文章编号: 1001-0920(2017)08-1449-08 DOI: 10.13195/j.kzyjc.2016.0741

公平偏好行为下考虑质量和营销努力的定价策略

马 鹏[1†], 王海燕[2]

(1. 南京信息工程大学 经济管理学院，南京 210044；2. 东南大学 经济管理学院，南京 210096)

摘 要: 研究零售商公平偏好下考虑质量和营销努力的联合决策问题. 首先考虑制造商Stackelberg的情形,研究发现, 零售价格、批发价格、质量努力水平、营销努力水平以及制造商利润均随零售商嫉妒偏好系数的增大而递减,但是零售商利润关于其嫉妒偏好系数的变化不大;然后,考虑零售商Stackelberg的情形,研究发现,批发价格、质量努力水平、营销努力水平以及制造商利润均随零售商的同情偏好系数的增大而递增,零售商利润则随其同情偏好系数的增大而递减;最后进行算例分析,并给出一些管理学的意义.

关键词: 质量努力水平；营销努力水平；嫉妒偏好；同情偏好；定价策略

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Pricing strategies with fairness preference by considering quality and marketing efforts

MA Peng[1†], *WANG Hai-yan*[2]

(1. School of Economics and Management，Nanjing University of Information Science and Technology，Nanjing 210044，China；2. School of Economics and Management，Southeast University，Nanjing 210096，China)

Abstract: This paper studies the joint decision problem with retailer's fairness preference by considering the manufacturer's quality efforts and retailer's marketing efforts. In the manufacturer Stackelberg case, it is found that the retail price, the wholesale price, the quality efforts level, the marketing efforts level and the manufacturer's profit will decrease with the retailer's envy preference parameter, and the impact of the retailer's envy preference parameter on the retailer's profit is not constant. Then, in the retailer Stackelberg case, it is found that the wholesale price, the quality efforts level, the marketing efforts level, and the manufacturer's profit will increase with the retailer's sympathy preference parameter, and the retailer's profit will decrease with its sympathy preference parameter. Finally, a numerical example is given, and some managerial implications are derived.

Keywords: quality efforts level；marketing efforts level；envy preference；sympathy preference；pricing strategies

0 引 言

一个产品进入市场后的销售好坏直接影响到供应链成员的利润. 零售商可以采用不同的营销手段(如广告、展板、捆绑销售、团购促销、节假日促销等)来扩大产品的销售,从而增加其利润. 与此同时,制造商可以通过质量投入来扩大产品需求量. 为了满足顾客的个性化需求,制造商在提升产品内在质量的同时,也面临产品设计质量的投入. 为了提高产品的吸引力和产品的价值,制造商需要提供高质量的产品. 但是,生产高质量的产品需要更有技术的劳动者和高昂的原材料,从而导致产品生产成本较高.

Chase等[1]将产品的质量定义为设计的质量以及设计的舒适性,这两个方面都会对顾客产生很大的影响;Banker等[2]研究了产品质量和价格竞争;Ma等[3]研究了基于营销和质量努力的二级供应链的协调问题. 然后,Ma等[4]研究了基于营销和质量努力的供应链渠道策略选择及定价问题;浦徐进等[5]简化了Ma等[3-4]需求函数的形式,研究了需求依赖于零售价格和促销水平的促销努力激励机制问题.

一些经济学家通过很多行为经济学中的博弈实验(如最后通牒博弈、信任博弈、独裁者博弈、信任博弈、礼物交换博弈等)论证了以下事实:在实际

收稿日期: 2016-06-12；**修回日期:** 2016-08-29.

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(71390335)；国家自然科学基金项目(71601099)；江苏省自然科学基金项目(BK20160973)；教育部人文社会科学研究青年基金项目(15YJC630091)；江苏省高校自然科学研究面上项目(14KJB120005)；南京信息工程大学人才启动基金项目(S8113085001).

作者简介: 马鹏(1981−), 男, 讲师, 博士, 从事物流与供应链管理、行为运作管理的研究；王海燕(1966−), 男, 教授, 博士生导师, 从事物流与供应链管理等研究.

†通讯作者. E-mail: mapeng88@126.com

生活中,人们不仅关注自身利益的自利偏好,而且具有公平偏好行为,即人们不只是在一味地追求个人收益,同时也会考虑是否享有公平的收益分配或行为动机. 人们关于公平偏好行为的研究涉及以下两个方面:基于过程的公平偏好[6]和基于结果的公平偏好[7]. 那么零售商公平偏好下需求依赖于质量和营销努力水平下的渠道定价策略是什么?零售商公平偏好系数对供应链定价策略有什么影响?这些问题都是值得研究且有意义的问题.

1 相关研究评述

1.1 公平偏好行为下供应链契约设计和协调机制

近年来,行为运筹学与行为运营管理是一个非常新的且重要的研究领域,这一领域得益于行为经济学的发展以及行为经济学在运营管理中的应用. 在供应链契约设计方面的相关研究有:Cui等[8]研究了线性需求下供应链成员的公平偏好行为对渠道协调的影响;马利军等[9]研究了公平偏好下幂函数依赖性需求下的供应链协调问题;Caliskan-Demirag等[10]将文献[8]推广到需求为指数函数的情形;邢伟等[11]考虑了双渠道零售价格竞争的情形;毕功兵等[12]研究了公平偏好情形下销售回扣契约对协调供应链的影响; 李媛等[13]研究了制造商向具有公平偏好的零售商提供不同契约的供应链协调;柳键等[14]研究了服务集成商具有公平关切行为的服务供应链协调契约问题.

1.2 公平偏好行为下供应链定价策略

一些学者考虑了公平偏好行为的供应链定价策略. 如:杜少甫等[15]研究了零售商的公平偏好行为对供应链的影响;Wu等[16]对一般IGFR需求分布下的两级报童模型进行了公平偏好分析;Du等[17]研究了供应商和零售商都存在公平偏好行为时的二级供应链的报童模型;Yang等[18] 研究了零售商的公平偏好对存在合作广告下的供应链渠道的影响;傅强等[19]同时考虑横向公平和纵向公平偏好,将传统委托代理HM模型拓展为双代理人情形;王宣涛等[20]研究了顾客行为与零售商公平偏好下零售商的最优定价与订货量及供应链的协调. 还有一些学者将公平偏好行为引入闭环供应链的定价研究中,如张克勇[21]. 此外,陈俊霖等[22]研究了3人组供应链系统,通过学习效应行为实验,对比考察了备用供应商的公平偏好程度,以及制造商和备用供应商学习曲线的特点.

1.3 考虑质量和营销决策的供应链优化

Xu[23]研究了一个分销渠道的联合定价和产品质量决策问题. Hsieh等[24]研究了供应商和制造商组成供应链的质量投入和质量检测政策. Xie等[25]研究了风险厌恶供应链的质量投资和价格决策. 随后,Xie等[26]又研究了竞争供应链的质量投资问题. Saha[27]假设需求依赖于零售价格以及制造商的努力水平,研究了回馈诱导契约下的供应链协调问题. Liu等[28]基于两级物流服务供应链下的单周期质量协调模型,提出了多周期的质量协调模型. Giri等[29]研究了多制造商竞争的二级供应链的质量和价格决策. Seifbarghy等[30]考虑产品市场需求依赖于零售价格和质量程度,研究其契约设计. Hong等[31]研究了闭环供应链中的联合促销、定价和回收决策问题. 此外,Ma等[3-4]同时考虑了质量和营销双重决策,研究其渠道策略和渠道协调问题.

第1.1和1.2节的文献将公平偏好行为引入供应链的契约设计和定价中,大多假设需求依赖于零售价格或服从某种需求分布,有的考虑需求也依赖于服务或质量水平. 第1.3节主要综述了考虑质量和营销决策的问题. 目前,尚未发现考虑质量和营销双重努力且决策者具有公平偏好行为下的渠道定价策略. 在质量和营销双重因素同时存在的情形下,公平偏好行为对质量努力和营销努力的水平有何影响,以及该情形下供应链成员的绩效变化等都是值得研究的问题. 对此,本文研究公平偏好下制造商的质量努力水平和零售商的营销努力水平投入,以及供应链渠道定价策略. 同时还研究零售商的嫉妒偏好和同情偏好行为对制造商的质量努力水平、零售商的零售价格和营销努力水平,以及供应链绩效的影响,这是本文的创新点之一.

2 模 型

2.1 基本模型

考虑由一个零售商和一个制造商组成的二级供应链,类似于Ma等[3-4]方法,假设需求受零售价格(p)、制造商的质量努力水平(θ)以及零售商的营销努力水平(e)的影响,即

$$D = a - bp + \gamma e + \lambda\theta. \tag{1}$$

其中:a为市场规模;b为零售价格敏感系数;γ为零售商的营销水平对产品需求的影响程度;λ为制造商的质量努力水平对产品需求的影响程度;$\eta e^2/2$为零售商营销努力e时所花费的努力成本,η为营销努力成本系数;$k\theta^2/2$为制造商质量努力水平θ时所花费的努力成本,k为质量努力成本系数.

当零售商和制造商都是公平中性时,零售商和制造商的利润函数分别为

$$\Pi_r = (p-w)(a-bp+\gamma e+\lambda\theta) - \frac{\eta e^2}{2}, \tag{2}$$

$$\Pi_m = (w-c)(a-bp+\gamma e+\lambda\theta) - \frac{k\theta^2}{2}. \tag{3}$$

2.2 公平偏好模型

公平偏好行为是一种社会偏好行为,指人在关注个人自身利益的同时还会关注他人的利益,并比较是否公平[6]. 根据Fehr等[7]建立的基于收益公平的不公平厌恶模型,当零售商存在不公平厌恶时,其效用函数为

$$U_r(\Pi) = \Pi_r - \delta(\Pi_m - \Pi_r) - \delta_0(\Pi_r - \Pi_m). \tag{4}$$

其中: δ 为零售商的嫉妒偏好系数(不利不公平厌恶系数), δ_0 为零售商的同情偏好系数(有利不公平厌恶系数), $0<\delta_0<1, \delta \geqslant \delta_0 > 0$ (参见文献[8-11, 13, 16, 32]). 在本文中, 制造商Stackelberg的情况时零售商具有嫉妒偏好,零售商Stackelberg的情况时零售商具有同情偏好.

下面将分别研究零售商仅存在嫉妒偏好以及零售商仅存在同情偏好的情形,分别找出两种情形下供应链的最优决策.

3 零售商嫉妒偏好和同情偏好下供应链定价决策

3.1 制造商Stackelberg下只有零售商存在嫉妒偏好的情形(模型I)

为了方便,记模型I为制造商Stackelberg领导者的情形,模型II为零售商Stackelberg的情形. 下面研究零售商嫉妒偏好的情形下供应链最优决策模型,以及零售商的嫉妒偏好行为对供应链绩效的影响.

当零售商存在嫉妒偏好时,将式(2)和(3)代入(4),得到

$$U_r(\Pi) = (1+\delta)\left[(p-w)(a-bp+\gamma e+\lambda\theta) - \frac{\eta e^2}{2}\right] - \delta\left[(w-c)(a-bp+\gamma e+\lambda\theta) - \frac{k\theta^2}{2}\right]. \tag{5}$$

对式(5)求关于p和e的一阶和二阶导数,得到

$$\frac{\partial U_r(\Pi)}{\partial p} = (1+\delta)(-bp+\gamma e+\lambda\theta+a-(p-w)b) + \delta(w-c)b = 0, \tag{6}$$

$$\frac{\partial U_r(\Pi)}{\partial e} = (1+\delta)((p-w)\gamma - \eta e) - \delta(w-c)\gamma = 0, \tag{7}$$

$$\frac{\partial^2 U_r(\Pi)}{\partial p^2} = -2b(1+\delta),\ \frac{\partial^2 U_r(\Pi)}{\partial p\partial\theta} = \gamma(1+\delta),$$

$$\frac{\partial^2 U_r(\Pi)}{\partial e\partial p} = \gamma(1+\delta),\ \frac{\partial^2 U_r(\Pi)}{\partial e^2} = -\eta(1+\delta). \tag{8}$$

由式(8),得到$U_r(\Pi)$的黑塞矩阵

$$H(p,e) = \begin{bmatrix} -2b(1+\delta) & \gamma(1+\delta) \\ \gamma(1+\delta) & -\eta(1+\delta) \end{bmatrix}. \tag{9}$$

由式(9)可以看出, $|H_1(p,e)| = -2b(1+\delta) < 0$, 要使$|H_2(p,e)| > 0$成立,从而黑塞矩阵$H(p,e)$负定, 则$(2b\eta-\gamma^2)(1+\delta)^2 > 0$,即有$2b\eta > \gamma^2$恒成立. 因此,本文假设$2b\eta > \gamma^2$.

联立式(6)和(7),可得

$$p^* = -(-bc\delta\eta + 2b\delta\eta w + c\delta\gamma^2 + \delta\eta\lambda\theta - 2\delta\gamma^2 w + a\delta\eta + b\eta w + \eta\lambda\theta - \gamma^2 w + a\eta) \times \frac{1}{(1+\delta)(-2b\eta+\gamma^2)}, \tag{10}$$

$$e^* = -(bc\delta - 2b\delta w + \delta\lambda\theta + a\delta - bw + \lambda\theta + a)\gamma \times \frac{1}{(1+\delta)(-2b\eta+\gamma^2)}. \tag{11}$$

将式(10)和(11)代入(3),可得

$$\Pi_m = -\frac{(bc\delta - 2b\delta w + \delta\lambda\theta + a\delta - bw + \lambda\theta + a)b\eta}{(1+\delta)(-2b\eta+\gamma^2)} \times (w-c) - k\theta^2/2. \tag{12}$$

对式(12)分别求w和θ的一阶导数和二阶导数,可得

$$\frac{\partial \Pi_m}{\partial w} = -(b\eta(3bc\delta - 4b\delta w + \delta\lambda\theta + a\delta + bc - 2bw + \lambda\theta + a)) \times \frac{1}{(1+\delta)(-2b\eta+\gamma^2)} = 0, \tag{13}$$

$$\frac{\partial \Pi_m}{\partial \theta} = -\frac{(w-c)(\delta\lambda+\lambda)b\eta}{(1+\delta)(-2b\eta+\gamma^2)} - k\theta = 0, \tag{14}$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_m}{\partial w^2} = -\frac{2b^2\eta(1+2\delta)}{(1+\delta)(2b\eta-\gamma^2)},\ \frac{\partial^2 \Pi_m}{\partial w\partial\theta} = \frac{b\lambda\eta}{2b\eta-\gamma^2},$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_m}{\partial \theta^2} = -k,\ \frac{\partial^2 \Pi_m}{\partial\theta\partial w} = \frac{b\lambda\eta}{2b\eta-\gamma^2}. \tag{15}$$

由式(15),得到$\Pi_m(w,\theta)$的黑塞矩阵

$$H(w,\theta) = \begin{bmatrix} -\dfrac{2b^2\eta(1+2\delta)}{(1+\delta)(2b\eta-\gamma^2)} & \dfrac{b\lambda\eta}{2b\eta-\gamma^2} \\ \dfrac{b\lambda\eta}{2b\eta-\gamma^2} & -k \end{bmatrix}. \tag{16}$$

由式(16)看出

$$|H_1(w,\theta)| = -\frac{2b^2\eta(1+2\delta)}{(1+\delta)(2b\eta-\gamma^2)} < 0,$$

如果

$$|H_2(w,\theta)| = \frac{b^2\eta[2k(1+2\delta)(2b\eta-\gamma^2) - \lambda^2\eta(1+\delta)]}{(1+\delta)(2b\eta-\gamma^2)^2} > 0$$

成立,则$2k(1+2\delta)(2b\eta-\gamma^2)-\lambda^2\eta(1+\delta)>0$,从而黑塞矩阵$H(w,\theta)$负定. 因此,本文假设$2k(1+2\delta)(2b\eta-\gamma^2)-\lambda^2\eta(1+\delta)>0$.

联立式(13)和(14),可得

$$w^{I*}=(-6b^2c\delta\eta k+bc\delta\eta\lambda^2+3bc\delta\gamma^2k-2ab\delta\eta k+a\delta\gamma^2k-2b^2c\eta k+bc\eta\lambda^2+bc\gamma^2k-2ab\eta k+a\gamma^2k)\times\frac{1}{(-2(1+2\delta)(2b\eta-\gamma^2)k+(1+\delta)\lambda^2\eta)b},\tag{17}$$

$$\theta^{I*}=\frac{\lambda\eta(1+\delta)(a-bc)}{2(1+2\delta)(2b\eta-\gamma^2)k-(1+\delta)\lambda^2\eta}.\tag{18}$$

将式(17)和(18)代入(10)和(11),可得

$$p^{I*}=(-2b^2c\delta\eta k+bc\delta\eta\lambda^2+2bc\delta\gamma^2k-6ab\delta\eta k+2a\delta\gamma^2k-b^2c\eta k+bc\eta\lambda^2+bc\gamma^2k-3ab\eta k+a\gamma^2k)\times\frac{1}{(-2(1+2\delta)(2b\eta-\gamma^2)k+(1+\delta)\lambda^2\eta)b},\tag{19}$$

$$e^{I*}=\frac{k\gamma(1+2\delta)(a-bc)}{2(1+2\delta)(2b\eta-\gamma^2)k-(1+\delta)\lambda^2\eta}.\tag{20}$$

将式(17) ~ (20)代入(1) ~ (3),可得

$$D^{I*}=\frac{bk(1+2\delta)(a-bc)\eta}{2(1+2\delta)(2b\eta-\gamma^2)k-(1+\delta)\lambda^2\eta},\tag{21}$$

$$\Pi_r^{I*}=(k^2\eta(2b\eta-\gamma^2)(4\delta+1)(2\delta+1)(a-bc)^2)\times\frac{1}{2[2(1+2\delta)(2b\eta-\gamma^2)k-(1+\delta)\lambda^2\eta]^2},\tag{22}$$

$$\Pi_m^{I*}=\frac{(1+\delta)\eta k(a-bc)^2}{2[2(1+2\delta)(2b\eta-\gamma^2)k-(1+\delta)\lambda^2\eta]}.\tag{23}$$

定理1 对于所有的$\delta>0$,有$\frac{\partial e^{I*}}{\partial\delta}<0$, $\frac{\partial\theta^{I*}}{\partial\delta}<0$, $\frac{\partial w^{I*}}{\partial\delta}<0$, $\frac{\partial p^{I*}}{\partial\delta}<0$和$\frac{\partial D^{I*}}{\partial\delta}<0$.

证明 很容易计算

$$\frac{\partial e^{I*}}{\partial\delta}=\frac{-k\gamma\lambda^2\eta(a-bc)}{[2k(1+2\delta)(\gamma^2-2b\eta)+\lambda^2\eta(1+\delta)]^2}<0,$$

$$\frac{\partial\theta^{I*}}{\partial\delta}=\frac{-2\lambda\eta k(2b\eta-\gamma^2)(a-bc)}{[2k(1+2\delta)(\gamma^2-2b\eta)+\lambda^2\eta(1+\delta)]^2}<0,$$

$$\frac{\partial w^{I*}}{\partial\delta}=\frac{-2k^2(2b\eta-\gamma^2)^2(a-bc)}{[2k(1+2\delta)(\gamma^2-2b\eta)+\lambda^2\eta(1+\delta)]^2b}<0,$$

$$\frac{\partial p^{I*}}{\partial\delta}=\frac{k\lambda^2\eta(\gamma^2-3b\eta)(a-bc)}{[2k(1+2\delta)(\gamma^2-2b\eta)+\lambda^2\eta(1+\delta)]^2b}<0,$$

$$\frac{\partial D^{I*}}{\partial\delta}=\frac{bk\lambda^2\eta^2(a-bc)}{[2k(1+2\delta)(\gamma^2-2b\eta)+\lambda^2\eta(1+\delta)]^2}<0.$$

从而定理1得证. □

定理1说明:当零售商具有嫉妒偏好时,随着嫉妒偏好系数的增大,零售商营销努力水平减小,制造商质量努力水平减小,批发价格减小,零售商价格也减少,产品销售量减少.

定理2 1) 对于所有的$\delta>0$,有$\frac{\partial\Pi_m^{I*}}{\partial\delta}<0$;

2) 如果$4k(2b\eta-\gamma^2)-5\lambda^2\eta<0$,当$0<\delta<\frac{2k(2b\eta-\gamma^2)-2\lambda^2\eta}{5\lambda^2\eta-4k(2b\eta-\gamma^2)}$时,$\frac{\partial\Pi_r^{I*}}{\partial\delta}>0$;当$\delta>\frac{2k(2b\eta-\gamma^2)-2\lambda^2\eta}{5\lambda^2\eta-4k(2b\eta-\gamma^2)}$时,$\frac{\partial\Pi_r^{I*}}{\partial\delta}<0$. 如果$4k(2b\eta-\gamma^2)-5\lambda^2\eta>0$,则对于所有的$\delta>0$,有$\frac{\partial\Pi_r^{I*}}{\partial\delta}>0$.

证明 分别求Π_m^{I*}和Π_r^{I*}对δ的一阶导数,可得

$$\frac{\partial\Pi_m^{I*}}{\partial\delta}=\frac{\eta k^2(-2b\eta+\gamma^2)(a-bc)^2}{[2k(1+2\delta)(\gamma^2-2b\eta)+\lambda^2\eta(1+\delta)]^2}<0,$$

$$\frac{\partial\Pi_r^{I*}}{\partial\delta}=[(5\delta+2)\lambda^2\eta+2(1+2\delta)k(\gamma^2-2b\eta)]\times k^2\eta(2b\eta-\gamma^2)(a-bc)^2\times\frac{1}{[2k(1+2\delta)(\gamma^2-2b\eta)+\lambda^2\eta(1+\delta)]^3}.$$

因此,当$(5\delta+2)\lambda^2\eta+2(1+2\delta)k(\gamma^2-2b\eta)>0$时,如果$4k(2b\eta-\gamma^2)-5\lambda^2\eta<0$,即$\delta>\frac{2k(2b\eta-\gamma^2)-2\lambda^2\eta}{5\lambda^2\eta-4k(2b\eta-\gamma^2)}$,则有$\frac{\partial\Pi_r^{I*}}{\partial\delta}<0$;当$0<\delta<\frac{2k(2b\eta-\gamma^2)-2\lambda^2\eta}{5\lambda^2\eta-4k(2b\eta-\gamma^2)}$时,有$\frac{\partial\Pi_r^{I*}}{\partial\delta}>0$. 另一方面,如果$4k(2b\eta-\gamma^2)-5\lambda^2\eta>0$,则

$$(5\delta+2)\lambda^2\eta+2(1+2\delta)k(\gamma^2-2b\eta)>0\Leftrightarrow\delta<\frac{2k(2b\eta-\gamma^2)-2\lambda^2\eta}{5\lambda^2\eta-4k(2b\eta-\gamma^2)}<0,$$

因此,如果$4k(2b\eta-\gamma^2)-5\lambda^2\eta>0$,则对于所有的$\delta>0$,有$\frac{\partial\Pi_r^{I*}}{\partial\delta}>0$. □

3.2 零售商Stackelberg下只有零售商存在同情偏好的情形(模型II)

当零售商和制造商都是公平中性时,令$p-w=m$,则零售商和制造商的利润函数变为

$$\Pi_r = m(a - bw - bm + \gamma e + \lambda\theta) - \frac{\eta e^2}{2}, \tag{24}$$

$$\Pi_m = (w - c)(a - bw - bm + \gamma e + \lambda\theta) - \frac{k\theta^2}{2}. \tag{25}$$

此时零售商的决策变量为m和e,制造商的决策变量为w和θ. 当零售商具有同情偏好时,它的目标函数变为

$$U_r(\Pi) = \Pi_r - \delta_0(\Pi_r - \Pi_m) =$$
$$(1-\delta_0)\Big[m(a - bw - bm + \gamma e + \lambda\theta) - \frac{\eta e^2}{2}\Big] +$$
$$\delta_0(w - c)(a - bw - bm + \gamma e + \lambda\theta) - \frac{k\theta^2}{2}. \tag{26}$$

由于零售商是Stackelberg领导者,利用逆序归纳法,先求解制造商的最优决策. 分别求Π_m关于批发价格(w)和质量水平(θ)的一阶和二阶导数,得

$$\frac{\partial \Pi_m}{\partial w} = -bm - 2bw + \gamma e + \lambda\theta + a + bc = 0, \tag{27}$$

$$\frac{\partial \Pi_m}{\partial \theta} = (w - c)\lambda - k\theta = 0, \tag{28}$$

$$\frac{\partial^2 \Pi_m}{\partial w^2} = -2b,\ \frac{\partial^2 \Pi_m}{\partial w \partial \theta} = \lambda,\ \frac{\partial^2 \Pi_m}{\partial \theta^2} = -k,$$
$$\frac{\partial^2 \Pi_m}{\partial \theta \partial w} = \lambda. \tag{29}$$

由式(29)可得$\Pi_m(w,\theta)$的黑塞矩阵

$$H(w,\theta) = \begin{bmatrix} -2b & \lambda \\ \lambda & -k \end{bmatrix}. \tag{30}$$

由式(30)可以看出,$|H_1(w,\theta)| = -2b < 0$,如果$|H_2(w,\theta)| = 2bk - \lambda^2 > 0$,则黑塞矩阵$H(w,\theta)$负定. 因此,联立式(27)和(28),可得

$$w(m,e) = \frac{bck - bkm - c\lambda^2 + e\gamma k + ak}{2bk - \lambda^2}, \tag{31}$$

$$\theta(m,e) = \frac{\lambda(-bc - bm + e\gamma + a)}{2bk - \lambda^2}. \tag{32}$$

将式(31)和(32)代入(1)和(25), 可得

$$D(m,e) = \frac{bk(-bc - bm + e\gamma + a)}{2bk - \lambda^2}, \tag{33}$$

$$\Pi_m(m,e) = \frac{k(-bc - bm + e\gamma + a)^2}{2(2bk - \lambda^2)}. \tag{34}$$

将式(33)和(34)代入(26),可得

$$U_r(m,e) =$$
$$(1-\delta_0)\Big(m\Big(\frac{bk(-bc - bm + e\gamma + a)}{2bk - \lambda^2}\Big) -$$
$$\frac{1}{2}\eta e^2\Big) + \frac{1}{2}\frac{\delta_0 k(-bc - bm + e\gamma + a)^2}{2bk - \lambda^2}. \tag{35}$$

分别求$U_r(m,e)$关于m和e的一阶导数,可得

$$\frac{\partial U_r(m,e)}{\partial m} =$$
$$-bk(-2bc\delta_0 - 3bm\delta_0 + 2e\gamma\delta_0 + 2a\delta_0 +$$
$$bc + 2bm - e\gamma - a) \times \frac{1}{2bk - \lambda^2} = 0, \tag{36}$$

$$\frac{\partial U_r(m,e)}{\partial e} = (1-\delta_0)\Big(\frac{mbk\gamma}{2bk - \lambda^2} - \eta e\Big) +$$
$$\frac{\delta_0 k(-bc - bm + e\gamma + a)\gamma}{2bk - \lambda^2} = 0. \tag{37}$$

联立式(36)和(37),可得

$$m^{II*} = -\frac{(2\delta_0 - 1)(2bk - \lambda^2)(a - bc)}{\eta(2bk - \lambda^2)(2 - 3\delta_0) - \gamma^2 k(1 - \delta_0)}, \tag{38}$$

$$e^{II*} = \frac{(1-\delta_0)(a - bc)}{\eta(2bk - \lambda^2)(2 - 3\delta_0) - \gamma^2 k(1 - \delta_0)}. \tag{39}$$

将式(38)和(39)代入(31) ~ (34)及(24),可得

$$w^{II*} = (-5bc\eta k\delta_0 + 3c\lambda^2\eta\delta_0 + c\gamma^2 k\delta_0 -$$
$$a\eta k\delta_0 + 3bc\eta k - 2c\lambda^2\eta - c\gamma^2 k + a\eta k) \times$$
$$\frac{1}{\eta(2bk - \lambda^2)(2 - 3\delta_0) - \gamma^2 k(1 - \delta_0)},$$

$$\theta^{II*} = \frac{(1-\delta_0)(a - bc)}{\eta(2bk - \lambda^2)(2 - 3\delta_0) - \gamma^2 k(1 - \delta_0)},$$

$$D^{II*} = \frac{b\eta k(1-\delta_0)(a - bc)}{\eta(2bk - \lambda^2)(2 - 3\delta_0) - \gamma^2 k(1 - \delta_0)},$$

$$\Pi_m^{II*} = \frac{1}{2}\frac{\eta^2 k(1-\delta_0)^2(a - bc)^2(2bk - \lambda^2)}{[\eta(2bk - \lambda^2)(2 - 3\delta_0) - \gamma^2 k(1 - \delta_0)]^2},$$

$$\Pi_r^{II*} = \eta k(1-\delta_0)[2\eta(2bk - \lambda^2)(1 - 2\delta_0) +$$
$$\gamma^2 k(\delta_0 - 1)](a - bc)^2 \times$$
$$\frac{1}{2(\eta(2bk - \lambda^2)(2 - 3\delta_0) - \gamma^2 k(1 - \delta_0))^2}.$$

定理3 1) 对于所有的$0 < \delta_0 < 1$,有$\dfrac{\partial e^{II*}}{\partial \delta_0} > 0$, $\dfrac{\partial \theta^{II*}}{\partial \delta_0} > 0$, $\dfrac{\partial w^{II*}}{\partial \delta_0} > 0$;

2) 当$0 \leqslant \lambda \leqslant \sqrt{\dfrac{k(2b\eta - \gamma^2)}{\eta}}$时, $\dfrac{\partial m^{II*}}{\partial \delta_0} \leqslant 0$; 当$\sqrt{\dfrac{k(2b\eta - \gamma^2)}{\eta}} < \lambda < \sqrt{2bk}$时, $\dfrac{\partial m^{II*}}{\partial \delta_0} > 0$; 当$\lambda \geqslant \sqrt{2bk}$, $\dfrac{\partial m^{II*}}{\partial \delta_0} \leqslant 0$.

证明 分别求e^{II*}, θ^{II*}, w^{II*}和m^{II*}对δ_0的一阶导数,可得

$$\frac{\partial e^{II*}}{\partial \delta_0} =$$
$$\frac{k\gamma\eta(2bk - \lambda^2)(a - bc)}{[\eta(2bk - \lambda^2)(2 - 3\delta_0) - \gamma^2 k(1 - \delta_0)]^2} > 0,$$

$$\frac{\partial \theta^{II*}}{\partial \delta_0} =$$
$$\frac{\eta^2\lambda(2bk - \lambda^2)(a - bc)}{[\eta(2bk - \lambda^2)(2 - 3\delta_0) - \gamma^2 k(1 - \delta_0)]^2} > 0,$$

$$\frac{\partial w^{II*}}{\partial \delta_0} =$$

$$\frac{\eta^2 k(2bk-\lambda^2)(a-bc)}{(\eta(2bk-\lambda^2)(2-3\delta_0)-\gamma^2 k(1-\delta_0))^2} > 0,$$

$$\frac{\partial m^{II*}}{\partial \delta_0} =$$

$$\eta(-\eta(2bk-\lambda^2)^2+\gamma^2 k^2(2b-\lambda^2))(a-bc)\times$$

$$\frac{1}{2(\eta(2bk-\lambda^2)(2-3\delta_0)-\gamma^2 k(1-\delta_0))^2 b}.$$

令$F(\lambda)=-\eta(2bk-\lambda^2)^2+\gamma^2k^2(2b-\lambda^2)$,可以求出方程$F(\lambda)=0$的4个根,即

$$\lambda_1=-\sqrt{\frac{k(2b\eta-\gamma^2)}{\eta}},\ \lambda_2=-\sqrt{2bk},$$

$$\lambda_3=\sqrt{\frac{k(2b\eta-\gamma^2)}{\eta}},\ \lambda_4=\sqrt{2bk}.$$

因此,当$0\leqslant\lambda\leqslant\sqrt{\frac{k(2b\eta-\gamma^2)}{\eta}}$时,$\frac{\partial m^{II*}}{\partial\delta_0}\leqslant 0$;当$\sqrt{\frac{k(2b\eta-\gamma^2)}{\eta}}<\lambda<\sqrt{2bk}$时,$\frac{\partial m^{II*}}{\partial\delta_0}>0$;当$\lambda\geqslant\sqrt{2bk}$时,$\frac{\partial m^{II*}}{\partial\delta_0}\leqslant 0$. □

定理4 1) 对于所有的$0<\delta_0<1$,有$\frac{\partial \Pi_m^{I*}}{\partial\delta_0}>0$;

2) 对于所有的$0<\delta_0<1$,有$\frac{\partial \Pi_r^{I*}}{\partial\delta}<0$.

证明 分别求Π_m^{II*}和Π_r^{II*}对δ_0的一阶导数,可得

$$\frac{\partial \Pi_m^{II*}}{\partial\delta_0}=$$

$$\frac{\eta^3 k(1-\delta_0)(2bk-\lambda^2)^2(a-bc)^2}{[\eta(2bk-\lambda^2)(2-3\delta_0)-\gamma^2k(1-\delta_0)]^3}>0,$$

$$\frac{\partial \Pi_r^{II*}}{\partial\delta_0}=$$

$$\frac{-\eta^3 k\delta_0(2bk-\lambda)^2(a-bc)^2}{[\eta(2bk-\lambda^2)(2-3\delta_0)-\gamma^2k(1-\delta_0)]^3}<0.$$

从而定理4得证. □

4 算例分析

4.1 零售商的嫉妒偏好系数对营销努力、质量努力和供应链绩效的影响(模型I)

假设$a=5,\gamma=0.5,k=2,\lambda=1,\eta=1,b=1$和$c=1$. 图1说明:零售商的营销努力水平和制造商的质量努力水平随着零售商的嫉妒偏好系数的增大而减小. 质量努力水平随着零售商的嫉妒偏好系数的增大而快速递减,而零售商的营销努力水平关于其嫉妒偏好系数的变化较小,相对比较稳定.

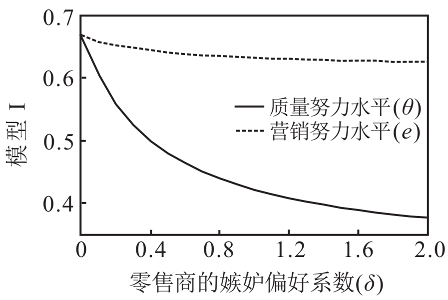

图1 零售商的嫉妒偏好系数对质量努力水平和营销努力水平的影响

图2说明:零售商的利润关于其嫉妒偏好系数递增;制造商的利润关于零售商的嫉妒偏好系数的增大而递减;当零售商的嫉妒偏好系数大于某个值时,零售商的利润大于制造商的利润. 可见零售商的嫉妒偏好相当于增大了其谈判能力.

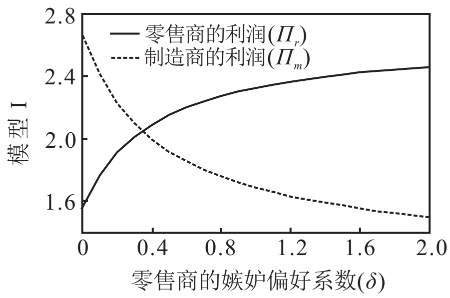

图2 零售商的嫉妒偏好系数对零售商和制造商利润的影响

图3说明,整体而言,在本文考虑的这种情形下,供应链的总利润随着零售商的嫉妒偏好系数的增大而递减.

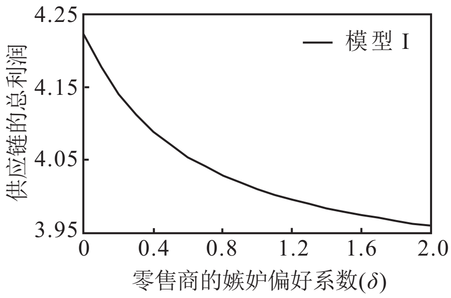

图3 零售商的嫉妒偏好系数对供应链总利润的影响

4.2 零售商的同情偏好系数对质量努力、营销努力及供应链绩效的影响(模型II)

假设$a=5,\gamma=0.5,\lambda=1,\eta=1,b=1$和$c=1$. 当$k=2$时,$e^{II*}=\theta^{II*}$. 因此本文考虑$k=1.5$和$k=2.5$两种情形. 图4～图6分别描述了零售商同情偏好系数对质量努力水平、营销努力水平以及供应链绩效的影响.

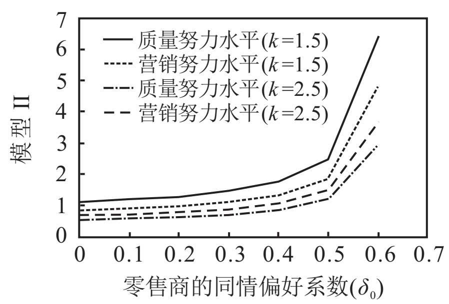

图4 零售商的同情偏好系数对质量努力水平和营销努力水平的影响

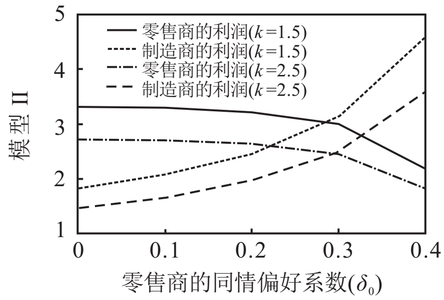

图 5　零售商的同情偏好系数对零售商和制造商利润的影响

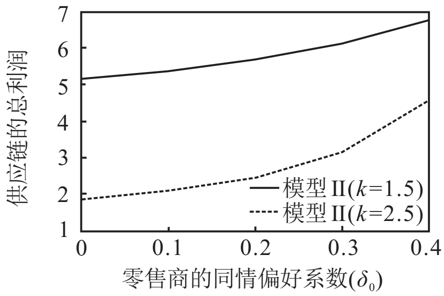

图 6　零售商的同情偏好系数对供应链总利润的影响

图4显示,当质量成本系数相对较小时 ($k = 1.5$),质量努力水平和营销努力水平都高于质量努力系数相对较大的情形. 当质量努力成本系数相对较小时,质量努力水平大于营销努力水平;当质量努力成本系数相对较大时,营销努力水平大于质量努力水平.

图5显示,零售商的利润随其同情偏好系数的增大而递减,制造商的利润则随零售商的同情偏好系数的增大而增大. 当制造商的质量努力成本系数相对较小时 ($k = 1.5$),零售商和制造商的利润都相对较大.

图6显示,当制造商的质量努力成本系数相对较小时 ($k = 1.5$),供应链的总利润相对较大. 这是因为当制造商的质量努力成本系数相对较小时,零售商的营销努力水平和制造商的质量努力水平相对较大.

5 结　论

在市场需求依赖于质量努力水平、营销努力水平和零售价格的情况下,本文研究了零售商的零售价格和营销努力水平、制造商的质量努力水平的最优决策问题,以及零售商的嫉妒偏好和同情偏好对制造商质量努力水平、零售商的营销努力水平及供应链绩效的影响. 首先,研究了制造商Stackelberg领导者的情形,发现:零售价格、批发价格、质量努力水平、营销努力水平,以及制造商的利润关于嫉妒偏好系数递减;而当零售商的嫉妒偏好系数较小时,零售商利润随着嫉妒偏好系数的增大而增大;当零售商的嫉妒偏好系数较大时,零售商的利润关于其嫉妒偏好系数递减. 然后,研究了零售商Stackelberg领导者的情形,发现:批发价格、质量努力水平、营销努力水平,以及制造商的利润关于同情偏好系数递增;而零售商的利润关于其同情偏好系数递减. 最后,通过算例分析给出一些管理学的启示.

本文考虑了需求依赖于零售价格、质量努力水平和营销努力水平的情形,但并没有考虑零售商的公平偏好行为信息不对称的情形. 后续研究可以将模型推广到零售商公平偏好行为信息不对称情形下的渠道定价问题.

参考文献(References)

[1] Chase R B, Aquilano N J. Production and operations management: A life cycle approach[M]. Homewood, 1992: 1-853.

[2] Banker R D, Khosla I, Sinha K K. Quality and competition[J]. Management Science, 1998, 44(9): 1179-1192.

[3] Ma P, Wang H, Shang J. Contract design for two-stage supply chain coordination: Integrating manufacturer-quality and retailer-marketing efforts[J]. Int J of Production Economics, 2013, 146(2): 745-755.

[4] Ma P, Wang H, Shang J. Supply chain channel strategies with quality and marketing effort-dependent demand[J]. Int J of Production Economics, 2013, 144(2): 572-581.

[5] 浦徐进, 龚磊, 张兴. 考虑零售商公平偏好的促销努力激励机制设计[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(9): 2272-2279.
(Pu X J, Gong L, Zhang X. The incentive mechanism design for promotion effort considering the retailer's fairness preference[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2015, 35(9): 2272-2279.)

[6] Rabin M. Incorporating fairness into game theory and economics[J]. American Economic Review, 1993, 83(5): 1281-1302.

[7] Fehr E, Schmidt K. A theory of fairness, competition and cooperation[J]. Quarterly J of Economics, 1999, 114(3): 817-868.

[8] Cui T H, Raju J S, Zhang Z J. Fairness and channel coordination[J]. Management Science, 2007, 53(8): 1303-1314.

[9] 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.
(Ma L J, Zeng Q H, Shao X J. Channel coordination with fairness concerns under power-form demand[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2013, 33(12): 3009-3019.)

[10] Caliskan-Demirag O, Chen Y, Li J. Channel coordination under fairness concerns and nonlinear demand[J]. European J of Operational Research, 2010, 207(3): 1321-1326.

[11] 邢伟, 汪寿阳, 赵秋红, 等. 考虑渠道公平的双渠道供

应链均衡策略[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(7): 1249-1256.
(Xing W, Wang S Y, Zhao Q H, et al. Impact of fairness on strategies in dual-channel supply chain[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2011, 31(7): 1249-1256.)

[12] 毕功兵, 何仕华, 罗艳, 等. 公平偏好下销售回扣契约供应链协调[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(10): 2505-2512.
(Bi G B, He S H, Luo Y, et al. Supply chain coordination with sales-rebate contract under fairness preferences[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2013, 33(10): 2505-2512.)

[13] 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.
(Li Y, Zhao D Z. Low-carbonization supply chain coordination with contracts considering fairness preference[J]. J of Industrial Engineering and Engineering Management, 2015, 29(1): 156-161.)

[14] 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.
(Liu J, Shu S L. Coordination contract of service supply chain considering fairness concerns[J]. Control and Decision, 2015, 30(1): 98-104.)

[15] 杜少甫, 朱贾昂, 高冬, 等. Nash讨价还价公平参考下的供应链优化决策[J]. 管理科学学报, 2013, 16(3): 68-81.
(Du S F, Zhu J A, Gao D, et al. Optimal decision-making for Nash bargaining fairness concerned newsvendor in two-level supply chain[J]. J of Management Sciences in China, 2013, 16(3): 68-81.)

[16] Wu X, Niederhoff J A. Fairness in selling to the newsvendor[J]. Production and Operations Management, 2014, 23(1): 2002-2022.

[17] Du S, Nie T, Chu C, et al. Newsvendor model for a dyadic supply chain with Nash bargaining fairness concerns[J]. Int J of Production Research, 2014, 52(17): 5070-5085.

[18] Yang J, Xie J, Deng X, et al. Cooperative advertising in a distribution channel with fairness concerns[J]. European J of Operational Research, 2013, 227(2): 401-407.

[19] 傅强, 朱浩. 基于公共偏好理论的激励机制研究 —— 兼顾横向公平偏好和纵向公平偏好[J]. 管理工程学报, 2014, 28(3): 190-195.
(Fu Q, Zhu H. Incentive mechanisms based on fairness preference theory — Give consideration to both vertical and horizontal fairness concerns[J]. J of Industrial Engineering and Engineering Management, 2014, 28(3): 190-195.)

[20] 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.
(Wang X T, Zhang Y L. Pricing for perishable products and supply chain coordination with considering customer behavior and the retailer's fairness concerns[J]. J of Industrial Engineering and Engineering Management, 2015, 29(1): 89-97.)

[21] 张克勇. 互惠偏好下的闭环供应链系统定价决策分析[J]. 控制与决策, 2015, 30(9): 1717-1722.
(Zhang K Y. Analysis on closed-loop supply chain pricing decision under reciprocity preference[J]. Control and Decision, 2015, 30(9): 1717-1722.)

[22] 陈俊霖, 赵晓波, 宋亚楠, 等. 一类供应链中考虑公平关切的学习效应行为实验研究[J]. 运筹与管理, 2015, 24(2): 20-28.
(Chen J L, Zhao X B, Song Y N, et al. An experimental study of fairness and learning in a triadic supply chain[J]. Operations Research and Management Science, 2015, 24(2): 20-28.)

[23] Xu X. Optimal price and product quality decisions in a distribution channel[J]. Management Science, 2009, 55(8): 1347-1352.

[24] Hsieh C C, Liu Y T. Quality investment and inspection policy in a supplier-manufacturer supply chain[J]. European J of Operational Research, 2010, 202(3): 717-729.

[25] Xie G, Yue W, Wang S, et al. Quality investment and price decision in a risk-averse supply chain[J]. European J of Operational Research, 2011, 214(2): 403-410.

[26] Xie G, Wang S, Lai K K. Quality improvement in competing supply chains[J]. Int J of Production Economics, 2011, 134(1): 262-270.

[27] Saha S. Supply chain coordination through rebate induced contracts[J]. Transportation Research Part E, 2013, 50: 120-137.

[28] Liu W H, Xie D, Xu X C. Quality supervision and coordination of logistic service supply chain under multi-period conditions[J]. Int J of Production Economics, 2013, 142(2): 353-361.

[29] Giri B C, Chakraborty A, Maiti T. Quality and pricing decisions in a two-echelon supply chain under multi-manufacturer competition[J]. Int J of Advanced Manufacturing Technology 2015, 78(9-12): 1927-1941.

[30] Seifbarghy M, Nouhi K, Mahmoudi A. Contract design in a supply chain considering price and quality dependent demand with customer segmentation[J]. Int J of Production Economics, 2015, 167: 108-118.

[31] Hong X, Xu L, Du P, et al. Joint advertising, pricing and collection decisions in a closed-loop supply chain[J]. Int J of Production Economics, 2015, 167: 12-22.

[32] 浦徐进, 金德龙. 公平偏好、参照点效应和三级供应链的运作[J]. 控制与决策, 2015, 30(5): 859-864.
(Pu X J, Jin D L. Fairness preference, reference point effect and operation research in three layer supply chains[J]. Control and Decision, 2015, 30(5): 859-864.)

（责任编辑：李君玲）