

基于平台操作系统性能的智能硬件产品定价决策

罗 怡

(中国科学技术大学管理学院,安徽合肥 230026)

摘要: 智能硬件产品是一种具有典型双层平台系统的产品,其产品性能同时取决于硬件载体质量和操作系统的性能.智能硬件制造商往往会分阶段地向市场陆续推出质量不同的系列版本产品,且低版本产品的综合性能低于高版本产品的综合性能.基于此背景,建立智能硬件产品的定价决策模型,研究垄断型平台企业的两版本智能硬件产品的定价决策问题,并分析了操作系统性能与平台网络外部性对两版本产品的定价决策、平台企业市场份额及利润的影响.研究发现:智能硬件平台企业的总市场份额与利润均随着操作系统性能的提升而增加,网络外部性对智能硬件的最优定价与市场份额也有着显著的影响,并且根据模型计算结果,得出智能硬件市场中的网络外部性强度在五个不同区域内操作系统性能如何影响产品最优定价.

关键词: 智能硬件;双层平台系统;操作系统性能;网络外部性;定价决策

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A doi: 10.3969/j.issn.0253-2778.2017.11.011

引用格式: 罗怡. 基于平台操作系统性能的智能硬件产品定价决策[J]. 中国科学技术大学学报, 2017, 47(11): 960-970.

LUO Yi. Smart device product pricing based on operating system performance [J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2017, 47(11): 960-970.

Smart device product pricing based on operating system performance

LUO Yi

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

Abstract: Smart devices are a typical two-layer platform system, whose performance depends on both hardware quality and operating system performance. Manufactures usually release smart device products to the market sequentially due to quality improvement, and the performance of a lower version product is lower than that of a high version one. Here the pricing problem of smart device products was modeled under two scenarios: one-side market and two-side market. To explore the optimal product prices of two versions of products on a monopoly platform, the impacts of operating system performance and network externalities on the optimal prices, market shares and profits was investigated. The results show that total market share and profit of two version products increase with the enhancement of operating system performance, and platform network externalities have significant impacts on the market shares and optimal prices of the two version products. According to the model calculation results, it is obtained that how the performance of the operating system specifically influences the optimal product pricing decision of smart devices while network externality intensities are in five different areas.

收稿日期: 2016-12-15; **修回日期:** 2017-03-06

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

Key words: smart device; two-layer system; operating system performance; network externality; pricing decision

0 引言

智能硬件是指以平台型底层软硬件为基础的、配置开放式操作系统并加载互联网服务等附加价值的(甚至具备大数据功能)新型智能终端产品及服务,如平板电脑、智能眼镜、智能手表和智能家用电器等。智能硬件作为新兴高科技产品,对电子产品、家用电器及汽车等大众消费市场以及公共服务如养老服务和医疗卫生等行业产生重大冲击,有力地推动了传统电子产业向信息智能化方向的转型升级^[1]。

相较于传统硬件产品,智能硬件产品引入独立的开放式操作系统,除了硬件载体功能之外,消费者可根据自身需求个性化订制应用程序,最大限度地拓展产品功能。例如,谷歌、苹果、微软、乐视等厂商的硬件产品不仅具有平台型硬件载体,同时提供一个连接双边用户(消费者和 App 开发商)的开放式操作系统^[2]。值得注意的是,智能硬件产品厂商为了快速占领市场以获取竞争优势,同时为适应不同消费者群体需求,通常分阶段地推出质量与性能不同的同类系列产品。例如,谷歌于 2012 年 4 月发布了第一代“拓展现实”的 Google glass(谷歌眼镜),该产品是基于 Android 系统开发的可穿戴智能设备;2014 年 4 月,谷歌又发布改良版的第二代谷歌眼镜。改良的智能硬件产品不仅硬件载体质量不断提高,操作系统性能往往也逐步优化^[3]。第一代谷歌眼镜最初使用的操作系统是 Android 4.0;2014 年 3 月,操作系统升级至 Android 4.4,第二代谷歌眼镜沿用此高版本操作系统,其硬件与操作系统性能同时提高。

配置高性能开放式操作系统的硬件载体的综合性能(硬件与操作系统功能)同步改善,其界面运行更加流畅、程序处理速度更快,能提供更多的个性化服务,消费者体验更佳;因此也更具有市场竞争力。软件即服务,软件将定义新的产品。而且,智能硬件产品本质上作为一个平台系统,其产品定价往往受到平台网络外部性的影响。例如,智能手机与智能手表等智能电子产品除了自带的硬件功能外,第三方 App 开发商可通过该操作系统上的应用商店(如苹果的 App Store 与谷歌的 Play Store 等)出售各种

应用程序,作为双边平台连接消费者与 App 开发商两类用户群,且无论是消费者或 App 开发商任一边的数量规模增大,都会给平台另一边用户带来额外的外部性效用,影响消费者的购买决策。

因此,在考虑到消费者与 App 开发商的网络外部性情况下,再如何综合权衡硬件产品的质量与成本、操作系统性能,同时兼顾其对市场需求的影响,制定合理的智能硬件产品价格便成为制造商面临的重要决策问题。本文基于此背景,将智能硬件看作双边平台,提出在网络外部性存在的情况下,操作系统性能如何影响产品定价决策的问题,深入探讨操作系统性能与平台网络外部性对两版本智能硬件产品的定价决策、平台企业市场份额及利润的影响。

1 文献综述

现有文献中,智能硬件的相关研究主要将硬件载体和操作系统作为两个独立的研究对象,基于博弈论,分析竞争性市场中硬件设备制造商与操作系统开发商的利益最大化问题。例如,MacCroy 和 Shivendu 以智能硬件为基础提出多层平台(硬件载体平台+操作系统平台)的统一框架,研究发现:操作系统的开发商在选择构建平台系统的合作伙伴时,更倾向与进行质量风险投资的硬件载体公司合作^[5]。Heitkoetter 等以智能手机为研究对象,构建了由硬件载体、操作系统、App Store 共同组成的多层双边平台模型,并将此理论模型运用于实际,协助智能手机企业的决策者制定正确的市场策略^[6];魏如清等以苹果 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,并基于双边市场理论,分析了移动终端的操作系统市场的特点及其对战略决策的影响^[7]。此类研究主要集中于研究硬件载体与操作系统开发商之间的合作博弈问题,针对垄断型的智能硬件企业的产品定价问题的研究在主流期刊中尚未发现,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平台网络外部性特征的智能硬件产品定价问题尚未涉及。

尽管现有文献尚未系统地研究智能硬件产品的定价决策问题,传统硬件产品的定价决策以及考虑平台网络外部性的平台定价问题的相关研究较多。

在传统硬件的定价决策方面,相关学者从消费者偏好、硬件成本、同质产品的质量创新、网络外部性强程度等角度都进行了大量研究.例如,Hagiu 假设消费者对传统硬件产品的偏好是异质的,分析了消费者偏好对平台定价决策的影响以及卖方的费用结构对硬件平台质量创新的影响^[8].Lin 和 Pan 认为平台企业在陆续推出更高质量的垂直产品的同时,其成本也在下降;基于网络外部性,研究了成本的下降速率与硬件平台的双边定价关系^[9].考虑网络交叉外部性的平台定价决策方面,唐方成等考虑双边消费者的多归属特性,研究了团购网站在垄断和竞争两种情形下的定价机制以及平台成本、产品差异化、交叉网络效应等因素对平台定价策略的影响^[10].邱甲贤等基于 Armstrong 的双边市场理论,基于实证分析,研究了在线个人借贷平台的消费者交叉网络外部性和平台定价策略对借贷双方效用及平台收益的影响^[11].这些研究主要将硬件载体作为研究对象,并未考虑操作系统性能对定价决策的影响.

综上所述,现有研究中有关传统硬件产品定价与平台定价的研究较多,这些研究考虑了平台网络外部性对定价决策的影响,但其并未考虑操作系统性能与硬件载体的交互作用及操作系统性能对产品定价的影响.另外,有关智能硬件的研究也仅仅从竞争的角度研究了硬件载体制造商与操作系统开发商之间的利益博弈问题,未考虑智能硬件产品作为一个综合的系统平台的产品定价决策问题.在此综合的系统平台中,硬件载体与操作系统性能的交互作用及平台网络外部性对智能硬件产品定价都将产生重要影响.

2 智能硬件产品定价决策模型

智能硬件双层平台包括硬件载体与操作系统,硬件载体层连接消费者,操作系统层连接 App 开发商.一方面,App 开发商利用该平台提供的 SDK (Software Development Kit, 软件开发工具包) 开发兼容该操作系统的各类应用程序,通过硬件载体才能被消费者下载安装并使用;另一方面,消费者通过硬件载体接触并使用其配置的操作系统,从而可使用 App 开发商提供的应用软件.其系统结构如图 1 所示.

图 1 所示的双层双边平台系统中,智能硬件产品可通过提高操作系统性能与硬件质量两个渠道增加其对消费者的吸引力,消费者的效用一方面来自

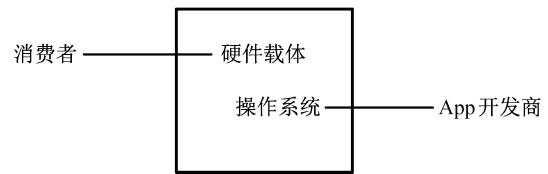


图 1 智能硬件产品的系统结构

Fig.1 System structure of smart device product

硬件载体带来的基本效用,同时来自操作系统结合硬件载体给消费者带来的额外效用.这种假设区别于现有研究中消费者效应仅仅来自于硬件质量的假设^[9-18].本文考虑一个垄断型的智能硬件平台系统,基于文献^[16,19]的研究工作,平台企业在第一阶段推出一种质量较低的低版本产品,第二阶段推出质量较高的高版本产品,并且两版本产品配置了相同的操作系统.为简化研究,第一阶段中,平台企业尚未推出高版本产品,市场上仅销售低版本产品;第二阶段中,平台企业仅推出高版本产品,低版本产品不再出售.智能硬件产品制造商销售产品时将硬件载体与操作系统整体销售,且产品成本主要来源于硬件载体的生产与升级等成本,不考虑操作系统的开发、配置与升级等费用.消费者综合分析产品的价格、性能与等待成本等因素做出购买决策,而平台制造商根据消费者的选择做出两版本产品的最优定价决策.

为便于问题描述,首先给出所涉及的主要变量/参数及其说明,如表 1 所示.

表 1 变量/参数定义汇总表

Tab.1 Definition of variables parameters

参数	定义
p_i	产品 i 的价格, $i = l, h$
q_i	产品 i 的硬件载体质量, $i = l, h$
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
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	消费者选择购买低版本产品与高版本产品的支付意愿的无差异点
θ_h	消费者选择买高版本产品与不购买任何产品的支付意愿的无差异点
α	两阶段间的现金贴现率
ν	平台中消费者对 App 开发商的网络外部性强
μ	平台中 App 开发商对消费者的网络外部性强

续表 1

参数	定义
S	平台向 App 开发商收取的固定费用
Θ	平台中消费者的数量规模
τ	固定费用对 App 开发商的数量的影响系数
π_1	平台第一阶段的利润
π_2	平台第二阶段的利润
π	平台两阶段的总利润

表 1 中, l 表示低版本(低质量)产品, h 表示高版本(高质量)产品. 基于文献[17]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 $\alpha q_h < q_l < q_h$ ^①, $\alpha \in [0, 1]$, α 为两版本产品发布时间间隔的贴现率, k 为操作系统的性能参数, k 越大, 操作系统的性能越好. 类似于文献[9, 18]的假设, 消费者购买智能硬件产品具有一定的异质性, θ 表示消费者对硬件载体质量的支付意愿, 其在区间 $[0, 1]$ 内服从均匀分布. 产品 i 的生产成本用凸函数表示, 即: $c_i = \beta q_i^2$.

智能硬件产品 i 的效用包括两个方面: 硬件载体的基本效用及操作系统的额外效用. 硬件载体的基本效用可定义为 $u_{oi} = \theta q_i$. Lin 等指出操作系统对硬件载体有明显的辅助作用, 是消费者选择购买智能硬件产品的重要影响因素^[3]. 可见, 操作系统性能对智能硬件产品整体性能具有显著的影响, 高性能操作系统有利于改善智能硬件产品的整体性能, 因而其将增加对消费者的吸引力. 因此, 可以认为操作系统性能将为消费者带来额外效用, 其可定义为 $u_{1i} = k\theta q_i$. 综合两部分效用, 并考虑价格的影响, 消费者的总体效用定义为

$$u_i = \theta(q_i + kq_i) - p_i \quad (1)$$

选择在第一阶段购买低版本产品的消费者, 其效用为 $\theta(1+k)q_l - p_l$; 等到第二阶段购买高版本产品的消费者, 其效用为 $\theta(1+k)q_h - p_h$; 不购买任何产品的消费者, 其效用为 0. 因此, 考虑消费者购买决策的异质性, 可根据上述三类消费者的效用计算出消费者在此两阶段中购买低版本产品、高版本产品与不购买任何产品的支付意愿 θ 无差异点^[9]. 具体市场份额如图 2 所示.

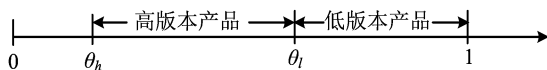


图 2 智能硬件的市场份额

Fig.2 Market share of two versions smart device

图 2 中, 低版本产品的市场份额为 $1 - \theta_l$; 其中, 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. 高版本产品的市场份额为 $\theta_l - \theta_h$; 其中, 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. θ_h 表示该部分消费者不购买任何产品.

在双边市场中, 平台企业除了向消费者收取费用, 也会向 App 开发商收取固定费用 S (例如, 苹果公司向入驻 App Store 的 App 开发商收取账号费用 99 美元/年). 为便于研究, 本文不考虑消费者购买收费类应用程序或参与其他产生费用的项目等消费行为. 参考 Banker 等的研究^[21], 平台卖方 (App 开发商) 消费者的数量规模定义为 Θ 的线性函数 $\nu\Theta - \tau S$. 当且仅当平台的买方 (消费者) 规模大于 $\frac{\tau S}{\nu}$ 时, App 开发商才会考虑入驻平台. 因此, 考虑网络外部性的影响, 消费者的总体效应定义为

$$u_i = (\theta + \mu(\nu\Theta - \tau S)) (q_i + kq_i) - p_i \quad (2)$$

平台利润来自买方消费者与卖方 App 开发商两边, 平台企业在第一阶段销售低版本产品的利润为 $\pi_1(p_l)$, 第二阶段销售高版本产品的利润为 $\pi_2(p_h)$, 其两阶段利润定义为

$$\pi_1(p_l) = (1 - \theta_l) (p_l - c_l) + S(\nu(1 - \theta_l) - \tau S) \quad (3)$$

$$\pi_2(p_h) = (\theta_l - \theta_h) (p_h - c_h) + S(\nu(\theta_l - \theta_h) - \tau S) \quad (4)$$

平台总利润为平台第一阶段与第二阶段的利润之和, 即:

$$\pi(p_l, p_h) = \pi_1(p_l) + \alpha\pi_2(p_h) \quad (5)$$

为求解上述模型, 采用逆向归纳法解决博弈均衡问题. 在第二阶段, 平台企业与高版本产品消费者均做出最优反应, 得到最优均衡解 p_h^* 和 θ_h^* ; 第一阶段的消费者, 会根据第二阶段消费者与平台企业的博弈均衡策略做出正确的购买决策, 平台企业也会根据两阶段的消费者决策制定合理价格, 实现利润最大化.

3 平台企业定价决策分析

根据式(2)中消费者购买低版本与高版本产品

① 本文假设产品质量的提高是分阶段的, 且 $\alpha q_h < q_l$, 因此存在部分消费者选择在第一阶段购买低版本产品^[17]. 详细探讨可参见网上附件: http://www.danzhang.com/cp_appendix.pdf

的效用函数,可得到消费者购买低版本产品与购买高版本产品的支付意愿的无差异点 θ_l , 以及购买高

版本产品与不购买任何产品的支付意愿的无差异点 θ_h 分别为

$$\theta_l = \frac{(p_l - \alpha p_h) - (\mu\nu\theta_h + \mu\tau S)(1+k)\alpha q_h - (\mu\nu - \mu\tau S)(1+k)q_l}{(1-\mu\nu)(1+k)q_l - (1+\mu\nu)(1+k)\alpha q_h}, \theta_h = \frac{p_h + (\mu\tau S - \mu\nu\theta_l)(1+k)q_h}{(1+k)q_h(1+\mu\nu)}$$

将 θ_l, θ_h 代入到智能硬件平台的利润函数中,求第二阶段利润式(4)、两阶段总利润(5)最大化,可以得到平台企业的最优产品定价(具体计算过程见附录):

定理 3.1 双边市场中,智能硬件系列产品两个版本产品的价格为

$$p_l^* = \left((1-\mu\nu)q_l - \frac{\alpha q_h}{2(1-\mu\nu)} \right) (1+k)\theta_l^* + (\mu\nu - \mu\tau S)q_l + \alpha \frac{\mu\tau S(1+k)q_h + (\beta q_h^2 - S\nu)}{2(1-\mu\nu)},$$

$$p_h^* = \frac{(1+k)q_h(\theta_l^* - \mu\tau S) + \beta q_h^2 - S\nu}{2}$$

分别将 p_l^*, p_h^* 对操作系统性能系数 k 求一阶导,得到

$$\frac{\partial p_l^*(k)}{\partial k} = 4(1-\mu\nu)^3(1-\mu\tau S)q_h \cdot \frac{\left(\frac{q_l}{q_h} - \frac{\alpha(1+\sqrt{\mu\nu})}{2(1-\mu\nu)^2} \right) \left(\frac{q_l}{q_h} - \frac{\alpha(1-\sqrt{\mu\nu})}{2(1-\mu\nu)^2} \right)}{4(1-\mu\nu)^2 \frac{q_l}{q_h} - 3\alpha},$$

$$\frac{\partial p_h^*}{\partial k} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial (1+k)q_h(\theta_l^* - \mu\tau S) + \beta q_h^2 - S\nu}{\partial k} = \frac{(1-\mu\tau S)q_h}{2} \frac{(1-2\mu\nu)\frac{q_l}{q_h} - \frac{\alpha}{2(1-\mu\nu)}}{2(1-\mu\nu)\frac{q_l}{q_h} - \frac{3\alpha}{2(1-\mu\nu)}}$$

根据表达式可以看出,操作系统性能与智能硬件产品最优定价之间的关系受到平台网络外部性 (μ 和 ν) 的影响,并且结果显示,平台两边网络外部性强度的乘积 ($\mu\nu$) 在可行域内的五个区域范围内,分别会对操作系统性能与产品定价之间的关系产生不同方向的影响效果(即: $\frac{\partial p_l^*(k)}{\partial k}, \frac{\partial p_h^*(k)}{\partial k}$ 出现不同的正负性),具体如图 3 与表 2 所示.

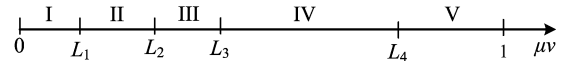


图 3 网络外部性强度乘积 ($\mu\nu$) 的区间分布

Fig.3 Regions of network externality intensities product ($\mu\nu$) space

$$L_1 = \min [f_d^{-1}(\mu\nu), f_c^{-1}(\mu\nu)],$$

$$L_2 = f_a^{-1}(\mu\nu),$$

$$L_3 = \max [f_d^{-1}(\mu\nu), f_c^{-1}(\mu\nu)],$$

$$L_4 = f_b^{-1}(\mu\nu).$$

其中, $f_a(\mu\nu) = \frac{\alpha(1+\sqrt{\mu\nu})}{2(1-\mu\nu)^2},$

$$f_b(\mu\nu) = \frac{\alpha(1-\sqrt{\mu\nu})}{2(1-\mu\nu)^2},$$

$$f_c(\mu\nu) = \frac{\alpha}{2(1-\mu\nu)(1-2\mu\nu)},$$

$$f_d(\mu\nu) = \frac{3\alpha}{4(1-\mu\nu)^2}.$$

表 2 双边市场中操作系统性能对平台定价决策的影响

Fig.2 Relationship between the two version products' optimal prices and operating system performance in two-side market

	质量提升幅度	网络外部性强度乘积	操作系统性能与定价决策关系	
	$\frac{q_l}{q_h}$	$\mu\nu$	$\frac{\partial p_l^*(k)}{\partial k}$	$\frac{\partial p_h^*(k)}{\partial k}$
区域 I	$\frac{q_l}{q_h} \in [\alpha, 1]$	$0 < \mu\nu < L_1$	+	+
区域 II	$\alpha < \frac{q_l}{q_h} \leq \min[\frac{4\alpha}{3}, 1]$	$L_1 < \mu\nu < L_2$	-	-
	$\frac{4\alpha}{3} < \frac{q_l}{q_h} < 1 (\alpha \in [0, \frac{3}{4}])$			

续表 2

	质量提升幅度	网络外部性强度乘积	操作系统性能与定价决策关系	
	$\frac{q_l}{q_h}$	$\mu\nu$	$\frac{\partial p_l^*(k)}{\partial k}$	$\frac{\partial p_h^*(k)}{\partial k}$
区域 III	$\alpha < \frac{q_l}{q_h} \leq \min[\frac{4\alpha}{3}, 1]$ $\frac{4\alpha}{3} < \frac{q_l}{q_h} < 1 (\alpha \in [0, \frac{3}{4}])$	$L_2 < \mu\nu < L_3$	+	-
区域 IV	$\frac{q_l}{q_h} \in [\alpha, 1]$	$L_3 < \mu\nu < L_4$	+	+
区域 V	$\frac{q_l}{q_h} \in [\alpha, 1]$	$L_4 < \mu\nu < 1$	-	+

根据定理 3.1, 结合平台企业的利润, 可得到下述命题:

在特定双向网络外部性强度区域中, 产品定价决策满足:

命题 3.1 当 $0 < \mu\nu < L_1$, 低版本产品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加, 即 $\partial p_l^*(k)/\partial k > 0$ 与 $\partial p_h^*(k)/\partial k > 0$.

命题 3.2 当 $L_1 < \mu\nu < L_2$, 低版本产品与高版本产品的最优定价均随其操作系统性能的提升而减小, 即 $\partial p_l^*(k)/\partial k < 0$ 与 $\partial p_h^*(k)/\partial k < 0$.

命题 3.3 当 $L_2 < \mu\nu < L_3$, 低版本产品最优定价随操作系统性能的提升而增加, 而高版本产品的最优定价随操作系统性能的提升而减小, 即 $\partial p_l^*(k)/\partial k > 0$ 与 $\partial p_h^*(k)/\partial k < 0$.

命题 3.4 当 $L_3 < \mu\nu < L_4$, 低版本产品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, 即 $\partial p_l^*(k)/\partial k > 0$ 与 $\partial p_h^*(k)/\partial k > 0$.

命题 3.5 当 $L_4 < \mu\nu < 1$, 低版本产品最优定价随操作系统性能的提升而减小, 而高版本产品最优定价随操作系统性能的提升而增大, 即 $\partial p_l^*(k)/\partial k < 0$ 与 $\partial p_h^*(k)/\partial k > 0$.

命题 3.1~3.5 说明了智能硬件产品的操作系统性能与网络外部性、硬件质量均对其产品定价决策有着显著的影响。其中操作系统性能与智能硬件定价之间呈直线相关关系, 而智能硬件市场两边网络外部性强度 μ 、 ν 对产品定价的影响较为复杂, 主要表现为两边网络外部性强度的乘积 ($\mu\nu$) 在五个区域内对操作系统性能与产品价格之间的直线相关会产生不同方向的影响作用, 即: 智能硬件市场两边的网络外部性在一定范围内决定了操作系统性能与产品价格之间的关系呈正相关还是负相关。

当 $0 < \mu\nu < L_1$ 时, 此时两边网络外部性强度的

乘积非常小, 双边市场的网络外部性效应不显著, 操作系统性能对智能硬件产品定价决策的影响与单边市场情形类似。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。当 $L_1 < \mu\nu < L_2$, 智能硬件配置更高性能操作系统, 平台企业同时降低两版本产品价格, 借助双边市场中网络外部性产生的直接网络效应, 两版本产品的市场扩张速度加快, 买方消费者的规模迅速增大, 平台在两阶段总销售额的增加可以弥补降价补贴带来的损失, 平台企业通过薄利多销的营销方式获得最大利润。 $L_2 < \mu\nu < L_3$, 平台企业的最优决策是提高低版本产品价格, 并降低高版本产品价格。在第一阶段, 低版本产品的高价策略一方面可以给平台企业带来更多的产品边际利润, 另一方面也将有效地促进市场中原本支付意愿较高的消费者转移到第二阶段再购买高版本产品; 同时, 在交叉网络外部性的刺激下, 市场中更多潜在消费者被吸引购买高版本产品, 此时, 平台企业的市场趋向于高端市场, 且总体利润增加。当 $L_3 < \mu\nu < L_4$ 时, 低版本与高版本产品的最优定价均随操作系统性能的提升而增加。此时, 对消费者而言, 低版本与高版本产品的操作系统性能增加带来的额外正向效用大于其涨价带来的负面影响; 然而, 与区域 I 不同的是, 交叉网络外部性的杠杆作用致使两代产品的总市场份额的扩张速度远大于区域 I 的情形, 即使低版本与高版本产品的定价较高, 其市场规模仍可超过区域 I 情形中的市场规模, 企业利润也因此增长。当 $L_4 < \mu\nu < 1$ 时, 双边市场中来自网络外部性的影响非常显著, 操作系统性能越好, 低版本产品最优定价越低, 而高版本产品的最优定价越高。平台企业在第二阶段的高价策略可在高版本产品上攫取更多的边际利润, 同时也

会促使部分消费者转移到第一阶段购买性价比更高的低版本产品;另一方面,极为显著的网络效应有利于提高第一阶段低版本产品的销售数量,此时平台企业第一阶段增长的销售额弥补第二阶段高版本产品价格增长带来的利润损失.可见,平台企业在第一阶段的低价与第二阶段的高价策略有利于极大地提高其两阶段的总利润.

综上所述,上述说明了在智能硬件的质量改善程度确定时,平台企业与消费者的决策都受到网络外部性、操作系统性能的影响.为进一步说明命题 3.1~3.5 的合理性,采用一个算例进行详细的分析.设 $q_l = 0.8, q_h = 1, \alpha = 0.75, \beta = 0.4, S = 0.02, \tau = 0.1$, 其他参数均满足模型要求.市场份额随操作系统性能变化的结果如图 4 所示.

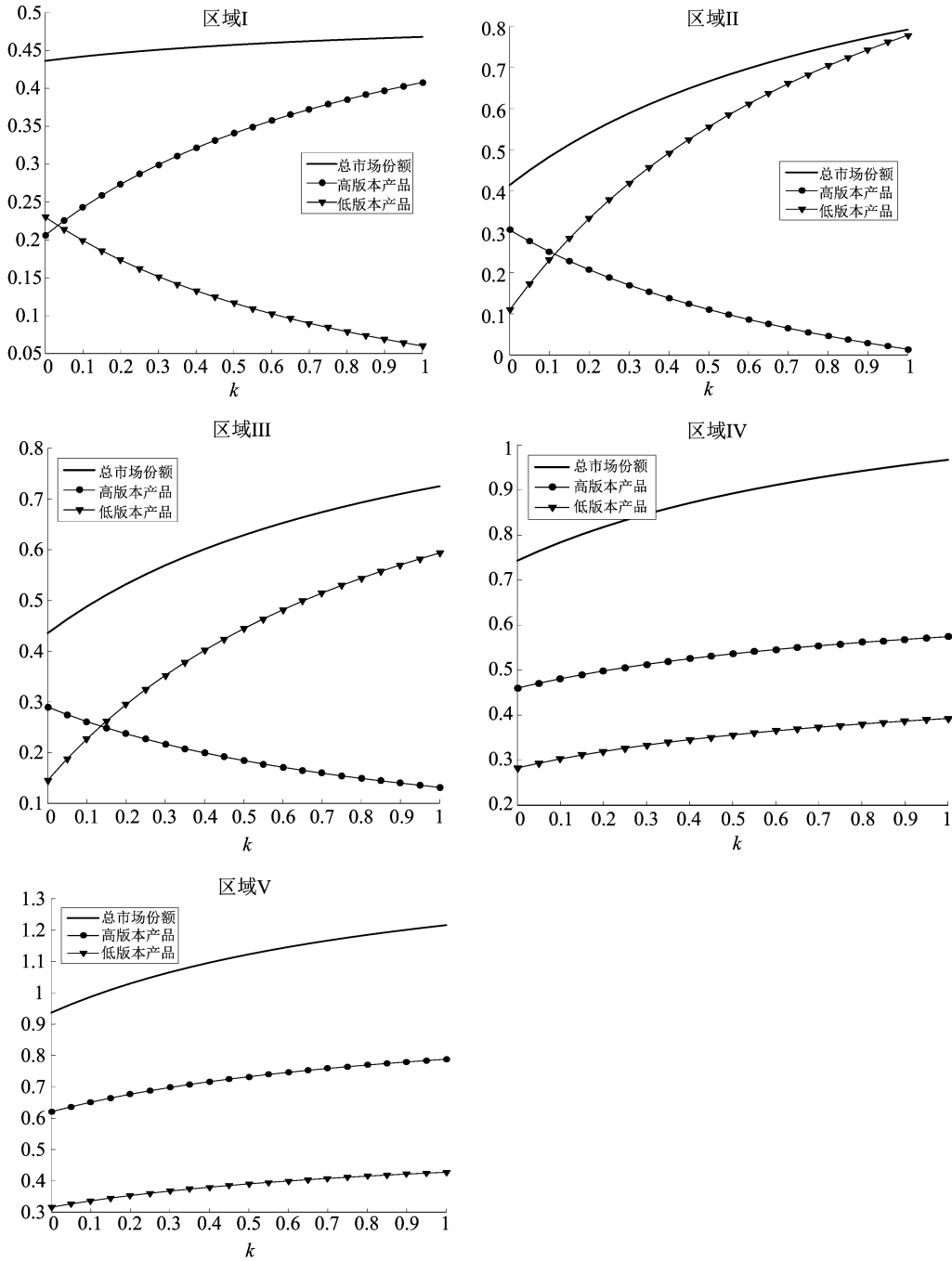


图 4 两版本智能硬件的市场份额与操作系统性能的关系

Fig.4 Relationship between market shares and operating system performance of two versions smart devices

图 4 直观地说明了上述命题的合理性,其结果与命题 3.1~3.5 的结论一致.当两边网络外部性强度乘积($\mu\nu$)处于区域 I ($\mu=0.3, \nu=0.3$)时,随着操作系统性能的提升,高版本产品的市场份额增加,低版本产品的市场份额降低.当 $\mu\nu$ 在区域 II ($\mu=0.28, \nu=0.67$)时,随着操作系统性能的提升,低版本产品的市场份额增加,高版本产品的市场份额降低.当 $\mu\nu$ 在区域 III 内($\mu=0.45, \nu=0.45$)时,随着操作系统性能的提升,低版本产品的市场份额增大,而高版本产品的市场份额减小.当 $\mu\nu$ 在区域 IV 内($\mu=0.8, \nu=0.8$)时,低版本与高版本产品的市场份额均随操作系统性能的提升而增大.当 $\mu\nu$ 在区域 V 内($\mu=0.8, \nu=0.95, \beta=0.75$)时,随着操作系统性能的提升,低版本与高版本产品的市场份额均随操作系统性能的提升而增加.因此,在区域 I、IV、V,智能硬件产品市场更趋向于高端消费者;在区域 II、III,智能硬件产品市场更趋向于低端消费者.

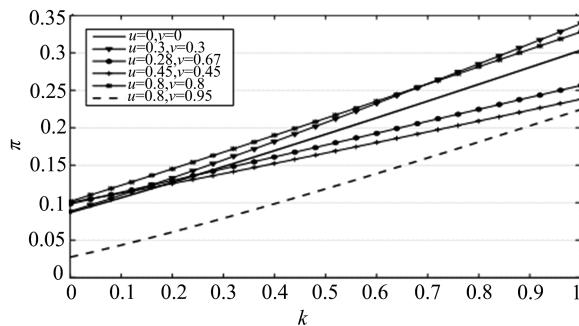


图 5 操作系统性能与平台企业总利润的关系

Fig.5 Relationship between operating system performance and gross profit of platforms firms

由图 5 可知,在双边市场中,无论网络外部性(μ, ν)如何变化,智能硬件平台企业的两阶段总利润与操作系统的性能均呈正相关关系,即平台总利润随着操作系统性能的提升而增加.智能硬件的操作系统作为产品的重要组成部分,其性能提高给消费者带来更高的购买效用,对用户更具吸引力,企业的总市场份额扩大,利润增加.图 5 显示:平台企业的两阶段总利润与平台的网络外部性具有一定的关系,但不是特别显著.值得一提的是,在单边市场情形下($\mu=0, \nu=0$),智能硬件平台企业的总利润大于网络外部性特征极强的双边市场($\mu=0.8, \nu=0.95$)中的总利润.由此可知,即使是在信息技术快速发展的集智时代,智能硬件平台企业在开拓应用程序市场时,仍应根据自身所处的行业和市场环境,选择合适的策略,以避免盲目引入大量独立的 App

开发商而导致利润下降,在操作系统的应用程序开发方面应慎重选择是对外开放还是自行研发.例如,第一代“拓宽现实”谷歌眼镜在应用市场 Glassware 中选择向消费者仅提供 30 款应用程序,且均由谷歌公司自行定制开发,对外不做 App 应用程序的社会征集.

4 结论

在互联网商业时代,操作系统已然成为消费者购买智能硬件产品决策的重要影响因素^[4],智能硬件产品制造商往往会陆续向市场推出系列版本的产品以满足用户的不同硬件质量偏好.在双边市场中,智能硬件产品的定价决策除了要考虑操作系统性能,还应考虑交叉网络外部性带来的影响.本文基于此背景,通过建立智能硬件平台的定价决策模型,以分析操作系统性能与网络外部性对两版本智能硬件产品的定价、平台企业市场份额及利润的影响.研究发现,智能硬件产品的定价决策同时受到操作系统性能、网络外部性、质量提升幅度、两阶段间贴现率等因素的影响.其中操作系统性能与产品定价之间呈直线相关关系,而来自网络外部性的影响主要表现为两边网络外部性强度的乘积($\mu\nu$)在五个不同区域内决定了操作系统性能与产品价格之间的关系呈正相关还是负相关.除此之外,本文还得出无论平台两边网络外部性如何,平台企业的总利润与总市场份额均随着操作系统性能的提升而增大.

双边市场不同于单边市场情形下纯粹追求暴利的盈利模式,网络效应显著的双边市场扩张速度更快,平台产品的市场份额变化更加显著,因此,平台企业可采取薄利多销策略获取更高的利润,实现其总利润的最大化.

智能硬件平台企业在制定产品销售策略时,首先,应该准确预估网络外部性强度,以及同系列产品的硬件载体质量改善幅度,以确定两代智能硬件的最优价格,实现利润最大化.例如,双边市场网络外部性极弱(区域 I)的情况下,两版本智能硬件的最优定价均与操作系统性能呈正相关,操作系统性能越高,两版本产品的最优定价越高,而在网络外部性极强(区域 V)的情况下,在双边市场的直接网络效应下,操作系统性能越高,低版本产品定价越低,高版本产品定价越高,智能硬件企业主要通过大力扩展高端市场以获取利润.因此,在决策前期准确预估网络外部性强度在智能硬件双边市场更显得中尤为

重要。其次,智能硬件企业应该结合未来市场的发展战略,对操作系统性能作合理提高,尽量规避同质产品间的不恰当竞争。例如,当智能硬件平台所处的双边网络外部性处于区域Ⅱ或区域Ⅲ时,两版本产品配置的操作系统性能越高,企业越趋向于低端市场,若企业决策者为两版本智能硬件配置了过高性能的操作系统,则可能导致低版本产品过度侵占市场,而高版本的新产品无法得到有效推广,使得智能硬件的高端市场得不到应有开发。

本文研究过程中假定智能硬件平台企业向市场分阶段推出不同版本的系列产品,且第一阶段市场中仅销售低版本产品,而在后续阶段仅销售高版本产品。在现实情况下,而后续阶段中,市场中可能同时存在不同版本的系列产品,且低版本产品可能存在翻新销售等市场情形。在这种复杂的市场环境中,如何合理地确定系列产品价格是值得深入研究的主题。今后我们将进行这方面的研究。

参考文献(References)

- [1] 纪阳,吴振宇,史欣璐. 面向降低成本的智能硬件商业模式研究[J]. 经营管理者, 2015(1): 245-246.
- [2] 张利飞,张运生. 智能手机产业操作系统平台竞争战略研究[J]. 中国软科学, 2013(4): 148-158.
ZHANG Lifei, ZHANG Yunsheng. Competitive strategies on operating system platforms in smartphone industry[J]. China Soft Science, 2013(4): 148-158.
- [3] LIN F, YE W. Operating system battle in the ecosystem of smartphone industry[C]// International Symposium on Information Engineering and Electronic Commerce, 2009. IEEEC'09, IEEE, 2009: 617-621.
- [4] KENNEY M, PON B. Structuring the smartphone industry: is the mobile internet OS platform the key? [J]. Journal of Industry, Competition and Trade, 2011, 11(3): 239-261.
- [5] 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. ACM, 2014(8): 56.
- [6] HEITKOETTER H, HILDEBRAND K, USENER C. Mobile platforms as two-sided markets [C]// AMCIS 2012 Proceedings. Seattle: AMCIS, 2012: 11.
- [7] 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(S2):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(S2):432-439.
- [8] HAGIU A. Two-sided platforms: Product variety and pricing structures [J]. Journal of Economics & Management Strategy, 2009, 18(4): 1011-1043.
- [9] LIN M, PAN X A, ZHENG Q. Dynamic platform pricing with innovative products [DB/OL]. [2016-12-01] <https://ssrn.com/abstract=2372461>.
- [10] 唐方成,池坤鹏. 双边网络环境下的网络团购定价策略研究[J]. 中国管理科学, 2013,21(3):185-192.
TANG Fangcheng, CHI Kunpeng. Research on pricing strategy of online group buying in two-sided network [J]. Chinese Journal of Management Science, 2013,21(3):185-192.
- [11] 邱甲贤,林漳希,童牧. 第三方电子交易平台运营初期的定价策略——基于在线个人借贷市场的实证研究[J]. 中国管理科学, 2014, 22(9): 57-65.
QIU Jiaxian, LIN Zhangxi, TONG Mu. Third-party electronic market's pricing strategies in the early stage: An empirical study of online peer-to-peer lending marketplace [J]. Chinese Journal of Management Science, 2014, 22(9): 57-65.
- [12] ROCHET J, TIROLE J. Two-sided markets: A progress report[J]. The RAND Journal of Economics, 2006, 37(3): 645-667.
- [13] ARMSTRONG M. Competition in two-sided markets [J]. The RAND Journal of Economics, 2006, 37(3): 668-691.
- [14] LIN M, LI S, WHINSTON A B. Innovation and price competition in a two-sided market [J]. Journal of Management Information Systems, 2011, 28(2): 171-202.
- [15] DHEBAR A. Durable-goods monopolists, rational consumers, and improving products [J]. Marketing Science, 1994, 13(1): 100-120.
- [16] KORNISH L J. Pricing for a durable-goods monopolist under rapid sequential innovation [J]. Management Science, 2001, 47(11): 1552-1561.
- [17] LIU Q, ZHANG D. Dynamic pricing competition with strategic customers under vertical product differentiation [J]. Management Science, 2013, 59(1): 84-101.
- [18] KUMAR P. Price and quality discrimination in durable goods monopoly with resale trading [J]. International Journal of Industrial Organization, 2002, 20(9): 1313-1339.
- [19] NETESSINE S, TAYLOR T A. Product line design and production technology [J]. Marketing Science, 2007, 26(1): 101-117.
- [20] DESAI P, KEKRE S, RADHAKRISHNAN S, et al.

Product differentiation and commonality in design: [21] BANKER R D, KHOSLA I, SINHA K K. Quality and Balancing revenue and cost drivers [J]. Management Science, 2001, 47(1): 37-51. competition [J]. Management Science, 1998, 44(9): 1179-1192.

附录

双边市场中购买低版本产品或高版本产品的消费者支付意愿无差异点 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 ，即：

$$[\theta_l + \mu(v(1 - \theta_l) - \tau S)](1 + k)q_l - p_l = \alpha [(\theta_l + \mu(v(\theta_l - \theta_h) - \tau S))(1 + k)q_h - p_h] \quad (A1)$$

$$(\theta_h + \mu(v(\theta_l - \theta_h) - \tau S))(1 + k)q_h - p_h = 0 \quad (A2)$$

根据式(A2)得到 $\theta_h = \frac{p_h + (\mu\tau S - \mu v\theta_l)(1 + k)q_h}{(1 + k)q_h(1 + \mu v)}$ ，将其代入式(4)中，求出第二阶段的企业利润 π_2

关于 p_h 的最大值，即：

$$p_h^* = \frac{(1 + k)q_h(\theta_l - \mu\tau S) + \beta q_h^2 - S v}{2} \text{ 和 } \theta_h^* = \frac{(1 - 2\mu v)\theta_l + \mu\tau S + \frac{\beta q_h^2 - S v}{(1 + k)q_h}}{2(1 - \mu v)}$$

将 θ_h^*, p_h^* 代入式(5)中，求出企业两阶段总利润 $\pi(p_l, p_h^*)$ 关于 p_l 的最大值，得到均衡条件的最优解如下：

$$\theta_l^* = \frac{(1 - 2\mu v + \mu\tau S)(1 + k)q_l - \frac{(1 + 2\mu\tau S)\alpha(1 + k)q_h}{2(1 - \mu v)} + (\beta q_l^2 - S v) - \alpha \left[\frac{\beta q_h^2 - S v}{(1 - \mu v)} \right]}{2(1 - \mu v)(1 + k)q_l - \frac{3\alpha(1 + k)q_h}{2(1 - \mu v)}};$$

$$p_l^* = \left((1 - \mu v)q_l - \frac{\alpha q_h}{2(1 - \mu v)} \right) (1 + k)\theta_l^* + (\mu v - \mu\tau S)(1 + k)q_l + \alpha \frac{\mu\tau S(1 + k)q_h + (\beta q_h^2 - S v)}{2(1 - \mu v)};$$

在本文中 $\theta_h^* < \theta_l^* < 1$ ，则各参数应满足条件：

$$\mu\tau S + \frac{\beta q_h^2 - S v}{(1 + k)q_h} < \frac{(1 - 2\mu v + \mu\tau S)(1 + k)q_l - \frac{(1 + 2\mu\tau S)\alpha(1 + k)q_h}{2(1 - \mu v)} + (\beta q_l^2 - S v) - \alpha \left[\frac{\beta q_h^2 - S v}{(1 - \mu v)} \right]}{2(1 - \mu v)(1 + k)q_l - \frac{3\alpha(1 + k)q_h}{2(1 - \mu v)}} < 1,$$

即：

①当 $4(1 - \mu v)^2 q_l > 3\alpha q_h$ 时：

$$(\beta q_l^2 - S v) - \frac{\alpha}{(1 - \mu v)}(\beta q_h^2 - S v) < (1 - \mu\tau S)(1 + k) \left(q_l - \frac{\alpha q_h}{(1 - \mu v)} \right),$$

且

$$\frac{(1 - \mu\tau S)\alpha k q_h}{2(1 - \mu v)} - (1 - 2\mu v)(1 - \mu\tau S)k q_l < (\beta q_l^2 - S v) - \left(2(1 - \mu v)\frac{q_l}{q_h} - \frac{\alpha}{2(1 - \mu v)} \right) (\beta q_h^2 - S v).$$

②当 $4(1 - \mu v)^2 q_l < 3\alpha q_h$ 时：

$$(\beta q_l^2 - S v) - \frac{\alpha}{(1 - \mu v)}(\beta q_h^2 - S v) > (1 - \mu\tau S)(1 + k) \left(q_l - \frac{\alpha q_h}{(1 - \mu v)} \right),$$

且

$$\frac{(1 - \mu\tau S)\alpha(1 + k)q_h}{2(1 - \mu v)} - (1 - 2\mu v)(1 - \mu\tau S)(1 + k)q_l > (\beta q_l^2 - S v) - \left(2(1 - \mu v)\frac{q_l}{q_h} - \frac{\alpha}{2(1 - \mu v)} \right) (\beta q_h^2 - S v).$$

对 p_l^*, p_h^* 求出关于操作系统性能 k 的一阶导，可得

$$\frac{\partial p_l^*(k)}{\partial k} = 4(1 - \mu v)^3(1 - \mu\tau S)q_h \frac{\left(\frac{q_l}{q_h} - \frac{\alpha(1 + \sqrt{\mu v})}{2(1 - \mu v)^2} \right) \left(\frac{q_l}{q_h} - \frac{\alpha(1 - \sqrt{\mu v})}{2(1 - \mu v)^2} \right)}{4(1 - \mu v)^2 \frac{q_l}{q_h} - 3\alpha},$$

$$\frac{\partial p_h^*}{\partial k} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial(1+k)q_h(\theta_i^* - \mu\tau S) + \beta q_h^2 - S\nu}{\partial k} = \frac{(1 - \mu\tau S)q_h}{2} \frac{(1 - 2\mu\nu) \frac{q_l}{q_h} - \frac{\alpha}{2(1 - \mu\nu)}}{2(1 - \mu\nu) \frac{q_l}{q_h} - \frac{3\alpha}{2(1 - \mu\nu)}}$$

结果显示,平台两边网络外部性强度的乘积($\mu\nu$)在可行域内的五个区域范围内,分别会对智能硬件产品的定价决策产生不同的影响效果, $\frac{\partial p_i^*(k)}{\partial k}, \frac{\partial p_h^*}{\partial k}$ 会出现不同的正负性.

$$f_a(\mu\nu) = \frac{\alpha(1 + \sqrt{\mu\nu})}{2(1 - \mu\nu)^2}, f_b(\mu\nu) = \frac{\alpha(1 - \sqrt{\mu\nu})}{2(1 - \mu\nu)^2},$$

$$f_c(\mu\nu) = \frac{\alpha}{2(1 - \mu\nu)(1 - 2\mu\nu)}, f_d(\mu\nu) = \frac{3\alpha}{4(1 - \mu\nu)^2},$$

如图 A.1 所示.

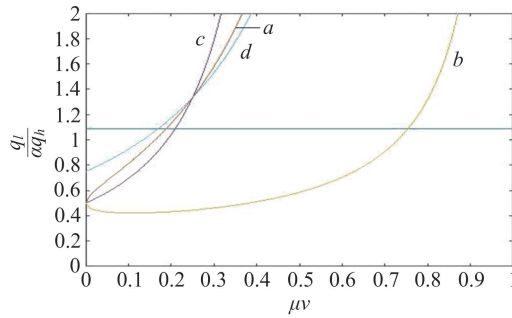


图 A.1 网络外部性乘积区域分布图

Fig.A.1 Regions of network externality intensities product