

考虑行为外部性的多零售商销售努力激励^①

孟庆峰¹, 盛昭瀚², 陈敬贤³, 李真⁴

(1. 江苏大学管理学院, 镇江 212013; 2. 南京大学社会科学计算实验中心, 南京 210093;
3. 南通大学商学院, 南通 226019; 4. 江苏科技大学经济管理学院, 镇江 212003)

摘要: 构建了制造商通过销售回馈与惩罚契约来对具有公平偏好的零售商群体的销售努力进行激励的计算实验模型. 研究了零售商之间的行为外部性对激励效果产生的影响, 并将 EWA 算法引入到制造商动态调整奖励与惩罚力度过程中以改善自身收益, 为制造商在多周期激励过程中合理利用零售商间的行为外部性、合理制定奖惩力度提供理论依据. 实验结果表明: 制造商应采取措施尽量使零售商之间销售行为的外部性保持较低程度; 在多周期激励过程中, 制造商采用动态激励方式会优于保持奖惩力度不变的静态激励方式; 动态调整奖惩力度会极大程度影响被奖励零售商群体的销售努力水平, 但并不会影响被惩罚零售商销售努力水平的演化趋势.

关键词: 销售努力; 行为外部性; 公平偏好; 销售回馈与惩罚契约; 计算实验

中图分类号: F274 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2014)12-0001-14

0 引言

现实情况下, 零售商的销售努力行为能够影响市场需求. 例如雇佣更多的市场营销人员、将产品放在货架的醒目位置、增加广告投入等^[1]. 对于制造商而言, 希望零售商不断提高销售努力水平以增加其产品销量, 如果仅由零售商一方承担因销售努力而导致的成本, 那么零售商只会选择对自己最有利的努力水平. 制造商必须补偿零售商为了提高销售量所付出的努力而导致的相关费用, 才能激励零售商提高销售努力水平.

但在供应链管理实践中, 制造商对零售商的销售努力进行补偿在一定情况下并不具有可操作性. 首先, 零售商的销售努力水平在很多情况下并不能被制造商观测到, 即使对于零售商所承诺的努力水平, 制造商也并不能进行时时监督, 比如是

否对每一个顾客都推销了制造商的产品. 其次, 零售商的销售努力成本对于制造商而言属于私有信息, 存在信息不对称情况. 再则, 零售商在一般情况下并不只卖一个制造商的产品, 因而制造商无法确定零售商的销售努力是否仅为了增加其所提供产品的销售量, 比如零售商通过培训提高销售人员的销售水平等活动. 基于上述原因, 制造商无法在合同条款中明确规定零售商的销售努力活动及努力水平^[2]. 因此, 在零售商的销售努力影响需求情况下, 制造商通过何种激励方式来促使零售商选择合适的努力水平, 是管理者需考虑的现实而又亟待解决的问题.

一些学者针对销售努力激励以及相应的供应链协调等问题进行了相关研究. Wang 和 Gerchak^[3]将商品货架空间作为零售商的努力变量, 研究了制造商以库存补助作为补偿方式来刺激零

① 收稿日期: 2012-06-05; 修订日期: 2013-07-22.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71301062; 71373103; 71471076; 71401082); 教育部人文社会科学研究青年基金资助项目(13YJCZH130; 13YJCZH095); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20133227120018); 中国博士后科学基金资助项目(2012M521024; 2013M531294); 江苏大学高级人才科研启动基金资助项目(12JDG135).

作者简介: 孟庆峰(1982—), 男, 辽宁铁岭人, 博士后, 讲师. Email: mqf1105@163.com

售商的努力活动. Taylor^[4] 证明在退货政策中引入回馈策略可以实现供应链协作, 两者结合可以诱使零售商投入最优的促销努力水平. Krishnan 等^[5] 分析了零售商能够观测到市场的实际需求信号, 然后再进行促销努力水平决策情况下的协调问题, 研究表明此种情况仍会误导零售商的促销努力. Cachon 和 Lariviere^[6] 证明了需求和努力因素具有相关性的前提下, 常见的契约中只有数量折扣契约能够实现供应链协调, 该契约使得制造商获得固定比例的预期销售收入, 而零售商则保留所有实现的销售收入, 从而使得零售商能够优化其努力水平. Mukhopadhyay 等^[7] 设置了制造商提供两种合同模式(特许经营合同和转售价格维持合同) 供零售商自由选择, 以期揭示出零售商销售努力成本等私有信息, 研究表明对于某种合同形式的选择取决于零售商的盈利水平以及成本类型. Lau 等^[8] 针对市场需求同时受价格与销售努力影响的情况, 研究了总额折扣对供应链绩效的影响. Xing 和 Liu^[9] 则针对双渠道竞争零售商之间的搭便车行为展开研究, 并设计了价格匹配与选择补偿折扣契约来改善零售实体店的销售努力. Lee 和 Yang^[10] 采用两阶段博弈研究了一个企业与两个销售代理人(处于不同区域) 之间的最优激励策略问题, 分析了销售目标与代理人之间的竞争程度对各主体决策的影响. Saha^[11] 在销售努力影响需求情况下, 分析了 3 种不同类型契约的协调效果.

国内学者较多基于委托代理理论针对此问题展开研究. 霍佳震等^[12] 分析了长期合作期望下供应链信号传递和信息甄别的博弈形式, 并给出了量化的分析与描述. 曹柬等^[13] 结合 Stackelberg 博弈模型和激励机制理论, 分别研究了不对称信息为离散类型和连续类型情况下的线性分成制契约设计过程. 田厚平和刘长贤^[14] 针对信息非对称条件下制造商如何激励分销商提高销售努力的问题展开研究, 分析了分销商销售能力、信息价值等对激励的影响. 鲁其辉和朱道立^[15] 则分析了成本共担策略能提高供应链绩效的条件及其对供应链的影响和价值. 田厚平和刘长贤^[16] 给出基于线性合约的双目标混合激励模型, 并通过模型求解得到并刻画了最优合约的 3 个特征. 徐绪松和郑小京^[17] 则基于委托代理关系给出了供应链道德风

险的定义, 并采用复杂网络分析方法证明了供应链道德风险复杂网络拓扑特性的演化规律.

上述研究均将决策者视为完全理性, 即决策者总以利益最大化作为决策准则. 而行为科学研究表明, 现实生活中主体往往对公平表现出极大关注, 即具有公平偏好. 在公平偏好行为倾向作用下, 人们有可能会在感到不公平时以己方利益受损为代价采取行动达到惩罚对方的目的. 许多实证或实验研究均证实了这种行为倾向的存在^[18-19]. Cui 等^[20] 将公平偏好引入报童背景研究其对供应链契约的影响, 发现如果供应链成员关注公平, 那么制造商就可以通过高于边际成本的批发价促成协调, 使系统利润和效用同时最优. Ho 和 Zhang^[21] 证实了公平偏好在供应链契约实施中确实存在, 但只给出了描述性的公平偏好效用函数. Loch 和 Wu^[22] 通过实验证明了在供应链交易过程中各主体的决策行为并非追求经济利益最大化, 公平偏好会导致供应链整体效率降低. Ozgun 等^[23] 在文献[20]的基础上, 将需求函数由线性需求扩展为非线性需求, 研究表明当零售商具有公平偏好时, 非线性需求更有利于供应链实现协调. 由此可见, 制造商如果想取得较好的激励效果, 就不能忽略零售商个体的公平偏好. Katoka 和 Pavlov^[24] 等则认为参与者的公平偏好属于私有信息, 从而解释了契约实证研究中的诸多问题, 如拒绝、低效率等, 并指出理论上可以协调的契约在实证中无法协调的主要原因是信息不对称. Yang 等^[25] 针对已有合作广告模型不能实现销售渠道协调的问题, 研究当零售商具有公平偏好且模型参数满足一定条件时却能够实现渠道协调.

国内学者杜少甫等^[26] 在传统两阶段供应链中引入公平关切, 分别探讨了零售商的公平关切行为倾向对批发价契约、收益共享契约和回购契约等协调性的影响. 孟庆峰等^[27] 将制造商对零部件的基本质量要求作为供应商的约束机制, 将收益共享契约作为质量改进的激励机制, 将公平偏好引入到多阶段群体激励中, 研究了公平偏好对激励效果的影响. 杜少甫等^[28] 基于 Nash 讨价还价博弈思想建立公平参考框架, 构建公平关切效用体系, 以此为基础对报童模型展开行为研究, 探讨了零售商的公平关切行为倾向对供应链的影响.

此外, 已有研究一般仅针对一对一供应链结

构下的销售努力激励问题进行研究. 现实情况下, 制造商所面对的激励对象是零售商群体, 例如联想就面对国美、苏宁以及多家专卖店所组成的多分销渠道. 对于销售同一产品的零售商而言, 零售商之间除了竞争关系以外, 往往还具有行为的外部性. 比如, 当零售商采用广告、产品试用等促销行为时, 却有可能对其他零售商的销售量产生正的影响. 消费者通过该零售商的广告宣传或产品试用, 从而产生了购买动机, 但有可能在其他零售商处进行购买, 从而造成零售商之间“搭便车”的现象^[29]. 因此, 制造商在对具有公平心理偏好的零售商群体进行销售努力激励时, 应考虑零售商之间的行为外部性对其激励效果产生的影响.

通过对上述文献分析表明, 制造商在面对零售商销售努力不可观察、销售成本信息不可获取等道德风险问题时, 通常的解决方法是制造商应根据零售商的销售业绩和顾客满意度等可观察到的结果来对其努力成本进行补偿, 已有研究表明销售回馈与惩罚契约 (sales rebate and penalty contract, SRP) 能够实现此情况下的供应链协调^[30-31]. 所谓销售回馈与惩罚契约, 就是当零售商销售规模达到一定水平时, 制造商对零售商的超额销售给予一定比例的奖励, 反之则给予相应的惩罚. 这种激励方式应用非常普遍, 比如国内许多汽车厂家均采用此方式激励销售商增加销售量. 基于此, 本文设计了制造商通过销售回馈与惩罚契约来对具有公平心理偏好的零售商的销售努力进行激励, 研究零售商之间的行为外部性对激励效果产生的影响; 在此基础上, 将 EWA (experience weighted attraction) 算法^[32] 引入到制造商动态调整奖励与惩罚力度过程中以最大化自身收益, 旨在为被激励对象存在公平心理偏好情况下, 制造商设计合理的奖惩力度、合理的利用零售商间的行为外部性提供依据.

由于供应链系统中涉及众多异质性且具有自主决策能力的主体, 这些主体能够根据外部环境变化、其他主体策略改变、自身公平感知等因素相应地调整自己的行为, 因此主体与环境之间以及主体与主体之间的交互常常表现出非线性的、动态且密切的关系. 基于上述原因, 本文采用计算实验方法来构建模型, 利用基于 Multi-Agent 方法和相应的面向对象编程技术, 产生供应链系统中的

参与主体, 通过参与主体的交互作用, 自下而上的“涌现”出系统的各种行为和现象^[33]. 通过构建可控制且可重复的可计算实验模型, 模拟各成员的相互作用及其整体现象, 既考虑制造商、零售商个体行为的微观层面, 也考虑群体行为的宏观表现, 抽取和分析感兴趣的参数变化对各主体策略选择及绩效的影响. 通过对实验结果的对比分析得出积极的管理启示.

1 主体 Agent 设计

1.1 消费者 Agent 设计

实验模型中包含 1 个制造商、 M 个零售商与 N 个消费者. 消费者采用效用阈值的方式进行购买, 即 u_{ci} 为消费者 i 产生购买动机的效用阈值, 当零售商 i 的销售努力水平 e_{ci} 高于 u_{ci} 时, 消费者会产生购买动机, 从而产生购买行为, 否则将不购买. 现实情况下, 消费者在购买过程中不可能对所有的零售商均进行比较, 而是具有一定的搜索范围, 因此本模型假设每个消费者均在一定的范围内选择零售商, 即存在搜索范围 a_{ci} .

零售商之间的行为外部性主要表现在当消费者产生购买动机后, 并非一定在销售努力水平最高的零售商处购买, 而有可能在其他零售商处购买, 从而导致所谓零售商之间销售努力的“搭便车”行为. 因此本模型假设消费者群体中有比例 p_c 的消费者在产生购买动机后会在销售努力水平最好的零售商处购买, 而有 $(1 - p_c)$ 比例的消费者在其产生购买动机后将在其搜索范围 a_{ci} 内随机选择一家零售商进行购买. 当所有消费者均决策是否购买且完成购买行为后, 各零售商能够相应确定出其产品的实际销售量.

1.2 制造商 Agent 设计

制造商为了激励零售商 i 提高销售其产品的努力程度, 从而提高其产品销售量, 为零售商 i 提供了依赖其销售量的销售回馈与惩罚契约, 假设零售商均与制造商签订了此契约. 制造商向零售商 i 的转移支付为

$$T(s_{it}) = \chi(s_{it} - s_{iT}) \quad (1)$$

式中 s_{it} 为零售商 i 的产品实际销售量; s_{iT} 为制造商所设定的目标销售量, 即零售商 i 要得到奖励

所要达到的最低销售量,否则就会得到负的转移支付,负的转移支付表示零售商由于不能达到目标销售量而向制造商缴纳的罚金; χ 为转移支付系数,表示当零售商*i*的销售量超过或低于规定的目标销售量 s_{iT} 时每增加(或少于)单位销售量应得到的转移支付的大小.为方便论述,制造商和零售商组成的供应链称之为渠道,因此制造商在与零售商渠道*i*的收益为

$$\pi_{mi} = (w_m - c_m) s_{ri} - T(s_{ri}) \quad (2)$$

式中 w_m 为制造商的产品批发价格; c_m 为单位产品生产成本,制造商的总收益 π_m 为其在各渠道的收益之和,即 $\pi_m = \sum_{i=1}^M \pi_{mi}$,其目标销售量 s_{iT} 的制定则与每一期零售商总销售量呈一定比例 η ,即

$$s_{iT} = \eta \frac{\sum_{i=1}^M s_{ri}}{M}$$

现实情况下,供应链中的成员均是具有适应能力和学习能力的主体,能够根据自己过去的策略和对将来的预期对当前策略进行适当调整,因此本文采用EWA算法来模拟制造商主体的智能性与学习性.EWA算法假设每一个策略都有一个数值化的吸引力指数,并通过一定的规则决定选择每个策略的概率,其具体公式如下

$$N(t) = \rho N(t-1) + 1 \quad (3)$$

$$A_{ms}(t) = \frac{N(t-1) \varphi A_{ms}(t-1) + [\partial + (1-\partial) I(s)] U_m(s)}{N(t)} \quad (4)$$

式中 $N(t)$ 表示经验权重; ρ 表示过去经验的折现因子; $A_{ms}(t)$ 表示策略*s*对制造商的吸引力指数,如果吸引力指数越大,就越有可能采用该策略; φ 表示过去吸引力指数的折现因子; ∂ 是给未选策略支付或机会成本的折现因子. ∂ 的值越大,表明该个体更加重视该策略或对该策略的预期越高; $I(s)$ 是示性函数,表示制造商是否采用策略*s*; $U_m(s)$ 是制造商采用了策略*s*后的效用,本文将采用制造商两个交易期的利润差值来表示效用,即 $U_m(s) = \pi_m(t+1) - \pi_m(t)$.

如果 $I(s) = 1$ ($s = 1, 2, 3$),即策略*s*在时间*t*被采用,则有

$$A_{ms}(t) = \frac{N(t-1) \varphi A_{ms}(t-1) + U_m(s)}{N(t)} \quad (5)$$

如果 $I(s) = 0$,即策略*s*在时间*t*没有被采用,则有

$$A_{ms}(t) = \frac{N(t-1) \varphi A_{ms}(t-1) + \partial U_m(s)}{N(t)} \quad (6)$$

在EWA算法中,制造商选择某个策略是随机的,由吸引力指数来决定每个策略相应被采用的概率.因此吸引力指数越大的策略被选择的可能性就越高.本文采用Logit反应函数^[32]来表述主体选择策略*s*的概率

$$\text{Prob}_s(t+1) = \frac{e^{\lambda A_{ms}(t)}}{\sum_{s=1}^3 e^{\lambda A_{ms}(t)}} \quad (7)$$

式中 λ 为吸引力指数在策略决策中的敏感度.制造商可选择的策略*s*共有3种,当*s* = 1时,表示制造商将奖惩力度 χ 提高 ε ,当*s* = 2时,表示制造商保持上期奖惩力度 χ 不变,当*s* = 3时,表示制造商将奖惩力度 χ 降低 ε .

1.3 零售商 Agent 设计

零售商的产品零售价格均为*p*,为竞争导致的结果.零售商*i*的每单位产品的边际成本为 c_{ri} ,销售努力水平为 e_{ri} ,由此引发的销售成本用 $g_{ri}(e_{ri})$ 表示 $g_{ri}(e_{ri}) = \frac{k_{ri} e_{ri}^2}{2}$, k_{ri} 为正的常数,表示销售努力水平与销售成本间的关系.零售商在边际成本与促销成本方面存在差异,即 c_{ri}, k_{ri} 均不同,表示零售商间的能力差异.零售商*i*的实际收益 π_{ri} 为

$$\pi_{ri} = (p - w_m - c_{ri}) s_{ri} - \frac{k_{ri} e_{ri}^2}{2} + T(s_{ri}) \quad (8)$$

一般研究中,零售商会根据其预期收益最大化来进行决策.但当零售商具有公平偏好时,他并非追求预期收益最大化,而是要同时考虑预期收益与公平效用.本文以公平性原理为理论基础,建立零售商的公平性综合评价函数以及公平偏好下的不公平厌恶模型,在模型中将考虑零售商不公平感知的累积和强化效应.零售商*i*将从以下两方面综合评价公平性,从而获得公平感知.首先,会考虑其为制造商带来的收益 π_{mi} 与制造商在渠道*i*所付出的成本 $c_{mi}(T)$ 之间的比例 $\frac{\pi_{mi}}{c_{mi}(T)}$,其他

零售商的平均收益成本比 $\frac{\sum_{j \neq i} \pi_{mj}}{c_{mi}(T)}$.本文将采用

目前使用非常广泛的 FS 不公平厌恶模型^[34]来描述零售商 i 的公平效用 f_{ri}

$$f_{ri} = \frac{\pi_{ri}}{c_{ri}(T)} - \alpha_{ri} \left[\omega_r \max \left(\frac{\sum_{j \neq i}^M \frac{\pi_{rj}}{c_{rj}(T)}}{M-1} - \frac{\pi_{ri}}{c_{ri}(T)} \rho \right) + \omega_m \max \left(\frac{\pi_{mi}}{c_{mi}(T)} - \frac{\pi_{ri}}{c_{ri}(T)} \rho \right) \right] - \beta_{ri} \left[\omega_r \max \left(\frac{\pi_{ri}}{c_{ri}(T)} - \frac{\sum_{j \neq i}^M \frac{\pi_{rj}}{c_{rj}(T)}}{M-1} \rho \right) + \omega_m \max \left(\frac{\pi_{ri}}{c_{ri}(T)} - \frac{\pi_{mi}}{c_{mi}(T)} \right) \right] \quad (9)$$

式中 π_{ri} 为零售商 i 的实际收益; π_{rj} 为零售商 j 的实际收益; $c_{ri}(T)$ 表示零售商 i 所付出的总成本; α_{ri} 表示零售商 i 的嫉妒心理强度; β_{ri} 表示内疚心理强度; ω_r, ω_m 分别表示其他零售商、制造商对零售商 i 在公平性比较中所占的权重 $\omega_r + \omega_m = 1$. 根据经济博弈实验结果^[35], 一般有 $\alpha_{ri} > \beta_{ri}$ 和 $1 > \beta_{ri} \geq 0$, 前者表示自己收益低于他人时遭受的嫉妒负效用高于自己收益同等程度高于他人时遭受的内疚负效用, 后者表示虽然收益高于他人时会遭受内疚负效用但是仍然偏好于自己得到更多物质收益. 特别地 $\alpha_{ri} = \beta_{ri} = 0$ 表示纯粹自利偏好.

零售商会根据其公平效用调整销售努力水平, 如下式所示

$$e_{ri}(t) = \begin{cases} e_{ri}(t-1) [1 + co_u(f_{ri}(t) - f_{ri}(t-1))] , & \text{若}(f_{ri}(t) \geq f_{ri}(t-1)) \\ e_{ri}(t-1) [1 - co_u(f_{ri}(t-1) - f_{ri}(t))] , & \text{若}(f_{ri}(t) < f_{ri}(t-1)) \end{cases} \quad (10)$$

式中 $e_{ri}(t), f_{ri}(t)$ 分别表示零售商 i 在时刻 t 的销售努力与公平效用; co_u 表示公平效用对销售努力的调节系数. 如果零售商在时刻 t 的公平效用高于前一时刻的公平效用, 那么他将提升销售努力水平, 反之则降低销售努力水平.

2 主体决策流程

制造商与零售商群体的交互流程如图 1 所示. 在实验第 1 周期, 零售商具有销售努力初始值, 因此首先消费者决策是否购买且完成购买行为, 此时能够产生零售商产品总的销售量. 制造商给出产品的目标销售量 s_{rT} , 零售商可根据制造商给出的产品批发价 w_s 、奖励与惩罚力度 χ 相应计算出自身实际利润, 再通过公平性综合评价函数以及公平厌恶模型计算出公平效用, 从而调整销售努力水平. 制造商将根据当期所得利润与上期利润的差值来进行学习, 通过 EWA 学习算法选择出下期将会采取的激励策略.

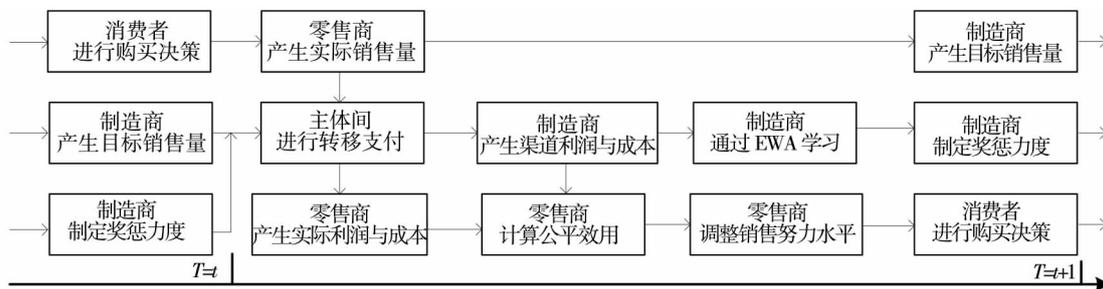


图 1 系统主体交互流程图

Fig. 1 Flowchart of agents' interactive in system

3 实验情景设计

本文创建计算实验模型采用的 Agent 建模框架是芝加哥大学开发的 Repast J, 开发环境为开源软件 Eclipse 3.2. 实验过程中模型基本参

数设置如表 1. 本文共设置两组实验, 首先研究当零售商具有不公平厌恶偏好情况下, 零售商之间的行为外部性对激励效果产生的影响, 因此在实验 1 中, 制造商保持奖惩力度 $\chi = 2$ 不变, p_c 以步长 0.1 依次从 0.1 取到 1, 对应每一个 p_c ,

实验均运行 6 000 周期,将实验结果进行统计分析;在此基础上,将 EWA 学习算法引入到制造商的动态激励过程中,来分析制造商应如何制定奖惩力度从而能够增加自身收益.实验 2 中,

保持消费者最优购买比例($p_c = 0.9$)不变,假设购买最优销售努力水平的消费者比例($p_c = 0.9$)保持不变,制造商基于 EWA 学习算法来动态调整奖惩力度 χ ,实验共运行 6 000 次.

表 1 实验基本参数设置

Table 1 Initializations of the experimental parameters

实验参数	取值范围	分布	实验参数	取值范围	分布	实验参数	取值范围	分布
M	100	常量	N	10 000	常量	χ	2	常量
u_{ci}	$R[1, 100]$	随机分布	a_{ci}	3	常量	p_c	0.6	常量
w_m	5	常量	c_m	1	常量	η	0.8	常量
$N(0)$	1	常量	ρ	0.05	常量	φ	0.1	常量
δ	0.5	常量	λ	0.01	常量	ε	0.05	常量
p	20	常量	c_{ii}	$R[1, \beta]$	随机分布	e_{ii}	$R[50, 100]$	随机分布
k_{ii}	$R[0.001, 0.01]$	随机分布	α_{ii}	$R[0.5, 1]$	随机分布	β_{ii}	$R[0, 0.5]$	随机分布
ω_r	0.5	常量	ω_m	0.5	常量	co_u	0.1	常量

4 实验结果与分析

4.1 行为外部性对激励效果的影响

图 2 表示随着零售商之间行为外部性程度降低(购买最优销售努力的消费者比例不断增大),制造商利润与产品销售量的演化趋势.在零售商具有不公平厌恶心理情况下,随着零售

商之间行为外部性程度的不断降低,产品销售量不断提高,但当零售商之间只存在完全竞争($p_c = 1$),即零售商的销售努力行为不会对其他零售商销售产品产生任何正面的影响时,产品销售量会略有下降.如图 2(d)所示.由于制造商在激励过程中保持销售回馈与惩罚契约的奖惩力度 χ 不变,因此制造商的利润变化趋势与产品销售量的变化趋势相一致.如图 2(a)所示.

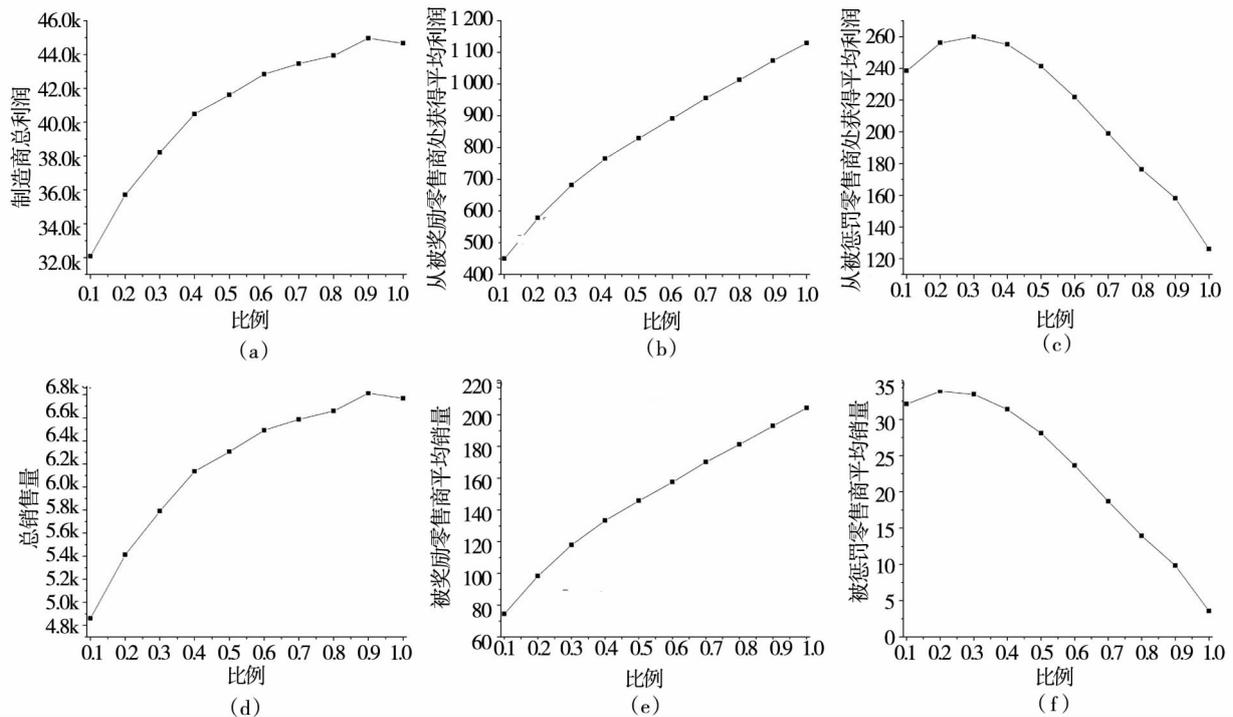


图 2 不同行为外部性程度下的制造商利润与产品销售量

Fig. 2 Manufacturer's profit and product sales under different degree of external effects

将零售商群体分为被奖励 (E) 与被惩罚 (P) 两类群体, 进一步分析各自对制造商绩效的贡献. 制造商从被奖励零售商群体所获得的渠道平均利润随着主体间行为外部性程度的降低不断增加(图 2(b)), 而从被惩罚零售商处所获得的渠道平均利润则呈现出略有上升而后下降的趋势(图 2(c)). 由于契约中的奖惩力度不变, 两类零售商的产品平均销售量(图 2(e)、2(f)) 将决定制造商所获得的渠道

平均利润. 渠道平均利润与两类零售商各自数量(图 3(c)、3(f)) 将共同决定制造商的总利润. 由此可知制造商利润的增加主要源自于从被奖励零售商处所获得的渠道利润的增加. 此外, 由于产品零售价格为竞争导致的均衡值, 产品平均销售量(图 2(e)、2(f)) 将同样决定两类零售商各自的平均利润(图 3(a)、3(d)), 因此产品平均销售量与零售商平均利润的演化趋势相一致.

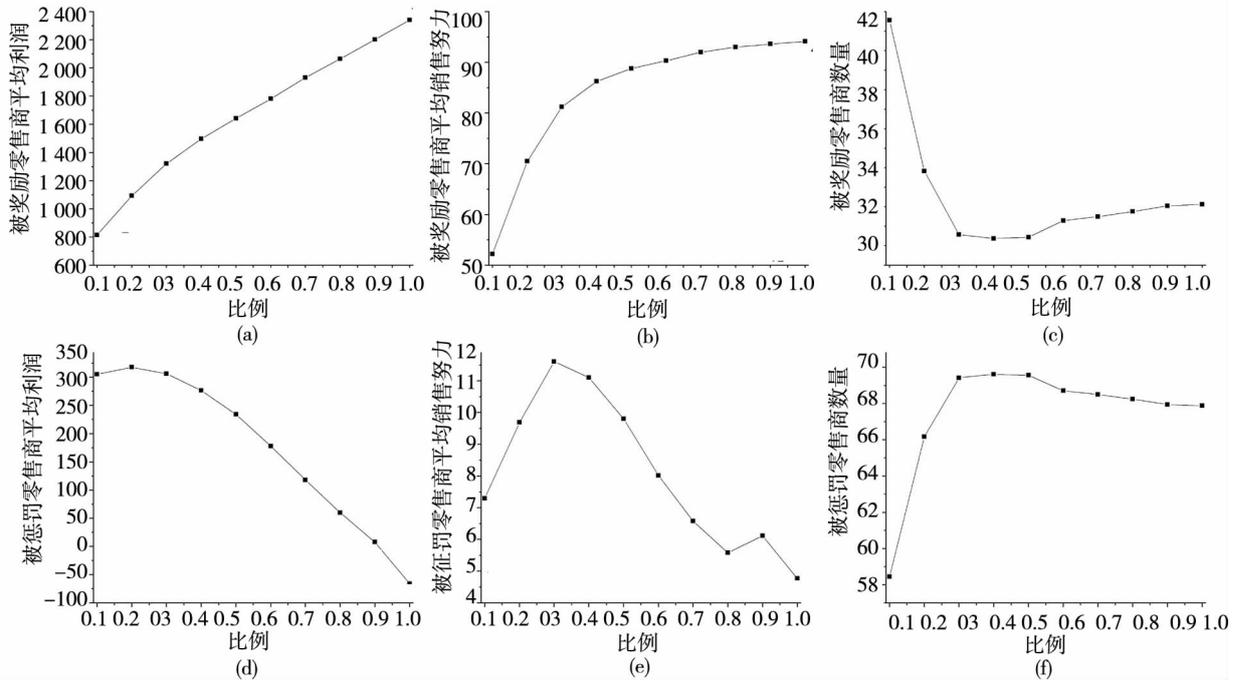


图 3 不同行为外部性程度下的零售商销售努力与平均利润

Fig. 3 Retailers' sale efforts and average profit under different degree of external effects

造成上述现象的最主要原因是由于零售商销售努力的变化. 对于被惩罚零售商群体而言, 其平均销售努力水平随着行为外部性程度降低的演化趋势如图 3(e) 所示. 未完成销售目标的零售商本应因被惩罚而进一步降低销售努力水平, 但在企业间行为外部性程度较高时 ($p_e \in [0.1, 0.3]$) 很多采用低销售努力的零售商在“搭便车”行为中获利, 从而免遭惩罚, 这在一定程度上能够消除此类零售商的不公平感知, 从而起到一定的激励作用. 此外, 由于产品销售量随着零售商之间行为外部性程度的降低而不断提高(见图 2(d)), 导致制造商制定的目标销售量不断提高, 因而被惩罚的零售商数量也在不断增多(见图 3(f)), 这从另一方面也能够削

弱了被惩罚零售商的不公平感知. 因此, 当 p_e 由 0.1 上升至 0.3 时, 上述原因导致被惩罚零售商的平均销售努力水平呈现出上升趋势. 但尽管被惩罚零售商群体在企业间行为外部性程度较高时 ($p_e \in [0.1, 0.3]$) 采取提高销售努力水平的策略, 但与其与被奖励零售商群体的销售努力水平相比并无竞争优势, 因此其产品平均销售量以及平均利润均下降. 更为重要的是, 随着企业间“搭便车”行为的进一步减少以及产品目标销售量的不断提高, 被惩罚零售商在不公平厌恶心理的影响下, 会因惩罚而导致更程度的不公平感知, 因此其会降低销售努力水平来报复制造商, 如图 3(e) 所示.

对于被奖励零售商群体而言, 当零售商之

间行为外部性程度较高时,零售商提高销售努力水平会对其竞争者的产品销售产生较大的正面影响,因此会加剧采用较高努力水平而被奖励的零售商的不公平感知,从而降低其提高销售努力的积极性.因此随着零售商之间行为外部性程度的降低($p_c \in [0.1, 0.3]$),减少了企业间的“搭便车”行为,加之制造商制定的目标销售量的提高,会激励被奖励零售商的平均销售努力水平大幅上升,如图 3(b) 所示.但当企业间行为外部性降低到一定程度后(p_c 由 0.3 上升至 1.0) 随着被惩罚零售商不断降低销售努力水平,被奖励零售商在不公平厌恶心理的影响下,其平均销售努力水平则缓慢上升,如图 3(b) 所示.

特别当 $p_c = 1$ 时,即零售商的销售努力行为不会对其竞争者产生任何正面影响时,被惩罚零售商无法从“搭便车”行为中获利,从而无法削弱因惩罚而导致的不公平感知,因此该类零售商的平均销售努力水平会有大幅下降,从而导致产品的平均销售量大幅下降,如图 2(f) 所示.且由于被惩罚零售商的数量多于被奖励的零售商数量(见图 3(e)、3(f)),因此,导致制造商产品总销售量及利润下降.

实验结果表明,在保持销售回馈与惩罚契约奖惩力度不变情况下,被惩罚零售商由于不公平感知影响而降低销售努力的行为会对被奖励零售商提高销售努力水平的积极性产生负面影响.因此制造商在对具有不公平厌恶心理的零售商群体进行销售努力激励过程中,不能忽视零售商个体所具有的社会偏好以及个体间的交互作用.

无论是基于制造商收益或是产品销售量最大化的目标,制造商应采取措施尽量减少零售商之间的“搭便车”行为,比如可采用在某一区域内限制零售商专卖店数量等方式来降低企业间的行为外部性.而完全消除企业间的“搭便车”行为,可能会导致被惩罚零售商的公平效用较低,从而大幅降低销售努力水平,影响制造商的产品销售量及利润.因此,制造商在减少零售商之间“搭便车”行为的同时,应采取措施尽量降低被惩罚零售商的不公平感知,比如制造商可以采取诸如开设产品体验店、产品试用、广告等方式来激起消费者的购买动机,

而让消费者到零售商店进行购买,从而缓解零售商的不公平感知.

4.2 基于 EWA 算法的制造商动态激励

上述实验中制造商对零售商的奖惩力度保持不变.本实验将 EWA 学习算法引入到制造商动态调整奖惩力度中,用以对比奖惩力度不变的静态激励模式与通过 EWA 学习算法决策奖惩力度的动态激励模式对激励效果的影响,为在零售商具有不公平厌恶心理情况下,制造商通过销售回馈与惩罚契约对其销售努力进行多周期激励过程中合理制定奖惩力度提供理论依据.通过对实验结果统计后发现,制造商采用动态激励模式后,收益由静态激励模式下的每周期 44 801 提高至每周期 50 243,由此可见,制造商因采用动态激励模式而增加的自身收益量是非常可观的.

图 4 表示奖惩力度(图 4(a))、被奖励(图 4(b)) 与被惩罚(图 4(c)) 零售商群体的平均销售努力在静态(S 模式) 与动态(D 模式) 两种激励模式下的演化趋势.由图可知,被奖励零售商群体的平均销售努力水平的演化趋势与奖惩力度的变化趋势较为一致.在实验由初始运行至 2 000 周期阶段,D 模式下的奖惩力度波动性较小且始终低于 S 模式下的奖惩力度,因此被奖励零售商群体在 D 模式下的平均销售努力水平也低于 S 模式下平均销售努力水平.而被惩罚零售商群体的平均销售努力水平并未因动态激励力度的变化而产生明显的波动,而是与静态激励模式下被惩罚零售商群体的平均销售努力水平演化趋势较为一致,均呈缓慢下降趋势,但始终高于 S 模式下被惩罚零售商群体的平均销售努力水平.

实验结果表明,制造商动态调整奖惩力度,会极大程度影响被奖励零售商群体的平均销售努力水平.当具有不公平厌恶心理的零售商感受到不公平时,他会选择降低销售努力水平来报复制造商,但因此会在市场中降低竞争力,导致其销售量下降并被惩罚,因此会进一步加剧其不公平感知程度,从而导致路径依赖.因此奖惩力度的变化并不会影响被惩罚零售商销售努力水平的演化趋势,而只会影响其销售努力水平变化的幅度,制造商动态调整奖惩力度能够

在一定程度上缓解被惩罚零售商的销售努力的下降幅度. 因而当被激励者基于历史反馈做出决策时, 制造商应采取措施避免被惩罚零售商

一直处于被惩罚地位, 比如可以适当降低销售目标以避免被惩罚零售商降低销售努力水平的路径依赖.

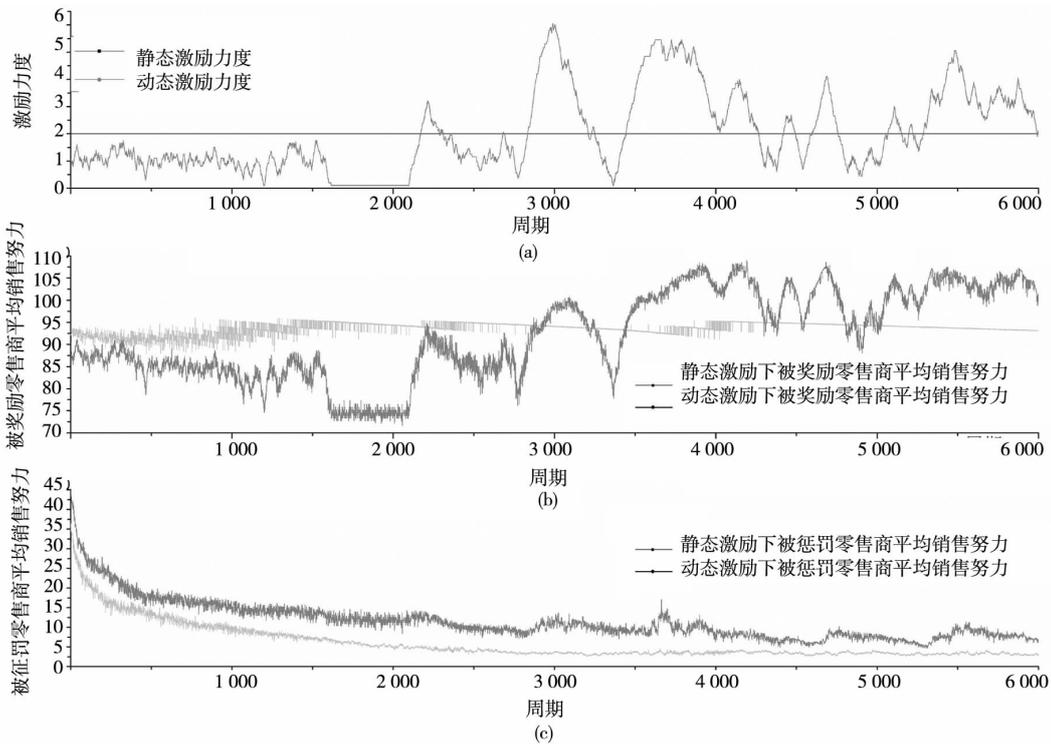


图 4 不同激励模式下的奖惩力度与销售努力演化

Fig. 4 Rewards and punishment and the evolution of sale efforts under different incentive modes

图 5 表示在两种激励模式下, 制造商利润与产品销售量的演化趋势. 当制造商采用静态激励模式时, 制造商的利润与产品销售量在多周期激励过程中均呈下降趋势. 当制造商采用动态激励模式时, 在实验初期(2 000 周期以前), 由于此时零售商的销售努力尚处于较高水平, 因此制造商通过 EWA 算法所决策出的奖惩力度较静态激励的力度小且波动性也较小, 此时制造商利润、产品销售量与静态激励下相应变量的变化趋势较为相似, 均呈现出下降趋势. 但随着零售商在不公平厌恶心理影响下逐步降低其销售努力水平, 制造商在一段周期内(2 000 至 6 000 周期) 开始采用波动较大的奖惩力度, 因此制造商的利润与产品销售量并未进一步降低, 而是呈现水平波动的情况, 且均高于静态激励模式下的相应指标.

动态模式下被奖励零售商的平均销售量低于静态模式下相应变量(图 6(a)), 而被惩罚零售商的平均销售量则与之相反(图 6(b)). 被奖

励的零售商数量始终高于静态模式下数量(图 6(c)), 因此被惩罚的零售商数量与之相反(图 6(d)). 制造商在两种激励模式下从被奖励与被惩罚的零售商处所获得的渠道利润分别如图 7(a)、7(b) 所示, 制造商在动态激励模式下每周周期平均利润会高于静态模式下的每周周期平均利润, 其原因是由于制造商从被惩罚零售商处所获得的渠道利润增加. 制造商采用动态激励模式, 虽然在一定程度上降低了从被奖励零售商处所获得的渠道利润, 但与静态激励模式相比, 在一定程度上缓解了被惩罚零售商降低销售努力水平的幅度且使被惩罚零售商数量降低.

本文采用的 EWA 算法是能够模拟主体智能决策的学习算法, 而非优化算法, 决策过程并非是完全信息下的最优决策或完全理性决策. 因此, 制造商通过该算法进行奖惩力度的决策具有一定的可行性和可操作性. 通过实验结果对比分析发现, 当零售商具有不公平厌恶心理

且基于历史反馈进行决策时,制造商在对其进行多周期激励过程中,对于制造商提高自身收益或是增加产品销售量而言,采用动态激励方式均会优于在多周期演化过程中保持奖惩力度不变的静态激励方式.而制造商的收益是否增加,将极大程度取决于其对被惩罚零售商的激

励效果.如果制造商能够采取措施消除或减弱被惩罚零售商因不公平感知而导致的降低销售努力的报复行为,消除零售商降低销售努力而进一步加剧不公平感知的路径依赖,从而增加被惩罚零售商处所获得的渠道利润,那么将极大改善制造商的激励效果及其自身绩效.

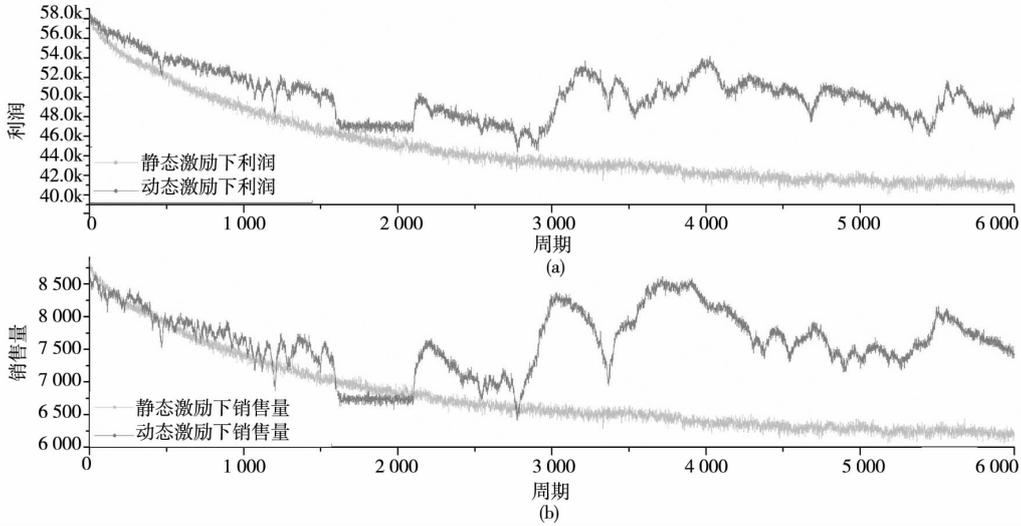


图5 不同激励模式下的制造商利润与销售量

Fig.5 Manufacturer's profit and product sales under different incentive modes

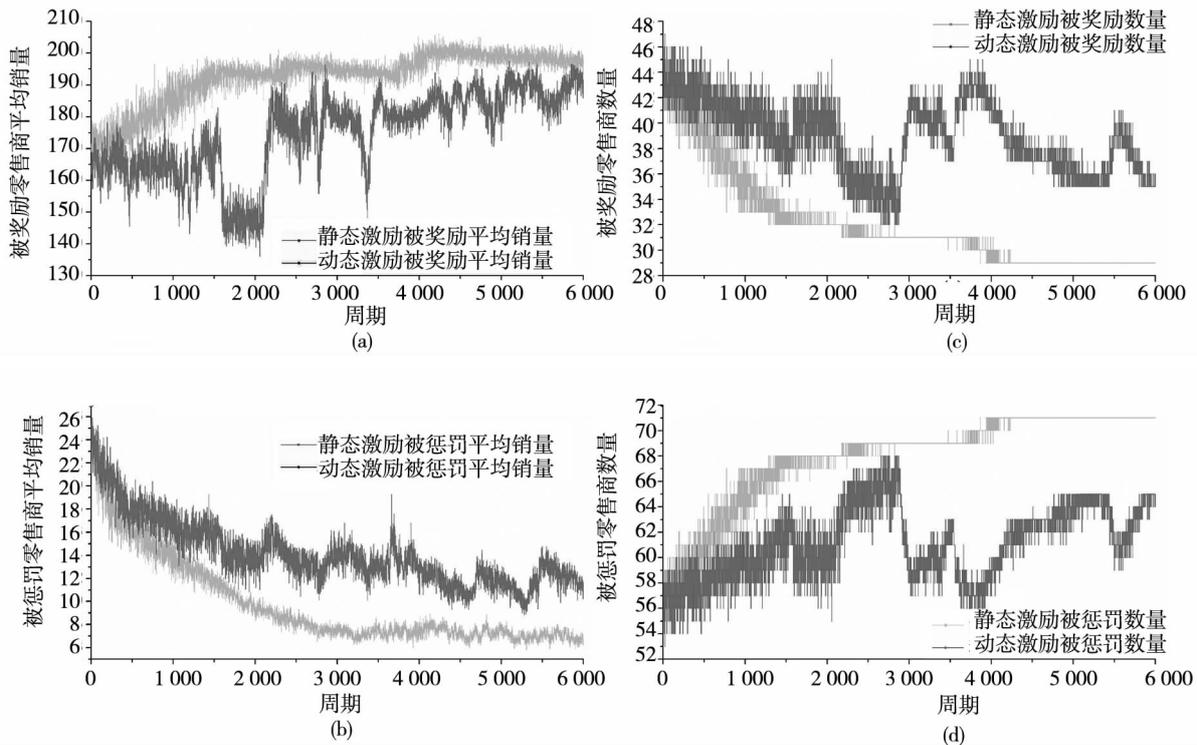


图6 不同激励模式下的零售商平均销售量与奖惩数量

Fig.6 Retailers' average sales and the punish number under different incentive modes

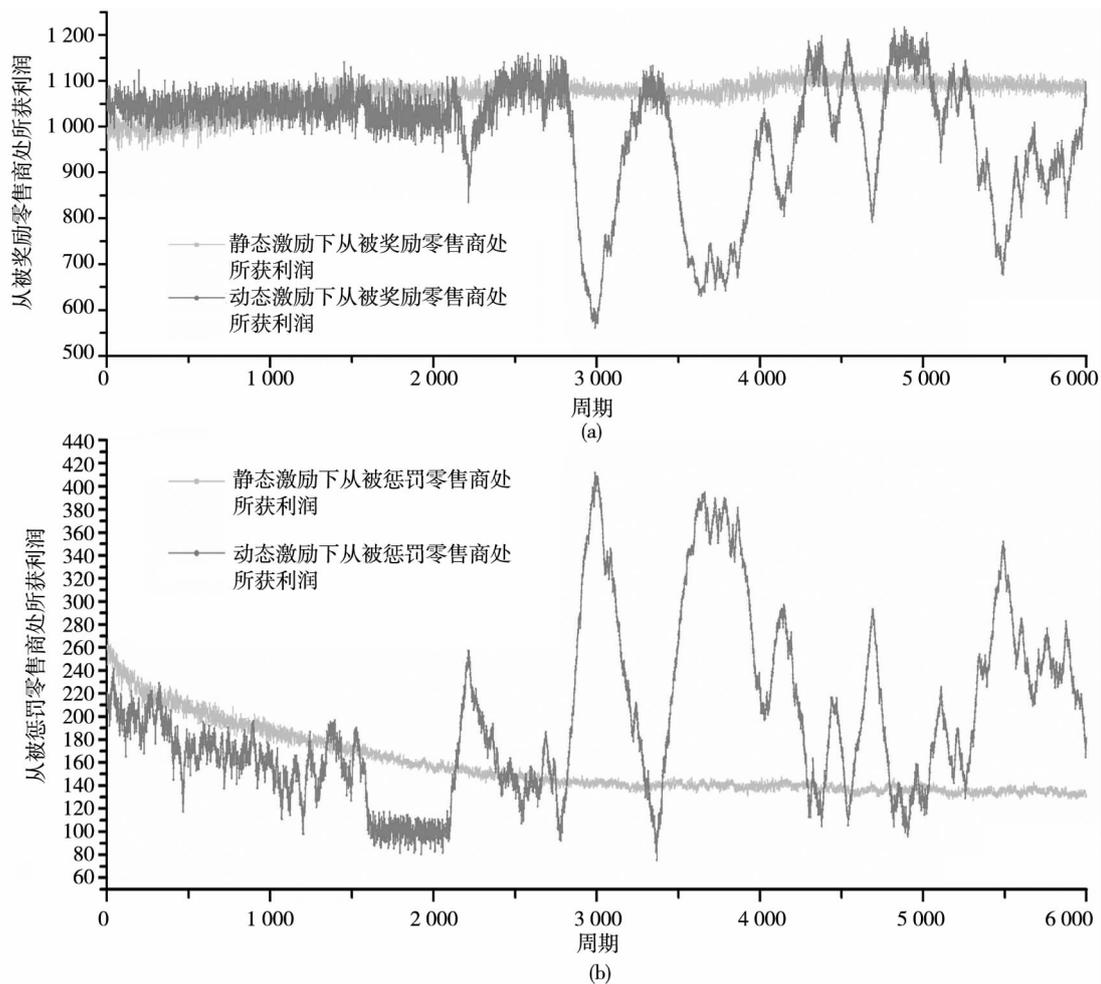


图 7 不同激励模式下的制造商渠道平均利润

Fig.7 Manufacturer's channel average profit under different incentive modes

5 结束语

由于多 Agent 的分布式、自治性、快速性等特点,应用基于 Multi-Agent 模拟的计算实验研究供应链问题在供应链管理中成为一个新的研究热点.本文设计了制造商通过销售回馈与惩罚契约来对具有不公平厌恶偏好的零售商的销售努力进行激励,研究了零售商之间的行为外部性对激励效果产生的影响.在此基础上,将 EWA 算法引入到制造商动态调整奖励与惩罚力度过程中以最大化自身收益,旨在为被激励对象存在不公平厌恶偏好情况下,制造商在多周期的激励过程中合理的制定奖惩力度、合理的利用零售商间的行为外部性提供理论依据.

实验结果表明:制造商在对具有不公平厌

恶心理的零售商群体进行销售努力激励过程中,不能忽视零售商个体所具有的社会偏好以及个体间的交互作用;在保持销售回馈与惩罚契约奖惩力度不变情况下,无论是基于制造商收益或产品销售量最大化的目标,制造商应采取措施尽量减少零售商之间的“搭便车”行为,但应采取措施尽量降低被惩罚零售商的不公平感知;制造商在激励过程中动态调整奖惩力度会极大程度影响被奖励零售商群体的平均销售努力水平,奖惩力度的变化并不会影响被惩罚零售商销售努力水平的演化趋势,而只会影响其销售努力水平变化的幅度,能够在一定程度上缓解被惩罚零售商的销售努力的下降幅度;对于制造商在多周期演化过程中提高自身收益或是增加产品销售量而言,采用动态激励方式均会优于保持奖惩力度不变的静态激励方式;

而制造商的收益是否增加,将极大程度取决于其对被惩罚零售商的激励效果,如果制造商能够采取措施消除或减弱被惩罚零售商因不公平

感知而导致的降低销售努力的报复行为,从而增加被惩罚零售商处所获得的渠道利润,那么将极大改善制造商的激励效果及其自身绩效.

参 考 文 献:

- [1] Desiraju R, Moorthy S. Managing a distribution channel under asymmetric information with performance requirements [J]. *Management Science*, 1997, 43(12): 1628–1644.
- [2] Kaya O. Outsourcing vs. in-house production: A comparison of supply chain contracts with effort dependent demand [J]. *Omega*, 2011, 39: 168–178.
- [3] Wang Y, Gerchak Y. Supply chain coordination when demand is shelf-space dependent [J]. *Manufacturing and Service Operations Management*, 2001, 3(1): 82–87.
- [4] Taylor T A. Supply chain coordination under channel rebates with sales effort effect [J]. *Management Science*, 2002, 48(8): 992–1007.
- [5] Krishnan H, Kapuscinski R, Butz D A. Coordinating contracts for decentralized supply chains with retailer promotional effort [J]. *Management Science*, 2004, 50(1): 48–64.
- [6] Cachon G P, Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations [J]. *Management Science*, 2005, 51(1): 30–44.
- [7] Mukhopadhyay S K, Su X M, Ghose S. Motivating retail marketing effort: Optimal contract design [J]. *Production and Operations Management*, 2009, 18(2): 197–211.
- [8] Lau H S, Su C, Wang Y Y, et al. Volume discounting coordinates a supply chain effectively when demand is sensitive to both price and sales effort [J]. *Computers & Operations Research*, 2012, 39(12): 3267–3280.
- [9] Xing D H, Liu T M. Sales effort free riding and coordination with price match and channel rebate [J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 219(2): 264–271.
- [10] Lee C Y, Yang R N. Compensation plan for competing salespersons under asymmetric information [J]. *European Journal of Operational Research*, 2013, 227(3): 570–580.
- [11] Saha S. Supply chain coordination through rebate induced contracts [J]. *Transportation Research Part E*, 2013, 50: 120–137.
- [12] 霍佳震, 张建军, 赵晋. 长期合作期望下的供应链非对称信息甄别研究 [J]. *管理科学学报*, 2008, 11(3): 88–95.
Huo Jiazhen, Zhang Jianjun, Zhao Jin. Study on asymmetric information screening in supply chain with long-term cooperation prospect [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2008, 11(3): 88–95. (in Chinese)
- [13] 曹 柬, 杨春节, 李 平, 等. 不对称信息下供应链线性分成制契约设计研究 [J]. *管理科学学报*, 2009, 12(2): 19–30.
Cao Jian, Yang Chunjie, Li Ping, et al. Design of supply chain linear shared-saving contract with asymmetric information [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(2): 19–30. (in Chinese)
- [14] 田厚平, 刘长贤. 非对称信息下分销渠道中的激励契约设计 [J]. *管理科学学报*, 2009, 12(3): 77–82.
Tian Houping, Liu Changxian. Incentive contract design in distribution channel with asymmetric information [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(3): 77–82. (in Chinese)
- [15] 鲁其辉, 朱道立. 供应链中产品与信息质量改进的战略联盟策略研究 [J]. *管理科学学报*, 2010, 13(10): 79–88.
Lu Qihui, Zhu Daoli. Research on strategic alliances strategy of quality and information improvement in supply chains [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2010, 13(10): 79–88. (in Chinese)
- [16] 田厚平, 刘长贤. 双重信息不对称下销售渠道双目标混合激励模型 [J]. *管理科学学报*, 2011, 14(3): 34–47.
Tian Houping, Liu Changxian. Bi-objective incentive model in distribution channel under the framework of dual information asymmetry [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2011, 14(3): 34–47. (in Chinese)

- [17]徐绪松, 郑小京. 供应链道德风险的演化规律[J]. 管理科学学报, 2012, 15(8): 1-11.
Xu Xusong, Zheng Xiaojing. Evolution law of moral hazards in supply chains[J]. Journal of Management Sciences in China, 2012, 15(8): 1-11. (in Chinese)
- [18]Ruffle B J. More is better, but fair is fair: Tipping indictator and ultimatum games[J]. Games and Economics Behavior, 1998, 23(2): 247-265.
- [19]Kahneman D, Knetsch J L, Thaler R. Fairness, competition on profit seeking: Entitlements in the market[J]. American Economics Review, 1986, 76(4): 728-741.
- [20]Cui T H, Raju J S, Zhang Z J. Fairness and channel coordination[J]. Management Science, 2007, 53(8): 1303-1314.
- [21]Ho T H, Zhang J J. Designing pricing contracts for boundedly rational customers: Does the framing of the fixed fee matter?[J]. Management Science, 2008, 54(4): 686-700.
- [22]Loch C H, Wu Y Z. Social preferences and supply chain performance: An experimental study[J]. Management Science, 2008, 54(11): 1835-1849.
- [23]Ozgun C D, Chen Y H, Li J B. Channel coordination under fairness concerns and nonlinear demand[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3): 1321-1326.
- [24]Katoka E, Pavlov V. Fairness in supply chain contracts: A laboratory study[J]. Journal of Operations Management, 2013, 31(3): 129-137.
- [25]Yang J, Xie J X, Deng X X, et al. Cooperative advertising in a distribution channel with fairness concerns[J]. European Journal of Operational Research, 2013, 227(2): 401-407.
- [26]杜少甫, 杜婵, 梁樑, 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.
Du Shaofu, Du Chan, Liang Liang, et al. Supply chain coordination considering fairness concerns[J]. Journal of Management Sciences in China, 2010, 13(11): 41-48. (in Chinese)
- [27]孟庆峰, 盛昭瀚, 李真. 基于公平偏好的供应链质量激励机制效率演化[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(11): 2394-2403.
Meng Qingfeng, Sheng Zhaohan, Li Zhen. Efficiency evolution of quality incentive in supply chain based on fairness preference[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2012, 32(11): 2394-2403. (in Chinese)
- [28]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): 68-72.
Du Shaofu, Zhu Jiaang, Gao Dong, et al. Optimal decision-making for Nash bargaining fairness concerned newsvendor in two-level supply chain[J]. Journal of Management Sciences in China, 2013, 16(3): 68-72. (in Chinese)
- [29]Bernstein F, Song J S, Zheng X N. Freeriding in a multi-channel supply chain[J]. Naval Research Logistics, 2009, 56(8): 745-765.
- [30]He Y, Zhao X, Zhao L D, et al. Coordinating a supply chain with effort and price dependent stochastic demand[J]. Applied Mathematical Modelling, 2009, 33(6): 2777-2790.
- [31]刘春林. 多零售商供应链系统的契约协调问题研究[J]. 管理科学学报, 2007, 10(2): 1-6.
Liu Chunlin. Contract coordination of supply chain system based on multi-retailers[J]. Journal of Management Sciences in China, 2007, 10(2): 1-6. (in Chinese)
- [32]Camerer C F, Ho T H. Experience-weighted attraction learning in normal-form games[J]. Econometrica, 1999, 67(4): 827-874.
- [33]盛昭瀚, 张维. 管理科学研究中的计算实验方法[J]. 管理科学学报, 2011, 14(5): 1-10.
Sheng Zhaohan, Zhang Wei. Computational experiments in management science and research[J]. Journal of Management Sciences in China, 2011, 14(5): 1-10. (in Chinese)
- [34]Fehr E, Schmidt K M. A theory of fairness, competition and cooperation[J]. Quarterly Journal of Economics, 1999, 114(3): 817-868.
- [35]Fehr E, Gächter S. Cooperation and punishments in public goods experiments[J]. American Economic Review, 2000, 90(4): 980-994.

Motivating multi-retailers sales efforts considering external effects

*MENG Qing-feng*¹, *SHENG Zhao-han*², *CHEN Jing-xian*³, *LI Zhen*⁴

1. School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China;

2. Computational Experiment Center for Social Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

3. School of Business, Nantong University, Nantong 226019, China;

4. School of Economics and Management, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China

Abstract: This paper builds a computational experiment model in which the manufacturer encourages the group of retailers to increase sale efforts using sales rebate and penalty contracts. We assumed that the retailers have fairness preference and study the impact of external effects among retailers on the incentive effects. The EWA algorithm is applied to the process of the manufacturer adjusting the incentives and penalties dynamically to maximize her own benefits. The aim of this paper is to provide suggestions to manufacturers to make rewards and punishments and use the external effects among retailers reasonably in multi-cycle periods. The results show that: the manufacturer should take measures to minimize the retailers “free rider” behavior, but not to eliminate this behavior completely; the dynamic incentives will be better than the static incentives in multi-cycle incentive periods. Dynamic adjustment of rewards and punishments will greatly affect the level of the average sales efforts of retailers who have been motivated, but cannot affect the evolution trends of sales efforts of retailers who have been punished.

Key words: sales efforts; external effects; fairness preference; sales rebate and penalty contract; computational experiment