文章编号: 1003- 207(2006) 03- 0045- 06

易逝品降价时点设定问题的 *Cournot* 博弈模型

杨 慧[1,2], 周 晶[1]

(1. 南京大学工程管理学院, 南京 210093; 2. 南京理工大学经济管理学院, 南京 210094)

摘 要: 本文基于 *Gallego* 和 *van Ryzin* 的两级价格策略, 构建了两种竞争性易逝品降价时点设定问题的 *Cournot* 博弈模型, 应用图解法求得 *Cournot* 均衡点, 得出在竞争环境下先动企业会推迟降价时点而后动企业会提前降价的结论, 通过实例分析验证了这一结论, 同时指出了转移概率对均衡结果的影响。研究结果可为竞争环境下易逝性产品降价策略的制定提供决策支持。

关键词: 易逝品; 收益管理; 动态定价; 博弈
中图分类号: O225 文献标识码: A

1 引言

Weatherford 和 Bodily 在 1992 年提出了易逝品的概念; 易逝品存在销售时间的限制, 到一个时点 T, 若仍在产品未被售出, 则针对这段销售时间而言, 产品残值很小甚至为负值[1]。常见的易逝品包括水果蔬菜、报刊杂志、影碟、食品、药品、时装和各类服务等。另外, 随着科技的进步和市场竞争的加剧, 越来越多的产品(如电子产品、信息产品等) 都具有了易逝品的特征[2]。收益管理(*Revenue Management*, 又称收入管理) 正是针对这一类特殊产品所产生的一个新的研究领域。它的核心思想可以简单地概括为: 企业应当在合适的时间用合适的价格将合适的产品卖给合适的顾客。它力求在微观层面预测消费者行为, 通过优化产品的价格和可获得性达到收益最大化的目的[3]。

动态定价是最为重要的一种收益管理技术, 它主要研究价格变化的时间(何时) 和方向(升降) 问题, 决策目标是收益最大化。动态定价的研究主要从上个世纪 90 年代开始, 比较系统的研究有: *Gallego* 与 *Van Ryzin* 提出了单个产品的两级价格策略(*two-price policy*)[4], 在此基础上研究了网络收益管理中多产品的动态定价模型[5]; *Feng* 和 *Gallego* 在文献[4]的基础上建立了价格变换的时间控制模型, 得出了调整价格的最优边界准则[6]; 进一步, *Feng* 和 *Xiao* 将风险因素纳入模型[7]; *Feng* 和 *Xiao* 还研究了多阶段多价格的最优定价策略, 并提出了最大凹向包络理论, 可以在实践中帮助企业制定最优价格组合[8][9]。然而, 由于问题本身的复杂性, 现有研究主要从垄断企业的角度考虑动态定价策略, 忽略了竞争对手的影响[10]。实际上, 生产易逝品的行业, 如高科技行业、时装制造业以及航空客运、物流等服务业经常会面临寡头竞争的局面。本文基于文献[4]中 *Gallego* 和 *van Ryzin*(1994) 所提出的两级价格策略, 以降价时点作为决策变量, 建立竞争环境下具有一定替代性的两种易逝品的 *Cournot* 降价博弈模型, 并结合高科技行业的具体案例, 分析如何根据所建模型对两个竞争品牌的高科技产品制定降价策略。

2 *Gallego* 和 *van Ryzin* 的两级价格策略

Gallego 和 *van Ryzin* 通过一个简化的线形规划模型提出了两级价格策略[4]。问题描述为: 企业要在固定时间内销售掉固定数量的产品, 到期末销售的产品将作废, 如何动态调整价格, 实现收益最大化。假定期初库存为 $N \in Z_+$, 销售期长度为 $T \in R_+$, 预先设定的价格集 $P = \{p_1, p_2, \cdots, p_k\}$。每一个价格 $p_i \in P$ 对应一个 Poisson 过程 $N_i(s)\ 0 < s \leqslant T$, 且已知需求率 $\lambda_i \doteq \lambda(p_i)$, $i = 1, \cdots K$, $\lambda(\cdot)$严格单调递减。令 $r_i = p_i \lambda_i$, $i = 1, \cdots K$ 表示价格 p_i 的收益率。对于任意 $p_i < p_j$, 有 $r_j > r_j$, 否则无需考虑降价。如果允许任意次无成本地调整价格, *Gallego* 和 *van Ryzin* 将上述问题归结为一个线性规划模

收稿日期: 2005- 07- 03; 修回日期: 2006- 04- 13
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70371019); 南京理工大学经济管理学院青年基金资助项目
作者简介: 杨慧(1977-) , 女(汉族) , 江苏铜山人, 南京大学工程管理学院博士生, 南京理工大学经济管理学院讲师, 研究方向: 生产与运作管理.

型,并给出这样的最优解:只采用两种价格 $p_{k^*} < p_{k^*+1}$,对应的 $\lambda_{k^*}T > N > \lambda_{k^*+1}T$。假设两种价格对应的销售时间长度分别为 t_{k^*} 和 t_{k^*+1},可以得到 $t_{k^*} = \dfrac{N - \lambda_{k^*+1}T}{\lambda_{k^*} - \lambda_{k^*+1}}$, $t_{k^*+1} = \dfrac{\lambda_{k^*}T - N}{\lambda_{k^*} - \lambda_{k^*+1}}$。这一结论具有重要的实际意义,企业在价格集中选取两个价格进行一次价格变动即可获得最大收益,这样既便于管理者操作,又不会降低顾客的信任度。这也是诸如宾馆、电信、零售等行业虽然面临复杂多变的顾客需求,却仍采用少数固定价格的主要原因所在。另外,在理论研究中,只采用两种固定价格有助于简化问题,因此后来不少关于动态定价的文献都是在两级价格策略的假设之下展开研究的[6]。

在竞争环境下,如果具有一定替代性的易逝品都采取两级价格策略,那么,由于产品降价先后不同而导致的顾客转移必将改变产品的预期收益,企业必须通过重新调整产品降价时点来优化各自的收益。下文研究两家竞争性企业在面临这一问题时,如何调整各自的降价时点。

3 *Cournot* 博弈模型的构建

3.1 符号与假设

两家企业在销售期 T 内向同一市场出售两种具有一定竞争性的易逝品 1 和 2,以下描述视为两家企业的共同知识。两种产品的初始库存量为 N_i $(i = 1, 2)$,两家企业分别设定一个降价时点 t_i $(i = 1, 2)$,在 0 时刻两家企业开始以 p_i^H $(i = 1, 2)$ 出售产品,当销售时间达到 t_i $(i = 1, 2)$ 时,两种产品均有大幅度降价,由 p_i^H $(i = 1, 2)$,降为 p_i^L $(i = 1, 2)$。假设 p_i^H、p_i^L $(i = 1, 2)$ 对应的需求率分别为 λ_i^H 和 λ_i^L $(i = 1, 2)$。根据 *Gallego* 和 *van Ryzin* 的研究,在不考虑对手行为的情况下,两家公司的最佳降价时点(可称之为垄断降价时点)分别为:

$$T_{i0} = \frac{\lambda_i^L T - N_i}{\lambda_i^L - \lambda_i^H},\ i = 1, 2 \tag{3.1}$$

不失一般性,假定 $T_{10} < T_{20}$,即不考虑竞争因素时,产品 1 的最佳降价时点在前。定义企业 1 为"先动"企业,企业 2 为"后动"企业。"先动"与"后动"不同于动态博奕中的解释,在此处指的是垄断降价时点的先后顺序。

当两种产品均以高价或低价销售时,相互间的竞争表现得并不明显,而当一种产品降价在前,另一种产品仍以高价销售时,由于降价幅度大,相当数量的高价顾客会发生转移。由于无法预见最终哪种产品降价在前,因此必须考虑两种情况,一种情况是产品 1 降价在前$(t_1 < t_2)$,另一种情况是产品 2 降价在前或两者同时降价$(t_1 \geqslant t_2)$。

在 $t_1 < t_2$ 的情况下,设此时产品 2 向产品 1 的转移概率为 $\rho(0 < \rho < 1)$,可以得到两种产品在不同时段顾客需求率的分布情况(见图 1)。

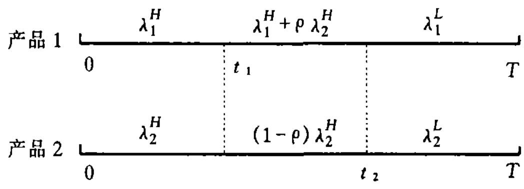

图 1 $t_1 < t_2$ 时两种产品需求率的分布情况

在 $t_1 \geqslant t_2$ 的情况下,设此时产品 1 向产品 2 的转移概率为 $\rho'(0 < \rho' < 1)$,可以得到两种产品在不同时段顾客需求率的分布情况(见图 2)。

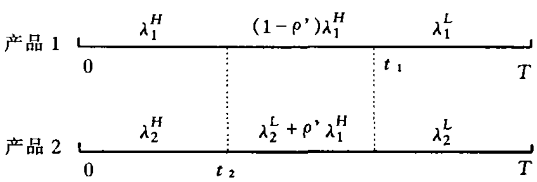

图 2 $t_1 \geqslant t_2$ 时两种产品需求率的分布情况

3.2 收益函数

(1) 在 $t_1 < t_2$ 的情况下

可以证明,竞争结果不会出现某种产品在 $[0, T]$ 时段内售空的情况。因为一旦均衡结果中出现了某种产品提前售完的情况,那么,这种产品就一定发生了降价行为,企业就可以通过单方面推迟降价时点(减少企业售出的低价产品的比例)来提高自身收益。因此,两种产品的收益函数可以表示为:

两种产品的收益函数分别为:

$$J_1 = p_1^H\lambda_1^H t_1 + p_1^L(\lambda_1^L + \rho\lambda_2^H)(t_2 - t_1) + p_1^L\lambda_1^L(T - t_2) \tag{3.2}$$

$$J_2 = p_2^H\lambda_2^H t_1 + p_2^H(1 - \rho)\lambda_2^H(t_2 - t_1) + p_2^L\lambda_2^L(T - t_2) \tag{3.3}$$

(2) 在 $t_1 \geqslant t_2$ 的情况下

两种产品的收益函数分别为:

$$J'_1 = p_1^H\lambda_1^H t_2 + p_1^H(1 - \rho')\lambda_1^H(t_1 - t_2) + p_1^L\lambda_1^L(T - t_1) \tag{3.4}$$

$$J'_2 = p_2^H\lambda_2^H t_2 + p_2^L(\lambda_2^L + \rho'\lambda_1^H)(t_1 - t_2) + p_2^L\lambda_2^L(T - t_1) \tag{3.5}$$

3.3 策略空间

根据初始存量和销售时间的约束,第一种情况下$(t_1 < t_2)$,t_1 和 t_2 对应的策略空间可通过式(3.6)-(3.8)确定。

$$\lambda_1^H t_1 + (\lambda_1^L + \rho\lambda_2^H)(t_2 - t_1) + \lambda_1^L(T - t_2) \leqslant N_1 \tag{3.6}$$

$$\lambda_2^H t_1 + (1-\rho)\lambda_2^H(t_2 - t_1) + \lambda_2^L(T - t_2) \leqslant N_2 \tag{3.7}$$

$$0 \leqslant t_1 < t_2 \leqslant T \tag{3.8}$$

第二种情况下$(t_1 \geqslant t_2)$, t_1 和 t_2 对应的策略空间可通过式(3.9)–(3.11)确定。

$$\lambda_1^H t_2 + (1-\rho')\lambda_1^H(t_1 - t_2) + \lambda_1^L(T - t_1) \leqslant N_1 \tag{3.9}$$

$$\lambda_2^H t_2 + (\lambda_2^L + \rho'\lambda_1^H)(t_1 - t_2) + \lambda_2^L(T - t_1) \leqslant N_2 \tag{3.10}$$

$$0 \leqslant t_2 \leqslant t_1 \leqslant T \tag{3.11}$$

显然, 两种情况都存在这样的特征: 不仅双方收益受到对方策略的影响, 双方策略空间也并非相互独立。考虑到变量数目为 2 且式(3.6)–(3.11)均为线性关系, 我们应用图解法求此博弈的 Cournot 均衡解。

4　图解法求 *Cournot* 均衡点

4.1　$t_1 < t_2$ 假设下的均衡点

对(3.6)、(3.7)进行整理得到(4.1)、(4.2)。

$$t_2 \leqslant -\frac{\lambda_1^L T - N_1}{\rho\lambda_2^H} + \frac{\lambda_1^L - \lambda_1^H + \rho\lambda_2^H}{\rho\lambda_2^H} t_1 \tag{4.1}$$

$$t_2 \geqslant \frac{\lambda_2^L T - N_2}{\lambda_2^L - \lambda_2^H + \rho\lambda_2^H} + \frac{\rho\lambda_2^H}{\lambda_2^L - \lambda_2^H + \rho\lambda_2^H} t_1 \tag{4.2}$$

图 2 阴影部分表示由式(4.1)、(4.2)、(3.8)所构成的 t_1 和 t_2 的策略空间。由于 $\lambda_i^L > \lambda_i^H$, $\lambda_i^L T > N_i$, 可知不等式(4.1)对应的边界直线 AD 的斜率大于 1 且在纵轴上的截距为负, 其与直线 $t_2 = t_1$ 交点 E 的坐标恰为(T_{10}, T_{10})。同理, 不等式(4.2)对应的边界直线 AB 的斜率在 0 到 1 之间且在纵轴上的截距为正, 其与直线 $t_2 = t_1$ 的交点 B 的坐标恰为(T_{20}, T_{20})。T_{10}和 T_{20}由公式(3.1)给出。由于假设条件为 $T_{10} > T_{20}$, 因此 B 点应处于E 点上方。(4.1)、(4.2)对应的边界直线交于点$(A(T_1, T_2))$, 易得 $T_1 > T_{10}$, $T_2 < T_{20}$。经计算,

$$T_1 = \frac{(\lambda_1^L T - N_1)(\lambda_2^L - \lambda_2^H + \rho\lambda_2^H) + \rho\lambda_2^H(\lambda_2^L T - N_2)}{(\lambda_1^L - \lambda_1^H + \rho\lambda_2^H)(\lambda_2^L - \lambda_2^H + \rho\lambda_2^H) - (\rho\lambda_2^H)^2} \tag{4.3}$$

$$T_2 = \frac{(\lambda_1^L T - N_1)(\lambda_2^L - \lambda_2^H + \rho\lambda_2^H) + \rho\lambda_2^H(\lambda_2^L T - N_2)}{(\lambda_1^L - \lambda_1^H + \rho\lambda_2^H)(\lambda_2^L - \lambda_2^H + \rho\lambda_2^H) - (\rho\lambda_2^H)^2} \times \frac{\rho\lambda_2^H}{\lambda_2^L - \lambda_2^H + \rho\lambda_2^H} + \frac{\lambda_2^L T - N_2}{\lambda_2^L - \lambda_2^H + \rho\lambda_2^H} \tag{4.4}$$

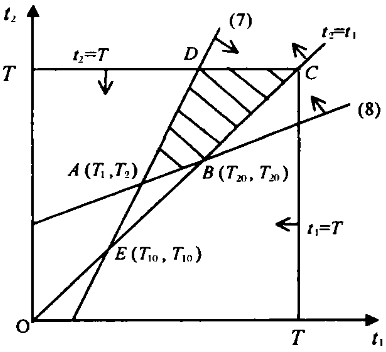

图 3　$t_2 < t_1$ 时双方的策略空间

命题 1: 若能预测最终的均衡结果有 $t_1 < t_2$ 存在, 则 $A(T_1, T_2)$ 为 *Cournot* 均衡点。

证明: 设定产品 1 在 t_1 时点降价, 对产品 2 的收益进行优化, 将(3.3)式变形为:

$J_2 = p_2^L\lambda_2^L T + \rho p_2^H\lambda_2^H t_1 + [(1-\rho)p_2^H\lambda_2^H - p_2^L\lambda_2^L] t_2$

根据 § 2 中对参数的描述, 高价格对应低收益率, 可得$(1-\rho)p_2^H\lambda_2^H - p_2^L\lambda_2^L < 0$。因此, 当 t_1 给定时, t_2 对应取最小值即可使产品 2 获得最大收益。

同理, 设定产品 2 在 t_2 时点降价, 对产品 1 的收益进行优化, 将(3.2)式变形为:

$J_1 = p_1^L\lambda_1^L T + [p_1^H\lambda_1^H - p_1^L\lambda_1^L - \rho p_1^L\lambda_2^H) t_1 + \rho p_1^L\lambda_2^H t_2$

由于 $p_1^H\lambda_1^H - (1+\rho)p_1^L\lambda_1^L < 0$, 因此, 当 t_2 给定时, t_1 对应取最小值即可使产品 1 获得最大收益。

将上述结论在图 2 中进行投影分析, 可得到如下结论: 给定 t_1, t_2 会在 AB 和 BC 线段上取值; 给定 t_2, t_1 会在 AD 线段上取值, 故 $A(T_1, T_2)$ 为 *Cournot* 均衡点。命题 1 得证。

4.2　$t_1 \geqslant t_2$ 假设下的均衡点

同理, 根据式(3.9)–(3.11), 在 $t_1 \geqslant t_2$ 的假设下双方的策略空间如图 4 所示。

命题 2: 若能预测最终的均衡结果有 $t_1 \geqslant t_2$ 存在, 则 $B(T_{20}, T_{20})$为 *Cournot* 均衡点。

证明: 将式(13)、(14)变形得:

$J'_1 = p_1^L\lambda_1^L T + \rho' p_1^H\lambda_1^H t_2 + [(1-\rho')p_1^H\lambda_1^H - p_1^L\lambda_1^L] t_1$

$J'_2 = p_2^L\lambda_2^L T + \rho' p_2^L\lambda_1^H t_1 + [p_2^H\lambda_2^H - p_2^L\lambda_2^L - \rho' p_2^L\lambda_1^H] t_2$

其中, 系数 $(1-\rho')p_1^H\lambda_1^H - p_1^L\lambda_1^L < 0$, $p_2^H\lambda_2^H - p_2^L\lambda_2^L - \rho' p_2^L\lambda_1^H < 0$, 因此, 给定 t_1, t_2 在取最小值时使 J'_2 达到最大值; 给定 t_2, t_1 在取最小值时使 J'_1

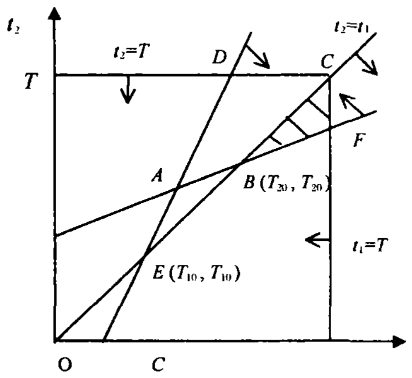

图 4 $t_1 \geqslant t_2$ 时双方的策略空间

达到最大值。反映到图 4 中, 给定 t_1, t_2 会在 BC 线段上取值; 给定 t_2, t_1 会在 BF 线段上取值, 故 B (T_{20}, T_{20}) 为 *Cournot* 均衡点。命题 2 得证。

4.3 *Cournot* 均衡点

上述两个命题表明, 第一种情况下, 产品 1 会选择在 T_1 时点降价, 产品 2 随之在 T_2 时点降价; 第二种情况下, 两种产品都在 T_{20}时点降价。那么, 是否两种均衡结果都会出现呢?

我们来分析一个两种均衡结果下企业的收益情况。第一种均衡结果下, $T_1 > T_{10}$, $T_2 < T_{20}$, 同不考虑对手的情况相比, 产品 1 会推迟降价时点, 而产品 2 会提前降价。而不等式(3.6)、(3.7) 恰好取等号, 这就表明两种产品在销售期末全部售出。同不考虑竞争对手的情况相比, 更多的产品 1 是用高价售出, 而产品 2 恰恰相反, 因此, 产品 1 的总收益会有所增加, 而产品 2 的总收益有所降低。而在第二种均衡结果下, 由于两种产品同时降价, 实际上并没有发生顾客转移的情况, 根据§2 中 *Gallego* 和 *van Ryzin* 的定价策略, 产品 1 在 T_{20}时点降价的收益一定小于其垄断收益。因此, 作为理性的竞争者, 企业 1 自然希望第一个 *Cournot* 均衡结果出现。

我们借助图 5 对两家企业的决策过程作进一步分析。在 0 时刻, 两家企业都预测到可能有两种均衡结果出现; 0 到 T_1 时刻两种产品都以高价出售; T_1 时点到达后, 产品 1 会立即采取降价策略, 这样产品 2 不得不提前在 T_2 降价, 从而避免了第二个均衡结果的出现。由此得到命题 3。

命题 3: (T_1, T_2) 为该博弈的 *Cournot* 均衡点。

此博弈的最终均衡结果是: 产品 1 推迟降价时点, 产品 2 提前降价。这一结论同常识是一致的。由于产品 1 降价在先, 吸引了一部分来自产品 2 的高价顾客, 提高了其低价格所对应的需求率和收益率, 从而加快了产品销售, 因此可以推迟一段时间降

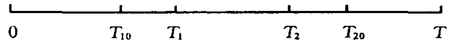

图 5 几个时点的先后关系

价。而产品 2 高价时所对应的需求率和收益率有所降低, 只有增加低价销售时间(低价收益率大于高价收益率), 才能尽量降低竞争带来的损失。

这是一个特殊的 *Cournot* 博弈, 虽然双方参与人同时进行决策, 但决策变量是一个时点。因此, 产品 1 仍然凭借其垄断最优降价时点先于产品 2($T_{10} < T_{20}$)而获得了先动优势。

5 实例分析

在商业实践中经常能遇到易逝品降价时点的设定问题, 越来越多的企业把对产品的“时机决策”看作同“数量决策”和“价格决策”同等重要。尤其是对于手机、芯片等易逝性高科技产品, 它们往往处于寡头竞争的市场形态之中, 在制定降价策略时, 需要考虑竞争对手的影响, 根据竞争对手的销售情况动态地调整价格。

现有 A 公司和 B 公司两家主要的显卡处理器 (GPU) 生产商, 16 周之后, A 公司的 A8000 芯片要替代现有的 A7000, 而 B 公司的 B7800 芯片要替代现有的 B6800, 其间两家公司均会对现有产品采取一次降价行动。两家公司基于自身情况估算了各自的降价时点, 同时它们也意识到应当根据竞争对手的情况适当地调整降价时点。下面我们应用本文所建的模型对两家公司降价时点的设定问题进行更为细致的分析。

根据调研和预测, 已知 A7000 和 B6800 的现有库存量分别为 500(万个) 和 300(万个)。产品 A7000 由 1500 降至 800 元, 相应的顾客达到率分别为 20(万个/周) 和 50(万个/周); B6800 由 1200 降至 600 元, 相应的顾客达到率分别为 12(万个/周) 和 30(万个/周)。根据公式(3.1) 计算出不考虑竞争对手时两种产品的最佳降价时点分别为 $T_{A0} = 10$ (周), $T_{B0} = 6.67$(周), 两种产品的收益分别为 $J_{A0} = 540000$(万元), $J_{B0} = 220000$(万元)。

虽然两家公司的 GPU 各有优势, 公司 A 的产品更适合于游戏界面, 公司 B 的产品更适合于图形制作。但是, 如果公司 A 在第 10 周降价而公司 B 在第 6.67 周降价, 部分欲购买 A7000 的顾客会转而购买 B6800。假转移概率为 ρ($0 < \rho < 1$), 根据公式(4.3)、(4.4) 可以计算出竞争环境下产品 B6800 和 A7000 的最佳降价时点分别为 $T_B = \dfrac{60 + 160\rho}{9 + 18\rho}$,

$T_A=\dfrac{90+160\rho}{9+18\rho}$, 代入公式(3.2)、(3.3)计算出两种产品的收益分别为 $J_B=\dfrac{1980000+4200000\rho}{9+18\rho}$, $J_A=\dfrac{4860000+9020000\rho}{9+18\rho}$。通过比较得到:

①竞争环境下, B 公司产品的降价时点推迟了 $\dfrac{40}{(9/\rho)+18}$, A 公司产品的降价时点提前了 $\dfrac{20}{(9/\rho)+18}$, ρ越大, 降价时点的变化越大。

②竞争环境下, B 公司产品的收益增加了 $\dfrac{240000}{(9/\rho)+18}$, A 公司产品的收益减少了 $\dfrac{700000}{(9/\rho)+18}$, 总收益下降了 $\dfrac{460000}{(9/\rho)+18}$, ρ越大, 收益的变化越大。总收益下降的原因在于竞争环境下更多顾客购买了低价产品。

参数ρ可以通过产品历史销售记录、性价比、顾客满意度等数据进行估计, 其大小表明两种产品的替代程度。例如当 $\rho=0.5$ 时, A 公司应把降价时点设定在第 9.44 周, 获得的收益为 520600 万元; B 公司应把降价时点设定在第 7.77 周, 获得的收益为 226700 万元。图 6~ 图 8 反映了ρ的不同取值对均衡结果的影响。可以看出, 对于先动企业, 产品替代性越强, 其获取的收益越高; 而对于后动企业, 增加产品(服务)间的差异化程度, 有利于降低竞争带来的损失。显然, 上述分析过程能够显著提高两家公司降价时机决策的精确性和科学性, 并对公司竞争策略的制定有一定的参考价值。

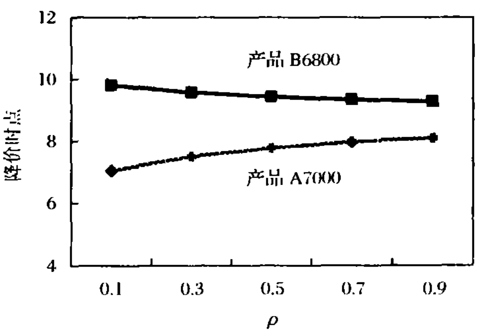

图 6　ρ 的取值对降价时点的影响

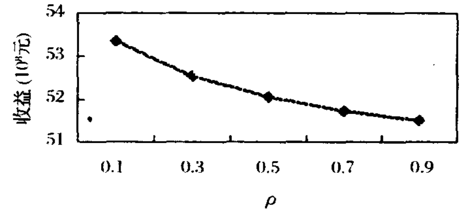

图 7　ρ 的取值对 A 公司收益的影响

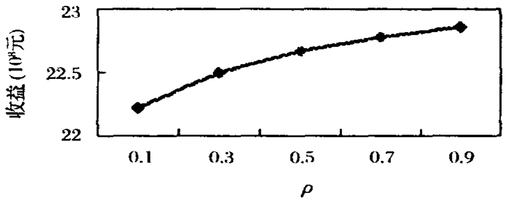

图 8　ρ 的取值对 B 公司收益的影响

6　结论

本文构建了实施两级价格策略的竞争性易逝品关于降价时点的 *Cournot* 博弈模型, 得出如下结论:

(1) 竞争环境下, 先动企业会推迟降价时点, 同时获得比垄断情况下更多的收益。反之, 后动企业会提前降价, 收益也会有所降低。

(2) 该模型是一个特殊的 *Cournot* 博弈模型, 虽然双方参与人同时进行决策, 但决策变量为时点, 垄断降价时点在前的企业获得了先动优势。(3) 调研实例验证了博弈模型的有效性, 同时提出了参数ρ对均衡结果的影响, 即降价时点和收益的变动幅度会随着ρ的增大而增大。

提供易逝品的企业在获得了必要的数据后, 可以利用上述方法指导其制定降价策略, 因此本研究具有一定的现实意义。但本研究仍存在不少需要拓展的地方: 其一, 现实中不少企业是从价格集中选取多种价格, 而不局限于仅仅采用两级价格的情况; 其二, 当难以获取竞争对手的某些数据时, 有必要研究不完全信息博弈。

参考文献:

[1] Weatherford R, Bodily S. A taxonomy and research overview of perishable asset revenue management: yield management, overbooking and pricing[J]. Operations Research, 1992, 40: 831- 844.

[2] 陈旭. 考虑批发价格更新的易逝品的零售商订货策略[J]. 中国管理科学, 2004, 12(4): 57- 63.

[3] Robert. G. Revenue Management Hard-Core Tactics for Market Domination[M]. New York: Broadway Books, 1997: 51- 52.

[4] Guillermo Gallego, Garrett van Ryzin. Optimal Dynamic Pricing of Inventories with Stochastic Demand over Finite Horizons[J]. Management Science, 1994, 40: 999- 1020.

[5] Guillermo Gallego and Garrett van Ryzin. A Multiproduct Dynamic Pricing Problem and its Applications to Network Yield Managment[J]. Operations Research, 1997, 45: 24-

41.

[6] Feng, Y. Y.., Guillermo gallego. Optimal Starting Times for End- of- Season Sales and Optimal Stopping Times for Promotional Fares[J]. Management Science, 1995, 41(8): 1371- 1391.

[7] Feng, Y. Y. and B. Xiao. Maximizing revenues of perishable assets with risk factor. Operations Research, 1999, 47: 337 - 341.

[8] Feng, Y. Y. and B. Xiao. A Continuous-Time Yield Management Model with Multiple Prices and Reversible Price Changes[J]. Management Science, 2000a, 46: 644- 657.

[9] Feng, Y. Y. and B. Xiao. Optimal Policies of Yield Management with Multiple Predetermined Prices[J]. Operations Research, 2000b, 48: 332- 343.

[10] 罗利, 萧柏春. 收入管理理论的研究现状及发展前景[J]. 管理科学学报, 2004, (76): 75- 83.

A Cournot Game of Setting Optimal Markdown Timing for Perishable Products

YANG Hui[1,2], **Zhou Jing**[1]

(1. School of Management Science & Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093; China;
2. School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: This paper deals with a kind of specific retailing that sells a fixed stock of perishable goods over a finite horizon. A Cournot game model is proposed based on Gallego and Van Ryzin's two-price policy. The Cournot equilibrium point is found out in the figure of the strategy sets. It is found that the optimal markdown timing of the leading product will be delayed and that of the following product will be advanced. A numerical example is provided and the effect of the customer's transfer probability p between suppliers on the equilibrium of the game is analyzed. The model proposed in this paper is helpful for the suppliers to determine the markdown timing of perishable products when the competitiveness exists.

Key words: perishable product; revenue management; dynamic pricing; game