l) + (1 + \lambda)(w - \phi c)}{\phi(1 + \tau\lambda)(c + l)} p_c \quad (50)$$

$$F(z_d) = F(z_c) \quad (51)$$

收益分享-成本分担契约下供应商的效用函数为:

$$U_{JS}(w) = U_{JS}(w) + TU(p, z) \quad (52)$$

基于契约协调理论,供应商要使得联合库存管理模式下的供应链实现协调,其协调批发价决策必须满足:集中供应链的零售价决策与收益分享-成本分担契约下的零售价决策相一致,必须满足 $p_d(w) = p_c$, 因此,收益分享-成本分担契约下供应商的协调批发价为:

$$w_c^f = \phi c \quad (53)$$

则有收益分享-成本分担契约下考虑公平关切的零售商和供应商的协调利润分别为:

$$U_{JR}^c = \phi(1 + \tau\lambda)\Pi_{SC}^c \quad (54)$$

$$U_{JS}^c = [1 - \phi(1 + \tau\lambda)]\Pi_{SC}^c \quad (55)$$

相应的供应链最优联合库存总成本为:

$$C_{JMI}^* = p_c \left[y(p_c)z_c - \int_A^{z_c} y(p_c)(z_c - x)f(x)dx \right] - [b\Pi_{SC}^c + (b - 1)c_s] \quad (56)$$

则有考虑公平关切的零售商和供应商通过契约协调分担的最优联合库存成本分别为:

$$C_{JMI}^{Rf*} = \phi(1 + \tau\lambda)C_{JMI}^* \quad (57)$$

$$C_{JMI}^{Sf*} = [1 - \phi(1 + \tau\lambda)]C_{JMI}^* \quad (58)$$

性质 2: 当且仅当 $U_{JR}^c \geq \Pi_{JR}^d$ 且 $U_{JS}^c \geq \Pi_{JS}^d$ 时, 零售商和供应商才有经济动因参与契约协调。因此, 零售商的收益保留比率(联合库存成本的分担比例) ϕ 取值范围为:

$$\phi \in \left\{ \frac{1}{1 + \tau\lambda} \left[\left(\frac{b-1}{b} \right)^{b-1} \left(1 + \frac{c_s}{\Pi_{SC}^c} \right) - \frac{c_s}{\Pi_{SC}^c} \right], \frac{1}{1 + \tau\lambda} \left[1 - \left(\frac{b-1}{b} \right)^b \left(1 + \frac{c_s}{\Pi_{SC}^c} \right) \right] \right\} \quad (59)$$

显然,联合库存管理模式,收益保留比率 ϕ 取值满足上述区间范围时,联合库存管理模式考虑公平关切的供应链及其成员的协调利润高于非联

合库存管理模式供应链及其成员的均衡利润。

性质 3: 联合库存管理模式, 供应商和零售商具有相同公平关切时: ① 供应商的谈判能力越大, 具有公平关切的零售商的协调利润越大, 分担的联合库存成本也越大; 而具有公平关切的供应商的协调利润越小, 分担的联合库存成本也越小。② 供应商(或零售商)的公平关切系数越大, 具有公平关切的零售商的协调利润越大, 分担的联合库存成本也越大; 而具有公平关切的供应商的协调利润越小, 分担的联合库存成本也越小。③ 零售商的收益保留比率(联合库存成本的分担比例)越大, 零售商的协调利润越大, 分担的联合库存成本也越大; 供应商的协调利润越小, 分担的联合库存成本也越小。④ 相比不考虑公平关切情形, 具有公平关切的零售商的协调利润高于不考虑公平关切情形的零售商, 具有公平关切的零售商承担的联合库存成本高于不考虑公平关切情形的零售商, 即 $U_{JR}^c > \Pi_{JR}^c, C_{JMI}^{Rf*} > C_{JMI}^{R*}$; 而具有公平关切的供应商则相反, 即 $U_{JS}^c < \Pi_{JS}^c, C_{JMI}^{Sf*} < C_{JMI}^{S*}$ 。

四、数值分析

基于前述联合库存管理模式考虑公平关切的供应链协调问题的模型构建、分析和求解, 运用 Matlab2017b 进行数值计算和分析。设定某产品供应链由一个供应商和一个零售商组成。在该系统中, 供应商的单位产品成本为 $c = 300$, 零售商的单位产品库存持有成本比率为 $\kappa_h = 30\%$, 单位产品库存短缺成本比率为 $\kappa_s = 20\%$, 每批次库存订购成本为 $c_s = 1000$, 零售商的单位产品物流成本为 $l = 5$ 。常数 $a = 10^6$, 期望需求的价格弹性 $b = 2$, 设定 $x \sim N(\mu, \sigma)$, 均值和标准差分别为 $\mu = 1\,000\,000$ 和 $\sigma = 50\,000$, $A = 0.1$, $B = +\infty$, 供应商的谈判能力 $\tau = 0.4$, 供应商和零售商的公平关切系数均为 $\lambda = 0.5$ 。

1. 数值分析

在参数设定基础上, 对供应链集中优化决策、非联合库存管理模式供应链均衡决策、联合库存管理模式供应链协调决策和联合库存管理模式考虑公平关切的供应链协调决策 4 种决策情形进行对比数值分析(表 1), 数值分析的结果表明:

① 联合库存管理模式供应链及其成员的协调利润高于非联合库存管理模式供应链及其成员的均衡利润;

② 联合库存管理模式考虑公平关切的供应链及其成员的协调利润高于非联合库存管理模式供应链及其成员的均衡利润;

③ 联合库存管理模式, 供应商和零售商具有相同公平关切时, 具有公平关切的零售商协调利润

高于不具有公平关切情形,分担的联合库存成本也高于不具有公平关切情形;相反,具有公平关切的供应商协调利润低于不具有公平关切情形,分担的联合库存成本也低于不具有公平关切情形。

表 1 数值分析结果

情况	供应链集中优化决策	非 JMI 模式下供应链均衡决策	JMI 模式下供应链协调决策 ($\phi=0.6$)	JMI 模式下考虑公平关切的供应链协调决策 ($\phi=0.6$)
z	997 007. 53	997 007. 53	997 007. 53	997 007. 53
p	627. 84	1 255. 68	627. 84	627. 84
q	2 529 308. 43	632 327. 11	2 529 308. 43	2 529 308. 43
w	—	605. 00	180. 00	180. 00
Π_R	—	385 718 536. 28	462 862 843. 54	555 435 412. 25
Π_S	—	192 859 768. 14	308 575 229. 03	216 002 660. 32
Π_{SC}	771 438 072. 57	578 578 304. 43	771 438 072. 57	771 438 072. 57
C_{JMI}	15 676 658. 69	—	15 676 658. 69	15 676 658. 69
C_{JMI}^R	—	—	9 405 995. 21	11 287 194. 25
C_{JMI}^S	—	—	6 270 663. 47	4 389 464. 43
ϕ 取值范围	—	—	[0. 50, 0. 75]	[0. 42, 0. 62]

2. 敏感性分析

在其他参数不变的情况下,分别对供应商的谈判能力 τ 、公平关切因子 λ 、收益保留比率 ϕ 和需求价格弹性 b 分别进行敏感性分析。

①在 $\phi=0.6, \lambda=0.5$ 条件下,分析供应商的谈判能力 τ 变动对于供应链协调利润和联合库存成本的影响(图 1~图 2),敏感性分析的结果表明:联合库存管理模式下,供应商和零售商具有相同公平关切时,供应商的谈判能力越大,具有公平关切的零售商的协调利润越大,分担的联合库存成本也越大;具有公平关切的供应商的协调利润越小,分担的联合库存成本也越小。

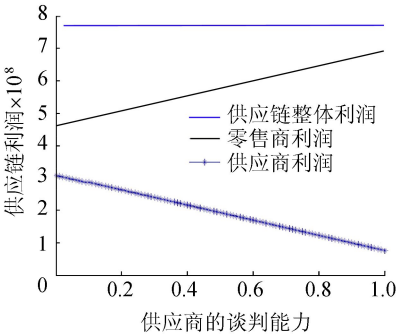


图 1 谈判能力对供应链利润的影响

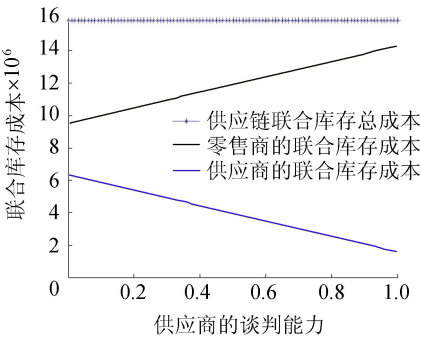


图 2 谈判能力对联合库存成本的影响

②在 $\phi=0.6, \tau=0.4$ 条件下,分析公平关切因

子 λ 变动对于供应链协调利润和联合库存成本的影响(图 3~图 4),敏感性分析的结果表明:联合库存管理模式下,供应商和零售商具有相同公平关切时,供应商(或零售商)的公平关切系数越大,具有公平关切的零售商的协调利润越大,分担的联合库存成本也越大;具有公平关切的供应商的协调利润越小,分担的联合库存成本也越小。

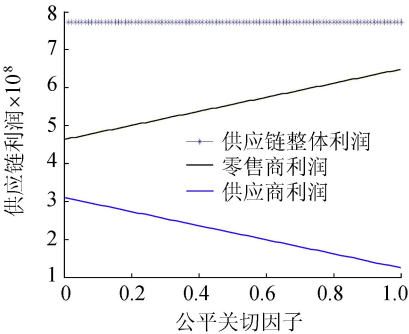


图 3 公平关切因子对供应链利润的影响

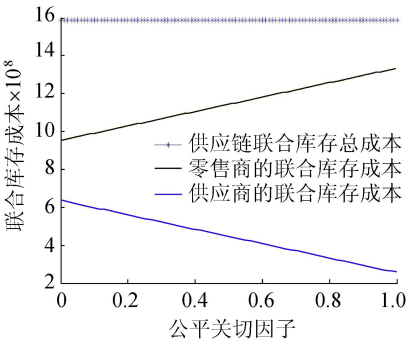


图 4 公平关切因子对联合库存成本的影响

③在不考虑公平关切情形下,分析收益保留比率 ϕ 变动对于供应链协调利润和联合库存成本的影响(图 5~图 6);在考虑公平关切情形下,在 $\lambda=0.5, \tau=0.4$ 条件下,分析收益保留比率变动对于供

应链协调利润和联合库存成本的影响(图7~图8)。敏感性分析的结果表明:联合库存管理模式

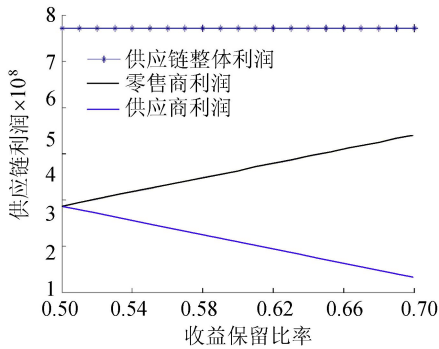


图5 不考虑公平关切下收益保留比率对供应链利润的影响

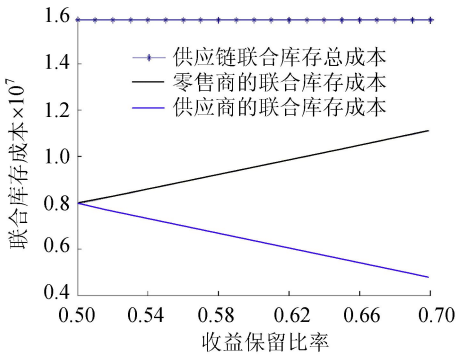


图6 不考虑公平关切下收益保留比率对联合库存成本的影响

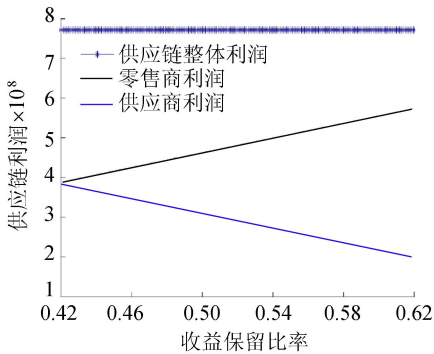


图7 考虑公平关切下收益保留比率对供应链利润的影响

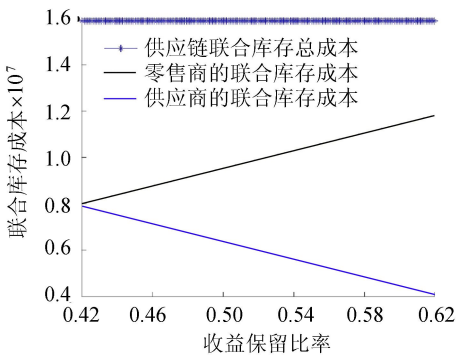


图8 考虑公平关切下收益保留比率对联合库存成本的影响

下,无论是不考虑公平关切情形还是考虑公平关切情形,零售商的收益保留比率(联合库存成本的分担比例)越大,零售商的协调利润越大,分担的联合库存成本也越大;而供应商的协调利润越小,分担的联合库存成本也越小。

④在 $\phi=0.6, \tau=0.4$ 条件下,分析需求价格弹性 b 变动对于供应链协调利润和联合库存成本的影响(图9~图10),敏感性分析的结果表明:联合库存管理模式,供应商和零售商具有相同公平关切时,需求价格弹性越大,具有公平关切的零售商和供应商的协调利润越小,各自分担的联合库存成本也越小;需求价格弹性越大,供应链的总利润越小,联合库存成本也越小。

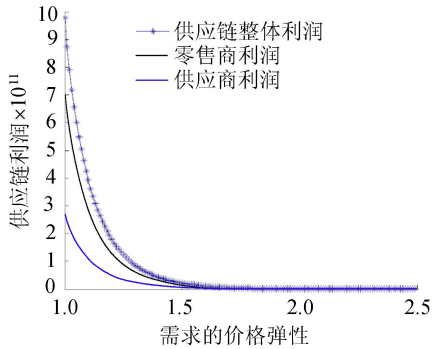


图9 需求价格弹性对供应链利润的影响

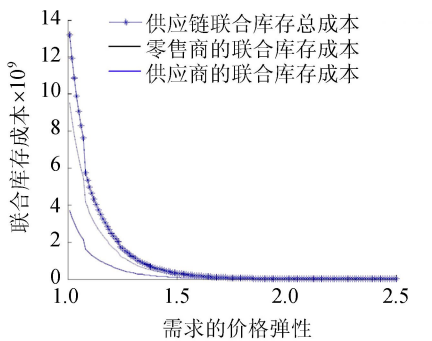


图10 需求价格弹性对联合库存成本的影响

五、结 语

联合库存管理(JMI)模式由于其协同运作、互利共赢的优势,已经成为供应链上下游企业之间协调运作的重要方式。联合库存管理模式,供应链上下游企业协调运作过程中,往往都具有较强的公平关切,因此,本文分别构建供应链集中优化决策模型、非联合库存管理模式供应链均衡决策模型、联合库存管理模式不考虑公平关切和考虑公平关切的供应链协调决策模型,分析了公平关切对于供应链协调决策的影响,并进行了对比数值分析。研究结果表明:第一,联合库存管理模式,无论是不考虑公平关切情形,还是考虑公平关切情形,收益分享

-成本分担契约机制可以有效实现供应链协调。第二,联合库存管理模式相比于非联合库存管理模式,无论是不考虑公平关切情形,还是考虑公平关切情形,供应链协调运作可以有效实现供应链及其成员运作绩效的帕累托改进。第三,联合库存管理模式下,当供应商和零售商具有相同公平关切时,相比于不考虑公平关切情形,具有公平关切的零售商将获得更多协调利润,也承担更多的联合库存成本,而具有公平关切的供应商则相反。第四,联合库存管理模式下,当供应商和零售商具有相同公平关切时,公平关切系数越大,具有公平关切的零售商将获得更多协调利润,也承担更多的联合库存成本,而具有公平关切的供应商则相反。第五,联合库存管理模式下,当供应商和零售商具有相同公平关切时,供应商谈判能力越强,具有公平关切的零售商将获得更多协调利润,也承担更多的联合库存成本,而具有公平关切的供应商则相反。第六,联合库存管理模式下,无论是不考虑公平关切情形,还是考虑公平关切情形,零售商的收益保留比率(联合库存成本的分担比例)越大,具有公平关切的零售商协调利润越大,分担的联合库存成本也越大,而具有公平关切的供应商则相反。

该研究从理论上探讨了联合库存模式下公平关切对供应链协调决策的影响,具有一定的学术价值和创新意义。在实践中,也为供应链管理决策者理解联合库存模式下的公平关切偏好与行为并做出正确决策提供了理论支持和决策参考。当然,本文还有可以进一步深入研究和探讨之处:首先,供应商和零售商具有不同公平关切对于联合库存管理模式下供应链协调的影响;其次,供应商和零售商分别具有愤怒感和愧疚感的双边公平关切对于联合库存管理模式下供应链协调的影响。

参考文献:

[1] GOYAL S K. An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem [J]. International Journal of Production Research, 1976,15(1):107-111.

[2] BANERJEE A. A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor[J]. Decision Sciences, 1986, 17 (3):292-311.

[3] GOYAL S K. A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor: a comment [J]. Decision Sciences, 1988, 19 (1):236-241.

[4] GLOCK C H, KIM T. Shipment consolidation in a multiple-vendor - single-buyer integrated inventory model [J]. Computers & Industrial Engineering, 2014 (70): 31-42.

[5] YI H, SARKER B R. An operational policy for an integrated inventory system under consignment stock policy with controllable lead time and buyers' space limitation[J]. Computers & Operations Research, 2013, 40(11): 2632-2645.

[6] HOQUE M A. A manufacturer-buyer integrated inventory model with stochastic lead times for delivering equal- and/or unequal-sized batches of a lot [J]. Computers & Operations Research, 2013, 40(11):2740-2751.

[7] CHUANG C J, HO C H, OUYANG L Y, et al. An integrated inventory model with order-size-dependent trade credit and quality improvement [J]. Procedia Computer Science, 2013(17): 365-372.

[8] OUYANG L Y, HO C H, SU C H, et al. An integrated inventory model with capacity constraint and order-size dependent trade credit [J]. Computers & Industrial Engineering, 2015(84): 133-143.

[9] AIDURGAM M, ADEGBOLA K, GLOCK C H. A single-vendor single-manufacturer integrated inventory model with stochastic demand and variable production rate [J]. International Journal of Production Economics, 2017 (191):335-350.

[10] 李群霞,马凤才,张群. 单生产商-多客户供应链提前订货行为的研究 [J]. 中国管理科学,2017,25(4):52-59.

[11] 汪大金,白建明,陈云. 动态联合库存的决策模型及算法 [J]. 数学的实践与认识,2014,44(16):55-64.

[12] 张鑫,俞婷婷,杨爱峰,等. 基于延期支付的联合库存策略研究 [J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2014, 37(3):370-375.

[13] 孟丽君,黄祖庆. 基于退货的单周期替代性两产品的联合库存模型 [J]. 系统管理学报,2013,22(5): 629-639.

[14] 宋华明,杨慧,罗建强. 需求分布未知且提前期可控的联合库存决策 [J]. 运筹与管理,2011,20(2):64-71.

[15] 鲍新中,刘小军,王宁. 基于合作博弈和数据包络分析的联合库存成本分摊 [J]. 工业工程,2011,14(4): 23-27.

[16] 李娟,张迪,沈厚才. 具有公平感的零售商订购决策研究 [J]. 中国管理科学, 2014, 22 (8): 90-99.

[17] FEHR E, SCHMIDT K M. A theory of fairness, competition, and cooperation [J]. Quarterly Journal of Economics, 1999,114(3):817-868.

[18] FEHR E, SCHMIDT K M. Theories of fairness and reciprocity-evidence and economic applications, advances in economics and econometrics [J]. Network,2001 (75): 1-63.

[19] LOCH C H, WU Y. Social preferences and supply chain performance: an experimental study [J]. Management Science, 2008, 54(11): 1835-1849.

[20] PAVLOV V, KATOK E. Fairness and coordination

- p>failures in supply chain contracts [J]. Social Science Electronic Publishing,2011(1):1-29.
- [21] KATOK E, PAVLOV V. Fairness in supply chain contracts: a laboratory study [J]. Journal of Operations Management, 2013(31):129-137.
- [22] CUI H, RAJU J S, ZHANG Z J. Fairness and channel coordination [J]. Management Science, 2007, 53(8): 1303- 1314.
- [23] CALISKAN-DEMIRAG O, CHEN Y, LI J. Channel coordination under fairness concerns and nonlinear demand [J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3): 1321-1326.
- [24] CHEN J, HU Q, SONG J S. Altruism and supply chain performance [D]. North Carolina: Duke University, 2012.
- [25] 杜少甫,杜婵,梁梁,等. 考虑公平关切的供应链契约与协调[J]. 管理科学学报, 2010,13(11):41-48.
- [26] 马利军,曾清华,邵新建. 幂函数需求模式下具有公平偏好的供应链协调[J]. 系统工程理论与实践,2013, 33(12):3009-3019.
- [27] WU X, NIEDERHOFF J A. Fairness in selling to the Newsvendor [J]. Production and Operations Management, 2014(23): 2002-2022.
- [28] 王宣涛,张玉林. 考虑顾客行为与零售商公平关切的易逝品定价与供应链协调研究[J]. 管理工程学报, 2015, 29(1):89-97.
- [29] 李媛,赵道致. 考虑公平偏好的低碳化供应链契约协调研究[J]. 管理工程学报,2015,29(1):156-161.
- [30] ZHOU Y, BAOM, CHEN X, et al. Co-op advertising and emission reduction cost sharing contracts and coordination in low-carbon supply chain based on fairness concerns [J]. Journal of Cleaner Production, 2016(133): 402-413.
- [31] 周艳菊,鲍茂景,陈晓红,等. 基于公平关切的低碳供应链广告合作-减排成本分担契约与协调[J]. 中国管理科学, 2017,25(2):121-129.
- [32] 刘志,李帮义,龚本刚,等. 再制造商公平关切下闭环供应链生产设计决策与协调[J]. 控制与决策, 2016, 31(9):1615-1622.
- [33] NIE T, DU S. Dual-fairness supply chain with quantity discount contracts [J]. European Journal of Operational Research, 2017, 258(2): 491-500.
- [34] 柳键,舒斯亮. 考虑公平关切的服务供应链协调契约 [J]. 控制与决策,2015,30(1):98-104.
- [35] LARIVIERE M A. A note on probability distributions with increasing generalized failure rates [J]. Operations Research, 2006, 54(3): 602-604.
- [36] LARIVIERE M A, PORTEUS E L. Selling to the Newsvendor: an analysis of price-only contracts [J]. Manufacturing and Service Operations Management,2001, 3(4):293-305.
- [37] WANG Y. Joint pricing-production decisions in supply chains of complementary products with uncertain demand [J]. Operations Research, 2006, 54(6):1110-1127.
- [38] WANG Y, JIANG L, SHEN Z J. Channel Pperformance under consignment contract with revenue sharing [J]. Management Science, 2004, 50(1):34-47.
- [39] PETRUZZI N C, DADA M. Pricing and the Newsvendor Problem: a review with extensions operations research [J]. 1999, 47(2):183-194.
- [40] NASH J F. The bargaining problem [J]. Econometrica, 1950, 18(2):155-162.
- [41] KALAI E, SMORODINSKY M. Other solutions to Nash's bargaining problem [J]. Econometrica, 1975, 43(3): 513-518.
- [42] MUTHOO A. Bargaining theory with applications [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

(责任编辑:高虹)

