

竞争环境下提前期-价格响应模式均衡策略研究

李怡娜, 魏超*

(华南理工大学工商管理学院, 广东 广州 510641)

摘要: 研究了当顾客对不同的提前期-价格响应模式有不同的选择行为时, 双寡头企业在不同竞争情境下的最优提前期-价格决策及其相应利润, 并通过利润对比得出双寡头企业的提前期-价格响应模式的均衡策略. 研究结果表明, 在提前期-价格竞争市场中, 双寡头企业的均衡策略会受到边际盈利能力和顾客对不同企业品牌的忠诚程度的影响. 当慢速响应模式的边际盈利能力较大时, 双寡头企业会处于同时采取慢速响应模式的均衡; 当快速响应模式的边际盈利能力较大时, 如果顾客忠诚程度较高, 双寡头企业会处于同时采取快速响应模式的均衡, 否则, 会形成两个企业同时采取快速响应、同时采取慢速响应以及混合响应模式的三种均衡策略.

关键词: 竞争环境; 顾客选择行为; 提前期; 价格; 均衡

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2018)02-0225-17

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2018.02.008

Research on lead time-price response model equilibrium strategy under competitive environment

Li Yina, Wei Chao*

(School of Business Administration, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: This paper investigates how duopoly enterprises determine lead time and price decisions in different competitive circumstances where a customer's choice behavior depends on both lead time and price. The equilibrium decisions are derived based on the comparisons of duopoly enterprises' profits. This paper finds the equilibrium outcome depends on two factors: the marginal profitability index, which signifies the customer's perceived value and relative attractiveness of different quotation strategies and the enterprise's cost characteristic; and the customer's loyalty to the brand reputation. As the marginal profitability index of slow quotation strategy is relatively large, there exists an equilibrium where both duopoly enterprises adopt slow quotation strategies. When the marginal profitability index of fast quotation strategy is relatively large, if the customer's loyalty to the brand reputation is high, there exists an equilibrium where both duopoly enterprises adopt fast quotation strategies. Otherwise, there exist three equilibrium decisions, namely, both fast, both slow, and hybrid quotation strategies.

Key words: competitive environment; customer choice behavior; lead time; price; equilibrium

收稿日期: 2016-05-09; 修订日期: 2017-02-27.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71371006; 71420107024; 71471066); 中央高校基本科研业务费资助项目(2015JCRC-06).

*通信作者

1 引言

随着经济的发展,市场竞争的日益激烈,需求已不再单一地受价格“掌控”,自上世纪80年代末Stalk提出“基于时间的竞争”的理念以来,“提前期”成为影响企业竞争能力的重要因素^[1].企业之间的竞争已经从传统的单一价格竞争转变为提前期-价格竞争.一些国际一流企业,如FeDex, Dell, 亚马逊等通过制定不同的提前期-价格竞争组合满足不同顾客的需求,赢得了巨大的竞争优势.

在美国家具市场上,Postrel^[2]在2005年的文章中提到,中国家具企业主要采用低价格长提前期服务的慢速响应模式和主要采用高价格短提前期的快速响应模式的美国企业进行竞争,呈现出采用快慢两种响应模式的混合均衡.在中国的中高端快递市场上,以“顺丰和邮政EMS”为代表的企业均采用高价格短提前期的快速响应模式的竞争策略,呈现出都采用快速响应模式的均衡.与此同时,在低端快递市场上,以“申通、圆通、中通、韵达”为代表的快递企业均采用低价格长提前期的慢速响应策略,呈现出都采用慢响应模式的均衡.那么,企业在提前期竞争中,究竟应该采用何种模式进行竞争?最终又将呈现出那种均衡?而这又与那些因素有关?已经成为困扰企业发展的重要研究问题.

如何围绕时间竞争,在提前期-价格决策所带来的收益和所付出的成本之间进行衡量,做出科学的提前期-价格决策以获得更高的收益和竞争优势,也已成为近年来学术界关注的焦点.Yano^[3]最早提出如何确定最优承诺提前期以最小化系统库存持有和延期成本.Palaka等^[4]在需求为承诺提前期敏感的假设下做出最优的承诺提前期、价格和产能决策.Boyaci等^[5]考虑了产品差异化和缩短提前期的能力成本对最优定价和提前期的交互影响.Ray等^[6]在增加额外投资缩短提前期和预定服务水平约束的假设下考虑了需求和价格同为提前期敏感时的最优提前期设置问题.Liu等^[7]研究在价格和提前期敏感需求的环境下由一个供应商和一个零售商构成的分散供应链系统中如何确定最优的批发价、零售价和承诺提前期.邵建军等^[8]在不考虑能力成本条件下,研究了可替代产品间的价格与提前期最优决策问题,并分析了企业的产能制约对决策的影响.李怡娜等^[9]假定零售商决定提前期并完全承担提前期费用,运用Stackebeg模型和Nash协商模型研究了零售商的交货策略问题.邱晗光等^[10]假设部分短缺量拖后率受价格折扣和时间的影 响,并据此建立库存模型分析了提前期对总成本、价格折扣、订货批量的影响.苏秦等^[11]通过构建质量敏感型和非敏感型顾客需求及企业净利润模型,研究了产品质量、价格及交付提前期相互竞争下的企业最优决策问题.周颖^[12]在考虑顾客对提前期和服务质量都敏感的市场中,研究企业如何制定最优的提前期的问题.Zhao等^[13]在考虑时间敏感型顾客和价格敏感型顾客的不同选择行为下研究了提前期-价格的统一报价模型和差异报价模型的抉择问题.Wu等^[14]将定价、订货量和承诺提前期决策同时纳入价格和提前期敏感的需求研究中.Li等^[15]研究了一个风险规避型企业如何确定最优的提前期-价格决策最大化自身效用.

但这些文献只关注单个企业如何制定最优的提前期-价格决策,并没有考虑竞争环境对企业提前期-价格决策的影响.在现实实践中,企业如果不考虑竞争对手行为而做的决策往往会偏离最优决策,导致在竞争中失利.尤其是在互联网飞速发展导致信息传播更为便捷的时代,顾客可以快速地从多方面来比较和选择不同企业的产品或服务.因此,近年来竞争环境下的提前期-价格决策问题也引起了部分学者的关注.如Li等^[16]在假定企业决定供应商的提前期的基础上分析了在提前期敏感型需求的市场上两企业的价格竞争问题.Lederer等^[17]研究了企业如何针对延时敏感型顾客制定价格、生产率和调度策略以进行竞争,并发现竞争中存在均衡.So等^[18]研究了需求依赖价格和提前期条件下的竞争决策问题.在此基础上,So^[19]进一步研究了多方竞争的情形.Xia等^[20]假定顾客服从均匀分布的情况下,考虑了两家企业是生产标准化还是定制化产品的竞争决策问题,并分析了提前期和价格在此竞争中的作用.刘聪粉等^[21]从寡头市场入手研究由两个MTO企业针对需求和价格依赖提前期时如何制定提前期策略来实现企业利润的最大化问题.叶飞等^[22]研究了在一个同时存在忠诚顾客市场和竞争市场时两个竞争企业如何制定提前期-价格决策的问题.

然而,现有考虑竞争环境下的提前期-价格决策问题的研究存在两个方面的不足.其一,他们均未考虑

顾客的选择行为对提前期-价格决策的影响. 在以顾客为中心的买方市场经济环境中, 需求最终是由所有顾客的决策构成. 顾客购买产品或服务时可能具有不同的支付意愿. 如“不在意价格, 很在意时间”的购买航空公司商务舱的旅客、追求时尚消费品的顾客, 或者“如果能便宜就愿意等待”的到换季或打折时才购买一些时尚产品的战略顾客. 这些顾客对提前期和价格的不同偏好程度将直接影响到他们对不同提前期-价格的产品或服务所感知到的价值和购买决策, 进而会影响到企业的最优决策. 其二, 他们主要考虑竞争环境下企业的最优提前期-价格决策, 而并没有深入分析在不同的条件和竞争情境下, 相互竞争企业最终的均衡策略是什么? 他们应该选择同质化的竞争行为还是异质化的竞争行为呢? 进一步地, 这些均衡策略会受到哪些因素和条件的影响? 为什么不同行业的企业会选择不同的提前期-价格竞争策略? 如有些行业的企业同时选择快速响应模式竞争, 如生鲜产品行业; 有些行业的企业会同时选择慢速响应模式竞争, 如钢铁、煤炭行业; 而有些行业的企业既有选择快速响应模式, 也有选择慢速响应模式进行竞争, 如快递行业. 顾客对提前期和价格的不同偏好程度, 对不同企业品牌的忠诚程度, 以及企业自身不同的能力和成本特性(如固定投入大, 能力充足的企业能够以更低的成本提供更短的提前期, 而能力小的企业往往由于会由于压缩提前期的边际成本太大而选择更长的提前期)会如何影响竞争企业的均衡策略?

为此, 本文拟在考虑顾客对不同提前期-价格组合的效用函数作为其购买选择行为的基础上, 结合企业自身的能力和成本特性, 深入分析双寡头企业在三种提前期-价格竞争情境下的最优提前期-价格决策及其相应利润: 1) 两家企业均采用快速响应的提前期-价格组合的产品或服务; 2) 一家企业采取快速响应的提前期-价格组合的产品或服务, 另一家企业采用慢速响应的提前期-价格组合的产品或服务; 3) 两家企业均采用慢速响应的提前期-价格组合的产品或服务.

本文基于 Hotelling 模型通过顾客效用函数刻画顾客选择行为, 并构建由顾客对不同响应模式的感知价值、偏好程度和企业自身成本特性所决定的边际盈利能力. 最后, 通过利润对比分析边际盈利能力对不同响应模式下企业均衡策略的影响.

2 提前期-价格竞争模型

2.1 模型假设与符号

表 1 列出了本文所用符号的含义.

表 1 符号含义
Table 1 Meaning of symbols

符号	含义	符号	含义
U	顾客的效用	θ	顾客对 s 模式的效用折扣系数, $\theta \in (0, 1]$
T	现有技术条件下的最长提前期	d_i	企业 i 的需求
p_i	企业 i 的价格	π_i	企业 i 的利润
L_i	企业 i 的提前期	c_f	f 模式的变动成本
α	顾客对短提前期的敏感系数, $\alpha > 0$	c_s	s 模式的变动成本
β	顾客对长提前期的敏感系数, $\beta > 0$	m	压缩提前期的成本系数
v	f 模式带给顾客的最大效用	t	转换成本(反应企业品牌的忠诚度)

考虑企业 1 和企业 2 两家企业在市场上竞争, 这两家企业对称且垄断整个市场. 两家企业均可提供两种提前期和价格组合模式的产品和服务给顾客, 分别为快速响应模式(f 模式)和慢速响应模式(s 模式). 这两种模式的提前期和价格不同, f 模式提前期较短, 价格较高, 而 s 模式提前期较长, 价格较低. 企业提供 f 模式的变动成本为 c_f , 提供 s 模式的变动成本为 c_s , 并且满足 $c_f > c_s$. 这是符合现实生活的. 如飞机运输比轮船运输的价格更高, 提前期更短, 但飞机运输的成本也高于轮船运输.

为了简化模型, 更好地分析提前期-价格响应策略, 假定顾客服从均匀分布, 基于 Hotelling 模型构建提前期-价格竞争模型以研究这两个企业的竞争问题. 假定有一长度为 1 的“线性市场”, 用 $[0, 1]$ 表示. 企业 1

位于市场的0点,企业2位于市场的1点.顾客的总数标准化为1,并且均匀分布在这一线性市场上, x 表示顾客所处的位置,可以解释为顾客偏好的理想点,定位 x 的顾客选择不同的企业时,面临单位效用损失为 t ,亦称为转换成本或者交通成本,反映顾客对不同企业品牌的忠诚程度,如图1所示.

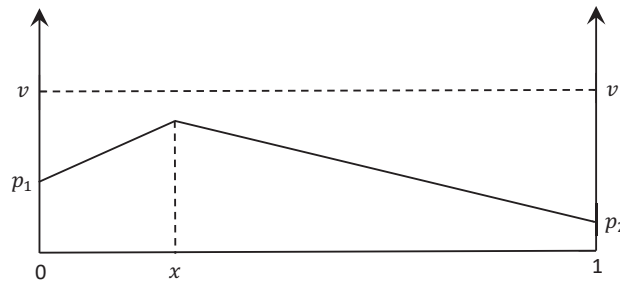


图1 顾客分布和双寡头企业位置图(企业1位于0点,企业2位于1点)

Fig. 1 The distribution of customers and the map of duopoly (Enterprise 1 is located at point 0, Enterprise 2 is located at point 1)

假定企业间采用同质化进行竞争,企业1以价格 p_1 提供提前期为 L_1 的产品或服务,企业2以价格 p_2 提供提前期为 L_2 的产品或服务.水平轴上位于 x 的顾客购买企业1获得的效用,用 $v - p_1 - \alpha L_1 - tx$ 表示,购买企业2获得的效用,用 $v - p_2 - \alpha L_2 - t(1 - x)$ 表示.其中 v 表示顾客对产品的感知价值, tx 表示顾客与企业1的距离而产生的效用损失, t 越大表示顾客对产品的忠诚度越高, x 越小即顾客与企业1越“近”表示企业1需要提供一个较大的价格差异才有可能让该顾客选择购买企业2的产品.因而,当 $v - p_1 - \alpha L_1 - tx > v - p_2 - \alpha L_2 - t(1 - x)$ 时,位于 x 的顾客由于较高的效用,会选择购买企业1的产品或服务.同理当 $v - p_1 - \alpha L_1 - tx < v - p_2 - \alpha L_2 - t(1 - x)$ 时,位于 x 的顾客由于较高的效用,会选择购买企业2的产品或服务.

假定企业间采用异质化进行竞争,企业1以价格 p_1 提供提前期为 L_1 的产品或服务,企业2以价格 p_2 提供提前期为 L_2 的产品或服务,其中企业1采用f模式,企业2采用s模式.水平轴上位于 x 的顾客购买企业1获得的效用,用 $v - p_1 - \alpha L_1 - tx$ 表示,购买企业2获得的效用,用 $\theta v - p_2 - \alpha L_2 - t(1 - x)$ 表示.其中 θ 表示顾客对s模式的效用折扣系数, $\theta \in (0, 1]$, θv 表示s模式带给顾客的最大效用.因而,当 $v - p_1 - \alpha L_1 - tx > \theta v - p_2 - \alpha L_2 - t(1 - x)$ 时,位于 x 的顾客由于较高的效用会选择购买企业1的产品或者服务.同理当 $v - p_1 - \alpha L_1 - tx < \theta v - p_2 - \alpha L_2 - t(1 - x)$ 时,位于 x 的顾客由于较高的效用会选择购买企业2的产品或者服务.

企业1和企业2面临的决策问题是,当顾客对不同的提前期和价格组合响应模式有不同的选择行为,以及竞争对手做出不同的响应模式决策时,应该如何选择最优的响应模式以最大化自身的收益.两个企业的竞争情境有如下四个组合:

- 1) 情境1 (f, f), 企业1和企业2均为顾客提供f模式的产品或服务;
- 2) 情境2 (f, s), 企业1和企业2分别为顾客提供f模式和s模式的产品或服务;
- 3) 情境3 (s, f), 企业1和企业2分别为顾客提供s模式和f模式的产品或服务;
- 4) 情境4 (s, s), 企业1和企业2均为顾客提供s模式的产品或服务.

为了方便分析,下文统一用下标表示企业,用上标表示两个企业不同的竞争情境.例如, p_1^{fs} 表示企业1在(f, s)竞争情境下的价格.

2.2 同质化竞争下的均衡

2.2.1 (f, f)竞争情境下的均衡

在两个企业的(f, f)竞争情境中,顾客对企业1和企业2的效用函数分别为

$$U_1^{ff} = v - p_1^{ff} - \alpha L_1^{ff} - tx, \quad (1)$$

$$U_2^{ff} = v - p_2^{ff} - \alpha L_2^{ff} - t(1 - x). \quad (2)$$

根据效用最大化选择, 顾客选择购买企业 1 的产品或服务, 需满足 $U_1^{\text{ff}} \geq U_2^{\text{ff}}$; 相应地, 顾客选择购买企业 2 的产品或服务, 需满足 $U_2^{\text{ff}} \geq U_1^{\text{ff}}$. 因此, 位于线性竞争市场上 x 点的顾客对企业 1 和企业 2 所提供的产品或服务无差异偏好时需满足

$$v - p_1^{\text{ff}} - \alpha L_1^{\text{ff}} - tx = v - p_2^{\text{ff}} - \alpha L_2^{\text{ff}} - t(1 - x), \quad (3)$$

易得

$$x^{\text{ff}} = \frac{1}{2} + \frac{(p_2^{\text{ff}} - p_1^{\text{ff}}) + \alpha(L_2^{\text{ff}} - L_1^{\text{ff}})}{2t}. \quad (4)$$

当顾客位于 $(0, x^{\text{ff}})$ 时, 更愿意购买位于 0 点的企业 1 的产品或服务; 当顾客位于 $(x^{\text{ff}}, 1)$ 时, 更愿意购买位于 1 点的企业 2 的产品或服务.

因此, 在 (f, f) 竞争情境下, 企业 1 和企业 2 的需求分别为

$$d_1^{\text{ff}} = x^{\text{ff}} = \frac{1}{2} + \frac{(p_2^{\text{ff}} - p_1^{\text{ff}}) + \alpha(L_2^{\text{ff}} - L_1^{\text{ff}})}{2t}, \quad (5)$$

$$d_2^{\text{ff}} = 1 - x^{\text{ff}} = \frac{1}{2} + \frac{(p_1^{\text{ff}} - p_2^{\text{ff}}) + \alpha(L_1^{\text{ff}} - L_2^{\text{ff}})}{2t}. \quad (6)$$

企业 1 和企业 2 的利润分别为

$$\pi_1^{\text{ff}} = (p_1^{\text{ff}} - c_f)d_1^{\text{ff}} - \frac{1}{2}m \left(\frac{T - L_1^{\text{ff}}}{T} \right)^2, \quad (7)$$

$$\pi_2^{\text{ff}} = (p_2^{\text{ff}} - c_f)d_2^{\text{ff}} - \frac{1}{2}m \left(\frac{T - L_2^{\text{ff}}}{T} \right)^2, \quad (8)$$

其中 $\frac{1}{2}m \left(\frac{T - L_i^{\text{ff}}}{T} \right)^2$ 为缩短提前期付出的额外成本.

在实践中, 提前期的压缩一般会需要一定的设备、资源、人力以及物力等投入, 均要付出额外的成本. 而且, 当提前期压缩到一定程度时, 再进行压缩往往要付出巨大的成本代价. 例如, 对于大型设备制造商来说, 缩短 1~2 天的提前期, 也许只要稍微改良一下生产中的某个环节即可, 企业为此付出的成本比较低. 但是, 如果要缩短 1~2 个星期的提前期, 也许就要引进更为先进的生产设备, 采用更为快捷的运输工具才能办到, 企业为此付出的成本就会比较大. 为此, 用二次函数形式来表示提前期的压缩成本^[23], 即 $\frac{1}{2}m \left(\frac{T - L_i^{\text{ff}}}{T} \right)^2$. L_i 越小, 企业为压缩提前期付出的成本的边际效应递增.

由式(7)和式(8)易得在 (f, f) 竞争情境下, 企业 1 和企业 2 的均衡价格、均衡提前期和均衡利润为

$$p_1^{\text{ff}} = p_2^{\text{ff}} = t + c_f, \quad (9)$$

$$L_1^{\text{ff}} = L_2^{\text{ff}} = T - \alpha T^2 / (2m), \quad (10)$$

$$\pi_1^{\text{ff}} = \pi_2^{\text{ff}} = (4tm - T^2 \alpha^2) / (8m). \quad (11)$$

由价格、提前期和利润非负可得 $t > \frac{T^2 \alpha^2}{4m}$, $2m > T\alpha$.

2.2.2 (s, s) 竞争情境下的均衡

在两个企业的 (s, s) 竞争情境中, 顾客对企业 1 和企业 2 的效用函数分别为

$$U_1^{\text{ss}} = \theta v - p_1^{\text{ss}} - \beta L_1^{\text{ss}} - tx, \quad (12)$$

$$U_2^{\text{ss}} = \theta v - p_2^{\text{ss}} - \beta L_2^{\text{ss}} - t(1 - x), \quad (13)$$

其中 θv 为 s 模式给为顾客带来的最大效益.

同理易得在 (s, s) 竞争情境下, 顾客对企业 1 和企业 2 所提供的产品或服务无差异偏好的位置为

$$x^{ss} = \frac{1}{2} + \frac{(p_2^{ss} - p_1^{ss}) + \beta(L_2^{ss} - L_1^{ss})}{2t}.$$

当顾客位于 $(0, x^{ss})$ 时, 更愿意购买位于 0 点的企业 1 的产品或服务; 当顾客位于 $(x^{ss}, 1)$ 时, 更愿意购买位于 1 点的企业 2 的产品或服务.

因此, 在(s, s)竞争情境下, 企业 1 和企业 2 的需求分别为

$$d_1^{ss} = x^{ss} = \frac{1}{2} + \frac{(p_2^{ss} - p_1^{ss}) + \beta(L_2^{ss} - L_1^{ss})}{2t}, \quad (14)$$

$$d_2^{ss} = 1 - x^{ss} = \frac{1}{2} + \frac{(p_1^{ss} - p_2^{ss}) + \beta(L_1^{ss} - L_2^{ss})}{2t}. \quad (15)$$

企业 1 和企业 2 的利润分别为

$$\pi_1^{ss} = (p_1^{ss} - c_s)d_1^{ss} - \frac{1}{2}m \left(\frac{T - L_1^{ss}}{T} \right)^2, \quad (16)$$

$$\pi_2^{ss} = (p_2^{ss} - c_s)d_2^{ss} - \frac{1}{2}m \left(\frac{T - L_2^{ss}}{T} \right)^2. \quad (17)$$

由式(16)和式(17)容易得出在(s, s)竞争情境下, 企业 1 和企业 2 的均衡价格、均衡提前期和均衡利润为

$$p_1^{ss} = p_2^{ss} = t + c_s, \quad (18)$$

$$L_1^{ss} = L_2^{ss} = T - \beta T^2 / (2m), \quad (19)$$

$$\pi_1^{ss} = \pi_2^{ss} = (4tm - T^2\beta^2) / (8m). \quad (20)$$

由价格、提前期和利润非负可得 $t > \frac{T^2\beta^2}{4m}$, $2m > T\beta$.

命题 1 当双寡头企业均采用 f 模式或均采用 s 模式提供产品或服务进行同质化竞争时, 构成(f, f)或(s, s) 竞争情境. 他们的均衡价格随着变动成本 $c_f(c_s)$ 和顾客对不同企业品牌的忠诚程度 t 的增加而增加. 均衡提前期随着顾客对提前期敏感系数 $\alpha(\beta)$ 的增加而减少, 随压缩提前期成本系数 m 的增大而延长. 当 $0 < T \leq \frac{m}{\alpha} \left(\frac{m}{\beta} \right)$ 时, 均衡提前期随着最长提前期 T 的增加而增加; 当 $\frac{m}{\alpha} \left(\frac{m}{\beta} \right) < T \leq \frac{2m}{\alpha} \left(\frac{2m}{\beta} \right)$ 时, 均衡提前期随着最长提前期 T 的增加而减少. (证明见附录 A)

值得注意的是, 由于 f 模式的提前期比 s 模式的提前期短, 则需满足 $\beta < \alpha$, 表示顾客对较短提前期的产品或服务具有更高的时间敏感度.

2.3 异质化竞争下的均衡

对于在两个企业的(f, s)或(s, f)竞争情境, 根据模型的假定, 易知(f, s)和(s, f) 对称, 所以可以将这两种竞争视为一种竞争(异质化竞争). 本文以(f, s)模式进行阐述分析.

在(f, s)竞争情境下, 顾客对企业 1 和企业 2 的效用函数分别为

$$U_1^{fs} = v - p_1^{fs} - \alpha L_1^{fs} - tx, \quad (21)$$

$$U_2^{fs} = \theta v - p_2^{fs} - \beta L_2^{fs} - t(1 - x). \quad (22)$$

同理易得在(f, s)竞争情境下, 顾客对企业 1 和企业 2 所提供的产品或服务无差异偏好的位置为

$$x^{fs} = \frac{1}{2} + \frac{(1 - \theta)v + p_2^{fs} - p_1^{fs} + \beta L_2^{fs} - \alpha L_1^{fs}}{2t}.$$

当顾客位于 $(0, x^{fs})$ 时, 更愿意选择购买位于 0 点的企业 1 的产品或服务; 当顾客位于 $(x^{fs}, 1)$ 时, 更愿意选择购买位于 1 点的企业 2 的产品或服务.

因此, 在(f, s)竞争情境下, 企业 1 和企业 2 的需求分别为

$$d_1^{\text{fs}} = x^{\text{fs}} = \frac{1}{2} + \frac{(1-\theta)v + p_2^{\text{fs}} - p_1^{\text{fs}} + \beta L_2^{\text{fs}} - \alpha L_1^{\text{fs}}}{2t}, \quad (23)$$

$$d_2^{\text{fs}} = 1 - x^{\text{fs}} = \frac{1}{2} - \frac{(1-\theta)v + p_2^{\text{fs}} - p_1^{\text{fs}} + \beta L_2^{\text{fs}} - \alpha L_1^{\text{fs}}}{2t}. \quad (24)$$

企业 1 和企业 2 的利润分别为

$$\pi_1^{\text{fs}} = (p_1^{\text{fs}} - c_f)d_1^{\text{fs}} - \frac{1}{2}m \left(\frac{T - L_1^{\text{fs}}}{T} \right)^2, \quad (25)$$

$$\pi_2^{\text{fs}} = (p_2^{\text{fs}} - c_s)d_2^{\text{fs}} - \frac{1}{2}m \left(\frac{T - L_2^{\text{fs}}}{T} \right)^2. \quad (26)$$

根据 Zhao 等^[13]的研究, $v - p - Tk$ 用于表示不同价格和提前期的产品或服务给顾客带来的效用, 易知 $v - c - Tk > p - c$ 反映产品的潜在边际盈利能力, 式中 k 表示顾客对提前期的敏感系数. 因此, 为了方便分析, 本文定义 $\delta_f = v - c_f - T\alpha$ 表示 f 模式的产品或服务的边际盈利能力, $\delta_s = \theta v - c_s - T\beta$ 表示 s 模式的产品或服务的边际盈利能力. 从定义容易看出, 企业不同响应模式的边际盈利能力取决于顾客对该响应模式的感知价值和提前期的敏感程度, 以及企业提供该响应模式的变动成本. 因而边际盈利能力不仅反应产品的潜在边际盈利能力, 而且也能反应顾客对产品或服务的接受程度, 从而影响顾客行为. 顾客对该响应模式的感知价值越高, 提前期敏感程度越低, 企业变动成本越低, 则边际盈利能力越大, 即顾客更愿意选择这种产品或服务.

因此, 由式(25)和式(26)的一阶条件, 可得在(f, s)情境下, 企业 1 和企业 2 的均衡价格和均衡提前期为

$$p_1^{\text{fs}} = c_f + \frac{2t(m(\delta_f - \delta_s) + 3mt - T^2\beta^2)}{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}, \quad (27)$$

$$p_2^{\text{fs}} = c_s - \frac{2t(m(\delta_f - \delta_s) - 3mt + T^2\alpha^2)}{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}, \quad (28)$$

$$L_1^{\text{fs}} = T \left(1 - \frac{mT\alpha(\delta_f - \delta_s) + 3mtT\alpha - T^3\beta^2\alpha}{m(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)} \right), \quad (29)$$

$$L_2^{\text{fs}} = T \left(1 + \frac{mT\beta(\delta_f - \delta_s) - 3mtT\beta + T^3\alpha^2\beta}{m(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)} \right). \quad (30)$$

将式(27)~式(30)代入式(25)和式(26)可得利润为

$$\pi_1^{\text{fs}} = \frac{(4mt - T^2\alpha^2)(m(\delta_f - \delta_s) + 3mt - T^2\beta^2)^2}{2m(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)^2}, \quad (31)$$

$$\pi_2^{\text{fs}} = \frac{(4mt - T^2\beta^2)(m(\delta_f - \delta_s) - 3mt + T^2\alpha^2)^2}{2m(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)^2}. \quad (32)$$

由提前期为正, 价格不小于变动成本, 以及 $L_1^{\text{fs}} < L_2^{\text{fs}} < T, p_2^{\text{fs}} \leq p_1^{\text{fs}}, \alpha > \beta > 0$ 可得

$$\begin{aligned} \max \left(\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)}, \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt} \right) &< \delta_f - \delta_s \\ &< 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}, \quad 6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2 > 0, \end{aligned}$$

其中当 $0 < c_f - c_s < \frac{2t(\alpha - \beta)}{\alpha + \beta}$ 时,

$$\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)} < \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt};$$

$$\text{当 } c_f - c_s \geq \frac{2t(\alpha - \beta)}{\alpha + \beta} \text{ 时,}$$

$$\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)} \geq \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt}.$$

3 结果分析

根据不同竞争情境组合下的均衡价格和均衡提前期决策, 可得四种竞争情境下双寡头企业的利润为

$$\pi_i^{\text{ff}} = (4tm - T^2\alpha^2)/(8m), \quad i = 1, 2, \quad (33)$$

$$\pi_1^{\text{sf}} = \frac{(4mt - T^2\beta^2)(m(\delta_f - \delta_s) - 3mt + T^2\alpha^2)^2}{2m(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)^2}, \quad (34)$$

$$\pi_2^{\text{sf}} = \frac{(4mt - T^2\alpha^2)(m(\delta_f - \delta_s) + 3mt - T^2\beta^2)^2}{2m(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)^2}, \quad (35)$$

$$\pi_1^{\text{fs}} = \frac{(4mt - T^2\alpha^2)(m(\delta_f - \delta_s) + 3mt - T^2\beta^2)^2}{2m(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)^2}, \quad (36)$$

$$\pi_2^{\text{fs}} = \frac{(4mt - T^2\beta^2)(m(\delta_f - \delta_s) - 3mt + T^2\alpha^2)^2}{2m(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)^2}, \quad (37)$$

$$\pi_i^{\text{ss}} = (4tm - T^2\beta^2)/(8m), \quad i = 1, 2. \quad (38)$$

式(33)~式(38)为企业提供了选择最优响应模式的决策依据.

3.1 同质化竞争情境下双寡头企业的对比

对于同质化竞争情境, 即(f,f)和(s,s)竞争情境, 对比式(33)和式(38)易得下列结论.

定理 1 当双寡头企业采取同质化竞争时, 他们在(f, f) 竞争情境和(s, s)竞争情境中的价格、提前期、市场份额和利润满足

$$p_1^{\text{ss}} = p_2^{\text{ss}} < p_1^{\text{ff}} = p_2^{\text{ff}}, \quad L_1^{\text{ff}} = L_2^{\text{ff}} < L_1^{\text{ss}} = L_2^{\text{ss}}, \quad d_1^{\text{ff}} = d_2^{\text{ff}} = d_1^{\text{ss}} = d_2^{\text{ss}}, \quad \pi_1^{\text{ff}} = \pi_2^{\text{ff}} < \pi_1^{\text{ss}} = \pi_2^{\text{ss}}.$$

定理 1 表明在同质化竞争中, 双寡头企业更倾向于同时采取 s 模式. 这是因为此时双寡头企业各自分得一半的市场份额, 虽然(f, f)情境下企业可以索取较高的价格, 但是从式(7)~式(11) 和(16)~ 式(20)易得采取 f 模式比采取 s 模式要付出更多的因压缩提前期而产生的额外赶工成本, 因此企业均采取 s 模式进行竞争时能够获得更高的利润. (定理 1 的证明见附录 B)

3.2 异质化竞争情境下双寡头企业的对比

3.2.1 (f, f)和(s, f)竞争情境下双寡头企业的对比

通过前面的分析, 知道(f, s)和(s, f)竞争情境对称. 因此, 本文首先假定企业 2 采取 f 模式, 观察此时企业 1 采取 s 模式和采取 f 模式时的利润, 并结合式(33)和式(34)可得下列结论.

为了方便表示, 本文定义

$$A_b = \max\left(\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)}, \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt}\right),$$

$$A_u = 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}, \quad A_1 = -\frac{T^2(\alpha^2 - \beta^2)}{2m}, \quad A_2 = -\frac{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{2m} \sqrt{\frac{4mt - T^2\alpha^2}{4mt - T^2\beta^2}} + 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m},$$

$$A_3 = \frac{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{2m} \sqrt{\frac{4mt - T^2\beta^2}{4mt - T^2\alpha^2}} - 3t + \frac{T^2\beta^2}{m}.$$

易知, $A_b < A_1 < A_2 < A_3 < A_u$.

定理 2 当企业 2 采取 f 模式时, 如果 $A_b < \delta_f - \delta_s < A_1$, 则价格、提前期、市场份额和利润满足 $p_1^{sf} < p_1^{ff}, L_1^{ff} < L_1^{sf}, d_1^{ff} < d_1^{sf}, \pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}$. 此时, 企业 1 采取 s 模式($\pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}$); 如果 $A_1 \leq \delta_f - \delta_s < A_2$, 则满足 $p_1^{sf} < p_1^{ff}, L_1^{ff} < L_1^{sf}, d_1^{sf} \leq d_1^{ff}, \pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}$. 此时, 企业 1 亦采取 s 模式($\pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}$). 如果 $A_2 \leq \delta_f - \delta_s < A_u$, 则满足 $p_1^{sf} < p_1^{ff}, L_1^{ff} < L_1^{sf}, d_1^{sf} < d_1^{ff}, \pi_1^{sf} \leq \pi_1^{ff}$. 此时, 企业 1 采取 f 模式($\pi_1^{sf} \leq \pi_1^{ff}$).

定理 2 揭示了当企业 2 采取 f 模式时, 企业 1 的响应模式选择主要和其 f 模式与 s 模式的边际盈利能力有关(如表 2 所示). (定理 2 的证明见附录 C)

a) 当 s 模式的边际盈利能力相对较大时($A_b < \delta_f - \delta_s < A_1$), 说明此时顾客从 s 模式中获得的效用更高, 更愿意选择 s 模式的产品或者服务, 他们更关注所支付的价格和所获得的速度和效用之间的权衡, 而非仅仅关注较短的提前期给他们带来的效用的提升. 而由于实施 f 模式的成本较高, 导致较短提前期索取的价格太高, 进而造成了顾客效用的降低和顾客流失($d_1^{ff} < d_1^{sf}$), 故此时企业 1 倾向于采用 s 模式以获得更多的利润.

表 2 企业 2 采取 f 模式时企业 1 的最优决策

Table 2 The optimal decisions of enterprise 1 under enterprise 2 taking fast mode

企业 2	企业 1			
	$\delta_f - \delta_s$ 的取值范围	(A_b, A_1)	$[A_1, A_2)$	$[A_2, A_u)$
f 模式	价格	$p_1^{sf} < p_1^{ff}$	$p_1^{sf} < p_1^{ff}$	$p_1^{sf} < p_1^{ff}$
	提前期	$L_1^{ff} < L_1^{sf}$	$L_1^{ff} < L_1^{sf}$	$L_1^{ff} < L_1^{sf}$
	市场份额	$d_1^{ff} < d_1^{sf}$	$d_1^{sf} \leq d_1^{ff}$	$d_1^{sf} < d_1^{ff}$
	利润	$\pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}(\text{s 模式})$	$\pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}(\text{s 模式})$	$\pi_1^{sf} \leq \pi_1^{ff}(\text{f 模式})$

b) 当 s 模式的边际盈利能力和 f 的边际盈利能力相差较小时($A_1 \leq \delta_f - \delta_s < A_2$), 虽然较短的提前期能够帮助企业 1 获得较高的市场份额($d_1^{sf} \leq d_1^{ff}$), 但是采用 f 模式所付出的赶工成本高于市场份额增加所带来的利润. 因而, 此时企业 1 亦倾向于采用 s 模式以获得更多的利润.

c) 当 f 模式的边际盈利能力相对较大时($A_2 \leq \delta_f - \delta_s < A_u$), 则说明此时顾客从 f 模式中获得的效用更高, 顾客更愿意选择 f 模式的产品或服务, 较短的提前期能够给他们带来较高的效用提升, 因此较短的提前期能够吸引更多的顾客和市场份额($d_1^{sf} < d_1^{ff}$), 那么此时企业 1 应该更关注如何压缩提前期来吸引更多的市场需求, 同时向顾客索取更高的价格来提高自身的利润.

3.2.2 (f, s)和(s, s)竞争情境下双寡头企业的对比

假定企业 2 采取 s 模式, 观察此时企业 1 采取 f 模式和采取 s 模式时的利润并结合式(35)和式(38)可得下列结论.

定理 3 当企业 2 采取 s 模式时, 如果 $A_b < \delta_f - \delta_s < A_1$, 则价格、提前期和市场份额满足 $p_1^{ss} < p_1^{fs}, L_1^{fs} < L_1^{ss}, d_1^{fs} < d_1^{ss}$; 如果 $A_1 \leq \delta_f - \delta_s < A_u$, 则满足 $p_1^{ss} < p_1^{fs}, L_1^{fs} < L_1^{ss}, d_1^{ss} \leq d_1^{fs}$. 对于利润, 当 $\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $\max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right) < t \leq \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$ 时, 企业 1 采取 s 模式($\pi_1^{ss} > \pi_1^{fs}$). 当 $\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $t > \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$, 或者 $\beta < \alpha \leq \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 时, 企业 1 所选择的响应模式和其 f 模式与 s 模式的边际盈利能力有关. 如果 $A_b < \delta_f - \delta_s < A_3$, 企业 1 采取 s 模式($\pi_1^{ss} > \pi_1^{fs}$); 如果 $A_3 \leq \delta_f - \delta_s < A_u$, 则企业 1 采取 f 模式($\pi_1^{ss} \leq \pi_1^{fs}$), 其中 $A_b < A_1 < A_3 < A_u$. (定理 3 的证明见附录 D)

定理 3 表明当企业 2 采取 s 模式时, 企业 1 的响应模式选择会综合考虑顾客对提前期的不同敏感程度 α, β , 对不同企业品牌的忠诚程度 t , 以及 f 模式与 s 模式的边际盈利能力的影响(如表 3 所示).

1) 当顾客对 f 模式的偏好程度不是太高时($\beta < \alpha \leq \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$), 企业 1 的响应模式选择主要受 f 模式与 s 模式的边际盈利能力的影响, 如果 s 模式的边际盈利能力相对较高($A_b < \delta_f - \delta_s < A_1$), 顾客从 s 模式

中获得的效用较高,更愿意选择s模式的产品或服务,则企业会选择s模式.如果s模式的边际盈利能力和f的边际盈利能力相差较小($A_1 < \delta_f - \delta_s < A_3$),顾客从f模式和s模式中获得效用相差也较小,则由于较高的边际利润,企业也会选择s模式.如果f模式的边际盈利能力较大时,企业选择f模式(和定理2的分析类似).

2) 当顾客对f模式的偏好程度较高时($\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$),如果顾客对企业品牌的忠诚程度不高,则企业1最好选择s模式和企业2进行同质化竞争,否则会导致压缩提前期所付出赶工成本高于市场份额增加所带来的利润(如表3中的1)所示),此时企业1会采取s模式.但是,如果顾客对企业品牌的忠诚程度较高,则企业1的响应模式选择仍然主要受f模式与s模式的边际盈利能力的影响(如表3中2)所示).

表3 企业2采取s模式时企业1的最优决策¹

Table 3 The optimal decisions of enterprise 1 under enterprise 2 taking slow mode

企业2	企业1			
s 模式	$\delta_f - \delta_s$ 的取值范围	(A_b, A_1)	$[A_1, A_3)$	$[A_3, A_u)$
	价格	$p_1^{ss} < p_1^{fs}$	$p_1^{ss} < p_1^{fs}$	$p_1^{ss} < p_1^{fs}$
	提前期	$L_1^{fs} < L_1^{ss}$	$L_1^{fs} < L_1^{ss}$	$L_1^{fs} < L_1^{ss}$
	市场份额	$d_1^{fs} < d_1^{ss}$	$d_1^{fs} < d_1^{ss}$	$d_1^{ss} < d_1^{fs}$
	利润	1)	$\pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}$ (s 模式)	
		2)	$\pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}$ (s 模式)	$\pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}$ (s 模式) $\pi_1^{ss} \leq \pi_1^{fs}$ (f 模式)

注: 1) 表示 $\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $\max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right) < t \leq \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$.

2) 表示 $\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $t > \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$, 或者 $\beta < \alpha \leq \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$.

3.3 均衡策略分析

由定理1~定理3,以及Wilson^[24]证明的奇数定理²,可得竞争环境下双寡头企业的均衡响应模式.证明过程以 $\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $t > \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$, 或者 $\beta < \alpha \leq \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 时为例加以说明,其他情况与此类似.当 $A_b < \delta_f - \delta_s < A_2$ 时,有 $\pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}, \pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}, \pi_2^{ff} < \pi_2^{fs}, \pi_2^{sf} < \pi_2^{ss}$.因而,给定企业2选择s模式时,企业1的最优响应是s模式;反之,给定企业1选择s模式,企业2的最优选择亦为s模式.

表4揭示了提前期-价格竞争的市场上,当顾客对不同的提前期和价格组合响应模式有不同的选择行为时,相互竞争的双寡头企业提前期-价格响应模式的均衡策略.该均衡策略会受到顾客对不同响应模式的偏好程度,对不同企业品牌的忠诚程度,以及企业自身不同响应模式的边际盈利能力的影响.

从表4可以看出,当s模式的边际盈利能力相对较大时,意味着顾客对s模式所感知的效用较大,对提前期的敏感程度不是太高,而企业提供s模式的变动成本又较低,此时不管顾客对企业品牌的忠诚程度如何,双寡头企业均会同时采取s模式以最大化自身利润,形成一个纯策略的纳什均衡(s, s)竞争情境.而当f模式的边际盈利能力相对较大时,意味着顾客对f模式所感知的效用较大,较短的提前期能够给他们带来较高的效用提升,此时如果顾客对品牌的忠诚程度又很高,则双寡头企业均会同时采取f模式,形成纯策略的纳什均衡(f, f)竞争情境.如果顾客对企业品牌的忠诚程度不是太高,如果企业盲目地采用f模式,会造成压缩提前期所付出的赶工成本高于市场份额增加所带来的利润,从而导致企业实际利润的减小.因此,双寡头企业会综合权衡边际利润和市场份额之间的得失,进而形成两个纯策略的纳什均衡(f, f)和(s, s),以及一个混合策略的纳什均衡.

¹由前面分析可知需满足条件: $t > \max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right)$. 当 $\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 时, $\frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m} > \max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right)$; 当 $\beta < \alpha \leq \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 时, $\frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m} \leq \max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right)$.

²奇数定理: 几乎所有有限策略的博弈都有有限奇数个纳什均衡. 这就意味着,一般地说,如果一个博弈有两个纯策略纳什均衡,那么就一定存在第三个混合策略的纳什均衡.

这是符合现实情况的. 如我国快递业刚起步时, 由于顾客对 f 模式的消费意识还没有觉醒, 对慢速响应模式接受程度高, 加上科学技术水平发展不成熟导致提供 f 模式的成本很高, 此时 s 模式的边际盈利能力比 f 模式的边际盈利能力大的幅度比较高, 因此物流服务提供商基本上都是采取 s 模式在市场上竞争. 而随着国外竞争对手 FeDex, DHL 等不断进入我国市场, 推动顾客对 f 模式的消费意识慢慢觉醒, 顾客对速度的要求不断提高, 从以前只关注价格慢慢转向在价格和快速响应之间平衡, 此时 s 模式的边际盈利能力比 f 模式的边际盈利能力大的幅度减少, 企业会在市场上采取不同的响应模式进行竞争. 一部分企业由于技术比较先进, 采取 f 模式的变动成本和压缩提前期的成本相对较低, 因此采取 f 模式, 从差异化竞争中获得优势; 一部分企业反应速度较慢, 依然在固守 s 模式. 此时既有提供快速响应的 DHL, FeDex 等物流服务提供商, 也有提供慢速响应的圆通、申通等物流服务提供商. 但这只是一个过渡的阶段. 随着竞争越来越激烈, 顾客对提前期的敏感程度越来越高, 他们往往更关注快速响应而非价格, 随着企业管理和技术水平的提升, 他们提供 f 模式的成本也在进一步降低, 此时 f 模式的边际盈利能力进一步增强, 企业开始在进行提前期-价格竞争时趋于同时采取 f 模式的竞争. 如 EMS、顺丰等物流服务提供商均能提供次日, 甚至当日达的快速服务. 这也在一定程度上说明了为什么基于时间的竞争会成为现在一种主流的竞争模式. 因此, 此时企业 1 和企业 2 的均衡策略是(s, s). 因而, 可得表 4.

表4 竞争环境下双寡头企业的均衡响应模式

Table 4 The equilibrium response pattern of the duopoly under the competitive environment

前提条件	$\delta_f - \delta_s$ 的取值范围	利润关系	均衡结果
$\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $t > \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$, 或者 $\beta < \alpha \leq \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$	(A_b, A_2)	$\pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}$ $\pi_1^{ss} > \pi_1^{fs}$ $\pi_2^{ff} < \pi_2^{fs}$ $\pi_2^{ss} > \pi_2^{sf}$	纯策略的纳什均衡(s, s)
	$[A_2, A_3)$	$\pi_1^{ff} \geq \pi_1^{sf}$ $\pi_1^{ss} > \pi_1^{fs}$ $\pi_2^{ff} \geq \pi_2^{fs}$ $\pi_2^{ss} > \pi_2^{sf}$	纯策略的纳什均衡(s, s)、 (f, f)和混合策略均衡 *
	$[A_3, A_u)$	$\pi_1^{ff} > \pi_1^{sf}$ $\pi_1^{ss} \leq \pi_1^{fs}$ $\pi_2^{ff} > \pi_2^{fs}$ $\pi_2^{ss} \leq \pi_2^{sf}$	纯策略的纳什均衡(f, f)
$\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $\max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right) < t \leq \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$	(A_b, A_2)	$\pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}$ $\pi_1^{ss} > \pi_1^{fs}$ $\pi_2^{ff} < \pi_2^{fs}$ $\pi_2^{ss} > \pi_2^{sf}$	纯策略的纳什均衡(s, s)
	$[A_2, A_u)$	$\pi_1^{ff} \geq \pi_1^{sf}$ $\pi_1^{ss} > \pi_1^{fs}$ $\pi_2^{ff} \geq \pi_2^{fs}$ $\pi_2^{ss} > \pi_2^{sf}$	纯策略的纳什均衡(s, s)、 (f, f)和混合策略均衡 *

注: * 假定企业以 y 的概率选择选择 f 模式, 以 $1 - y$ 的概率选择 s 模式. 则由混合策略均衡的理论, 可知

$$y = \frac{T^2(\alpha^2 - \beta^2)(12m^2t^2 - 4mtT^2\alpha^2 + T^4\beta^2(\alpha^2 - \beta^2)) + 4m(4mt - T^2\alpha^2)(\delta_f - \delta_s)(6mt - 2T^2\beta^2 + m(\delta_f - \delta_s))}{\{T^2(4mt(\beta^2 - \alpha^2) + T^2(\alpha^4 - \beta^4)) + 2m(8mt - T^2(\alpha^2 + \beta^2))(\delta_f - \delta_s)\}(T^2(\alpha^2 - \beta^2) + 2m\delta_f - 2m\delta_s)}.$$

证明见附录 E.

此外, 从定理 1 可以看出, 纯(f, f)竞争情境虽然是双寡头企业在提前期-价格竞争中某种条件下的均衡, 但它并不是上策均衡, 如果允许企业串谋, 则纯(f, f)竞争情境的均衡很难出现, 这会在一定程度上阻碍社会的发展. 特别地, 当 $\alpha \approx \beta$ 时, 纯(f, f)竞争情境和纯(s, s) 竞争情境下企业的利润是相等的. 另一方面, 从均衡的结果来看, 双寡头企业往往趋于采取同质化的竞争策略, 而不是采用异质化策略. 而且, 在现实中不同行

业的企业也会依据其提供的产品或服务的特点而采取不同的提前期-价格竞争策略行为. 比如时鲜产品, 提前期短意味着产品给顾客带来的价值会更高, 此时虽然压缩提前期会增加额外成本, 但是增加的成本一般会低于因此而带来的价值地提高. 所以其 f 模式的边际盈利能力往往高于 s 模式的边际盈利能力, 因而提供时鲜产品的企业往往更倾向于同时采取 f 模式进行竞争. 而对于钢铁、煤炭行业而言, 提前期的长短对顾客带来的价值差别较小, 因而压缩提前期带来的成本一般会高于因此而带来的价值的提高, 所以其 s 模式的边际盈利能力一般会高于 f 模式的边际盈利能力, 因此提供钢铁和煤炭产品的企业往往更倾向于同时采取 s 模式进行竞争.

4 数值实验

在本章节中, 拟用数值实验的方式进一步揭示企业采取快速响应模式和慢速响应模式的边际盈利能力、顾客对不同响应模式的偏好程度以及对不同企业品牌的忠诚程度对双寡头企业提前期-价格竞争的均衡利润和均衡策略的影响, 以期为企业管理者合理决策提供管理启示.

根据表 4 的结果, 本文分三种情况探讨 f 模式和 s 模式的边际盈利能力对两个企业均衡利润和均衡策略的影响. 方便起见, 下面图中用 FF 曲线表示(f, f)竞争情境下两个企业的利润, 用 SS 曲线表示(s, s)竞争情境下两个企业的利润, Fs 和 fS 曲线分别表示(f, s)或(s, f)竞争情境下采取 f 模式和采取 s 模式的企业的利润.

4.1 当 $\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $t > \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$ 时的情形

令 $m = 16, t = 6, T = 2, \alpha = 8, \beta = 4$, 可得这种情况下 f 模式和 s 模式的边际盈利能力对两个企业均衡利润和均衡策略的影响, 如图 2 所示.

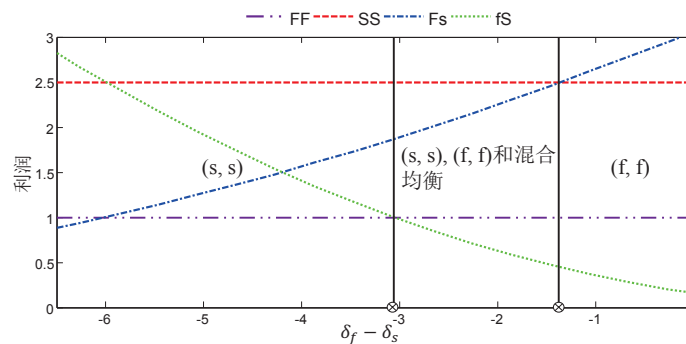


图 2 f 模式和 s 模式的边际盈利能力对均衡利润和均衡策略的影响 $\left(\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta \text{ 且 } t > \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}\right)$

Fig. 2 The marginal profitability of f and s mode impact on the equilibrium profits and strategies $\left(\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta, t > \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}\right)$

图 2 验证了表 4 中的结论. 从图 2 可以看出, 当顾客更加偏好于 f 模式, 且对企业品牌的忠诚程度较高时, 两个企业的均衡策略主要受 f 模式和 s 模式的边际盈利能力的影响. 当 $\delta_f - \delta_s < -3.06$ 时(说明 s 模式的边际盈利能力相对较大), 可知 $\pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}, \pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}, \pi_2^{ff} < \pi_2^{fs}, \pi_2^{sf} < \pi_2^{ss}$. 此时, 两个企业从自身利润最大化的角度出发均会采取 s 模式, 形成纯(s, s)竞争情境的纳什均衡. 当 $-3.06 \leq \delta_f - \delta_s < -1.35$ 时(说明 s 模式和 f 模式的边际盈利能力差距不是很大), 可知有 $\pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}, \pi_1^{sf} \leq \pi_1^{ff}, \pi_2^{sf} < \pi_2^{ss}, \pi_2^{fs} \leq \pi_2^{ff}$, 说明如果企业 1 采取 s 模式, 则企业 2 的最优响应为 s 模式; 反过来当企业 2 采取 s 模式时, 企业 1 的最优响应亦为 s 模式.

同样的, 如果企业 1 采取 f 模式, 则企业 2 的最优响应为 f 模式; 反过来当企业 2 采取 f 模式时, 企业 1 的最优响应亦为 f 模式. 所以, 此时同时存在两个纯(s, s)和(f, f)竞争的均衡策略. 而且, 根据 Wilson^[24] 证明

的奇数定理可知还存在一个混合策略的纳什均衡, 其概率分布为

$$\left(0.286 + \frac{17.7}{(7(\delta_f - \delta_s) - 6)} + \frac{4}{\delta_f - \delta_s + 6}, 0.714 - \frac{4}{\delta_f - \delta_s + 6} - \frac{17.7}{(7(\delta_f - \delta_s) - 6)}\right),$$

即企业以 $0.286 + \frac{17.7}{(7(\delta_f - \delta_s) - 6)} + \frac{4}{\delta_f - \delta_s + 6}$ 的概率选择 f 模式, 以 $0.714 - \frac{4}{\delta_f - \delta_s + 6} - \frac{17.7}{(7(\delta_f - \delta_s) - 6)}$ 的概率选择 s 模式。

当 $-1.35 \leq \delta_f - \delta_s$ 时(说明 f 模式的边际盈利能力增大到一定程度时), $\pi_1^{sf} < \pi_1^{ff}, \pi_1^{ss} \leq \pi_1^{fs}, \pi_2^{fs} < \pi_2^{ff}, \pi_2^{ss} \leq \pi_2^{sf}$. 易知此时两个企业均会采取 f 模式, 形成纯(f, f)竞争情境的纳什均衡。

4.2 当 $\beta < \alpha \leq \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 时的情形

令 $m = 16, t = 2.5, T = 2, \alpha = 4.8, \beta = 4$, 可得这种情况下 f 模式和 s 模式的边际盈利能力对两个企业均衡利润和均衡策略的影响, 如图 3 所示。

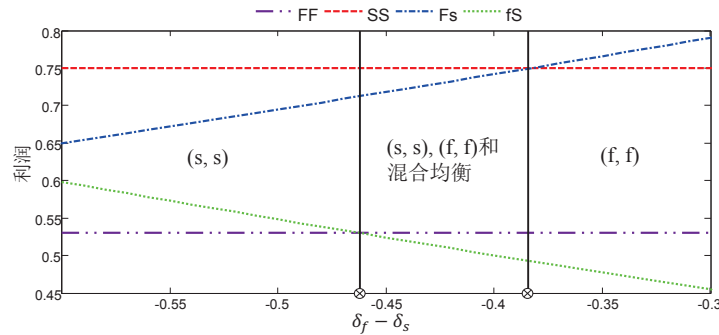


图 3 f 模式和 s 模式的边际盈利能力对均衡利润和均衡策略的影响 $\left(\beta < \alpha \leq \sqrt{\frac{3}{2}}\beta\right)$

Fig. 3 The marginal profitability of f and s mode impact on the equilibrium profits and strategies $\left(\beta < \alpha \leq \sqrt{\frac{3}{2}}\beta\right)$

图 3 的结论和图 2 类似. 区别在于此时顾客对 f 模式的偏好程度相对没有那么强烈. 从图中容易看出, 当 $\delta_f - \delta_s < -0.46$ 时, $\pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}, \pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}, \pi_2^{ff} < \pi_2^{sf}, \pi_2^{fs} < \pi_2^{ss}$. 此时存在一个纯(s, s)竞争情境的纳什均衡. 当 $-0.46 \leq \delta_f - \delta_s < -0.38$ 时, 可知有 $\pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}, \pi_1^{sf} \leq \pi_1^{ff}, \pi_2^{sf} < \pi_2^{ss}, \pi_2^{fs} \leq \pi_2^{ff}$, 此时同时存在两个纯(s, s)和(f, f)竞争的均衡策略以及一个混合策略的纳什均衡, 混合策略的纳什均衡的概率分布为

$$\left(0.414 + \frac{32.8}{25(\delta_f - \delta_s) + 22} - \frac{1972}{33 - 1600(\delta_f - \delta_s)}, 0.586 - \frac{32.8}{25(\delta_f - \delta_s) + 22} + \frac{1972}{33 - 1600(\delta_f - \delta_s)}\right),$$

即企业以选择 f 模式和 s 模式的概率分别为 $0.414 + \frac{32.8}{25(\delta_f - \delta_s) + 22} - \frac{1972}{33 - 1600(\delta_f - \delta_s)}$ 和 $0.586 - \frac{32.8}{25(\delta_f - \delta_s) + 22} + \frac{1972}{33 - 1600(\delta_f - \delta_s)}$.

当 $-0.38 \leq \delta_f - \delta_s$ 时, $\pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}, \pi_1^{ss} \leq \pi_1^{fs}, \pi_2^{ff} < \pi_2^{sf}, \pi_2^{ss} \leq \pi_2^{fs}$. 此时两个企业形成纯(f, f)竞争情境的纳什均衡。

4.3 当 $\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $\max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right) < t \leq \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$ 时的情形

令 $m = 16, t = 5, T = 2, \alpha = 8, \beta = 4$, 可得这种情况下 f 模式和 s 模式的边际盈利能力对两个企业均衡利润和均衡策略的影响, 如图 4 所示。

从图 4 可以看出, 当顾客更加偏好于 f 模式, 但对企业提供的品牌的忠诚程度不是非常高时, 如果 $\delta_f - \delta_s < -3.5$ 时, $\pi_1^{ff} < \pi_1^{sf}, \pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}, \pi_2^{ff} < \pi_2^{sf}, \pi_2^{fs} < \pi_2^{ss}$. 此时两个企业同时采取 s 模式, 形成纯(s, s)竞争情境的纳什均衡. 因为此时企业采用 f 模式所付出的赶工成本高于市场份额地增加所带来的利润. 而当 $-3.5 \leq \delta_f - \delta_s$ 时, 同样可得 $\pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}, \pi_1^{sf} \leq \pi_1^{ff}, \pi_2^{sf} < \pi_2^{ss}, \pi_2^{fs} \leq \pi_2^{ff}$, 易知两个企业在同时采取 s 模式时利润最大, 形成纯(s, s)竞争的纳什均衡. 然而, 从图 8 可以得知, 虽然纯(f, f)竞争情境下的企业的利润不是最大的, 但如果其中一家企业已经采取了 f 模式, 那么另一家企业

也同样会采取f模式,否则采取s模式的话将面对利润减少的局面,这是理智的管理者所不愿看到的,因此,还存在一个纯(f, f)竞争情境的纳什均衡.此外,还存在一个混合策略的纳什均衡,其概率分布为 $\left(0.2 + \frac{0.7}{\delta_f - \delta_s} + \frac{2.5}{\delta_f - \delta_s + 6}, 0.8 - \frac{0.7}{\delta_f - \delta_s} - \frac{2.5}{\delta_f - \delta_s + 6}\right)$,表示企业以 $0.2 + \frac{0.7}{\delta_f - \delta_s} + \frac{2.5}{\delta_f - \delta_s + 6}$ 的概率选择f模式,以 $0.8 - \frac{0.7}{\delta_f - \delta_s} - \frac{2.5}{\delta_f - \delta_s + 6}$ 的概率选择s模式.

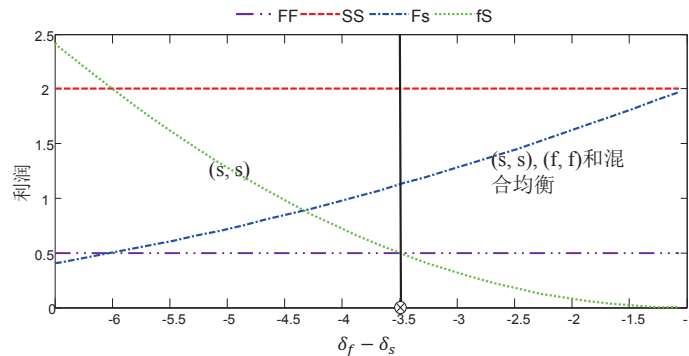


图4 f模式和s模式的边际盈利能力对均衡利润和均衡策略的影响

$$\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta \text{ 且 } \max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right) < t \leq \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$$

Fig. 4 The marginal profitability of f and s mode impact on the equilibrium profits and strategies

$$\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta, \max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right) < t \leq \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$$

5 结束语

本文研究了在提前期-价格市场中,当顾客对不同的提前期-价格响应模式有不同的选择行为时,两个相互竞争的双寡头企业在不同竞争情境下的最优提前期-价格决策及其均衡策略.研究表明,双寡头企业往往更趋于采取同质化的提前期-价格竞争均衡策略,而非采取异质化策略.但均衡策略并非处于一个长期稳定状态,它往往会随着由顾客对不同响应模式的感知价值、偏好程度和企业自身成本特性所决定的不同响应模式的边际盈利能力,以及顾客对不同企业品牌的忠诚程度的变化而变化.当慢速响应模式的边际盈利能力相对较大时,企业更倾向于同时采取慢速响应模式,形成同质化慢速响应竞争的均衡,如钢铁、煤炭行业.然而,当快速响应模式的边际盈利能力相对较大时,顾客对较短提前期所感知的效用很大,对提前期敏感程度较高,此时企业往往更倾向于同采取快速响应模式,形成同质化快速响应竞争的均衡,如生鲜产品行业.但如果顾客对企业品牌的忠诚程度不是很高时,则企业会综合权衡边际利润和市场份额之间的得失,以及先进入市场的竞争对手的策略而动态调整自身的策略,形成不同的竞争均衡,如快递行业企业随着顾客消费水平的改变、竞争对手的策略以及自身的能力和成本特性选择不同的响应模式.这些研究结果对不同行业的企业制定相关提前期-价格决策时能够提供有益启示.

参考文献:

- [1] Stalk J G. Time: The next source of competitive advantage. Harvard Business Review, 1988, 7(8): 41-52.
- [2] Postrel V. A Nimble Newcomer in the Staid Old Furniture Industry. New York Times, 2005-2-22.
- [3] Yano C A. Setting planned leadtimes in serial production systems with tardiness costs. Management Science, 1987, 33(1): 95-106.
- [4] Palaka K, Erlebacher S, Kropp D. Lead time setting, capacity utilization and pricing decisions under lead time dependent demand. IIE Transactions, 1998, 30(2): 151-163.
- [5] Boyaci T, Ray S. Product differentiation and capacity cost interaction in time and price sensitive markets. Manufacturing & Service Operations Management, 2003, 5(1): 18-36.

- [6] Ray S, Jewkes E. Customer lead time management when both demand and price are lead time sensitive. *European Journal of Operational Research*, 2004, 153(3): 769–781.
- [7] Liu L, Parlar M, Zhu S. Pricing and lead time decisions in decentralized supply chains. *Management Science*, 2007, 53(5): 713–725.
- [8] 邵建军, 柯大纲, 王军平. 价格、时间敏感需求下的价格与交付期竞争策略. *系统工程*, 2007, 25(6): 12–18.
Shao J J, Ke D G, Wang J P. Price and delivery time competition under demand sensitive to time and price. *Systems Engineering*, 2007, 25(6): 12–18. (in Chinese)
- [9] 李怡娜, 叶 飞, 徐学军. 可控提前期供应链库存优化的费用分担模型. *系统工程学报*, 2009, 24(1): 9–17.
Li Y N, Ye F, Xu X J. Cost allocation model for optimizing supply chain inventory with controllable lead time. *Journal of Systems Engineering*, 2009, 24(1): 9–17. (in Chinese)
- [10] 邱晗光, 张旭梅, 但 斌, 等. 可控提前期下复杂部分短缺量拖后的库存模型. *系统工程学报*, 2010, 25(5): 689–695.
Qiu H G, Zhang X M, Dan B, et al. Inventory model under controllable lead time and considering time varying partial backlogging rate. *Journal of Systems Engineering*, 2010, 25(5): 689–695. (in Chinese)
- [11] 苏 秦, 李永飞, 郑 婧. 产品质量、价格及提前期竞争下的企业最优决策. *工业工程与管理*, 2011, 16(5): 1–8.
Su Q, Li Y F, Zheng J. Enterprise optimal decision based on competition of product quality, price and time. *Industrial Engineering and Management*, 2011, 16(5): 1–8. (in Chinese)
- [12] 周 颖. 基于顾客选择行为的承诺交货期决策. *系统工程*, 2011, 29(12): 51–55.
Zhou Y. Promised delivery date policy based on consumer choice behavior. *Systems Engineering*, 2011, 29(12): 51–55. (in Chinese)
- [13] Zhao X, Steckel K, Prasad A. Lead time and price quotation mode selection: uniform or differentiated. *Production and Operations Management*, 2012, 21(1): 177–193.
- [14] Wu Z, Kazaz B, Webster S, et al. Ordering, pricing and lead-time quotation under lead-time and demand uncertainty. *Production and Operations Management*, 2012, 21(3): 576–589.
- [15] Li Y N, Lin Q, Ye F. Pricing and promised deliver lead time decisions with a risk averse agent. *International Journal of Production Research*, 2014, 52(12): 3518–3537.
- [16] Li L, Lee Y S. Pricing and delivery-time performance in a competitive environment. *Management Science*, 1994, 40(5): 633–646.
- [17] Lederer P J, Li L. Pricing, production, scheduling and delivery-time competition. *Operations Research*, 1997, 45(3): 407–420.
- [18] So K C, Song J. Price, delivery time guarantees and capacity selection. *European Journal of Operational Research*, 1998, 111(1): 28–49.
- [19] So K C. Price and time competition for service delivery. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2000, 2(4): 392–409.
- [20] Xia N, Rajagopalan S. Standard vs. custom products: Variety, lead time, and price competition. *Marketing Science*, 2009, 28(5): 887–900.
- [21] 刘聪粉, 仲伟周, 宋长青. 寡头市场下价格时变产品的最优交货时间策略. *系统工程理论与实践*, 2014(10): 2515–2525.
Liu C F, Zhong W Z, Song C Q. Optimal product delivery time strategies of time-varying price in an oligopoly market. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2014(10): 2515–2525. (in Chinese)
- [22] 叶 飞, 赵亚敏. 竞争环境下企业价格和提前期决策模型研究. *工业工程与管理*, 2015, 05: 1–7.
Ye F, Zhao Y M. Price and lead time decisions under competitive environment. *Industrial Engineering and Management*, 2015, 05: 1–7. (in Chinese)
- [23] Krishnan H, Kapuscinski R, Butz D A. Coordinating contracts for decentralized supply chains with retailer promotional effort. *Management Science*, 2004, 50(1): 48–63.
- [24] Wilson R. Computing equilibria of n-person games. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 1971, 21(1): 80–87.

作者简介:

李怡娜 (1978—), 女, 广东梅县人, 博士, 教授, 研究方向: 供应链管理研究, Email: bmliyina@scut.edu.cn;
魏 超 (1988—), 男, 河南商丘人, 硕士生, 研究方向: 运作供应链管理, Email: 814721395@qq.com.

附录 A (命题 1 的证明)

以 (f, f) 竞争情境为例 (其他竞争情境与此类似).

企业利润的一阶偏导数为

$$\begin{aligned}\frac{\partial \pi_1^{\text{ff}}}{\partial p_1^{\text{ff}}} &= \frac{1}{2} - \frac{p_1^{\text{ff}} - c_f}{2t} + \frac{\alpha(L_2^{\text{ff}} - L_1^{\text{ff}}) - p_1^{\text{ff}} + p_2^{\text{ff}}}{2t}, & \frac{\partial \pi_1^{\text{ff}}}{\partial L_1^{\text{ff}}} &= \frac{(T - L_1^{\text{ff}})m}{T^2} - \frac{\alpha(p_1^{\text{ff}} - c_f)}{2t}, \\ \frac{\partial \pi_2^{\text{ff}}}{\partial p_2^{\text{ff}}} &= \frac{1}{2} - \frac{p_2^{\text{ff}} - c_f}{2t} + \frac{\alpha(L_1^{\text{ff}} - L_2^{\text{ff}}) + p_1^{\text{ff}} - p_2^{\text{ff}}}{2t}, & \frac{\partial \pi_2^{\text{ff}}}{\partial L_2^{\text{ff}}} &= \frac{(T - L_2^{\text{ff}})m}{T^2} - \frac{\alpha(p_2^{\text{ff}} - c_f)}{2t}.\end{aligned}$$

又因为 $\frac{\partial^2 \pi_1^{\text{ff}}}{\partial p_1^{\text{ff}2}} = -\frac{1}{t}$, $\frac{\partial^2 \pi_1^{\text{ff}}}{\partial L_1^{\text{ff}2}} = -\frac{m}{T^2}$, $\frac{\partial^2 \pi_2^{\text{ff}}}{\partial p_2^{\text{ff}2}} = -\frac{1}{t}$, $\frac{\partial^2 \pi_2^{\text{ff}}}{\partial L_2^{\text{ff}2}} = -\frac{m}{T^2}$. 利润的一阶导为 0, 可得

$$p_1^{\text{ff}} = p_2^{\text{ff}} = t + c_f, \quad L_1^{\text{ff}} = L_2^{\text{ff}} = T - \frac{\alpha T^2}{2m}, \quad \pi_1^{\text{ff}} = \pi_2^{\text{ff}} = \frac{4tm - T^2 \alpha^2}{8m}. \quad \text{证毕.}$$

附录 B (定理 1 的证明)

由式(9)~式(11)和式(18)~式(20)可知 $p_1^{\text{ff}} - p_1^{\text{ss}} = c_f - c_s$, $L_1^{\text{ss}} - L_1^{\text{ff}} = \frac{T^2(\alpha - \beta)}{2m}$, $\pi_1^{\text{ff}} - \pi_2^{\text{ss}} = \frac{T^2(\beta^2 - \alpha^2)}{8m}$, 又因为 $\alpha > \beta$, $c_f > c_s$, 所以 $p_1^{\text{ss}} = p_2^{\text{ss}} < p_1^{\text{ff}} = p_2^{\text{ff}}$, $L_1^{\text{ff}} = L_2^{\text{ff}} < L_1^{\text{ss}} = L_2^{\text{ss}}$, $\pi_1^{\text{ff}} = \pi_2^{\text{ff}} < \pi_1^{\text{ss}} = \pi_2^{\text{ss}}$.

由纯(f, f)竞争情境和纯(s, s)竞争情境下价格和提前期相等, 并根据式(5), 式(6) 和式(14), 式(15)中需求函数的结构, 可得 $d_1^{\text{ff}} = d_2^{\text{ff}} = d_1^{\text{ss}} = d_2^{\text{ss}}$. 证毕.

附录 C (定理 2 的证明)

1) 价格: 易知, $p_1^{\text{sf}} = p_2^{\text{fs}}$,

$$p_1^{\text{ff}} - p_1^{\text{sf}} = \frac{tT^2(\alpha^2 - \beta^2) + 2mt(\delta_f - \delta_s) + (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2},$$

因为 $\max\left(\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)}, \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt}\right) < \delta_f - \delta_s < 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}$, 所以 $p_1^{\text{ff}} - p_1^{\text{sf}} > 0$.

2) 提前期: 易知, $L_1^{\text{sf}} = L_2^{\text{fs}}$,

$$L_1^{\text{sf}} - L_1^{\text{ff}} = \frac{2m\beta T^2(\delta_f - \delta_s) + \beta T^4(\alpha^2 - \beta^2)}{2m(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)} + \frac{T^2(\alpha - \beta)}{2m},$$

又因 $\max\left(\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)}, \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt}\right) < \delta_f - \delta_s < 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}$, 所以 $L_1^{\text{sf}} - L_1^{\text{ff}} > 0$.

3) 市场份额:

将式(9)~式(11)代入式(5)和式(6), 可得 $d_1^{\text{ff}} = \frac{1}{2}$. 将式(18)~式(20)代入式(14)和式(15), 可得

$$d_1^{\text{sf}} = d_2^{\text{fs}} = \frac{m[3t - (\delta_f - \delta_s)] - T^2\alpha^2}{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}. \quad \text{因而} \quad d_1^{\text{sf}} - d_1^{\text{ff}} = \frac{-T^2(\alpha^2 - \beta^2) - 2m(\delta_f - \delta_s)}{2(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)},$$

因为 $6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2 > 0$, 结合 $\delta_f - \delta_s$ 的可行域可得, 当 $\frac{T^2\beta^2 - T^2\alpha^2}{2m} \leq \delta_f - \delta_s < 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}$ 时, $d_1^{\text{sf}} \leq d_1^{\text{ff}}$; 当 $\max\left(\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)}, \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt}\right) < \delta_f - \delta_s < \frac{T^2\beta^2 - T^2\alpha^2}{2m}$ 时, $d_1^{\text{ff}} < d_1^{\text{sf}}$.

4) 利润: 为了方便表示, 令 $A = \delta_f - \delta_s$, $Y_{\text{sff}} = \frac{\pi_1^{\text{sf}}}{\pi_1^{\text{ff}}} - 1$. 由式(33) 和式(34) 可得

$$\frac{\pi_1^{\text{sf}}}{\pi_1^{\text{ff}}} = \frac{4(4mt - T^2\beta^2)(mA - 3mt + T^2\alpha^2)^2}{(4mt - T^2\alpha^2)(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)^2}.$$

令上式为 1, 可得

$$A_2^* = \frac{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{2m} \sqrt{\frac{4mt - T^2\alpha^2}{4mt - T^2\beta^2}} + 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m},$$

$$A_2 = -\frac{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{2m} \sqrt{\frac{4mt - T^2\alpha^2}{4mt - T^2\beta^2}} + 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}.$$

易知 Y_{sff} 关于 A 是单调递减凸函数. 结合 A 的定义域可得, 当 $A_b < \delta_f - \delta_s < A_2$ 时, 则有 $\pi_1^{\text{ff}} < \pi_1^{\text{sf}}$; 当 $A_2 \leq \delta_f - \delta_s < A_u$, 则有 $\pi_1^{\text{sf}} \leq \pi_1^{\text{ff}}$, 其中 $A_b = \max\left(\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)}, \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt}\right)$, $A_u = 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}$.

附录 D (定理 3 的证明)

1) 市场份额:

将式(18)~式(20)代入式(14)和式(15), 可得 $d_1^{\text{ss}} = \frac{1}{2}$. 将式(27)~式(30)代入式(23)和式(24), 可得

$$d_1^{\text{fs}} = \frac{m(3t + \delta_f - \delta_s) - T^2\beta^2}{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}. \quad \text{因而} \quad d_1^{\text{fs}} - d_1^{\text{ss}} = \frac{T^2(\alpha^2 - \beta^2) + 2m(\delta_f - \delta_s)}{2(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)}.$$

因为 $6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2 > 0$, 所以可得

(a) 当 $\frac{T^2\beta^2 - T^2\alpha^2}{2m} \leq \delta_f - \delta_s < 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}$ 时, $d_1^{fs} \leq d_1^{fs}$;

(b) 当 $\max\left(\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)}, \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt}\right) < \delta_f - \delta_s < \frac{T^2\beta^2 - T^2\alpha^2}{2m}$

时, $d_1^{fs} < d_1^{ss}$.

2) 利润: 为了方便表示, 令 $A = \delta_f - \delta_s$. 由式(36)和式(38)可得

$$\frac{\pi_1^{fs}}{\pi_1^{ss}} = \frac{4(4mt - T^2\alpha^2)(mA + 3mt - T^2\beta^2)^2}{(4mt - T^2\beta^2)(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)^2}.$$

令上式为 1, 可得

$$A_3 = \frac{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{2m} \sqrt{\frac{4mt - T^2\beta^2}{4mt - T^2\alpha^2}} - 3t + \frac{T^2\beta^2}{m},$$

$$A_3^* = -\frac{6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{2m} \sqrt{\frac{4mt - T^2\beta^2}{4mt - T^2\alpha^2}} - 3t + \frac{T^2\beta^2}{m}.$$

易知 A_3^* 不在 A 的定义域内, 因此只需判断 A_3 是否在 A 的定义域内即可.

易知 $A_3 > \max\left(\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)}, \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt}\right)$, 所以只需判断 A_3 与 A

的定义域的上限之间的关系即可.

又因 $3t - \frac{T^2\alpha^2}{m} - A_3 = \frac{(6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2) \left(2 - \sqrt{\frac{4mt - T^2\beta^2}{4mt - T^2\alpha^2}}\right)}{2m}$, 易知 $6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2 > 0$.

不妨令 $D = 2 - \sqrt{\frac{4mt - T^2\beta^2}{4mt - T^2\alpha^2}}$, 一阶导数 $\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{2mT^2(\alpha^2 - \beta^2)}{(4mt - T^2\alpha^2)^2} \sqrt{\frac{4mt - T^2\alpha^2}{4mt - T^2\beta^2}} > 0$, 所以 D 是关于 t 的单调递增函数.

令 $D = 0$ 可得 $t = \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$. 又因 $t > \max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right)$. 因而可得

1) 当 $\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $t > \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$, 或者 $\beta < \alpha \leq \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 时, $A_3 < 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}$, 即 A_3 在 A 的可行域内, 进而可知当 $A_b < \delta_f - \delta_s < A_3$ 时, $\pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}$; 当 $A_3 \leq \delta_f - \delta_s < A_u$ 时, $\pi_1^{ss} \leq \pi_1^{fs}$;

2) 当 $\alpha > \sqrt{\frac{3}{2}}\beta$ 且 $\max\left(\frac{T^2\alpha^2 + T^2\beta^2}{6m}, \frac{T^2\alpha^2}{4m}\right) < t \leq \frac{4T^2\alpha^2 - T^2\beta^2}{12m}$ 时, $A_3 \geq 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}$, 即 A_3 不在 A 的可行域内, 所以可得 $\pi_1^{fs} < \pi_1^{ss}$, 其中 $A_b = \max\left(\frac{(\beta - \alpha)(3mt + T^2\alpha\beta)}{m(\alpha + \beta)}, \frac{2tT^2(\beta^2 - \alpha^2) - (6mt - T^2\alpha^2 - T^2\beta^2)(c_f - c_s)}{4mt}\right)$, $A_u = 3t - \frac{T^2\alpha^2}{m}$. 价格和提前期关系的证明与定理 2 类似.

附录 E (混合均衡)

假定企业 2 以 y 的概率选择 f, 以 $1 - y$ 的概率选择 s. 则对于企业 1 来说, 选择 f 的期望效用为 $y\pi_1^{ff} + (1 - y)\pi_1^{fs}$; 选择 s 的期望效用为 $y\pi_1^{sf} + (1 - y)\pi_1^{ss}$.

由支付等值法可得 $y\pi_1^{ff} + (1 - y)\pi_1^{fs} = y\pi_1^{sf} + (1 - y)\pi_1^{ss}$. 将式(33), 式(34), 式(36)和式(38)代入上式可得

$$y = \frac{T^2(\alpha^2 - \beta^2)[12m^2t^2 - 4mtT^2\alpha^2 + T^4\beta^2(\alpha^2 - \beta^2)] + 4m(4mt - T^2\alpha^2)(\delta_f - \delta_s)[6mt - 2T^2\beta^2 + m(\delta_f - \delta_s)]}{\{T^2[4mt(\beta^2 - \alpha^2) + T^2(\alpha^4 - \beta^4)] + 2m[8mt - T^2(\alpha^2 + \beta^2)](\delta_f - \delta_s)\}[T^2(\alpha^2 - \beta^2) + 2m\delta_f - 2m\delta_s]},$$

$$1 - y =$$

$$\frac{T^2(\alpha^2 - \beta^2)[-12m^2t^2 + 4mtT^2\beta^2 + T^4\alpha^2(\alpha^2 - \beta^2)] + 4m(4mt - T^2\beta^2)(\delta_f - \delta_s)[-6mt + 2T^2\alpha^2 + m(\delta_f - \delta_s)]}{\{T^2[4mt(\beta^2 - \alpha^2) + T^2(\alpha^4 - \beta^4)] + 2m[8mt - T^2(\alpha^2 + \beta^2)](\delta_f - \delta_s)\}[T^2(\alpha^2 - \beta^2) + 2m\delta_f - 2m\delta_s]}.$$

由于 (f, s) 与 (s, f) 对称, 所以, 企业 1 亦是以 y 的概率选择 f, 以 $1 - y$ 的概率选择 s.