

垄断型智能硬件企业的两阶段市场投放策略

罗 怡

(中国科学技术大学管理学院,安徽合肥 230026)

摘要: 针对垄断型智能硬件企业,通过建立智能硬件产品的两阶段定价决策模型,分析了在两种市场投放策略下,操作系统性能对智能硬件产品的两阶段定价、市场份额及利润的影响,并且比较了两种市场投放策略给企业的市场份额、总利润带来的差异。

关键词: 智能硬件;市场投放策略;操作系统;两阶段定价决策

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A doi: 10.3969/j.issn.0253-2778.2018.02.005

引用格式: 罗怡. 垄断型智能硬件企业的两阶段市场投放策略[J]. 中国科学技术大学学报, 2018, 48(2): 118-124.

LUO Yi. Two-stages marketing strategy of monopoly smart device enterprise[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2018, 48(2): 118-124.

Two-stages marketing strategy of monopoly smart device enterprise

LUO Yi

(School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: For a monopoly smart device enterprise, through modeling the two-stages pricing problem of smart devices products under two marketing strategies, the impacts of operating system performance on the optimal prices, market shares and profits of two versions of products were analyzed. At the same time, the difference on enterprise' total market shares and total profits between two marketing strategies also taken into analysis.

Key words: smart device; marketing strategy; operating system; two-stages pricing decision

0 引言

2015年,全球移动互联网大会(GMIC)在北京召开,以“移生万物(mobile everything)”为主题,助力中国开启“硬件时代”的新纪元。智能硬件在传统硬件的基础上配置操作系统,加载互联网服务,形成了“硬件+服务”的新型商业模式,并延伸至智能家居、智能穿戴设备、移动医疗设备等日常生活的各个领域,推动整个社会更加智能信息化。

值得注意的是,智能硬件厂商为了满足各层次消费者偏好,通常会分阶段推出不同版本的同系列

产品,低版本产品的综合性能低于高版本产品的综合性能。例如苹果公司分别在2014年9月、2016年9月发布iPhone6、iPhone7,后者不仅在硬件质量(CPU、内存、电池等)方面有了很大提高,操作系统从IOS 8版升级为IOS 10,在性能方面也大为改善。与此同时,分阶段的产品策略通常还有两种投放形式:①在前阶段只出售低版本产品,后阶段只出售高版本产品。这种策略在初创企业较为常见,因为首次开发第一代产品,性能各方面难以全方位完善,等到优化后的第二代产品出售时,则停产初代产品,例如,一加科技在2016年6月15日发布手机

收稿日期:2017-03-10;修回日期:2018-02-27

基金项目:国家科技支撑计划课题(2015BAH18F00/2015BAH18F01),国家自然科学基金(71371010,71571115)资助

作者简介:罗怡,女,1992年生,硕士,研究方向:平台服务管理.E-mail: roeyl@mail.ustc.edu.cn

OnePlus 3, 配备高通骁龙 810 处理器, 操作系统是基于 Android 6.0 系统开发的 H2OS 1.4; 2016 年 11 月上市发售手机 OnePlus 3T, 配备满血版高通骁龙 810 处理器, 配置的操作系统的 H2OS 2.5, 与此同时, 为了新款手机有更好的销售业绩一加科技在除中国以外的欧洲、北美等市场停售 OnePlus 3 手机。

②在前阶段出售低版本产品, 后阶段不仅发售高版本产品, 同时对低版本产品进行降价销售. 这也是市场上比较通用的做法, 例如苹果在 2016 年 9 月发布 iPhone7, 但是 2014 年 9 月发布 iPhone6、2015 年 9 月发布的 iPhone6s 仍在市场出售. 市场中的智能硬件企业对产品的市场投放策略也都有各自不同的选择.

硬件载体与操作系统作为智能硬件产品的两大重要组成部分, 是消费者购买决策的影响因素, 在提供高性能的操作系统以及改善硬件载体质量的同时, 厂商必然要付出更多的生产成本, 因此, 如何综合权衡硬件产品的质量与成本、操作系统性能, 并且兼顾其对市场需求的影响, 制定合理的市场投放策略以及产品价格策略便成为制造商面临的重要问题.

现有文献中, 众多学者对同系列产品的市场投放策略和智能硬件产品都做过相关的深入研究. 例如 Moorthy 等^[1]在考虑质量、价格以及消费者等因素对企业新产品投放方式的影响基础上进一步研究技术可行性、新产品信息的传播速度对产品投放策略的影响; 詹才成^[2]以双寡头市场为背景, 从企业和消费者两个角度研究新产品的定价与市场投放时间的组合策略问题. 智能硬件产品的相关研究中, 文献^[3-6]分别从产业发展、商业模式、行业现状、政策支持等方面进行了有关智能硬件的综合性探讨; 而有关智能硬件的定量研究大部分是以智能手机为研究对象, 将硬件载体和操作系统作为两个独立的研究对象, 分析传统硬件设备制造商与操作系统开发者的各自利益最大化的静态定价问题, 例如 Hagiu^[7]假设消费者对硬件设备的偏好是异质的, 分析了消费者偏好对硬件平台定价决策的影响以及卖方的费用结构对硬件质量创新的影响. 魏如清等^[8]以苹果 IOS 与谷歌 Android 为例, 构建了开放式和封闭式两种战略决策下的智能手机平台网络, 分析了移动端的操作系统的市场的特点以及其对企业战略决策

的影响. MacCrory 等^[9]认为企业在搭建智能手机系统的过程中, 更倾向与会进行硬件质量风险投资的硬件载体公司以及承诺会签订独家合同的操作系统的开发商合作.

然而, 针对普遍意义的智能硬件, 垄断型企业的价格策略与市场投放策略的研究, 特别是考虑智能硬件与操作系统性能之间的交互作用以及市场投放策略影响下的两阶段定价决策问题的研究有待加强.

1 智能硬件的两阶段定价模

本文假设垄断型智能硬件企业会分两阶段向市场陆续推出同系列的两代智能硬件产品, 在第一阶段, 企业推出低版本产品, 其硬件载体的质量较低, 并配置低性能的操作系统的; 第二阶段, 企业推出高版本产品, 硬件载体质量较高, 配置高性能的操作系统, 且高版本产品与低版本产品共存于市场. 两代智能硬件产品为同类耐用商品, 消费者可选择在第一阶段购买低版本产品, 或者等到第二阶段再购买低版本或高版本产品.

表 1 列出本文所用的变量/参数及其定义. 其中, l 表示第一阶段低版本(低质量)产品, $2l$ 表示第二阶段低版本(低质量)产品, h 表示高版本(高质量)产品. 基于 Liu 等^[10]的假设, 智能硬件制造商(平台企业)发布的两个版本系列产品质量满足条件 $\alpha q_h < q_{2l} = q_l < q_h$, $\alpha \in [0, 1]$. 产品 i 的生产成本用凸函数表示: $c_i = \beta q_i^2$, 因此, $c_h > c_l = c_{2l}$. k 为操作系统的性能参数, 其中 k 越大, 表示操作系统的性能越好. 市场中消费者具有异质性, 本文用消费者对硬件载体质量的支付意愿 θ 表示, θ 在区间 $[0, 1]$ 内服从均匀分布. Lin 等^[11]指出操作系统对硬件载体有明显的辅助作用, 高性能操作系统有利于改善智能硬件产品的整体性能, 其将增加对消费者的吸引力, 是消费者选择购买智能硬件产品的重要影响因素. 因此, 智能硬件产品 i 的效用来自硬件载体与操作系统两个方面: 一是硬件载体带来传统硬件的底层功能型效用, 定义为 $u_{0i} = \theta q_i$; 二是操作系统通过硬件载体带来的额外服务型效用, 定义为 $u_{1i} = k\theta q_i$. 消费者购买智能硬件带来的总效用为

$$u_i = u_{0i} + u_{1i} = \theta(q_i + kq_i) - p_i, i = l, 2l, h;$$

不购买任何产品的消费者效用为 0.

表 1 变量/参数定义汇总表
Tab.1 Definition of parameters

参数	定义
p_i	产品 i 的价格, $i = l, 2l, h$
q_i	产品 i 的硬件载体质量, $i = l, 2l, h$
β	智能硬件产品的硬件载体质量的成本系数, $0 < \beta < 1$
c_i	产品 i 的生产成本, $i = l, 2l, h$
k	操作系统性能参数, $k \in [0, 1]$
θ	消费者对智能硬件产品的支付意愿
θ_l	消费者选择在第一阶段购买低版本产品或者在第二阶段购买高版本产品的支付意愿的无差异点
θ_h	在第二阶段, 消费者购买高版本产品或购买低版本产品的支付意愿的无差异点
θ_{2l}	在第二阶段, 消费者购买低版本产品或不购买任何产品的支付意愿的无差异点
α	产品质量在两阶段间的贴现系数
π_2	平台第二阶段的利润
π	平台两阶段的总利润

1.1 策略 1: 第二阶段市场中只出售高版本产品

由于市场中消费者购买决策的不同, 其支付意愿 θ 在两决策间的无差异点可换算为具体市场份额^[12], 如图 1 所示. 第一阶段低版本产品的销售额为 $1 - \theta_l$, θ_l 为选择第一阶段购买低版本产品与第二阶段购买高版本产品的消费者支付意愿无差异点, 即: $k\theta_l q_l - p_l = \alpha(k\theta_l q_h - p_h)$. 第二阶段高版本产品的销售额为 $\theta_l - \theta_h$, θ_h 为选择第二阶段购买高版本产品与不购买任何产品的消费者的支付意愿无差异点, 即: $k\theta_h q_h - p_h = 0$. 不购买任何产品的潜在消费者数量为 θ_h .

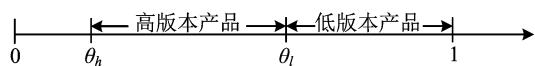


图 1 策略 1 下智能硬件的市场份额

Fig.1 Market share of smart device under Strategy 1

智能硬件企业在第一阶段销售低版本产品的利润为 π_1 , 两阶段总利润为 π :

$$\pi_1(p_l) = (1 - \theta_l)(p_l - c_l) \quad (1)$$

$$\pi(p_l, p_h) = (1 - \theta_l)(p_l - c_l) + \alpha(\theta_l - \theta_h)(p_h - c_h) \quad (2)$$

1.2 策略 2: 第二阶段市场中同时出售高、低两版本产品

第一阶段低版本产品的销售额为 $1 - \theta_l^{\wedge}$, θ_l^{\wedge} 为

选择第一阶段购买低版本产品与第二阶段购买高版本产品的消费者支付意愿无差异点, 即: $k\theta_l^{\wedge} q_l - p_l = \alpha(k\theta_l^{\wedge} q_h - p_h)$. 第二阶段高版本产品的销售额为 $\theta_l^{\wedge} - \theta_h^{\wedge}$, θ_h^{\wedge} 为选择第二阶段购买高版本产品或低版本产品的消费者的支付意愿无差异点, 即: $k\theta_h^{\wedge} q_h - p_h = k\theta_h^{\wedge} q_l - p_{2l}$. 第二阶段低版本产品的销售额为 $\theta_h^{\wedge} - \theta_{2l}$, θ_{2l} 为选择在第二阶段购买低版本产品与不购买任何产品的消费者支付意愿无差异点, 即: $k\theta_{2l} q_l - p_{2l} = 0$. 市场中不购买任何产品的潜在消费者数量为 θ_{2l} , 如图 2 所示.

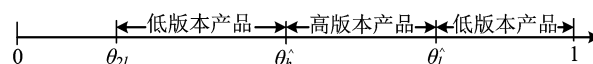


图 2 策略 2 下智能硬件的市场份额

Fig.2 Market share of smart device under Strategy 2

智能硬件企业在第一阶段销售低版本产品的利润为 π_1^{\wedge} , 两阶段总利润为 π^{\wedge} :

$$\pi_1^{\wedge}(p_l) = (1 - \theta_l^{\wedge})(p_l - c_l) \quad (3)$$

$$\pi^{\wedge}(p_l, p_h, p_{2l}) = (1 - \theta_l^{\wedge})(p_l - c_l) + \alpha[(\theta_l^{\wedge} - \theta_h^{\wedge})(p_h - c_h) + (\theta_h^{\wedge} - \theta_{2l})(p_{2l} - c_{2l})] \quad (4)$$

2 模型结果与分析

为求解上述模型, 采用逆向归纳法解决博弈均衡问题. 先求出第二阶段高版本产品消费者的最优选择, 得到均衡解 p_h^* 和 θ_h^* ($p_h^{\wedge*}$ 和 $\theta_h^{\wedge*}$, $\theta_{2l}^{\wedge*}$); 第一阶段的消费者与企业已在已有的第二阶段决策下进行博弈而做出最优的购买决策, 在此过程中, 企业也会根据两阶段的消费者决策制定合理价格, 得到 p_l^* 和 θ_l^* ($p_l^{\wedge*}$ 和 $\theta_l^{\wedge*}$), 实现企业的两阶段总利润 $\pi(\pi^{\wedge})$ 最大化.

具体计算过程见附录, 计算结果如下:

$$p_l^* = p_l^{\wedge*} = \frac{(2q_l - \alpha q_h) [(1+k)(2q_l - \alpha q_h) + 2\beta q_l^2] - \alpha^2 \beta q_h^3}{8q_l - 6\alpha q_h}$$

$$p_h^* = p_h^{\wedge*} = \frac{(1+k)q_h(2q_l - \alpha q_h) + \beta(2q_l^2 q_h - 5\alpha q_h^3 + 4q_l q_h^2)}{2(4q_l - 3\alpha q_h)}$$

$$p_{2l}^* = \frac{(1+k)(2q_l - \alpha q_h)q_l + \beta q_l(6q_l^2 - 2\alpha q_h^2 - 3\alpha q_l q_h)}{2(4q_l - 3\alpha q_h)}$$

$$\theta_l^* = \theta_l^{\wedge*} = \frac{(1+k)(2q_l - \alpha q_h) + 2\beta(q_l^2 - \alpha q_h^2)}{(1+k)(4q_l - 3\alpha q_h)}$$

$$\theta_h^* = \frac{(1+k)(2q_l - \alpha q_h) + 2\beta q_l^2 - 5\alpha \beta q_h^2 + 4\beta q_l q_h}{2(1+k)(4q_l - 3\alpha q_h)}$$

$$\theta_h^{\wedge*} = \frac{(1+k)\theta_l + \beta(q_h + q_l)}{2(1+k)},$$

$$\theta_{2l}^{\wedge*} = \frac{(1+k)\theta_l + \beta q_l}{2(1+k)}.$$

根据计算结果,可得到下述命题:

命题 2.1 智能硬件产品的市场投放策略不影响最优定价决策,两阶段的低版本与高版本产品的最优定价均随其操作系统性能的提升而增大 ($\partial p_l^*/\partial k > 0, \partial p_h^*/\partial k > 0, \partial p_{2l}^*/\partial k > 0$).

操作系统作为智能硬件产品的重要组成部分,其性能提升必然导致产品整体综合性能的提升,给消费者带来更多价值.命题 2.1 说明智能硬件即使其硬件载体本身质量不变,操作系统性能越好,产品价格也将越高.

命题 2.2 智能硬件产品的市场投放策略不影响第一阶段低版本产品的市场份额,当硬件质量提升幅度较大 ($\alpha q_h < q_l < \sqrt{\alpha} q_h$),低版本产品的市场份额随着操作系统性能的提升而减小 ($\partial(1 - \theta_l^*)/\partial k < 0$);而当硬件质量提升幅度较小时 ($\sqrt{\alpha} q_h < q_l < q_h$),低版本产品的市场份额随着操作系统性能的提升而增大 ($\partial(1 - \theta_l^*)/\partial k > 0$).

命题 2.3 两种市场投放策略下,第二阶段高版本产品的市场份额均随着操作系统性能的提升而增大,即: ($\partial(\theta_l^* - \theta_h^*)/\partial k > 0, \partial(\theta_l^{\wedge*} - \theta_h^{\wedge*})/\partial k > 0$).

命题 2.4 第二阶段低版本产品与高版本产品共存于市场时:第二阶段低版本产品的市场份额随着操作系统性能的提升而减小 ($\partial(\theta_l^{\wedge*} - \theta_h^{\wedge*})/\partial k > 0, \partial(\theta_h^{\wedge*} - \theta_{2l}^{\wedge*})/\partial k < 0$),且两阶段低版本产品的总市场份额随着操作系统性能的提升而降低 ($\partial(1 - \theta_l^{\wedge*} + \theta_h^{\wedge*} - \theta_{2l}^{\wedge*})/\partial k < 0$).

命题 2.5 两种市场投放策略下,两代智能硬件产品的总市场份额与总利润均随着操作系统性能的提升而增大 ($\partial(1 - \theta_h^*)/\partial k > 0, \partial(1 - \theta_{2l}^*)/\partial k > 0, \partial\pi/\partial k > 0, \partial\pi^{\wedge}/\partial k > 0$).

智能硬件产品的市场份额也受到操作系统性能及硬件质量的显著影响,如图 3 所示.

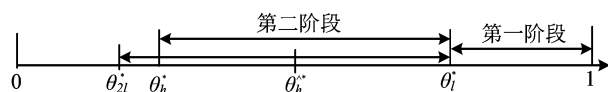


图 3 两种策略下智能硬件的市场份额对比

Fig.3 Market share of smart device under two strategies

一般来说,配置了更高性能的操作系统的智能

硬件,产品体验更佳,消费者购买产品带来的效用增加,平台可提高产品定价以获取更多的边际利润.同时,操作系统的性能提高给消费者带来的积极作用可抵消因产品涨价而带来的负向影响,可能使得支付意愿很低的消费者的购买效用仍然大于零,吸引原先市场中支付意愿较低的潜在消费者在第二阶段购买高版本产品,市场中购买产品的总消费者数量并不会减少,即两代产品的总市场份额增加.结合命题 2.1,操作系统性能必然会对平台企业的利润产生直接的正向影响.

针对高版本产品而言,配置了高性能的操作系统后,具有更佳的患者体验,吸引市场中支付意愿很低的潜在消费者参与购买高版本产品,使得市场中高版本产品的份额也增加.针对低版本产品而言,当硬件质量提升幅度较大时 ($\alpha q_h < q_l < \sqrt{\alpha} q_h$),两代产品的质量差距显著;此时,性能更高的操作系统加剧了两种产品间的效用差距.对消费者而言,高版本产品具有更佳的患者体验所带来的积极作用远大于高价的负面影响,部分打算第一阶段购买低版本产品的消费者,会选择等到第二阶段购买质量更高的高版本产品.市场中低版本产品的市场规模减少,高版本产品的市场份额增加,平台企业的产品市场更趋向于高端市场.反之,当硬件质量提升幅度较小时 ($\sqrt{\alpha} q_h < q_l < q_h$),即使产品配置更高性能的操作系统的,低版本产品与高版本产品带给消费者的效用差距仍不显著,且低版本产品在成本与价格方面都低于高版本产品.因此,部分打算等到第二阶段购买高版本产品的消费者可能会在第一阶段选择购买性价比更高的低版本产品.此时,市场中低版本产品的市场份额将增加.

命题 2.6 智能硬件企业选择在第二阶段同时出售高、低两版本产品将会使智能硬件产品的总市场份额更大 ($1 - \theta_{2l}^* > 1 - \theta_h^*$).

命题 2.7 智能硬件产品的市场投放策略不影响企业在第一阶段的获利,智能硬件企业选择在第二阶段停售低版本产品将会使两阶段的总利润更高 ($\pi^* > \pi^{\wedge*}$).

智能硬件产品的市场投放策略对企业市场份额与利润都会产生显著影响,若企业在第二阶段市场中不仅出售高版本产品,同时低价销售低版本产品,由于低版本产品在降价之后性价比得到大幅升高,用户效用提高,使得部分支付意愿较低的原打算在第二阶段购买高版本消费者以及不打算购买任何

产品的潜在消费者都加入到第二阶段低版本产品的低价购买行列中,此时,高版本产品的市场份额减少,两阶段低版本产品总市场份额增大,智能硬件产品更趋向于低端市场.然而,相比较于第二阶段仅出售高版本产品的市场投放策略,该投放策略下增长的低版本产品收入并不能抵消高版本产品市场缩减带来的损失,使得企业总利润相对较低.

3 结论

智能硬件产品制造商在分阶段向市场发布系列版本产品的过程中,通常有两种市场投放策略,本文基于此背景,针对垄断型的智能硬件企业建立了智能硬件产品的两阶段定价决策模型,给出了不同两种市场投放策略下的最优定价策略,并分析了操作系统性能与市场投放策略对两版本智能硬件产品的定价决策、市场份额及利润的影响.

研究发现,两种市场投放策略都不影响垄断型智能硬件企业在第一阶段的低版本产品定价策略与市场份额,且两版本产品的最优定价以及企业的总市场份额、总利润均随操作系统性能的提升而增大.因此,智能硬件产品在第二阶段的市场表现才是企业制定市场投放策略的关键.若企业选择在第二阶段只出售高版本产品,则企业更倾向高端市场,获利更高;若企业选择在第二阶段同时出售高、低两版本产品,则企业更倾向于低端市场,利润有所降低,但企业的总市场份额更大.

智能硬件企业在制定价格决策时,应该结合未来市场的发展战略,确定两代产品的市场投放策略、操作系统性能,在利润最大化基础上,要规避同质产品间的不恰当竞争.若智能硬件企业未来致力于高利润或者拓宽高端市场,就应该在第二阶段停售低版本产品;反之,若企业目标是拓宽市场,则应该在第二阶段同时出售高、低两版本产品.

本文延续了文献[13]中关于智能硬件产品分阶段定价的研究,并在其基础上拓展到两种不同的市场投放策略.但是现实中存在双寡头垄断、多头竞争以及低版本产品可能存在翻新销售等复杂情形,本文并未对此做更多的拓展,因此,面对更不同的市场环境,企业如何对同系列产品进行更好的市场投放、投后管理将在今后做更加深入的研究.

参考文献(References)

- [1] MOORTHY K S, PNG I P L. Market segmentation, cannibalization, and the timing of product introductions [J]. *Management Science*, 1992, 38(3):345-359.
- [2] 詹才成. 创新产品扩散的市场进入时间及定价分析 [D]. 合肥:中国科学技术大学, 2011.
- [3] 纪阳, 孙婷婷. 规模驱动的智能硬件产业创新模式[J]. *物联网技术*, 2015, 5(4): 77-81.
- [4] 纪阳, 吴振宇, 史欣璐, 等. 面向降低成本的智能硬件商业模式研究[J]. *经营管理者*, 2015, 2: 245-246.
- [5] 海川. 智能硬件生态圈[J]. *新经济导刊*, 2015(8): 21-23.
- [6] 李婷. 移动智能终端技术产业发展要素[J]. *信息通信技术*, 2012(4): 7-11.
LI Ting. Mobile smart terminal technology industry development elements [J]. *Information and Communications Technologies*, 2012(4): 7-11.
- [7] HAGIU A. Two-sided platforms: Product variety and pricing structures [J]. *Journal of Economics & Management Strategy*, 2009, 18(4): 1011-1043.
- [8] 魏如清, 唐方成, 董小雨, 等. 双边网络环境下开放与封闭平台的竞争:以移动操作系统平台为例[J]. *中国管理科学*, 2013, 21:432-439.
WEI Ruqing, TANG Fangcheng, DONG Xiaoyu, et al. Competition between open and closed platform under two-sided network, taking mobile operating system as an example [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2013, 21: 432-439.
- [9] MACCRORY F, SHIVENDU S. The smartphone you want on the carrier you don't: Exclusive contracts in dynamic multi-layer platforms[C]//*Proceedings of the Sixteenth International Conference on Electronic Commerce*. New York, NY: ACM, 2014 (8): 56.
- [10] LIU Q, ZHANG D. Dynamic pricing competition with strategic customers under vertical product differentiation [J]. *Management Science*, 2013, 59(1): 84-101.
- [11] LIN F, YE W. Operating system battle in the ecosystem of smartphone industry [C]// 2009 International Symposium on Information Engineering and Electronic Commerce. IEEE, 2009: 617-621.
- [12] LIN M, PAN X A. Dynamic platform pricing with innovative products [DB/OL]. [2017-08-01]. <https://ssrn.com/abstract=2372461>.
- [13] 罗怡. 基于平台操作系统性能的智能硬件产品定价决策研究[D]. 合肥:中国科学技术大学, 2017.

附录

A1 第二阶段市场仅存在高版本产品

单边市场中,选择购买低版本产品或高版本产品的消费者的支付意愿无差异点 θ_l , 以及购买高版本产品或不购买任何产品的消费者的支付意愿无差异点 θ_h 分别为

$$\theta_l(1+k)q_l - p_l = \alpha(\theta_l(1+k)q_h - p_h) \quad (\text{A.1})$$

$$\theta_h(1+k)q_h - p_h = 0 \quad (\text{A.2})$$

根据式(A.2)得到 θ_h 的表达式: $\theta_h = \frac{p_h}{(1+k)q_h}$, 代入 θ_h 到式(2), 求出平台企业的第二阶段利润函数 π_2 关于 p_h 的最大值, 得到: $p_h^* = \frac{(1+k)q_h\theta_l + \beta q_l^2}{2}$, $\theta_h^* = \frac{\theta_l}{2} + \frac{\beta q_h}{2(1+k)}$.

根据式(A.1)得到 θ_l 的表达式 $\theta_l = \frac{p_l - \alpha p_h}{(1+k)(q_l - \alpha q_h)}$, 代入 p_h^*, θ_l 到式(2)中, 求出企业的两阶段总利润函数 π 关于 p_l 的最大值, 得到如下结论:

$$p_l^* = \frac{(2q_l - \alpha q_h) [(1+k)(2q_l - \alpha q_h) + 2\beta q_l^2] - \alpha^2 \beta q_h^3}{8q_l - 6\alpha q_h},$$

$$\theta_l^* = \frac{(1+k)(2q_l - \alpha q_h) + 2\beta q_l^2 - 2\alpha \beta q_h^2}{(1+k)(4q_l - 3\alpha q_h)},$$

$$p_h^* = \frac{(1+k)q_h(2q_l - \alpha q_h) + 2\beta q_l^2 q_h - 5\alpha \beta q_h^3 + 4\beta q_l q_h^2}{2(4q_l - 3\alpha q_h)},$$

$$\theta_h^* = \frac{(1+k)(2q_l - \alpha q_h) + 2\beta q_l^2 - 5\alpha \beta q_h^2 + 4\beta q_l q_h}{2(1+k)(4q_l - 3\alpha q_h)}.$$

由于 $\theta_h^* < \theta_l^* < 1$, 即各参数条件应满足条件: $\frac{\beta q_h}{(1+k)} < \frac{(1+k)(2q_l - \alpha q_h) + 2\beta q_l^2 - 2\alpha \beta q_h^2}{(1+k)(4q_l - 3\alpha q_h)} < 1$.

分别求 p_h^* 和 p_l^* 关于 k 的一阶导, 得到: $\frac{\partial p_l^*}{\partial k} = \frac{(2q_l - \alpha q_h)^2}{2(4q_l - 3\alpha q_h)} > 0$, $\frac{\partial p_h^*}{\partial k} = \frac{q_h(2q_l - \alpha q_h)}{2(4q_l - 3\alpha q_h)} > 0$.

鉴于实际市场情况, 本文假设企业在发布两版本智能产品的时间段内质量提升速度不会过快, 即: 在可行区域 $0 < \alpha q_l < q_h < 1$ 内, 对 $1 - \theta_l, \theta_l - \theta_h, 1 - \theta_h$ 求出关于操作系统性能系数 k 的一阶导, 得到

$$\frac{\partial \theta_l^*}{\partial k} = -\frac{2\beta(q_l^2 - \alpha q_h^2)}{(1+k)^2(4q_l - 3\alpha q_h)},$$

因此, $\alpha q_h < q_l < \sqrt{\alpha} q_h$ 时, $\frac{\partial(1 - \theta_l^*)}{\partial k} < 0$; $\sqrt{\alpha} q_h < q_l < q_h$ 时, $\frac{\partial(1 - \theta_l^*)}{\partial k} > 0$.

$$\frac{\partial \theta_h^*}{\partial k} = -\frac{2\beta q_l^2 - 5\alpha \beta q_h^2 + 4\beta q_l q_h}{2(1+k)^2(4q_l - 3\alpha q_h)} < 0, \quad \frac{\partial(\theta_l^* - \theta_h^*)}{\partial k} = -\frac{2\beta q_l^2 + \alpha \beta q_h^2 - 4\beta q_l q_h}{2(1+k)^2(4q_l - 3\alpha q_h)} > 0.$$

由以上结果可知, 高版本产品的定价、市场份额均随着操作系统性能的提升而增加, 因此, 智能硬件企业在第二阶段销售高版本产品获得的利润 $\pi_2^*(p_h) = (\theta_l - \theta_h)(p_h - \beta q_h^2)$ 必然也随着操作系统性能的提升而增加 ($\frac{\partial \pi_2^*(p_h)}{\partial k} > 0$).

智能硬件企业在第一阶段获得的利润为

$$\pi_1^*(p_l) = (1 - \theta_l^*)(p_l^* - \beta q_l^2) =$$

$$\frac{2(1+k)(q_l - \alpha q_h) - \beta q_l^2 + \alpha \beta q_h^2}{(1+k)(4q_l - 3\alpha q_h)} \cdot \frac{(1+k)(2q_l - \alpha q_h)^2 + 4\alpha \beta q_l^2 q_h - 4\beta q_l^3 - \alpha^2 \beta q_h^3}{2(4q_l - 3\alpha q_h)},$$

$$\frac{\partial \pi_1^*(p_l)}{\partial k} = -\frac{\beta}{(1+k)^2} \frac{4\alpha q_l^2 q_h - 4q_l^3 - \alpha^2 q_h^3 - q_l^2 + \alpha q_h^2}{(4q_l - 3\alpha q_h)^2}.$$

由于 $\alpha q_h < q_l$ 且 $4\alpha q_l^2 q_h - 4q_l^3 - \alpha^2 q_h^3 - q_l^2 + \alpha q_h^2 < \alpha q_h^2(1 - \alpha q_h) - q_l^2 < q_l^2(1 - \alpha q_h - 1) < 0$, 因此, $\frac{\partial \pi_1^*(p_l)}{\partial k} > 0$.

智能硬件企业的两阶段总利润 $\pi(p_l, p_h) = \pi_1(p_l) + \alpha \pi_2(p_h)$ 必然随着操作系统的性能提升而增加

$$\left(\frac{\partial \pi^*}{\partial k} = \frac{\partial \pi_1^*}{\partial k} + \alpha \frac{\partial \pi_2^*}{\partial k} > 0\right).$$

A2 第二阶段市场中高、低两版本产品共存

单边市场中,第一阶段选择购买低版本产品或等到第二阶段高版本产品的消费者的支付意愿无差异点 θ_l^\wedge , 第二阶段购买高版本产品或购买低版本产品的消费者的支付意愿无差异点 θ_h^\wedge , 第二阶段购买低版本产品或不购买任何产品的消费者的支付意愿无差异点 θ_{2l} , 有如下关系:

$$k\theta_l^\wedge q_l - p_l = \alpha(k\theta_h^\wedge q_h - p_h) \quad (\text{A.3})$$

$$k\theta_h^\wedge q_h - p_h = k\theta_l^\wedge q_l - p_{2l} \quad (\text{A.4})$$

$$k\theta_{2l} q_l - p_{2l} = 0 \quad (\text{A.5})$$

即: $\theta_l^\wedge = \frac{p_l - \alpha p_h}{k(q_l - \alpha q_h)}$, $\theta_h^\wedge = \frac{p_h - p_{2l}}{k(q_h - q_l)}$, $\theta_{2l} = \frac{p_{2l}}{k q_l}$. 与上文同理计算, 式(4)最大化得

$$p_l^{\wedge*} = p_l^*, p_h^{\wedge*} = p_h^*, p_{2l}^* = \frac{(1+k)(2q_l - \alpha q_h)q_l + \beta q_l(6q_l^2 - 2\alpha q_h^2 - 3\alpha q_l q_h)}{2(4q_l - 3\alpha q_h)},$$

$$\theta_l^{\wedge*} = \theta_l^*, \theta_h^{\wedge*} = \frac{(1+k)\theta_l + \beta(q_h + q_l)}{2(1+k)}, \theta_{2l}^* = \frac{(1+k)\theta_l + \beta q_l}{2(1+k)}.$$

①分别求 $p_l^{\wedge*}$, $p_h^{\wedge*}$, p_{2l}^* 关于 k 的一阶导, 得到: $\frac{\partial p_l^{\wedge*}}{\partial k} = \frac{\partial p_l^*}{\partial k} = \frac{(2q_l - \alpha q_h)^2}{2(4q_l - 3\alpha q_h)} > 0$, $\frac{\partial p_h^{\wedge*}}{\partial k} = \frac{\partial p_h^*}{\partial k} = \frac{q_h(2q_l - \alpha q_h)}{2(4q_l - 3\alpha q_h)} > 0$, $\frac{\partial p_{2l}^*}{\partial k} = \frac{q_l(2q_l - \alpha q_h)}{2(4q_l - 3\alpha q_h)} > 0$.

②分别求 $\theta_h^{\wedge*}$, θ_{2l}^* 关于 k 的一阶导, 得到: $\frac{\partial \theta_h^{\wedge*}}{\partial k} = \left(-\frac{\beta}{(1+k)^2}\right) \frac{(q_h + q_l)(6q_l - 2\sqrt{\alpha}q_h - 3\alpha q_h)}{2(4q_l - 3\alpha q_h)}$, $\frac{\partial \theta_{2l}^*}{\partial k} = \left(-\frac{\beta}{(1+k)^2}\right) \frac{6q_l^2 - 3\alpha q_l q_h - 2\alpha q_h^2}{2(4q_l - 3\alpha q_h)}$, 其中 $6q_l^2 - 3\alpha q_l q_h - 2\alpha q_h^2 > \alpha q_h^2(6\alpha - 1) > 0$, 因此, $\frac{\partial \theta_{2l}^*}{\partial k} < 0$.

A. 第一阶段低版本产品的市场份额为 $1 - \theta_l^{\wedge*}$, 对 k 求一阶导得

$$\frac{\partial \theta_l^{\wedge*}}{\partial k} = -\frac{2\beta(q_l^2 - \alpha q_h^2)}{(1+k)^2(4q_l - 3\alpha q_h)};$$

第二阶段高版本产品的市场份额为 $\theta_l^{\wedge*} - \theta_h^{\wedge*}$, 对 k 求一阶导, 得

$$\frac{\partial(\theta_l^{\wedge*} - \theta_h^{\wedge*})}{\partial k} = \left(\frac{\beta}{(1+k)^2}\right) \frac{2q_l^2 + (4-3\alpha)q_l q_h - \alpha q_h^2}{2(4q_l - 3\alpha q_h)}, \frac{\partial(\theta_l^{\wedge*} - \theta_h^{\wedge*})}{\partial k} > 0.$$

B. 第二阶段低版本产品的市场份额为 $\theta_h^{\wedge*} - \theta_{2l}^* = \frac{\beta q_h}{2(1+k)}$, 对 k 求一阶导得 $\frac{\partial(\theta_h^{\wedge*} - \theta_{2l}^*)}{\partial k} < 0$.

C. 两阶段低版本产品的总市场份额为 $1 - \theta_l^{\wedge*} + \theta_h^{\wedge*} - \theta_{2l}^*$, 对 k 求一阶导, 得

$$\frac{\partial(1 - \theta_l^{\wedge*} + \theta_h^{\wedge*} - \theta_{2l}^*)}{\partial k} = \left(\frac{\beta}{(1+k)^2}\right) \frac{4q_l^2 - 4q_l q_h - \alpha q_h^2}{2(4q_l - 3\alpha q_h)} < 0.$$

D. 两阶段的高、低版本产品总市场份额为 $1 - \theta_{2l}^*$, 对 k 求一阶导, 得 $\frac{\partial(1 - \theta_{2l}^*)}{\partial k} > 0$.

两种情况的比较:

(I) $\theta_{2l}^* - \theta_h^{\wedge*} = \frac{\beta(q_l - q_h)}{2(1+k)} < 0$, 即: $1 - \theta_{2l}^* > 1 - \theta_h^{\wedge*}$, 智能硬件企业选择在第二阶段继续出售低版本产品将会使得智能硬件的总市场份额更大.

(II) $\pi_1^* = \pi_1^{\wedge*}$, $\pi_2^* - \pi_2^{\wedge*} = \frac{(1+k)\theta_l^* q_h + \beta q_h^2}{2} \cdot \frac{\beta q_l}{2(1+k)} - \frac{(1+k)\theta_l^* q_l + \beta q_l^2}{2} \cdot \frac{\beta q_h}{2(1+k)} = \frac{\beta q_l q_h (q_h - q_l)}{4(1+k)} > 0$, $\pi^* - \pi^{\wedge*} > 0$; 智能硬件产品的市场投放策略不影响企业在第一阶段的获利, 且企业在第二阶段停售低版本产品比高、低版本共存的利润更高.

(III) $p_l^* - p_{2l}^* = \frac{(2q_l - \alpha q_h)[q_l(k - \beta q_l) - \alpha q_h(k - \beta q_h)]}{2(4q_l - 3\alpha q_h)} > 0$, 若企业选择在第二阶段市场投放低版本产品, 必然选择降价策略.