

文章编号: 1001-0920(2006)02-0153-05

## 基于微分对策的供应链合作广告决策研究

张庶萍, 张世英

(天津大学 管理学院, 天津 300072)

**摘 要:** 针对供应链系统中制造商和零售商的合作广告计划问题, 利用微分对策构建动态模型, 分别研究制造商和零售商在合作和非合作条件下的广告策略. 运用动态规划原理, 分别得出静态反馈 Nash 均衡和反馈 Stackelberg 均衡. 将两种均衡策略加以比较, 结果显示合作广告计划是供应链系统中的一种协调和激励机制, 可以提高两个渠道成员以及整个供应链系统的利润.

**关键词:** 供应链管理; 合作广告计划; 微分对策; 反馈 Nash 均衡; 反馈 Stackelberg 均衡

**中图分类号:** F224.32      **文献标识码:** A

## Dynamic Cooperative Advertising Strategies Based on Differential Games in a Supply Chain

ZHANG Shu-ping, ZHANG Shi-ying

(School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China Correspondent: ZHANG Shu-ping, E-mail: zhangsop@126.com)

**Abstract** For the problem of the cooperative advertising program in a supply chain with a single manufacturer and a retailer, a dynamic model is constructed by using differential games to study the advertising strategies of the two members under non-cooperative and cooperative conditions. The stationary feedback Nash equilibrium and feedback Stackelberg equilibrium are characterized by using dynamic programming principle. The comparison between the two scenarios shows that the cooperative advertising program is a coordinating and incentive mechanism in the supply chain and players receive higher payoffs.

**Key words:** Supply chain management; Cooperative advertising program; Differential games; Feedback Nash equilibrium; Feedback Stackelberg equilibrium

### 1 引 言

供应链中渠道协调问题一直是学术界研究的热点问题, 其研究内容基本上局限于以价格为基础的协调机制, 作为一种重要协调机制的合作广告则很少涉及. 合作广告是一种成本分配机制, 是制造商为宣传其品牌的零售商提供广告支持, 为其分担一定比例的广告费用. 合作广告实质上是供应链系统中制造商和零售商所实施的纵向一体化的市场经营组织模式, 在许多公司市场战略中起着重要作用<sup>[1]</sup>. 考察制造商与零售商之间合作广告的协作和有效交易具有重要的理论和实践意义.

文献[2~5]运用静态模型研究供应链系统中的

合作广告问题, 但由于广告、品牌形象、促销以及合作都是动态现象, 在动态架构下研究合作广告问题更加贴近现实. 文献[6,7]运用动态模型研究合作广告计划中制造商与零售商之间的广告策略, 但没有考虑零售商的促销行为对品牌形象演化的影响.

本文在考虑零售商的地方性促销广告对品牌形象演化的基础上, 运用微分对策方法研究供应链系统中制造商和零售商在竞争和合作条件下的最优广告策略以及交易效率, 考察合作广告是否为供应链中的一种协调和激励机制, 在提高零售商对制造商的战略跟随的同时, 增加渠道两个成员以及整个供应链系统的利润. 研究限制在由一个制造商和一个

收稿日期: 2004-12-17; 修回日期: 2005-09-16

作者简介: 张庶萍(1969—), 女, 北京人, 博士生, 从事供应链管理研究; 张世英(1936—), 男, 北京人, 教授, 博士生导师, 从事数量经济理论、供应链管理研究

零售商所组成的简单供应链系统, 零售商控制其地方性广告促销策略以增加销售, 制造商控制其广告投入实施全国性广告以加强品牌形象. 建立品牌的商誉, 假设品牌的商誉按照扩展的 Nerlove-Arrow<sup>[8]</sup>模型演化, 制造商和零售商都在无限时区寻求最大的销售利润.

## 2 模型描述

假设制造商  $M$  控制其全国性广告  $A(t)$ , 零售商  $R$  控制其地方性促销广告  $P(t)$ , 确定  $D(t)$  为制造商给零售商的地方性广告成本的支付比例, 称为合作广告的参与率, 其值从 0 (没有支持的情形) 到 1 (制造商  $M$  为零售商  $R$  支付全部地方性广告成本). 考虑到广告成本的凸性, 二者广告的成本分别为

$$C(A(t), t) = \frac{u_M(t)}{2} A(t)^2,$$

$$C(P(t), t) = \frac{u_R(t)}{2} P(t)^2.$$

其中:  $u_M(t)$  和  $u_R(t)$  分别为制造商和零售商的广告成本, 且值为正的影响参数;  $C(A(t), t)$  和  $C(P(t), t)$  分别表示制造商和零售商的广告成本.

制造商实施全国性广告的目的是为了累积品牌的商誉, 商誉是由于广告的影响, 改变消费者对该品牌的偏好来增加新的顾客, 进而增加市场对该产品的需求. 累积变量  $G(t)$  代表品牌的商誉, 假设商誉随时间的变化满足下列微分方程:

$$\begin{cases} \dot{G}(t) = \alpha(t)A(t) + \beta(t)P(t) - \delta G(t), \\ G(0) = G_0 \quad 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中:  $\alpha(t)$  为制造商的全国性广告影响参数,  $\beta(t)$  为零售商的地方性广告影响参数,  $\delta > 0$  为一个常值的衰减率. 商誉的衰减是由于消费者在该公司竞争对手的广告诱惑下, 转向其他品牌或转向新引入市场的产品和品牌而造成的. 方程 (1) 是 Nerlove-Arrow 模型<sup>[8]</sup>的扩展.

产品的销售收入由下式给定:

$$Q(P(t), G(t)) = \gamma(t)P(t) + \theta(t)G(t).$$

其中:  $\gamma(t)$  为零售商的地方性促销广告对销售的影响,  $\theta(t)$  为制造商的全国性广告所形成的品牌商誉对销售的影响.

假设供应链系统的总收入在两个参与人之间分配<sup>[6]</sup>, 制造商得到  $\pi(t) \in (0, 1)$ , 零售商得到  $1 - \pi(t)$ , 该分配比率是预先给定的. 供应链系统中的两个成员有相同且为正值的贴现率  $\rho$ , 双方的目标都是在无限时区内寻求使其利润最大化的最优广告策略. 制造商的目标函数为

$$J_M = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \{ \pi(t) [ \gamma(t)P(t) + \theta(t)G(t) ] -$$

$$\frac{u_M(t)}{2} A(t)^2 - \frac{u_R(t)}{2} D(t)P(t)^2 \} dt; \quad (2)$$

零售商的目标函数为

$$J_R = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \{ (1 - \pi(t)) [ \gamma(t)P(t) + \theta(t)G(t) ] - \frac{u_R(t)}{2} (1 - D(t))P(t)^2 \} dt \quad (3)$$

式 (1) ~ (3) 定义了有 3 个控制变量  $A(t) \geq 0$ ,  $D(t) \in [0, 1]$ ,  $P(t) \geq 0$  和一个状态变量  $G(t) \geq 0$  的双人微分对策. 制造商和零售商的广告策略由反馈策略决定. 反馈策略意味着决策在一般情况下是当前状态变量即商誉和时间的函数, 制造商和零售商的广告决策分别表示为  $A(G(t), t)$  和  $P(G(t), t)$ . 由于动态参数条件下求解解析解的困难, 假设模型中所有参数  $u_M(t)$ ,  $\alpha(t)$ ,  $\beta(t)$ ,  $\gamma(t)$ ,  $\theta(t)$  和  $\pi(t)$  都是与时间无关的常数, 且博弈在无限时区的任何时段内, 参与人面对的是相同的博弈. 因而可将策略限制在静态策略<sup>[9]</sup>, 即制造商和零售商的广告策略分别表示为  $A(G(t))$  和  $P(G(t))$ , 其均衡为静态反馈均衡 (以下为书写方便, 不写出时间  $t$ ). 在此条件下研究两种情况: 1) 假设制造商不支持零售商的地方性广告促销努力, 双方同时且独立作出自己的广告策略, 运用动态规划原理分别求出制造商和零售商的反馈 Nash 均衡策略; 2) 制造商作为营销渠道的领导者, 对零售商的广告策略予以支持, 为其支付一定比例的促销费用, 这是一个典型的 Stackelberg 微分对策, 其均衡为反馈 Stackelberg 策略.

## 3 非合作条件下的反馈 Nash 均衡策略

假设制造商对零售商的地方性广告不予支持, 即  $D(t) = 0$ , 双方同时且独立确定自己的最优广告策略. 其均衡为反馈 Nash 均衡, 用上标  $N$  表示. 在此条件下, 有如下定理:

**定理 1** 非合作条件下的静态反馈 Nash 均衡策略如下:

制造商的全国性广告策略

$$A^N = \frac{\pi\alpha\theta}{u_M(\rho + \delta)}, \quad (4)$$

零售商的地方性广告促销策略

$$P^N = \frac{(1 - \pi) [ \gamma(\rho + \delta) + \beta\theta ]}{u_R(\rho + \delta)}. \quad (5)$$

**证明** 应用静态反馈 Nash 均衡的充分条件, 导出对所有  $G \geq 0$  满足 HJB 方程的最优值函数  $V_i, i \in \{M, R\}$ <sup>[10]</sup>. 在非合作条件下, 制造商和零售商的 HJB 方程分别为

$$\rho V_M(G) = \max_A \{ \pi(\gamma P + \theta G) - \frac{u_M}{2} A^2 +$$

$$V_M(G) (\alpha + \beta P - \delta G) \}, \quad (6a)$$

$$\rho V_R(G) = \max_P \left\{ (1 - \pi) (\gamma P + \theta G) - \frac{u_R}{2} P^2 + V_R(G) (\alpha + \beta P - \delta G) \right\}. \quad (6b)$$

则满足方程(6a)和(6b)的 $A(G)$ 和 $P(G)$ 构成了静态反馈 Nash 均衡. 使式(6a)和(6b)最大化的一阶条件分别为

$$A = \alpha V_M(G) / u_M, \quad (7)$$

$$P = \frac{\gamma(1 - \pi) + \beta V_R(G)}{u_R}. \quad (8)$$

式(7)和(8)分别代入 $M$ 和 $R$ 的HJB方程,可得

$$\rho V_M(G) = [\pi\theta - \delta V_M(G)]G + \frac{\alpha^2 V_M(G)^2}{2u_M} + \frac{[(1 - \pi)\gamma + \beta V_M(G)][\pi\gamma + \beta V_M(G)]}{u_R}, \quad (9a)$$

$$\rho V_R(G) = [(1 - \pi)\theta - \delta V_R(G)]G + \frac{[(1 - \pi)\gamma + \beta V_R(G)]^2}{2u_R} + \frac{\alpha^2 V_M(G)V_R(G)}{u_M}. \quad (9b)$$

由式(9a)和(9b)可知,关于 $G$ 的线性最优值函数是HJB方程的解. 令

$$V_M^N(G) = k_1 G + k_2, V_R^N(G) = s_1 G + s_2 \quad (10)$$

其中 $k_1, k_2$ 和 $s_1, s_2$ 为常数. 式(10)及其对 $G$ 的导数代入式(9a)和(9b),可得

$$\rho(k_1 G + k_2) = (\pi\theta - \delta k_1)G + \frac{\alpha^2 k_1^2}{2u_M} + \frac{[(1 - \pi)\gamma + \beta s_1][\pi\gamma + \beta k_1]}{u_R}, \quad (11a)$$

$$\rho(s_1 G + s_2) = [(1 - \pi)\theta - \delta s_1]G + \frac{\alpha^2 k_1 s_1}{2u_M} + \frac{[\gamma(1 - \pi) + \beta s_1]^2}{2u_R}. \quad (11b)$$

式(11a)和(11b)对所有 $G \geq 0$ 都满足,因而最优值函数的参数值为

$$k_1 = \frac{\pi\theta}{\rho + \delta},$$

$$k_2 = \frac{\left[ \frac{\pi\{2u_M(1 - \pi)[\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2 + u_R\alpha^2\theta^2\pi\}}{2\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2} \right]}{2\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2},$$

$$s_1 = \frac{(1 - \pi)\theta}{\rho + \delta},$$

$$s_2 = \frac{\left[ \frac{(1 - \pi)\{u_M(1 - \pi)[\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2 + 2u_R\alpha^2\theta^2\pi\}}{2\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2} \right]}{2\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2}.$$

$k_1, k_2$ 和 $s_1, s_2$ 代入式(11),可得制造商和零售商在 Nash 均衡条件下的最优值函数分别为

$$V_M^N(G) = \frac{\theta\pi}{\rho + \delta} G + \frac{\left[ \frac{\pi\{2u_M(1 - \pi)[\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2 + u_R\alpha^2\theta^2\pi\}}{2\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2} \right]}{2\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2}, \quad (12a)$$

$$V_R^N(G) = \frac{\theta(1 - \pi)}{\rho + \delta} G + \frac{\left[ \frac{(1 - \pi)\{u_M(1 - \pi)[\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2 + 2u_R\alpha^2\theta^2\pi\}}{2\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2} \right]}{2\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2}. \quad (12b)$$

式(12a)对 $G$ 求导后,所得结果代入式(7)即得式(4);式(12b)对 $G$ 求导后,所得结果代入式(8)即得式(5).

#### 4 合作条件下反馈 Stackelberg 均衡策略

考虑制造商支持零售商的地方性促销广告,为其支付比例 $D$ 的广告成本,目的是对零售商给予直接的激励,使其按照制造商的意图作广告. 假设制造商是一个 Stackelberg 博弈的领导者,给定制造商的最优策略,零售商确定自己的最优策略,双方的最优策略为静态反馈 Stackelberg 均衡策略,并用上标 $S$ 表示. 该静态反馈 Stackelberg 均衡策略可表示为如下定理:

**定理 2** 在制造商为零售商的地方性广告提供支持的条件下,制造商和零售商的静态反馈 Stackelberg 均衡策略分别为

$$A^S = \frac{\pi\alpha\theta}{u_M(\rho + \delta)}, \quad (13)$$

$$P^S = \frac{(1 + \pi)[\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]}{2u_R(\rho + \delta)}, \quad (14)$$

$$D = \begin{cases} \frac{3\pi - 1}{\pi + 1}, & \pi > \frac{1}{3}; \\ 0, & \text{否则}. \end{cases} \quad (15)$$

**证明** 制造商首先确定其全国性广告策略 $A$ ,以及对零售商的地方性广告支持率 $D$ . 零售商视制造商的策略 $A$ 和 $D$ 为给定参数,并根据自身的状况来确定最优的地方性广告促销策略 $P$ . 于是问题转化为零售商的单方最优控制问题,其最优值函数 $V_R(G)$ 必须满足HJB方程

$$\rho V_R(G) = \max_P \left\{ (1 - \pi) (\gamma P + \theta G) - \frac{(1 - D)u_R}{2} P^2 + V_R(G) (\alpha + \beta P - \delta G) \right\}. \quad (16)$$

使式(16)最大化的一阶条件为

$$P = \frac{\gamma(1 - \pi) + \beta V_R(G)}{u_R(1 - D)} \quad (17)$$

制造商考虑到零售商将根据给定的决策  $A$  和  $D$  采取自身的最优策略, 因此应根据零售商的理性反应来确定自己的最优策略, 以满足自己利润最大化的目标. 此时制造商的 HJB 方程为

$$\begin{aligned} \rho V_M(G) = & \max_{0, D} \left\{ \pi(\gamma P + \theta G) - \frac{u_M}{2} A^2 - \right. \\ & \left. \frac{u_R}{2} D P^2 + V_M(G)(\alpha A + \beta P - \delta G) \right\}. \quad (18) \end{aligned}$$

式(17)代入(18), 可得

$$\begin{aligned} \rho V_M(G) = & \max_{0, D} \left\{ \pi \left[ \gamma \frac{\gamma(1 - \pi) + \beta V_R(G)}{u_R(1 - D)} + \theta G \right] - \right. \\ & \frac{u_M}{2} A^2 - \frac{u_R}{2} D \left[ \frac{\gamma(1 - \pi) + \beta V_R(G)}{u_R(1 - D)} \right]^2 + \\ & \left. V_M(G) \left[ \alpha A + \beta \frac{\gamma(1 - \pi) + \beta V_R(G)}{u_R(1 - D)} - \delta G \right] \right\}. \quad (19) \end{aligned}$$

使式(19)最大化的关于  $A$  和  $D$  的一阶条件分别为

$$A = \alpha V_M(G) / u_M, \quad (20)$$

$$D = \frac{\gamma(3\pi - 1) + 2\beta V_M(G) - \beta V_R(G)}{\gamma(\pi + 1) + \beta V_R(G) + 2\beta V_M(G)}. \quad (21)$$

式(17), (20), (21)代入式(16)和(19), 整理得

$$\begin{aligned} \rho V_R(G) = & [(1 - \pi)\theta - \delta V_R(G)]G + \frac{\alpha^2 V_R(G) V_M(G)}{u_M} + \\ & \frac{\left[ [(1 - \pi)\gamma + \beta V_R(G)] [\gamma(1 + \pi) + \beta V_R(G) + 2\beta V_M(G)] \right]}{4u_R}, \quad (22a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho V_M(G) = & [\pi\theta - \delta V_M(G)]G + \frac{\alpha^2 V_M(G)^2}{2u_M} + \\ & \frac{[\gamma(1 + \pi) + \beta V_R(G) + 2\beta V_M(G)]^2}{8u_R}. \quad (22b) \end{aligned}$$

与定理 1 的证明类似, 线性最优值函数满足式(22a)和(22b). 令

$$V_M^S(G) = l_1 G + l_2, V_R^S(G) = r_1 G + r_2 \quad (23)$$

式(23)及其对  $G$  的导数分别代入式(22a)和(22b), 计算可得  $V_M^S(G)$  和  $V_R^S(G)$  的系数值

$$\begin{aligned} l_1 = & \frac{\pi\theta}{\rho + \delta} \\ l_2 = & \frac{\left[ u_M(1 + \pi)^2 [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2 + 4u_R\alpha^2\theta\pi^2 \right]}{8\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2}, \\ r_1 = & \frac{(1 - \pi)\theta}{\rho + \delta}, \end{aligned}$$

$$r_2 = \frac{\left[ (1 - \pi) \{ u_M(1 + \pi) [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2 + 4u_R\alpha^2\theta\pi^2 \} \right]}{4\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2}.$$

$l_1, l_2$  和  $r_1, r_2$  代入式(23), 可得到制造商和零售商的最优值函数分别为

$$V_M^S(G) = \frac{\pi\theta}{\rho + \delta} G + \frac{\left[ u_M(1 + \pi)^2 [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2 + 4u_R\alpha^2\theta\pi^2 \right]}{8\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2}, \quad (24a)$$

$$V_R^S(G) = \frac{(1 - \pi)\theta}{\rho + \delta} G + \frac{\left[ (1 - \pi) \{ u_M(1 + \pi) [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2 + 4u_R\alpha^2\theta\pi^2 \} \right]}{4\rho u_M u_R (\rho + \delta)^2}. \quad (24b)$$

式(24a)对  $G$  求导后代入式(20), 可得定理 2 中式(13); 式(24a)和(24b)对  $G$  求导后代入式(21), 可得定理 2 中式(15); 式(24b)对  $G$  求导后带入式(17), 可得定理 2 中式(14).

### 5 两种均衡结果的比较

由定理 1 和定理 2 可知, 制造商在两种情形下具有相同的广告策略, 而零售商的促销策略则有不同的结果. 由式(5)和(14)可得

$$\begin{aligned} P^S - P^N = & \frac{(1 + \pi) [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]}{2u_R(\rho + \delta)} - \\ & \frac{(1 - \pi) [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]}{u_R(\rho + \delta)} = \\ & \frac{(3\pi - 1) [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]}{2u_R(\rho + \delta)}. \end{aligned}$$

在合作条件下, 由式(15)有  $\pi > 1/3$ , 因而  $P^S - P^N > 0$ . 该结果说明, 零售商在制造商提供广告支持的情况下会作更多的促销广告. 注意到

$$P^S - P^N = D P^S \Leftrightarrow \frac{P^S - P^N}{P^S} = D.$$

该式说明, 与没有支持的情形相比, 零售商会增加其促销广告, 增加的比例与制造商所提供的广告支持率相同. 合作广告是一种激励机制, 通过该机制, 零售商会比没有支持的情形作更多的广告.

下面转到另一个重要问题: 与非合作情形相比, 合作广告计划是否会增加整个供应链系统的总利润? 即合作广告是否为一个能使供应链成员利润增加的协调机制?

根据最优值函数的定义,  $V_M(G_0)$  和  $V_R(G_0)$  是渠道成员在  $G_0(G_0 = 0)$  点的最优值函数, 因而是无限时区上的总利润. 定理 3 给出了供应链系统以及制造商和零售商在两种不同均衡条件下的利润比较结果.

**定理 3** 制造商的利润  $V_M^N < V_M^S$ , 零售商的利润  $V_R^N < V_R^S$ .

证明 对于  $\forall G_0$ , 由式(12a) 和(24a) 可得

$$V_M^S(G_0) - V_M^N(G_0) = \frac{(3\pi - 1)^2 [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2}{8\rho u_M (\rho + \delta)^2} > 0,$$

$$V_R^S(G_0) - V_R^N(G_0) = \frac{(3\pi - 1)(1 - \pi) [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2}{4\rho u_M (\rho + \delta)^2} > 0$$

整个供应链系统在两种不同均衡条件下的利润为

$$V_M^S(G_0) + V_R^S(G_0) - [V_M^N(G_0) + V_R^N(G_0)] = \frac{(3\pi - 1)(1 + \pi) [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2}{8\rho u_M (\rho + \delta)^2} > 0$$

定理得证.

定理 3 说明在合作条件下, 整个供应链系统以及制造商和零售商的利润都增加, 无论是制造商还是零售商, 都偏好选择 Stackelberg 均衡策略. 在这种条件下考察谁在该博弈下得益最多, 定理 4 表述了这种结果.

**定理 4** 与非合作条件下的广告策略相比, 如果  $\pi > 3/5$ , 则制造商从合作性广告所得的利润要比零售商多; 如果  $1/3 < \pi < 3/5$ , 则结论相反.

证明

$$V_M^S(G_0) - V_M^N(G_0) - [V_R^S(G_0) - V_R^N(G_0)] = \frac{(3\pi - 1)(5\pi - 3) [\gamma(\rho + \delta) + \beta\theta]^2}{8\rho u_M (\rho + \delta)^2} \quad (25)$$

由定理 2 可知, 在合作条件下, 必有  $\pi > 1/3$ , 因此当  $\pi > 3/5$  时, 式(25) 为正值. 与非合作条件下相比, 制造商在合作条件下所得的利润要比零售商所得的利润多. 若  $1/3 < \pi < 3/5$ , 则零售商在合作条件下比制造商所得的利润多. 当  $\pi = 3/5$  时, 二者从合作广告计划中所得的收益与非合作条件下相等.

### 6 数值分析

制造商和零售商在合作和非合作条件下, 最优广告策略和利润依赖于模型中各个参数的选取. 假设模型中的参数值分别取衰减率  $\delta = 0.1$ , 贴现率  $\rho$

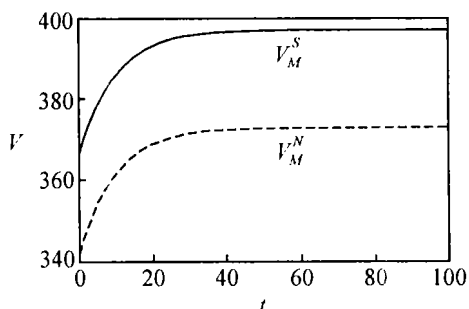


图 1 不同情形下制造商的利润比较

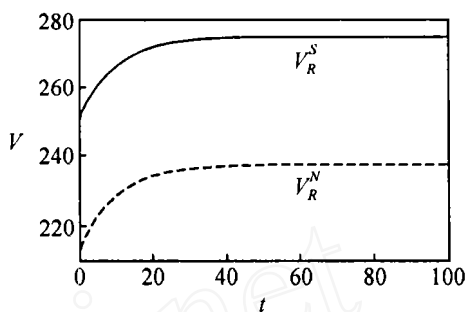


图 2 不同情形下零售商的利润比较

$= 0.1, u_M = 2, u_R = 1, \alpha = 2, \beta = 0.8, \gamma = 3, \theta = 1.2, D = 0.5, \pi = 0.6$ , 则制造商和零售商在合作和非合作条件下, 利润随时间变化的曲线分别如图 1 和图 2 所示.

由图 1 和图 2 可见, 制造商和零售商在合作条件下, 利润随着时间增加而趋于平稳, 且始终高于非合作条件下的利润, 进而验证了定理 3 的结果.

### 7 结 论

本文基于扩展的 Nerlove-Arrow 模型并运用微分对策, 在动态框架下研究供应链系统中制造商和零售商在竞争和合作条件下的最优广告策略. 研究结果表明, 合作广告是使整个供应链系统以及渠道两个成员的利润都增加的有效协调机制, 是帕累托有效的. 制造商通过对零售商的地方性广告给予支持, 可使零售商按照制造商的意图作更多的广告来刺激销售, 并使制造商的利润最大化; 零售商利用合作广告的形式与制造商共享广告成本, 从而大大减少他的全部促销费用. 根据两个成员的利润分配比率, 可以确定谁在合作计划中得益最多.

### 参考文献 (References)

- [1] Sen K. *Advertising Fees in the Franchised Channel* [M]. New York: The Haworth Press, 1994: 83-102
- [2] Dant R P, Berger P D. Modeling Cooperative Advertising Decisions in Franchising [J]. *J of the Operational Research Society*, 1996, 49(8): 1120-1136
- [3] Kim S Y, Staelin R. Manufacturer Allowances and Retailer Pass-through Rates in a Competitive Environment [J]. *Marketing Science*, 1999, 18(1): 59-76
- [4] Li S X, Huang Z M, Ashley A. Manufacturer and Retailer Cooperation through Franchising: A Chance Constrained Game Approach [J]. *Information Systems and Operational Research*, 2002, 40(1): 131-148
- [5] 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

(下转第 162 页)

## 参考文献(References)

- [1] Balestra C, Frassinelli S. Time-frequency Analysis of Surface Myoelectric Signals during Athletic Movement [J]. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 2001, 20(6): 106-115.
- [2] Karlsson S, Yu J, Akay M. Time-frequency Analysis of Myoelectric Signals during Dynamic Contractions: A Comparative Study [J]. *IEEE Trans on Biomedical Engineering*, 2000, 47(2): 228-237.
- [3] Yana K. Surface Electromyogram Recruitment Analysis Using Higher Order Spectrum [J]. *IEEE EMBC and CMBEC*, 1995: 1345-1346.
- [4] 罗志增, 杨广映. 表面肌电信号的AR参数模型分析方法[J]. *传感技术学报*, 2003, (4): 384-387.  
(Luo Z Z, Yang G Y. Surface Electromyography Analytical Method Based on the Parameter of AR Model [J]. *J of Transducer Technology*, 2003, (4): 384-387.)
- [5] 蔡立羽, 王志忠, 张海虹. 基于混沌、分形理论的表面肌电信号非线性分析[J]. *北京生物医学工程*, 2000, 19(2): 82-86  
(Cai L Y, Wang Z Z, Zhang H H. A Nonlinear Analysis of Surface EMG Signals Based on Chaos and Fractal Theory [J]. *Beijing Biomedical Engineering*, 2000, 19(2): 83-86.)
- [6] Putnam W. Real-time Computer Control Using Pattern Recognition of the Electromyogram [A]. *Annual Int Conf on the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* [C]. 1993: 1236-1237.
- [7] Knox R. Classification of Multifunction Surface EMG Using Advanced AR Model Representation [A]. *Bioengineering Proc of the Northeast Conf* [C]. 1994: 96-98.
- [8] Zahedi E. Graphical Simulation of Artificial Hand Motion with Fuzzy EMG Pattern Recognition [A]. *Proc IEEE EMBS 14th BMESI* [C]. 1995, 3: 43-44.
- [9] Itakura N, Kinbara Y, Fuwa T. Discrimination of Forearm's Motions by Surface EMG Signals Using Neural Network [J]. *Application of Human Science*, 1996, 15(6): 287-294.
- [10] 刘建成. 基于模糊神经网络的肌电信号的分析[J]. *中国医疗器械*, 1999, 23(2): 80-82  
(Liu J C. EMG Signal Analysis Based on Fuzzy and Neural Network [J]. *Chinese J of Medical Device*, 1999, 23(2): 80-82.)
- [11] 张海虹, 蔡立羽, 王志忠. 基于高阶神经网络的肌电信号识别方法的改进[J]. *中国康复医学杂志*, 2000, 15(1): 34-37.  
(Zhang H H, Cai L Y, Wang Z Z. A Pi-sigma Neural Network Based Electromyography Signal Identification Method [J]. *Chinese J of Rehabilitation Medicine*, 2000, 15(1): 34-37.)
- [12] 谢洪波, 王志忠, 黄海. 表面肌电的支持向量机分类[J]. *北京生物医学工程*, 2004, 23(2): 94-157.  
(Xie H B, Wang Z Z, Huang H. The Surface Electromyography Classification Based on Support Vector Machine [J]. *Beijing Biomedical Engineering*, 2004, 23(2): 94-157.)
- [1] Luo W, Zhang Z G, Ouyang M D. Group Advertising Models in Simple Supply Chain Based on a Game Theory Approach [J]. *Systems Engineering - Theory and Practice*, 2004, 24(2): 31-36.
- [6] Chintagunta P K, Jain D. A Dynamic Model of Channel Member Strategies for Marketing Expenditures [J]. *Marketing Science*, 1992, 11(2): 117-134.
- [7] Jorgensen S, Taboubis S. Cooperative Advertising in a Marketing Channel [J]. *J of Optimization Theory and Applications*, 2001, 110(1): 145-158.
- [8] Nerlove M, Arrow K J. Optimal Advertising Policy under Dynamic Conditions [J]. *Economica*, 1962, 39(2): 129-142.
- [9] Basar T, Olsder G J. *Dynamic Non-Cooperative Game Theory* [M]. New York: Academic Press, 1995: 148-151.
- [10] Dockner E, Jorgensen N, Van L, et al. *Differential Games in Economics and Management Science* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 97-103.

(上接第 157 页)