

平台产品盗版背景下政府监管措施和创新激励策略

史倚凡 李常洪 王佳洛

(山西大学经济与管理学院, 山西太原 030031)

摘要 基于信息产品的盗版问题, 本文考虑政府打击盗版和激励平台创新, 构建了盗版平台、正版平台和政府参与的博弈模型, 分析了不同政策对盗版行为和社会福利的影响, 为政府政策制定提供参考和依据。研究发现, 当政府以降低盗版产品市场份额为目标时, 政府始终应采取强监管政策, 并且依据质量创新水平制定合适的惩罚和激励措施; 当政府以社会福利最大化为目标时, 随着盗版水平的增加, 政府应该先后采取弱监管和创新激励政策、强监管政策、强监管和创新激励政策。

关键词 信息产品, 盗版行为, 政府监管, 博弈论, 创新激励

中图分类号 F49

1 引言

随着信息技术的发展, 截至 2023 年 4 月, 工业和信息化部公布我国软件和信息技术服务业规模达到了 2.44 万亿元, 同比增长 13.5%。用户数量的急速上升带来了巨额的利润空间, 从而引发了各大信息产品销售平台的激烈竞争。在激烈的竞争环境中, 产品和服务创新是吸引流量和提高购买意愿的主要措施^[1], 如正版平台最新上线的信息产品和个性化推荐系统, 充分说明了产品和服务创新是提升正版平台竞争力的制胜法宝。但是信息产品由于易复制、边际成本较低以及有关制度不够健全, 引发了信息产品版权问题。

在过去的十几年来, 我国信息产品的盗版行为难以遏制。盗版行为对信息产品创新、消费者使用体验和我国创新生态环境有很大的负面影响。如果长期轻视版权问题, 盗版不仅影响正版的创新环境, 还会蚕食正版产品的市场份额。当前信息产品市场中主要存在两类平台, 一类是以创新为导向的正版平台, 如各类软件出版商的官方网站; 另一类是以盗版为主的盗版平台。政府一方面积极激励信息产品创新, 另一方面制定政策打击盗版。考虑到平台创新成本、产品质量、盗版成本和政府打击盗版等因素的动态性和复杂性, 研究平台产品盗版背景下政府监管措施和创新激励策略具有重要的实践意义。

现有文献针对信息产品的研究主要集中在质量竞争^[1, 2]、销售选择^[3-5]、产品定价^[6-10]、版本和盗版控制^[11-15]、政府监管^[16-18]和产品创新^[19-21]。Matsubayashi^[1]探讨了两个企业之间的价格和质量竞争所产生的一些问题, 并通过差异化和垂直整合企业两种策略增加消费者福利; Zhang 等^[2]研究了安全风险和产品定制能力对消费者购买选择以及供应商定价和投资策略的竞争影响; 刘志勇等^[3]对比了信息产品的直销模式和传统零售模式; Hu 等^[4]研究了在市场规模不确定的情况下, 网络商品销售中完全披露(透明)和不披露(保密)两种信息披露策略; 马敬佩和李文立^[5]考虑了盗版平台的威胁, 研究了三种销售模式的利润, 通过比较分析, 为渠道参与者提供决策支持。以上研究考虑了信息产品的特性并在宏观层面上

通信作者: 史倚凡 (1999~), 山西大学经济与管理学院, 博士研究生。E-mail: 15513009566@163.com。

得出了信息产品市场竞争激烈,而产品质量对提升企业竞争力有积极作用,在销售模式上的最优策略需考虑市场环境和参与者行为的结论。

在此基础上,一些学者研究了信息产品定价问题,从数理模型角度研究了复杂自适应系统下的定价决策^[6]、考虑消费者版权意识的定价^[7]、考虑异质性消费者和福利的动态定价^[8]、基于寡头正版平台和服务水平的定价^[9]、考虑盗版和网络外部性的定价决策^[10]。以上文献通过多主体系统(multi-agent system)、博弈理论、动态规划理论和数值分析等方法研究定价问题。另外一些学者研究了盗版控制策略和盗版行为对企业的影响,Wu和Chen^[11]、郭强等^[14]基于成本、质量、价格等因素考虑通过版本控制对抗盗版行为;Kim等^[12]、Nie等^[15]基于供应链的视角研究发现适度的盗版行为会产生三赢局面并提升消费者福利;Wu等^[13]基于盗版成本等因素考虑企业采取数字权利管理(digital rights management, DRM)技术来对抗盗版行为,并研究了对企业利润的影响。以上研究说明了盗版行为可能会有积极影响,而且盗版成本、产品质量、产品价格等因素都有重要作用。

上述文献大多考虑了正版平台与盗版平台之间的交互行为及其影响,而政府在版权治理、激励产业创新等方面也扮演重要角色。邓流生和张旭梅^[16]研究了产品质量同质时,正版平台、盗版平台和政府监管之间的序贯博弈(stackelberg game);Dey等^[17]基于创新和福利等目标研究了供给方和需求方分别执法遏制盗版问题;高鹏等^[18]研究了免费版信息产品在政府盗版监管下的价格、质量和利润。Mariani和Wamba^[19]、刘洋等^[20]、何琦等^[21]分别从消费者评论、数字创新机制、供给方和消费者之间演化博弈的角度研究了正版平台的创新问题。

已有研究对信息产品创新、版权治理等方面具有一定的参考作用,但仍存在以下问题。第一,多数研究都是研究正版平台和盗版平台的内部竞争,只将政府监管作为一个外生变量引入博弈模型中,并没有将政府作为主体与正版平台和盗版平台进行博弈分析。第二,针对信息产品的盗版问题和创新问题是单独分析的,而政府制定政策时通常会同时考虑对盗版平台的惩罚和对正版平台的创新激励。

基于此,本文将政府作为版权治理行为主体加入博弈模型中,考虑政府采取不同政策时对版权治理的作用。主要解决以下问题:①政府采取不同治理政策时,正版平台和盗版平台如何决策?②政府以减少盗版市场份额为目的时应采取何种策略?③政府以社会福利最大化为目的时应采取何种策略?

2 问题描述与模型假设

2.1 问题描述

本文构建由一个正版平台、一个盗版平台和消费者组成的信息产品市场,其中正版平台通过技术创新、产品创新和服务创新等不断提高信息产品的质量创新水平,进而影响消费者购买正版产品的效用;盗版平台通过光学字符识别(optical character recognition, OCR)、网络爬虫等技术,盗取海量原创信息内容,给消费者提供盗版产品;消费者根据消费者效用最大化进行产品选择。在此基础之上,本文考虑政府通过给予正版平台补贴来激励创新,通过罚款来打击和治理盗版平台,在信息产品市场的发展和规范中扮演着重要角色。根据政府采取政策的不同,本文分别构建政府在对盗版平台实施弱监管(W)和强监管(S)两种政策下,对正版平台实施激励(I)和不激励(N)两种政策时的模型,通过求解得出各个参与主体的最优解,并且通过分析和对比,探讨政府政策对正版平台和盗版平台产品价格、消费者需求、利润、消费者剩余以及社会福利的影响,分析正版平台质量创新水平、盗版平台的盗版水平和强监管政策下的惩罚水平这三个重要参数对盗版产品市场份额和社会福利的影响,力图为政府的政策制定提供依据和参考。下文用到的符号说明如表1所示。

表 1 符号说明

符号	符号说明
v	消费者对产品质量的估值, 在 $[0, 1]$ 上服从均匀分布
e	正版平台产品质量创新水平, $e > 0$
β	盗版平台的盗版水平, $\beta \in (0, 1)$
μ	政府对正版平台质量创新的激励水平 (决策变量)
α	政府对盗版平台盗版行为的惩罚水平
k	消费者购买盗版产品会付出的隐形成本
U_m, U_r	消费者分别购买正版产品和盗版产品所获得的效用
p_m^i, p_r^i	在 i 模型下正版产品和盗版产品的销售价格 (决策变量)
q_m^i, q_r^i	在 i 模型下正版产品和盗版产品的质量
D_m^i, D_r^i	在 i 模型下正版平台和盗版平台的消费者需求
π_m^i, π_r^i	在 i 模型下正版平台和盗版平台的利润
CS^i	在 i 模型下的消费者剩余
SW^i	在 i 模型下的社会福利

注: $i \in \{WN, WI, SN, SI\}$, WN 代表弱监管和不激励政策, WI 代表弱监管和激励政策, SN 代表强监管和不激励政策, SI 代表强监管和激励政策

2.2 模型假设

正版平台以价格 p_m 将质量为 q_m 的正版产品销售给消费者, 消费者对产品质量的估值为 $v(v \sim U[0, 1])$ ^[17], 消费者购买正版产品的消费者效用为 $U_m = q_m v - p_m$ ^[22]。本文考虑正版平台通过技术创新、产品创新和服务创新等不断提高产品的质量创新水平 $e(e > 0)$, 为了重点突出和比较正版产品和盗版产品的质量差异, 本文将正版产品质量设为 $q_m = e$ ^[23], 从而获得消费者购买正版产品的效用为 $U_m = ev - p_m$ 。特别地, 本文所指的正版产品的产品质量为广义概念, 其不仅包含产品本身的品质, 还包括品牌效应、售后服务、产品更新等内容^[24]。

盗版平台以价格 p_r 将质量为 q_r 的盗版产品销售给消费者。本文用盗版水平 β 刻画盗版行为, 盗版产品质量为 $q_r = \beta e$, 其中 β 越大, 则盗版的程度越高, 正版产品和盗版产品之间的质量差距越小, 反之亦然, 并且盗版产品不能为消费者提供品牌以及售后服务等方面的体验, 因此 $0 < \beta < 1$ ^[24]。在此基础上, 本文考虑消费者购买盗版产品会付出隐形成本 k , 主要包括: ①盗版产品面临着被政府查处并且禁用的风险; ②盗版产品可能存在着用户个人信息泄漏问题; ③盗版产品面临着因为不能安装更新补丁而崩溃的风险^[25]。因此, 消费者购买盗版产品所获得的效用为 $U_r = \beta ev - p_r - k$ 。

由上面的假设可知, 消费者购买正版产品所获得的效用为 $U_m = ev - p_m$, 购买盗版产品所获得的效用为 $U_r = \beta ev - p_r - k$, 不购买产品时消费者效用为 0。假设 $U_m > U_r$ 。令 $U_m = U_r$ 可以得出购买正版产品和盗版产品的无差异点 $v_1 = (p_m - p_r - k) / (e(1 - \beta))$, 令 $U_r = 0$ 可以得出购买盗版产品和不购买产品的无差异点 $v_0 = (p_r + k) / (\beta e)$ 。由此可得消费者对信息产品的选择分布, 如图 1 所示。

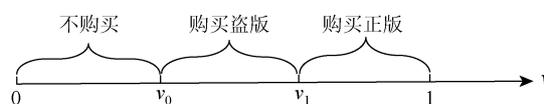


图 1 消费者对信息产品的选择

由此可得正版产品和盗版产品的需求分别为

$$D_m = 1 - v_1 = 1 - \frac{k - p_m + p_r}{e(-1 + \beta)}, \quad D_r = v_1 - v_0 = \frac{k - \beta p_m + p_r}{e(-1 + \beta)\beta} \quad (1)$$

政府对正版平台信息产品质量创新的激励为 $\mu e^2 D_m$ ，其中 μ 表示政府的激励水平。盗版平台被政府查处时，会面临以正版价格计价的罚款数额，故而政府对盗版平台盗版行为的罚金为 $\alpha p_m D_r$ ，其中 α 表示政府对盗版行为的惩罚水平^[18]。

消费者剩余包含正版产品消费者剩余和盗版产品消费者剩余这两部分，为

$$CS = \int_{v_0}^{v_1} U_r dv + \int_{v_1}^1 U_m dv \quad (2)$$

其他假设如下。

(1) 所有消费者仅需要一个版本的信息产品或者不购买信息产品，如果消费者购买了正版的產品，则不会再使用盗版产品，反之亦然。

(2) 本文构建和求解模型时，为了着重分析政府治理盗版平台盗版行为和激励正版平台质量创新的政策选择，假设消费者对正版产品和盗版产品都有需求，即模型需要满足以下假设条件： $D_m > 0, D_r > 0$ 。

(3) 正版平台生产产品的边际成本由复制成本和创新成本构成，本文将复制成本标准化为 0^[22, 26]，总的创新成本与销量有关，为 $e^2 D_m$ 。例如，当前大多数正版平台提供了基于消费者需求的定制化产品，以及在线社区的售后服务、产品更新等业务。对于盗版平台来说，盗版成本主要为复制成本，其几乎没有后续升级维护等保障措施，因此本文将盗版产品的复制成本也标准化为 0^[24, 27]。

3 模型求解

分别构建政府在对盗版平台实施弱监管（W）和强监管（S）两种政策时，对正版平台实施创新激励（I）和不激励（N）两种情形下的模型，通过求解得出不同政策组合下各个参与方的最优解。

3.1 政府实施弱监管政策（W）

3.1.1 政府实施不激励政策（N）

构建政府对盗版平台实施弱监管，并且对正版平台实施不激励政策时的博弈模型（WN），决策顺序为：第一阶段，由正版平台最大化其利润函数 π_m^{WN} ，制定正版产品价格 p_m^{WN} ；第二阶段，由盗版平台最大化其利润函数 π_r^{WN} ，制定盗版产品价格 p_r^{WN} ，此时信息产品市场中的社会福利为 SW^{WN} ，决策目标函数如式（3）所示，通过求解，可得各参与方的最优决策如表 2 所示。

$$\begin{cases} \max \pi_m^{WN}(p_m^{WN}) = (p_m^{WN} - e^2) D_m^{WN} \\ \max \pi_r^{WN}(p_r^{WN}) = p_r^{WN} D_r^{WN} \\ SW^{WN} = CS^{WN} + \pi_m^{WN} \end{cases} \quad \text{s.t.} \begin{cases} D_m^{WN} > 0 \\ D_r^{WN} > 0 \end{cases} \quad (3)$$

表 2 政府弱监管政策下模型最优决策

最优决策	政府实施弱监管和不激励政策（WN）	政府实施弱监管和激励政策（WI）
p_m^*	$\frac{2e + k - 2\beta e - \beta e^2 + 2e^2}{2(2 - \beta)}$	$\frac{k - 2\beta e^2 + 4e^2}{\beta - 4}$

续表

最优决策	政府实施弱监管和不激励政策 (WN)	政府实施弱监管和激励政策 (WI)
p_r^*	$\frac{(e^2 + 2e)\beta^2 + (-2e^2 - 2e - 3k)\beta + 4k}{4(\beta - 2)}$	$-\frac{(k - \beta e^2)(\beta - 2)}{\beta - 4}$
μ^*		$\frac{(2e - 3e^2)\beta^2 + B_1\beta + 8e - 8e^2}{e^2(\beta^2 - 6\beta + 8)}$
D_m^*	$\frac{2e + k - 2\beta e + \beta e^2 - 2e^2}{4e(\beta - 1)}$	$\frac{k + e(4 - e(-2 + \beta)^2 - 5\beta + \beta^2)}{e(-4 + \beta)(-1 + \beta)}$
D_r^*	$-\frac{\beta^2 e^2 + 2\beta^2 e - 2\beta e^2 - 2\beta e - 3k\beta + 4k}{4\beta e(\beta^2 - 3\beta + 2)}$	$\frac{(k - \beta e^2)(\beta - 2)}{\beta e(\beta^2 - 5\beta + 4)}$
π_m^*	$\frac{(2e + k - 2\beta e + \beta e^2 - 2e^2)^2}{8e(\beta^2 - 3\beta + 2)}$	$\frac{2(k + e(4 - e(-2 + \beta)^2 - 5\beta + \beta^2))^2}{e(-4 + \beta)^2(-2 + \beta)(-1 + \beta)}$
π_r^*	$\frac{(\beta^2 e^2 + 2\beta^2 e - 2\beta e^2 - 2\beta e - 3k\beta + 4k)^2}{16\beta e(1 - \beta)(\beta - 2)^2}$	$-\frac{(k - \beta e^2)^2(\beta - 2)^2}{\beta e(\beta - 1)(\beta - 4)^2}$
CS*	$\frac{A_1\beta^4 + A_2\beta^3 + A_3\beta^2 + A_4\beta + 16k^2}{32\beta e(1 - \beta)(\beta - 2)^2}$	$\frac{B_2\beta^4 + B_3\beta^3 + B_4\beta^2 + B_5\beta - 4k^2}{2\beta e(\beta - 1)(\beta - 4)^2}$
SW*	$\frac{A_5\beta^4 + A_6\beta^3 + A_7\beta^2 + A_8\beta + 16k^2}{32\beta e(1 - \beta)(\beta - 2)^2}$	$\frac{B_6\beta^3 + B_7\beta^2 + B_8\beta^2 + k^2}{2\beta e(\beta^2 - 5\beta + 4)}$

注: $A_i, B_i, i = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$ 见附录

3.1.2 政府实施激励政策 (I)

构建政府对盗版平台实施弱监管, 并且对正版平台实施激励政策时的博弈模型 (WI), 决策顺序为: 第一阶段, 由政府最大化社会福利函数 $SW^{WI}(\mu^{WI})$, 制定对正版平台创新激励力度 μ^{WI} ; 第二阶段, 正版平台最大化其利润函数 π_m^{WI} , 制定正版产品价格 p_m^{WI} ; 第三阶段, 由盗版平台最大化其利润函数 π_r^{WI} , 制定盗版产品价格 p_r^{WI} , 决策目标函数如式 (4) 所示。

$$\begin{cases} \max \pi_m^{WI}(p_m^{WI}) = (p_m^{WI} - e^2)D_m^{WI} + \mu^{WI}e^2D_m^{WI} \\ \max \pi_r^{WI}(p_r^{WI}) = p_r^{WI}D_r^{WI} \\ SW^{WI}(\mu^{WI}) = CS^{WI} + \pi_m^{WI} - \mu^{WI}e^2D_m^{WI} \end{cases} \text{ s.t. } \begin{cases} D_m^{WI} > 0 \\ D_r^{WI} > 0 \\ \mu^{WI} > 0 \end{cases} \quad (4)$$

引理 1: 政府对盗版平台实施弱监管政策下, 分别对正版平台实施激励和激励不激励政策时, 各参与方最优决策如表 2 所示。

推论 1: 政府采取弱监管政策时, 产品需求受到质量创新水平和盗版水平的影响, 盗版需求会随着正版平台质量创新水平的提高而增加, 正版需求反而会随之减少, 并且正版需求和盗版需求均会随着盗版水平的提高先增加后减少。

推论 2: 政府采取弱监管政策时, 随着质量创新水平和盗版水平的提高, 社会福利会随之先减少后增加。

3.2 政府实施强监管政策 (S)

3.2.1 政府实施不激励政策 (N)

构建政府对盗版平台实施强监管政策, 并且对正版平台实施不激励政策时的博弈模型 (SN), 决策顺序为: 第一阶段, 由正版平台最大化其利润函数 π_m^{SN} , 制定正版产品价格 p_m^{SN} ; 第二阶段, 由盗版平

台最大化其利润函数 π_r^{SN} ，制定盗版产品价格 p_r^{SN} ，此时的社会福利为 SW^{SN} ，决策目标函数如式（5）所示：

$$\begin{cases} \max \pi_m^{SN}(p_m^{SN}) = (p_m^{SN} - e^2)D_m^{SN} \\ \max \pi_r^{SN}(p_r^{SN}) = p_r^{SN}D_r^{SN} - \alpha p_m^{SN}D_r^{SN} \\ SW^{SN} = CS^{SN} + \pi_m^{SN} + \alpha p_m^{SN}D_r^{SN} \end{cases} \text{ s.t. } \begin{cases} D_m^{SN} > 0 \\ D_r^{SN} > 0 \end{cases} \quad (5)$$

3.2.2 政府实施激励政策（I）

构建政府对盗版平台实施强监管政策，并且对正版平台实施激励政策时的博弈模型（SI），决策顺序为：第一阶段，由政府最大化社会福利 $SW^{SI}(\mu^{SI})$ ，制定对正版平台创新激励力度 μ^{SI} ；第二阶段，正版平台最大化其利润函数 π_m^{SI} ，制定正版产品价格 p_m^{SI} ；第三阶段，由盗版平台最大化其利润函数 π_r^{SI} ，制定盗版产品价格 p_r^{SI} ，决策目标函数如式（6）所示，通过求解，可得各成员的最优决策如表 3 所示。

$$\begin{cases} \max \pi_m^{SI}(p_m^{SI}) = (p_m^{SI} - e^2)D_m^{SI} + \mu_m^{SI}e^2D_m^{SI} \\ \max \pi_r^{SI}(p_r^{SI}) = p_r^{SI}D_r^{SI} - \alpha p_m^{SI}D_r^{SI} \\ SW^{SI}(\mu^{SI}) = CS^{SI} + \pi_m^{SI} - \mu_m^{SI}e^2D_m^{SI} + \alpha p_m^{SI}D_r^{SI} \end{cases} \text{ s.t. } \begin{cases} D_m^{SI} > 0 \\ D_r^{SI} > 0 \\ \mu^{SI} > 0 \end{cases} \quad (6)$$

表 3 政府强监管政策下模型最优解

最优决策	政府实施强监管和不激励政策（SN）	政府实施强监管和激励政策（SI）
p_m^*	$\frac{2e+k-2\beta e-\alpha e^2-\beta e^2+2e^2}{2(\alpha+\beta-2)}$	$\frac{\alpha k-\beta k-4\beta e^2+2\beta^2 e^2+2\alpha\beta e^2}{3\alpha^2-6\alpha\beta-\beta^2+4\beta}$
p_r^*	$\frac{(e^2+2e)\beta^2+C_1\beta+C_2}{4(\alpha+\beta-2)}$	$\frac{e^2\beta^3+(2\alpha e^2-k-2e^2)\beta^2+E_1\beta+2\alpha^2 k}{3\alpha^2-6\alpha\beta-\beta^2+4\beta}$
μ^*		$\frac{(2e-3e^2)\beta^3+E_2\beta^2+E_3\beta+E_4}{e^2(-2+\alpha+\beta)(3\alpha^2-6\alpha\beta-(-4+\beta)\beta)}$
D_m^*	$\frac{2e+k-2\beta e+\alpha e^2+\beta e^2-2e^2}{4e(\beta-1)}$	$1-\frac{e^2\beta(-2+\alpha+\beta)^2-k(\alpha+\alpha^2+\beta-3\alpha\beta)}{e(-1+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)}$
D_r^*	$\frac{C_4+\beta C_3-\beta^2 e^2-2\beta^2 e}{4\beta e(\beta-1)(\alpha+\beta-2)}$	$\frac{e^2(\alpha-\beta)\beta(-2+\alpha+\beta)-k(\alpha^2-2\beta+2\alpha\beta+\beta^2)}{e(-1+\beta)\beta(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)}$
π_m^*	$\frac{(2e+k-2\beta e+\alpha e^2+\beta e^2-2e^2)^2}{8e(\beta-1)(\alpha+\beta-2)}$	$\frac{2((e-e^2)\beta^3+E_2\beta^2+E_6\beta+\alpha k+3\alpha^2 e+\alpha^2 k)^2}{e(\beta-1)(\alpha+\beta-2)(3\alpha^2-6\alpha\beta-\beta^2+4\beta)^2}$
π_r^*	$\frac{((-e^2-2e)\beta^2+C_3\beta+C_4)^2}{16\beta e(1-\beta)(\alpha+\beta-2)^2}$	$\frac{(e^2\beta^3+(-2e^2-k)\beta^2+E_7\beta+\alpha^2 k)^2}{\beta e(1-\beta)(3\alpha^2-6\alpha\beta-\beta^2+4\beta)^2}$
CS^*	$\frac{C_5\beta^4+C_6\beta^3+C_7\beta^2+C_8\beta+C_9}{32\beta e(1-\beta)(\alpha+\beta-2)^2}$	$\frac{E_8\beta^6+E_9\beta^5+F_1\beta^4+F_2\beta^3+F_3\beta^2+F_4\beta+\alpha^4 k^2}{2\beta e(1-\beta)(3\alpha^2-6\alpha\beta-\beta^2+4\beta)^2}$
SW^*	$\frac{D_1\beta^4+D_2\beta^3+D_3\beta^2+D_4\beta+D_5}{32\beta e(\beta-1)(\alpha+\beta-2)^2}$	$\frac{F_5\beta^4+F_6\beta^3+F_7\beta^2+F_8\beta+\alpha^2 k^2}{2\beta e(1-\beta)(3\alpha^2-6\alpha\beta-\beta^2+4\beta)}$

注：其中， $C_i, E_i, i = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ ； $D_j, j = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ； $F_k, k = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$ 见附录

引理 2：政府对盗版平台实施强监管策略下，分别对正版平台实施激励和实施不激励策略时，各参与方最优决策如表 3 所示。

推论 3：政府对正版平台采取激励政策时，最优激励水平受到创新水平的影响，随着创新水平的提

高，政府对平台最优激励水平降低。

政府补贴作为一种普遍采用的促进企业探索性创新的政策工具，适度的政府补贴会带来激励效应，而高额的政府补贴则会导致相反的效应。本文考虑通过给予创新成本补贴来实现对正版平台的创新激励，最优激励水平的制定与创新水平的高低相关。随着创新水平的提高，正版平台为创新所付出的成本也随之提高，政府为了保障政策实施的有效性，需要通过减少激励水平来实现对补贴额度的控制。例如，对于创业初期的平台而言，政府往往会给予更多的关怀和扶持。因此，政府在采取激励政策时，必须以质量创新水平为依据制定激励水平，谨慎地对补贴额度进行管理和控制。

4 结果分析

4.1 最优激励水平的比较分析

推论 4: 在政府对正版平台实施激励政策下，当正版平台质量创新水平低于 e_3 时，相较于实施弱监管政策，实施强监管政策会促使政府选择更高的激励水平；当质量创新水平高于 e_3 时，若政府对盗版平台的惩罚水平大于 α_1 ，也会有同样的效果，图 2 更加直观地展现了最优激励水平的大小关系。（ e_3 、 α_1 见附录中的推论 4 证明）。

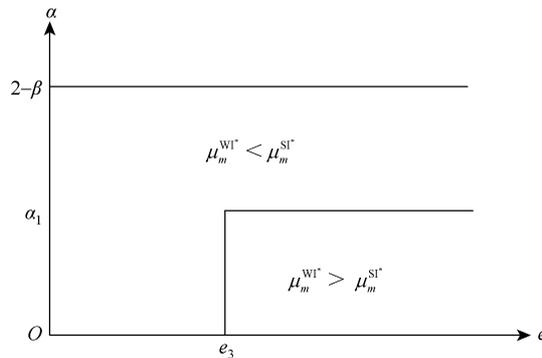


图 2 最优激励水平的比较分析

$$\alpha_1 = \frac{5\beta^2 - 8\beta}{3(-2 + \beta)}, e_3 = \frac{M_2 - \sqrt{M_2^2 + kM_1 + 32 + 3\alpha^2\beta + \beta((56 - 13\beta)\beta - 72) - 2\alpha(\beta(6 + \beta) - 4)}}{4(-2 + \beta)(-2 + \alpha + \beta)(3\alpha(-2 + \beta) + (8 - 5\beta)\beta)}$$

其中 M_1 、 M_2 见附录

在对正版平台实施激励政策下，政府以社会福利最大化为目标进行激励水平的制定。当质量创新水平和惩罚水平均较高或者质量创新水平较低时，政府采取强监管政策，会对盗版平台收取罚金，并且在一定程度上打击盗版，保护正版平台和消费者的利益，促进社会福利增加，可以给予正版平台更多的激励。

4.2 均衡定价和需求的比较分析

4.2.1 WN 和 WI 模型比较

命题 1: 当正版平台质量创新水平低于 e_4 时，相较于实施弱监管和不激励政策，实施弱监管和激励政策会增加正版产品需求、降低产品价格和盗版产品需求，并且正版产品需求增幅大于盗版产品需求降

幅, 整个信息产品市场扩大, 盗版产品市场份额降低。然而, 当正版平台质量创新水平高于 e_4 时, 会产生相反的效果。(e_4 见附录中的命题 1 证明)

由推论 3 可知, 在较低的创新水平下, 政府会制定较高的激励水平, 正版平台获得的创新激励高于为了质量创新而付出的额外成本, 无须通过制定高价去获得高利润, 并且由式 (1) 可知, 降低正版产品价格可以增加正版产品的消费者需求。所以在不损害自身利益的基础上, 正版平台出于进一步保障消费者利益、扩大市场份额的考虑, 会选择降低正版产品价格。对于盗版平台而言, 虽然盗版产品价格的降低会增加消费者购买盗版产品的效用, 但是盗版产品的消费者需求并没有增加, 反而减少了, 这是因为盗版产品价格降幅小于正版产品价格降幅, 导致正版产品价格的变化对盗版需求的影响更大, 使得盗版需求减少。面对这样的市场情况, 盗版平台为了避免失去价格优势, 导致消费者流失过多, 也会选择降低盗版产品价格。

分析表明, 在政府实施弱监管政策下, 应当基于正版平台质量创新水平来决策是否实施激励政策。当正版平台质量创新水平较低时, 实施激励政策会降低盗版产品市场份额, 可以有力地打击盗版行为, 应当实施激励政策; 当创新水平较高时, 实行政策反而会起到反效果, 应当实施不激励政策。

4.2.2 WN 和 SN 模型比较

命题 2: 相较于实施弱监管和不激励政策, 实施强监管和不激励政策会增加正版产品需求、降低盗版产品需求, 并且正版产品需求增幅大于盗版产品需求降幅, 信息产品市场扩大, 盗版产品的市场份额降低, 但是产品价格也会提高。

政府采取强监管措施时会向盗版平台收取罚金, 并且罚金与正版产品价格和盗版产品需求成正比, 正版产品价格增加意味着盗版平台需要上缴更高的罚金, 甚至盗版产品销售收入小于上缴的罚金, 所以盗版平台需要通过提高盗版产品价格去获得更高利润。从需求的角度而言, 正版产品价格的增量小于盗版产品价格的增量, 盗版产品价格变化对正版需求的影响更大, 最终导致正版产品需求增加、盗版产品需求减少。

分析表明, 相较于采取弱监管和不激励政策, 政府采取强监管和不激励政策时可能会损害一定的消费者利益, 但是推动了信息产品市场的扩大和盗版产品市场份额的减少, 可以有力地打击盗版行为, 采取强监管政策是有一定作用的。

4.2.3 SN 和 SI 模型比较

命题 3: 在强监管政策下, 当质量创新水平低于 e_3 时, 政府实施激励政策时会促使平台降低产品价格, 并且正版产品价格降幅要大于盗版产品价格降幅。当质量创新水平高于 e_3 时, 若惩罚水平高于 α_2 , 会产生一样的结果。图 3 更加直观地展现了两种政策下均衡价格的大小关系。(e_3, α_2 见附录中的命题 3 证明)。

命题 4: 在强监管政策下, 实施激励政策对产品需求的影响取决于质量创新水平的高低、政府惩罚水平和盗版平台盗版水平的相关关系这两个因素。当政府惩罚水平 $\alpha < \beta$ 时, 实施激励政策会增加正版产品需求、降低盗版产品需求, 并且正版产品需求增幅大于盗版产品需求的降幅, 整个信息产品市场扩大, 盗版产品市场份额下降。当政府惩罚水平高于 α_2 时, 若质量创新水平高于 e_3 , 实施激励政策会减少产品需求, 这意味着信息产品的总市场缩小, 但是正版产品需求降幅小于盗版产品需求降幅, 盗版产品市场份额下降。在其他条件下, 实施激励政策反而会使得盗版产品市场份额增加。图 4 更加直观地展现了两种政策下产品需求的大小关系。

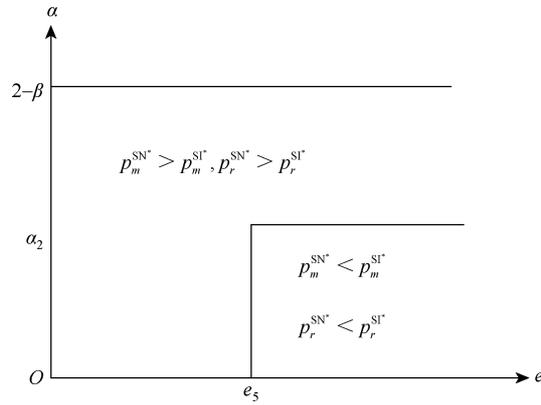


图 3 SN 和 SI 模型的均衡价格比较

$$\alpha_2 = \frac{\beta + 2\sqrt{3\beta - 2\beta^2}}{3}, e_5 = \frac{R_1 + \sqrt{-4k(\alpha^2 + \alpha(4 - 6\beta) + \beta^2)R_2 + (2(-1 + \beta)R_1)^2}}{2(-3\alpha^3 - \alpha^2(-6 + \beta) - \alpha\beta^2 + \beta(-8 + 10\beta - 3\beta^2))}, \text{ 其中 } R_1, R_2 \text{ 见附录}$$

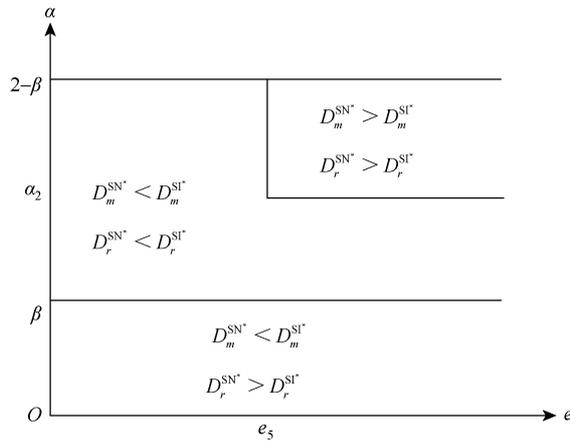


图 4 SN 和 SI 模型的产品需求比较

$$\alpha_2 = \frac{\beta + 2\sqrt{3\beta - 2\beta^2}}{3}, e_5 = \frac{R_1 + \sqrt{-4k(\alpha^2 + \alpha(4 - 6\beta) + \beta^2)R_2 + (2(-1 + \beta)R_1)^2}}{2(-3\alpha^3 - \alpha^2(-6 + \beta) - \alpha\beta^2 + \beta(-8 + 10\beta - 3\beta^2))}, \text{ 其中 } R_1, R_2 \text{ 见附录}$$

由命题 3 和命题 4 分析可知，政府实施强监管政策下，当盗版惩罚水平和质量创新水平均较低时，实施激励政策不仅会降低盗版产品市场份额，还会降低产品价格，维护消费者利益。当盗版惩罚水平较低并且质量创新水平较高时，实施激励政策虽然会达到打击盗版的目的，但是也促进了产品价格的提高，损害一定的消费者利益。当盗版惩罚水平和正版平台质量创新水平均较高时，实施激励政策不仅会降低盗版产品的市场份额，而且会降低产品价格，这对消费者也是有利的，但是整个信息产品市场缩小。

分析表明，政府对盗版平台实施强监管政策下，当惩罚水平较低或者惩罚水平和质量创新水平均较高时，盗版产品市场份额下降，打击了盗版行为，政府应当采取激励政策。在其余情况下，政策实施激励政策不利于打击盗版，此时应该采取强监管和不激励政策。

4.2.4 WI 和 SI 模型比较

命题 5: 当创新水平低于 e_7 时，若政府惩罚水平低于 α_3 ，实施强监管政策会增加产品价格；若政府惩罚水平高于 α_3 且低于 α_4 ，实施强监管政策会降低正版产品价格，提高盗版产品价格；若政府惩罚水平高于 α_4 ，实施强监管政策会降低产品价格。当创新水平适中 $e_7 < e < e_6$ 和较高 $e > e_6$ 时，随着政府惩罚

水平的提高也会有类似的结果，只是惩罚水平的阈值不同，图 5 更加直观地展现了两种政策下均衡价格的大小关系。

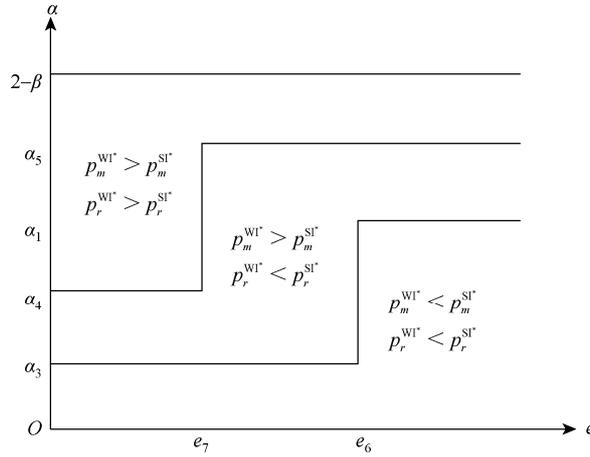


图 5 WI 和 SI 模型的均衡价格比较

$$\alpha_1 = \frac{5\beta^2 - 8\beta}{3(-2 + \beta)}, \alpha_3 = \frac{7\beta - 4}{3}, \alpha_4 = \frac{3\beta^2}{2 + \beta}, \alpha_5 = \frac{2\beta^2 - \beta - 4}{2\beta - 5}, e_6 = \frac{\sqrt{k}\sqrt{|4 + 3\alpha - 7\beta|}}{\sqrt{|12\alpha - 16\beta - 6\alpha\beta + 10\beta^2|}}, e_7 = \frac{\sqrt{k}\sqrt{|2\alpha + \alpha\beta - 3\beta^2|}}{\sqrt{|8\beta - 10\alpha\beta + 2\beta^2 + 4\alpha\beta^2 - 4\beta^3|}}$$

这表明，创新水平较低时，政府选择较低的惩罚水平就可以达到降低产品价格的目标，但是随着创新水平的提高，达到这个目标的阈值也会越来越高，这也就意味着，当创新水平越高时，政府必须制定越高的惩罚水平，加大惩罚力度，才能降低产品价格。

命题 6: 当正版平台创新水平高于 e_8 且政府惩罚水平低于 α_6 时，如图 6 中区域 (ii) 所示，实施强监管政策会减少产品需求，并且正版产品需求降幅小于盗版产品需求降幅，虽然整个信息产品市场缩小，但是盗版产品市场份额下降；当正版平台创新水平低于 e_9 且政府惩罚水平高于 2β 时，如图 6 中区域 (iii) 所示，实施强监管政策会增加产品需求，并且正版产品需求增幅小于盗版产品需求增幅，虽然整个信息产品市场扩大，但是盗版产品市场份额上升；其他条件下，如图 6 中区域 (i) 所示，实施强监管政策会增加正版产品需求并且降低盗版产品需求，并且正版产品需求增幅小于盗版产品需求降幅，虽然整个信息产品市场缩小，但是盗版产品市场份额下降。

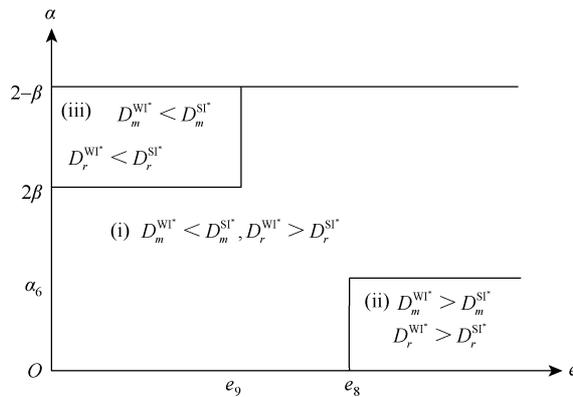


图 6 WI 和 SI 模型的产品需求比较

$$\alpha_6 = \frac{\beta^2 - 2\beta}{\beta - 3}, e_8 = \frac{\sqrt{k}\sqrt{|-4 - \alpha + 3\beta|}}{\sqrt{|-12\alpha + 8\beta + 4\alpha\beta - 4\beta^2|}}, e_9 = \frac{\sqrt{k}\sqrt{|\alpha - 2\beta|}}{\sqrt{|4\beta + \alpha\beta - 3\beta^2|}}$$

推论 5: 比较激励政策下, 政府分别实施弱监管和强监管政策的作用效果, 如图 7 所示, 其中图 7 (a) 表示盗版水平较低 ($\beta < 1/2$) 时的情况, 图 7 (b) 表示盗版水平较高 ($1/2 < \beta$) 时的情况。在图 7 (a) 和图 7 (b) 的区域 (i) 中, 强监管政策实施会促进整个信息产品市场扩大、盗版产品市场份额降低, 但是产品价格也随之增加; 区域 (ii) 中, 虽然政策实施导致整个信息产品市场缩小并且产品价格增加, 但是达到了降低盗版产品市场份额的目的; 区域 (iii) 中, 政策实施增加盗版产品价格、降低正版产品价格, 但是整个信息产品市场扩大, 并且达到了降低盗版产品市场份额的目的; 区域 (iv) 中, 虽然政策实施促进整个信息产品市场缩小, 但是盗版产品市场份额下降并且产品价格降低; 区域 (v) 中, 政策实施降低产品价格, 整个信息产品市场扩大, 但是盗版产品市场份额增加。

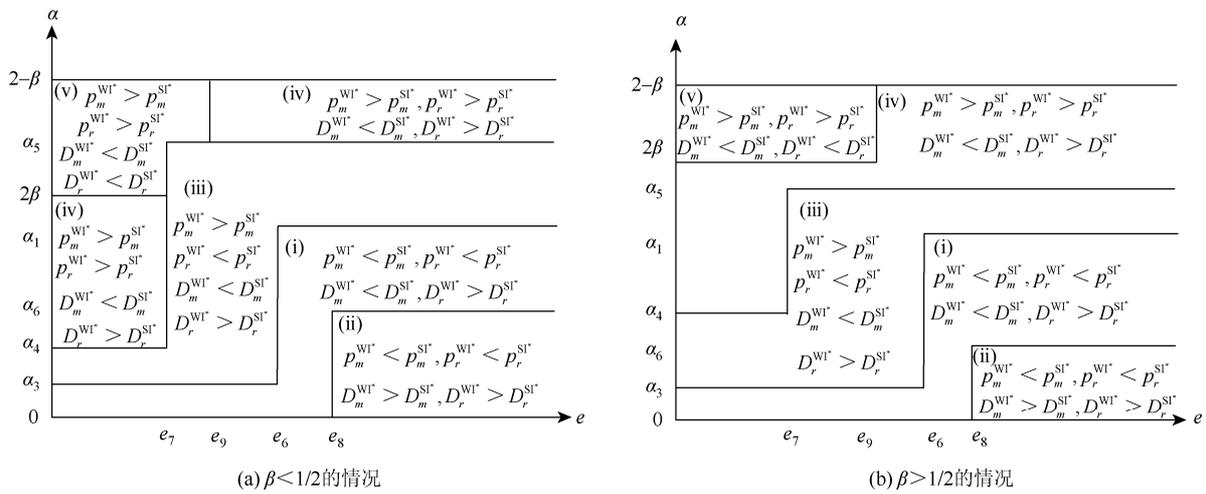


图 7 WI 和 SI 模型的政策效果比较

$$\alpha_1 = \frac{5\beta^2 - 8\beta}{3(-2 + \beta)}, \alpha_3 = \frac{7\beta - 4}{3}, \alpha_4 = \frac{3\beta^2}{2 + \beta}, \alpha_5 = \frac{2\beta^2 - \beta - 4}{2\beta - 5}, \alpha_6 = \frac{\beta^2 - 2\beta}{\beta - 3}, e_6 = \frac{\sqrt{k} \sqrt{4 + 3\alpha - 7\beta}}{\sqrt{|12\alpha - 16\beta - 6\alpha\beta + 10\beta^2|}}$$

$$e_7 = \frac{\sqrt{k} \sqrt{2\alpha + \alpha\beta - 3\beta^2}}{\sqrt{|8\beta - 10\alpha\beta + 2\beta^2 + 4\alpha\beta^2 - 4\beta^3|}}, e_8 = \frac{\sqrt{k} \sqrt{-4 - \alpha + 3\beta}}{\sqrt{|-12\alpha + 8\beta + 4\alpha\beta - 4\beta^2|}}, e_9 = \frac{\sqrt{k} \sqrt{|\alpha - 2\beta|}}{\sqrt{|4\beta + \alpha\beta - 3\beta^2|}}$$

分析表明, 实施激励政策时, 政府必须根据正版平台的质量创新水平和盗版平台的盗版水平的高低来选择合适的政策, 并且采取适当的盗版惩罚力度。当质量创新水平较低时, 政府应当采取强监管政策并且降低对盗版平台的惩罚水平, 否则应当采取弱监管政策; 当质量创新水平较高时, 政府应当采取激励政策, 并且无论如何制定惩罚水平, 都具有打击盗版的效果。在这样的情况下, 政策实施强监管政策会降低盗版产品的市场份额, 在打击盗版方面起到显著作用, 但是通常是以损害一定的消费者利益、缩小整个信息产品市场大小或者减少正版产品需求为代价的。

5 数值分析

上文重点分析了政府采取不同政策时对产品价格和需求的影响, 并且得出降低盗版产品市场份额的政策实施条件, 在接下来的分析中, 本文将基于上述条件, 分别对盗版水平和惩罚水平进行赋值: $\beta = 0.3, \alpha = 0.2 (\alpha < \beta)$, $\beta = 0.4, \alpha = 0.7 (\beta < \alpha < \alpha_2^*)$, $\beta = 0.7, \alpha = 1 (\alpha_2^* < \alpha < \alpha_5^*)$, 通过数值算例的形式, 进一步探讨不同政策对平台利润、消费者剩余和社会福利的影响。

观察 1: 分析 $\beta = 0.3, \alpha = 0.2$ 时, 不同政策下正版平台质量创新水平对平台利润、消费者剩余和社会福利的影响, 如图 8 所示。通过上文的分析可以得出, 在 $\beta = 0.3, \alpha = 0.2$ 时, 相较于其他政策, 政府采取强监管和激励政策 (SI) 会最大限度地降低盗版产品的市场份额。由图 8 (a) 可知, 当质量创新水平较低时, 实施 SI 政策会使得正版平台获得更多的利润, 但是当质量创新水平较高时, 会损害一定的正版平台利润; 由图 8 (b) 可知, 当质量创新水平较低时, 实施 SI 政策会使得盗版平台获得更多的利润, 当质量创新水平较高时, 会降低一定的盗版平台利润; 由图 8 (c) 可知, 实施 SI 政策不会带来最多的消费者剩余; 由图 8 (d) 可知, 实施 SI 政策不会带来最多的社会福利。分析表明, 政府通过实施强监管和不激励政策来降低盗版产品市场份额时, 通常是以损害一定的正版平台利润、消费者剩余和社会福利为代价的。

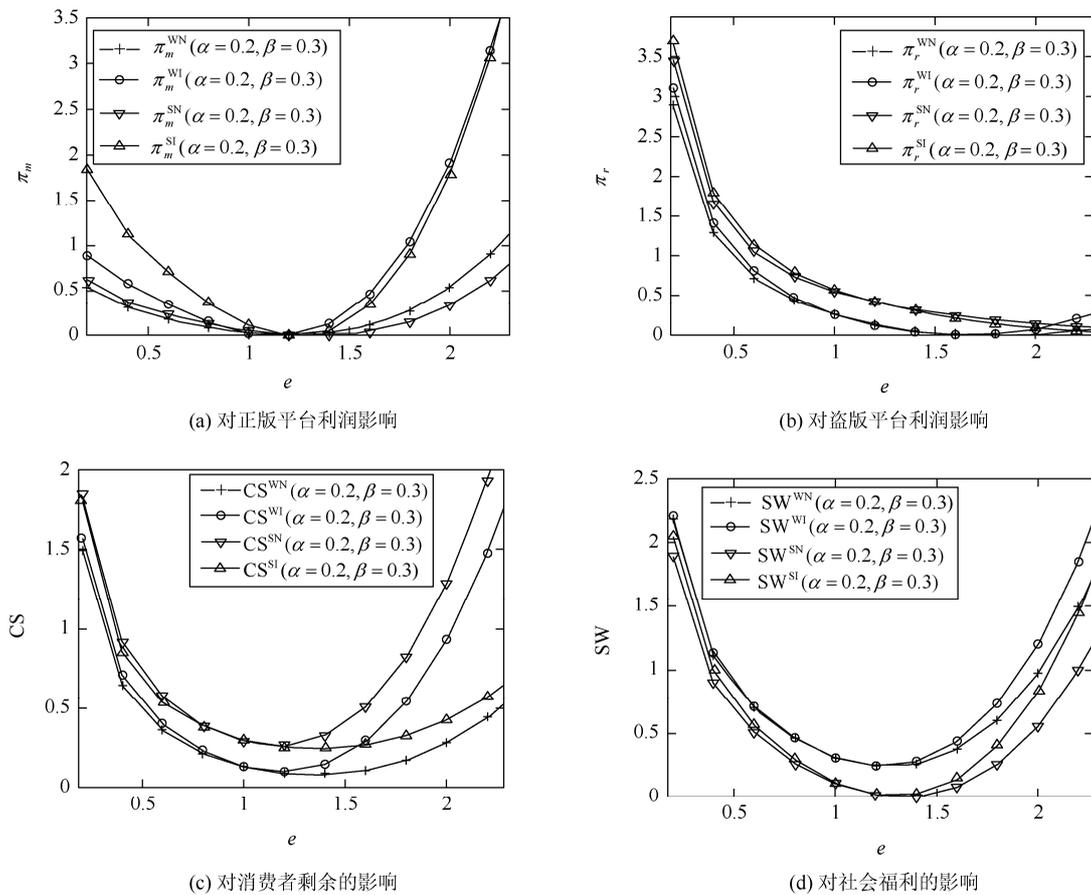


图 8 $\beta = 0.3, \alpha = 0.2$ 下不同政策的影响

观察 2: 分析 $\beta = 0.4, \alpha = 0.7$ 时, 不同政策下正版平台质量创新水平对平台利润、消费者剩余和社会福利的影响, 如图 9 所示。通过上文的分析可以得出, 在 $\beta = 0.4, \alpha = 0.7$ 时, 相较于其他政策, 政府采取强监管和不激励政策 (SN) 会最大限度地降低盗版产品的市场份额。但是由图 9 (a) 可知, 实施 SN 政策不会使得正版平台获得更多的利润, 甚至当质量创新水平较高时, 会带来最少的正版平台利润; 由图 9 (b) 可知, 实施 SN 政策会使得盗版平台获得更多的利润; 由图 9 (c) 可知, 实施 SN 政策会带来最多的消费者剩余; 由图 9 (d) 可知, 在质量创新水平较低时, 实施 SN 政策会损失一定的社会福利, 质量创新水平较高时, 会带来最多的社会福利。分析表明, 政府通过实施强监管和不激励政策来降低盗版产品市场份额时, 通常是以损害一定的正版平台利润和社会福利为代价的。

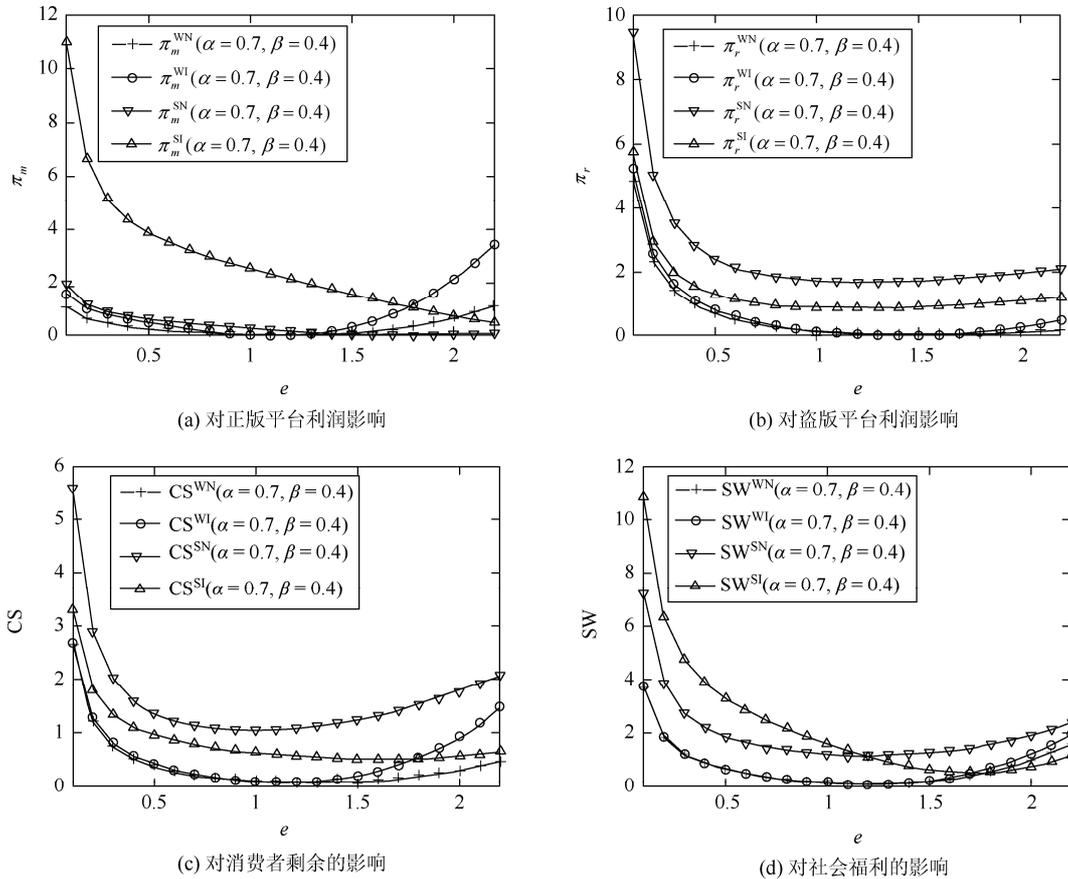


图 9 $\beta = 0.4, \alpha = 0.7$ 下不同政策的影响

观察 3: 分析 $\beta = 0.7, \alpha = 1$ 时, 不同政策下正版平台质量创新水平对平台利润、消费者剩余和社会福利的影响, 如图 10 所示。通过上文的分析可以得出, 在 $\beta = 0.7, \alpha = 1$ 时, 相较于其他政策, 在质量创新水平较低时, 政府采取强监管和不激励政策 (SN) 会最大限度地降低盗版产品的市场份额; 在质量创新水平较高时, 政府采取强监管和激励政策 (SI) 会最大限度地降低盗版产品的市场份额。但是由图 10 (a) 可知, 在质量创新水平较高时, 实施 SN 政策不会使得正版平台获得更多的利润, 甚至当质量创新水平较高时, 会带来最少的正版平台利润, 在质量创新水平较高时, 实施 SI 政策也会损失一定的正版平台利润; 由图 10 (b) 可知, 在质量创新水平较低时, 实施 SN 政策会使得盗版平台获得最多的利润, 在质量创新水平较高时, 实施 SI 政策会损失一定的盗版平台利润; 由图 10 (c) 可知, 在质量创新水平较低时, 实施 SN 政策会带来最多的消费者剩余, 在质量创新水平较高时, 实施 SI 政策会损失一定的消费者剩余; 由图 10 (d) 可知, 在质量创新水平较低时, 实施 SN 政策会损失一定的社会福利, 质量创新水平较高时, 实施 SI 政策会获得最多的社会福利。分析表明, 政府通过实施强监管和不激励政策来降低盗版产品市场份额, 通常是以损害一定的正版平台利润和社会福利为代价的; 通过实施强监管和激励政策来降低盗版产品市场份额, 通常是以损害一定的消费者剩余和社会福利为代价的。

观察 4: 由图 8 (d)、图 9 (d)、图 10 (d) 可知, 当政府是以社会福利最大化为目标进行决策时, 若盗版水平较低, 政府应当采取弱监管和激励政策, 但是此时相较于采取强监管和激励政策会增加盗版产品的市场份额; 若盗版水平适中, 当质量创新水平较低时, 政府应当采取强监管和激励政策, 但是此时相较于采取强监管和不激励政策会增加盗版产品的市场份额, 当质量创新水平较高时, 应当采取强监

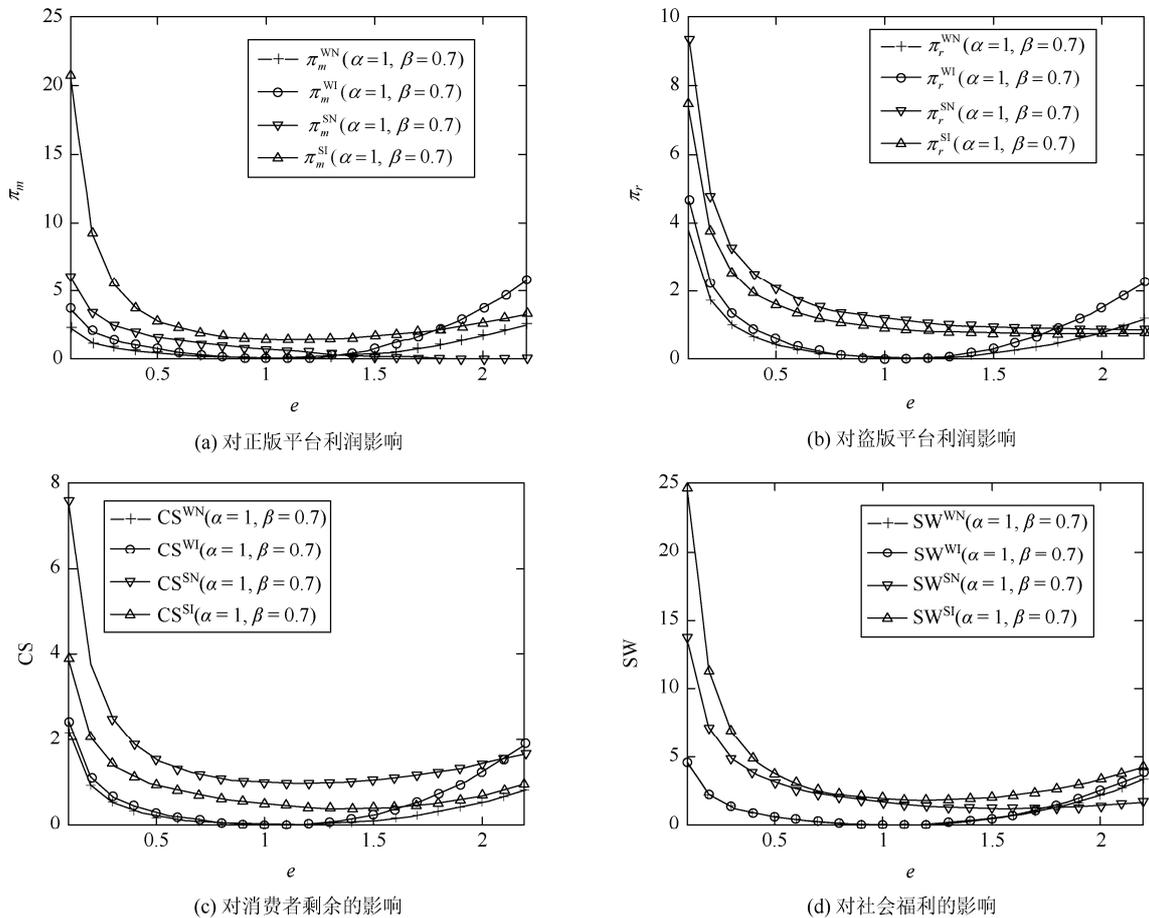


图 10 $\beta=0.7, \alpha=1$ 下不同政策的影响

管和不激励政策，此时会最大限度地降低盗版产品的市场份额，是最理想的政策实施效果；若盗版水平较高，应当采取强监管和激励政策，当质量创新水平较低时，相较于采取强监管和不激励政策会增加盗版产品的市场份额，当质量创新水平较高时，会最大限度地降低盗版产品的市场份额，是最理想的政策实施效果。

综合分析表明，政府以降低盗版产品市场份额为目标制定政策时，通常可能会以损害一定的正版平台利润、消费者剩余和社会福利为代价，政府以社会福利最大化为目标进行政策制定时，通常不能最大限度地降低盗版产品市场份额。

6 结语

本文针对一个包含正版平台和盗版平台的信息产品市场，考虑正版平台质量创新与政府治理盗版的因素，构建了政府分别采取弱监管和不激励政策（WN）、弱监管和激励政策（WI）、强监管和不激励政策（SN）、强监管和激励政策（SI）的博弈模型，研究政府采取不同政策对盗版产品市场份额产生的影响，并借助数值算例进一步分析了正版平台质量创新水平、盗版平台的盗版水平和强监管政策下的惩罚水平这三个重要参数对平台利润、消费者剩余和社会福利的影响，最后根据结论为政府政策制定提出了对策与建议。

主要研究结论为政府需要以正版平台质量创新水平和盗版平台盗版水平的高低为依据制定政策。首先,政府以降低盗版产品市场份额为目标时,政府应当采取强监管政策,面对正版平台质量创新水平较低的情况,采取强监管和不激励政策时应该制定较高的惩罚水平,采取强监管和激励政策时应该制定较低的惩罚水平。面对正版平台质量创新水平较高的情况,采取强监管和不激励政策时应该制定适中的惩罚水平,采取强监管和激励政策时应该制定较低或者较高的惩罚水平。其次,以社会福利最大化为目标时,当盗版水平较低时,政府应该采取弱监管和激励政策;当盗版水平适中时,若质量创新水平较低,政府应该采取强监管和激励政策,若质量创新水平较高,政府应该采取强监管和不激励政策;当盗版水平较高时,应当采取强监管和激励政策。

本文的研究还存在一定的局限性,如本文的研究对象是广义的正版平台,包括图书、小说、音乐、影视等信息产品平台,而没有聚焦于特定的平台,而且本文主要关注政府政策对于产品定价决策的影响,而把正版平台的创新水平以及盗版平台的盗版水平看作外生参数。因此,将来的研究可以从以下两个方面进行扩展:第一,可以根据特定的正版平台特点进行研究;第二,研究政府政策对创新和盗版决策的长期影响。

参 考 文 献

- [1] Matsubayashi N. Price and quality competition: the effect of differentiation and vertical integration[J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 180 (2): 907-921.
- [2] Zhang Z, Nan G F, Tan Y. Cloud services vs. on-premises software: competition under security risk and product customization[J]. *Information Systems Research*, 2020, 31 (3): 848-864.
- [3] 刘志勇, 李敏强, 寇纪淞. 信息产品销售渠道模式选择研究[J]. *系统工程学报*, 2013, 28 (1): 109-118.
- [4] Hu M, Wang Z Z, Feng Y B. Information disclosure and pricing policies for sales of network goods[J]. *Operations Research*, 2020, 68 (4): 1162-1177.
- [5] 马敬佩, 李文立. 盗版威胁下信息产品在线销售模式选择研究[J]. *中国管理科学*, 2022, 30 (5): 216-225.
- [6] Khouja M, Hadzikadic M, Rajagopalan H K, et al. Application of complex adaptive systems to pricing of reproducible information goods[J]. *Decision Support Systems*, 2008, 44 (3): 725-739.
- [7] 张旭梅, 邓流生, 沈娜利, 等. 考虑消费者版权意识差异的信息产品定价策略[J]. *管理评论*, 2012, 24 (8): 128-134.
- [8] Waters J. Welfare implications of piracy with dynamic pricing and heterogeneous consumers[J]. *European Journal of Operational Research*, 2015, 240 (3): 904-911.
- [9] 王春苹, 南国芳, 李敏强, 等. 寡头市场信息产品与服务的最优定价策略[J]. *管理科学学报*, 2016, 19 (3): 92-106.
- [10] 赵映雪, 聂佳佳, 代壮. 存在盗版下网络外部性对信息产品定价的影响[J]. *系统工程理论与实践*, 2017, 37 (3): 620-630.
- [11] Wu S Y, Chen P Y. Versioning and piracy control for digital information goods[J]. *Operations Research*, 2008, 56 (1): 157-172.
- [12] Kim A, Lahiri A, Dey D. The "invisible hand" of piracy: an economic analysis of the information-goods supply chain[J]. *MIS Quarterly*, 2018, 42 (4), 1117-1141.
- [13] Wu D, Nan G F, Li M Q. Optimal piracy control: should a firm implement digital rights management?[J]. *Information Systems Frontiers*, 2020, 22 (4): 947-960.
- [14] 郭强, 汪阳, 聂佳佳. 考虑盗版影响的信息产品更新换代策略研究[J]. *软科学*, 2020, 34 (10): 125-132.
- [15] Nie J J, Zhong L, Li G D, et al. Piracy as an entry deterrence strategy in software market[J]. *European Journal of Operational Research*, 2022, 298 (2): 560-572.
- [16] 邓流生, 张旭梅. 盗版影响下厂商的复制策略与政府监管政策[J]. *科研管理*, 2013, 34 (8): 75-81.

- [17] Dey D, Kim A, Lahiri A. Online piracy and the “longer arm” of enforcement[J]. *Management Science*, 2019, 65 (3): 1173-1190.
- [18] 高鹏, 朱宾欣, 陆玉梅. 存在免费版的信息产品质量选择及政府反盗版监管策略研究[J]. *管理工程学报*, 2021, 35 (3): 130-140.
- [19] Mariani M M, Wamba S. Exploring how consumer goods companies innovate in the digital age: the role of big data analytics companies[J]. *Journal of Business Research*, 2020, 121: 338-352.
- [20] 刘洋, 董久钰, 魏江. 数字创新管理: 理论框架与未来研究[J]. *管理世界*, 2020, 36 (7): 198-217, 219.
- [21] 何琦, 胡斌, 王如意. 平台动态激励、消费采纳与数字内容创新: 基于三方主体演化博弈分析[J]. *运筹与管理*, 2022, 31 (9): 41-48.
- [22] 朱宾欣, 马志强, Williams L. 盗版和网络外部性下基于免费策略的信息产品定价和质量决策研究[J]. *管理评论*, 2021, 33 (9): 143-154.
- [23] 杨双, 郭强, 聂佳佳. 盗版影响下信息产品免费策略: 选择或不选择[J]. *管理工程学报*, 2022, 36 (6): 253-262.
- [24] 邓力, 郑建国, 赵瑞娟. 考虑盗版的双渠道供应链制造商定价及质量信息披露策略[J]. *工业工程与管理*, 2018, 23 (3): 132-139.
- [25] 刘静, 聂佳佳, 袁红平. 盗版率引导下的正版厂商信息产品保护策略研究[J]. *管理工程学报*, 2021, 35 (4): 132-140.
- [26] 郭强, 杨双, 聂佳佳. 盗版影响下信息产品的销售策略选择[J]. *运筹与管理*, 2020, 29 (11): 157-165.
- [27] Lahiri A, Dey D. Effects of piracy on quality of information goods[J]. *Management Science*, 2013, 59 (1): 245-264.

Governmental Supervision and Innovation Incentives for Platforms in the Presence of Goods Piracy

SHI Yifan, LI Changhong, WANG Jialuo

(School of Economics and Management, Shanxi University, Taiyuan 030031, China)

Abstract Based on the issue of information goods piracy, we consider the government’s efforts to crack down on piracy and incentivize platform innovation. We develop a game model involving a piracy platform, an information platform, and the government, and analyze the implications of different policies on piracy and social welfare, to provide references and bases for the government’s policy formulation. We find that when the government aims to reduce pirated goods’ market share, it is the best choice for the government to adopt a strict supervision policy and formulate appropriate incentives and penalties according to the level of quality innovation. When the government aims to maximize social welfare, as the piracy level increases, the optimal policy sequence of government is weak supervision and innovation incentives, strict supervision, and strict supervision and innovation incentives.

Key words Information goods, Piracy, Government supervision, Game theory, Innovation incentives

作者简介

史倚凡 (1999—), 女, 山西大学经济与管理学院硕士研究生, 研究方向为组织生态与创新管理。E-mail: 15513009566@163.com。

李常洪 (1973—), 男, 山西大学经济与管理学院教授、博士生导师, 研究方向为管理信息系统、组织生态管理。E-mail: lch7320@sxu.edu.cn。

王佳洛 (1996—), 男, 山西大学经济与管理学院博士研究生, 研究方向为组织合作与竞争。E-mail: wangjialuo1996@163.com。

附 录

推论 1 证明:

以 p_m^{WN} 为例进行验证, 当 $\beta \in (0,1)$ 时, $\partial p_m^{\text{WN}} / \partial e = (e(\beta-2) + \beta - 1) / (\beta - 2) > 0$, 同理可得出结论: p_m^{WN} 、 p_r^{WN} 、 D_r^{WN} 、 p_m^{WI} 、 p_r^{WI} 、 D_r^{WI} 均与 e 正相关, D_m^{WN} 、 D_m^{WI} 与 e 负相关。以 π_m^{WN} 为例进行验证, $\partial \pi_m^{\text{WN}} / \partial e = A_0 e^2 + B_0 e + C_0 e^{-2} + D_0$ 是关于 e 的函数, 其中 $A_0 > 0$ 、 $B_0 < 0$ 、 $C_0 < 0$ 、 $D_0 < 0$, 故而 $\partial \pi_m^{\text{WN}} / \partial e$ 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上先为负后为正的函数, 同理可得出相关结论。

$$\partial \pi_m^{\text{WN}} / \partial e = \frac{(k + e(2 + e(-2 + \beta) - 2\beta))(-k + e(2 + 3e(-2 + \beta) - 2\beta))}{8e^2(-2 + \beta)(-1 + \beta)}$$

推论 2 证明:

以 p_m^{WN} 为例进行验证, $\partial p_m^{\text{WN}} / \partial \beta = (-2e + k) / (2(-2 + \beta)^2)$, 当 $e < k/2$ 时, $\partial p_m^{\text{WN}} / \partial \beta > 0$, 当 $e > k/2$ 时, $\partial p_m^{\text{WN}} / \partial \beta < 0$ 。同理可得出结论。

推论 3 证明:

当 $\beta \in (0,1)$, $\alpha + \beta < 2$ 时, $8 - 6\beta + \beta^2 > 0$ 且 $4 - 5\beta + \beta^2 > 0$, 显而可以得出结论: $\partial \mu^{\text{WI}} / \partial e = -(2(k\beta + e(4 - 5\beta + \beta^2))) / (e^3(8 - 6\beta + \beta^2)) < 0$, 得到 μ^{WI} 与 e 负相关。 $\partial \mu^{\text{WI}} / \partial \beta = A_1 e^{-1} + B_1 e^{-2} + C_1$ 是关于 e 的函数, 其中 $A_1 < 0$ 、 $B_1 > 0$ 、 $C_1 > 0$, 故而 $\partial \mu^{\text{WI}} / \partial \beta$ 关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上呈现出“U”形, 令 $\partial \mu^{\text{WI}} / \partial \beta = 0$, 可得 $e_0 = 1/2$, $e_1 = (8 - \beta^2) / (4(-2 + \beta)^2)$, 当 $e < e_0$, $\partial \mu^{\text{WI}} / \partial \beta > 0$; 当 $e_0 < e < e_1$, $\partial \mu^{\text{WI}} / \partial \beta < 0$; 当 $e_1 < e$, $\partial \mu^{\text{WI}} / \partial \beta > 0$, 同理可得出结论。

$$\partial \mu^{\text{WI}} / \partial \beta = (-2e(-4 + \beta)^2 + 8e^2(-2 + \beta)^2 - k(-8 + \beta^2)) / (e^2(8 - 6\beta + \beta^2)^2)$$

推论 4 证明:

$\Delta \mu^* = A_0^* e^{-2} + B_0^* e^{-1} + C_0^*$ 是关于 e 的函数, 由于 $\beta \in (0,1)$ 且 $\alpha + \beta < 2$, 得出: $A_0^* < 0, B_0^* < 0$, 令 $\alpha_1 = (-8\beta + 5\beta^2) / 3(-2 + \beta)$, 当 $\alpha < \alpha_1 < 2 - \beta$ 时, $C_0^* < 0$, $\Delta \mu^*$ 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上为负的函数; 当 $0 < \alpha < \alpha_1$ 时, $C_0^* > 0$, $\Delta \mu^*$ 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上先为负后为正的函数, 令 $\Delta \mu^* = 0$ 可得 e_3 , 由此可以得出结论。 $\Delta \mu^* = \mu^{\text{WI}*} - \mu^{\text{SI}*} = A_0^* e^{-2} + B_0^* e^{-1} + C_0^*$; $A_0^* = \frac{2k}{-4 + \beta} - \frac{k}{-2 + \beta} + \frac{k}{-2 + \alpha + \beta} - \frac{2k(\alpha - \beta)}{3\alpha^2 - 6\alpha\beta - (-4 + \beta)\beta}$;

$$B_0^* = \frac{2}{-2 + \beta} + \frac{2(-1 + \alpha)}{-2 + \alpha + \beta};$$

$$C_0^* = -\frac{8}{-4 + \beta} - \frac{4(3\alpha^2 + 2\beta - 5\alpha\beta)}{3\alpha^2 - 6\alpha\beta - (-4 + \beta)\beta}$$

$$e_3 = \frac{M_2 - \sqrt{M_2^2 + kM_1 + 32 + 3\alpha^2\beta + \beta(-72 + (56 - 13\beta)\beta) - 2\alpha(-4 + \beta(6 + \beta))}}{4(-2 + \beta)(-2 + \alpha + \beta)(3\alpha(-2 + \beta) + (8 - 5\beta)\beta)}$$

$$M_1 = 4(-2 + \beta)(-2 + \alpha + \beta)(3\alpha(-2 + \beta) + (8 - 5\beta)\beta)$$

$$M_2 = (-4 + \beta)(-1 + \beta)(-3\alpha^2 + 6\alpha\beta + (-4 + \beta)\beta)$$

推论 5 证明:

推论 5 中的结论见命题 5 和命题 6 的证明过程。

命题 1 证明:

$\Delta p_m^* = A_1^* e^2 + B_1^* e + C_1^*$ 是关于 e 的二次函数, 由于 $\beta \in (0,1)$, 显而 $-8 + 10\beta - 3\beta^2 < 0$ 且 $4 - 5\beta + \beta^2 > 0$, $A_1^* = (-8 + 10\beta - 3\beta^2) / 2(-4 + \beta)(-2 + \beta) < 0$ 且 $B_1^* = (4 - 5\beta + \beta^2) / ((-4 + \beta)(-2 + \beta)) > 0$, 故而 Δp_m^* 是关于 e

在 $(-\infty, +\infty)$ 上先增后减的二次函数, 并且在 $e > 0$ 时, Δp_m^* 先为正后为负。令 $\Delta p_m^* = 0$ 可得 e_4 , 当 $0 < e < e_4$ 时, $p_m^{\text{WN}^*} > p_m^{\text{WI}^*}$ 、 $p_r^{\text{WN}^*} > p_r^{\text{WI}^*}$; 当 $e_4 < e$ 时, $p_m^{\text{WN}^*} < p_m^{\text{WI}^*}$ 、 $p_r^{\text{WN}^*} < p_r^{\text{WI}^*}$ 。又由于 $\Delta p_r^* = \beta \Delta p_m^* / 2$, 可以得知正版产品价格变化幅度大于盗版价格变化幅度。

$$\Delta p_m^* = p_m^{\text{WN}^*} - p_m^{\text{WI}^*} = \frac{k\beta + e^2(-8 + 10\beta - 3\beta^2) + 2e(4 - 5\beta + \beta^2)}{2(-4 + \beta)(-2 + \beta)}$$

$$e_4 = \frac{4 - 5\beta + \beta^2 + \sqrt{-k\beta(-8 + 10\beta - 3\beta^2) + (4 - 5\beta + \beta^2)^2}}{8 - 10\beta + 3\beta^2}$$

$$\Delta p_r^* = p_r^{\text{WN}^*} - p_r^{\text{WI}^*} = \frac{\beta(2e(-4 + \beta)(-1 + \beta) + k\beta - e^2(-2 + \beta)(-4 + 3\beta))}{4(-4 + \beta)(-2 + \beta)}$$

$\Delta D_m^* = A_2^* e^2 + B_2^* e + C_2^*$ 是关于 e 的函数, 可得出 $A_2^* = (-2 + \beta)(-4 + 3\beta) / 4(-4 + \beta)(-1 + \beta) > 0$ 、 $B_2^* = -k\beta / 4(-4 + \beta)(-1 + \beta) < 0$ 且 $C_2^* = -1/2 < 0$, 故而 ΔD_m^* 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上先为负后为正的函数, 令 $\Delta D_m^* = 0$ 可得 e_4 , 可得: 当 $0 < e < e_4$ 时, $D_m^{\text{WN}^*} < D_m^{\text{WI}^*}$, $D_r^{\text{WN}^*} > D_r^{\text{WI}^*}$; 当 $e_4 < e$ 时, $D_m^{\text{WN}^*} > D_m^{\text{WI}^*}$, $D_r^{\text{WN}^*} < D_r^{\text{WI}^*}$ 。由于 $\Delta D_r^* = \Delta D_m^* / (-2 + \beta)$, 当 $0 < e < e_4$ 时, $\Delta D^* > 0$; 当 $e_4 < e$ 时, $\Delta D^* < 0$ 。

$$\Delta D_m^* = D_m^{\text{WN}^*} - D_m^{\text{WI}^*} = -\frac{1}{2} - \frac{k\beta}{4e(-4 + \beta)(-1 + \beta)} + \frac{e(-2 + \beta)(-4 + 3\beta)}{4(-4 + \beta)(-1 + \beta)}; \quad \Delta D_r^* = D_r^{\text{WN}^*} - D_r^{\text{WI}^*} = \frac{\Delta D_m^*}{-2 + \beta};$$

$$\Delta D^* = \left| \Delta D_m^* \right| - \left| \frac{\Delta D_m^*}{-2 + \beta} \right|。$$

命题 2 证明:

Δp_m^{**} 是关于 e 在 $(-\infty, +\infty)$ 上斜率为负的一次函数, 且 $e = 0$ 时, Δp_m^{**} 为负, 故而在 $e > 0$ 时, Δp_m^{**} 为负。 $\Delta p_r^{**} = A_1^{**} e^2 + B_1^{**}$ 是关于 e 的二次函数, 由于 $\beta \in (0, 1)$, $\alpha + \beta - 2 < 0$, 可得出 $A_1^{**} < 0$, $B_1^{**} < 0$, Δp_r^{**} 是关于 e 在 $(-\infty, +\infty)$ 上先增后减的二次函数, 并且在 $e > 0$ 时, Δp_r^{**} 为负, 可以得出结论: $p_m^{\text{WN}^*} < p_m^{\text{SN}^*}$, $p_r^{\text{WN}^*} < p_r^{\text{SN}^*}$ 。并且由 $\Delta p_m^{**} = \Delta p_r^{**} + \alpha e^2 / 4$ 可知, $\Delta p_m^{**} > \Delta p_r^{**}$ 。

$$\Delta p_m^{**} = p_m^{\text{WN}^*} - p_m^{\text{SN}^*} = -\frac{\alpha(k + 2e(1 - \beta))}{2(-2 + \beta)(-2 + \alpha + \beta)}; \quad \Delta p_r^{**} = p_r^{\text{WN}^*} - p_r^{\text{SN}^*} = -\frac{\alpha(k + 2e(1 - \beta))}{2(-2 + \beta)(-2 + \alpha + \beta)} - \frac{\alpha e^2}{4}$$

$\Delta D_r^{**} = A_2^{**} e + B_2^{**} e^{-1} + C_2^{**}$ 是关于 e 的函数, 由于 $\beta \in (0, 1)$, 可得出 $A_2^{**} > 0$ 、 $B_2^{**} > 0$ 且 $C_2^{**} > 0$, 故而 ΔD_r^{**} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上为正的函数, 由此可以得出结论: $D_m^{\text{WN}^*} < D_m^{\text{SN}^*}$, $D_r^{\text{WN}^*} > D_r^{\text{SN}^*}$ 。 $\Delta D^{**} = A_3^{**} e + B_3^{**} e^{-1} + C_3^{**}$, $A_3^{**} > 0$ 、 $B_3^{**} > 0$ 且 $C_3^{**} > 0$, 故而 ΔD^{**} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上为正的函数, 由此可以得出结论: $|\Delta D_m^{**}| > |\Delta D_r^{**}|$, 进而 $D^{\text{WN}} < D^{\text{SN}}$ 。

$$\Delta D_m^{**} = D_m^{\text{WN}^*} - D_m^{\text{SN}^*} = \frac{e\alpha}{4(-1 + \beta)}$$

$$\Delta D_r^{**} = D_r^{\text{WN}^*} - D_r^{\text{SN}^*} = -\frac{e\alpha}{4\beta(-1 + \beta)} + \frac{\alpha(k - 2e(-1 + \beta))}{2e(-2 + \beta)\beta(-2 + \alpha + \beta)}$$

$$\Delta D^{**} = \Delta D_m^{**} - |\Delta D_r^{**}| = e \frac{\alpha}{4\beta} + \frac{k\alpha}{2e(-2 + \beta)\beta(-2 + \alpha + \beta)} - \frac{\alpha(-1 + \beta)}{(-2 + \beta)\beta(-2 + \alpha + \beta)}$$

命题 3 证明:

$\Delta p_m^{***} = A_1^{***} e^2 + B_1^{***} e + C_1^{***}$ 是关于 e 的函数, 由 $\beta \in (0, 1)$, $\alpha + \beta < 2$, 可以计算得出: $\alpha(4 + \alpha) - 6\alpha\beta + \beta^2 > 0$ 且 $3\alpha^2 - 6\alpha\beta - (-4 + \beta)\beta > 0$, 即 $B_1^{***} > 0$, $C_1^{***} > 0$ 。令 $\alpha_2 = (\beta + 2\sqrt{3\beta - 2\beta^2}) / 3$, 当 $0 < \alpha < \alpha_2$ 时, $(3\alpha^2 - 2(2 + \alpha)\beta + 3\beta^2) < 0$, 此时 $A_1^{***} < 0$, Δp_m^{***} 是关于 e 在 $(-\infty, +\infty)$ 上先增后减的二次函数, 并且在

$e > 0$ 时, Δp_m^{***} 先为正后为负; 当 $\alpha_2 < \alpha < 2 - \beta$ 时, $(3\alpha^2 - 2(2 + \alpha)\beta + 3\beta^2) > 0$, 此时 $A_1^{***} > 0$, 此时 Δp_m^{***} 是关于 e 在 $(-\infty, +\infty)$ 上先减后增的二次函数, 并且在 $e > 0$ 时, Δp_r^{***} 恒为正。令 $\Delta p_m^{***} = 0$ 可得 e_5 , 得出结论。并且由于 $\Delta p_r^{***} = (\alpha + \beta)\Delta p_m^{***} / 2$, 故而 $\Delta p_r^{***} < \Delta p_m^{***}$, 并且当 $0 < \alpha < \beta$ 时, $\Delta p_r^{***} < \beta\Delta p_m^{***}$, 当 $\beta < \alpha < 2 - \beta$ 时, $\Delta p_r^{***} > \beta\Delta p_m^{***}$ 。

$$\begin{aligned}\Delta p_m^{***} &= p_m^{\text{SN}^*} - p_m^{\text{SI}^*} = \frac{3\alpha^2 - 2(2 + \alpha)\beta + 3\beta^2}{6\alpha^2 - 12\alpha\beta - 2(-4 + \beta)\beta} e^2 + \frac{-1 + \beta}{-2 + \alpha + \beta} e + \frac{-k(\alpha(4 + \alpha) - 6\alpha\beta + \beta^2)}{2(-2 + \alpha + \beta)(3\alpha^2 + 4\beta - 6\alpha\beta - \beta^2)} \\ \Delta p_r^{***} &= p_r^{\text{SN}^*} - p_r^{\text{SI}^*} = \frac{(\alpha + \beta)(3\alpha^2 - 2\alpha\beta + \beta(-4 + 3\beta))}{4(3\alpha^2 - 6\alpha\beta - (-4 + \beta)\beta)} e^2 + \frac{(-1 + \beta)(\alpha + \beta)}{2(-2 + \alpha + \beta)} e - \frac{k(\alpha + \beta)(\alpha(4 + \alpha) - 6\alpha\beta + \beta^2)}{4(-2 + \alpha + \beta)(3\alpha^2 + 4\beta - 6\alpha\beta - \beta^2)} \\ e_5 &= \frac{R_1 + \sqrt{-4k(\alpha^2 + \alpha(4 - 6\beta) + \beta^2)R_2 + (2(-1 + \beta)R_1)^2}}{2(-3\alpha^3 - \alpha^2(-6 + \beta) - \alpha\beta^2 + \beta(-8 + 10\beta - 3\beta^2))} \\ R_1 &= (-2(-1 + \beta)(-3\alpha^2 + 6\alpha\beta + (-4 + \beta)\beta)) \\ R_2 &= -3\alpha^3 - \alpha^2(-6 + \beta) - \alpha\beta^2 + \beta(-8 + 10\beta - 3\beta^2)\end{aligned}$$

命题 4 证明:

$\Delta D_m^{***} = A_2^{***} e + B_2^{***} e^{-1} + C_2^{***}$ 是关于 e 的函数, 由于 $\beta \in (0, 1)$, 可得出 $B_2^{***} < 0$ 且 $C_2^{***} < 0$, 当 $0 < \alpha < \alpha_2$ 时, $A_2^{***} < 0$, 此时 ΔD_m^{***} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上为负的函数; 当 $\alpha_2 < \alpha < 2 - \beta$ 时, $A_2^{***} > 0$, 此时 ΔD_m^{***} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上先为负后为正的函数, 令 $\Delta D_m^{***} = 0$ 可得 e_5 , 同理可得 ΔD_r^{***} 的正负情况。又由于 $\Delta D_r^{***} = -(\alpha - \beta)\Delta D_m^{***} / (\beta(-2 + \alpha + \beta))$, 可以得出: 当 $\alpha < \beta$ 时, $\Delta D^{***} > 0$; 当 $\beta < \alpha < 2 - \beta$ 时, $\Delta D^{***} < 0$ 。

$$\Delta D^{***} = |\Delta D_m^{***}| - |\Delta D_r^{***}| = |\Delta D_m^{***}| - \left| \frac{-(\alpha - \beta)\Delta D_m^{***}}{\beta(-2 + \alpha + \beta)} \right|$$

$$\begin{aligned}\Delta D_m^{***} &= D_m^{\text{SN}^*} - D_m^{\text{SI}^*} = \frac{e(3\alpha^3 + \alpha^2(-6 + \beta) + \alpha\beta^2 + \beta(8 - 10\beta + 3\beta^2))}{4(-1 + \beta)(-3\alpha^2 + 6\alpha\beta + (-4 + \beta)\beta)} - \frac{k(\alpha^2 + \alpha(4 - 6\beta) + \beta^2)}{4e(-1 + \beta)(-3\alpha^2 + 6\alpha\beta + (-4 + \beta)\beta)} \\ &\quad + \frac{6\alpha^2(-1 + \beta) + 12\alpha\beta - 12\alpha\beta^2 - 2\beta(4 - 5\beta + \beta^2)}{4(-1 + \beta)(-3\alpha^2 + 6\alpha\beta + (-4 + \beta)\beta)} \\ \Delta D_r^{***} &= D_r^{\text{SN}^*} - D_r^{\text{SI}^*} \\ &= (\alpha - \beta)(k(\alpha(4 + \alpha) - 6\alpha\beta + \beta^2) + e(3(2 - e(-2 + \alpha))\alpha^2 - (-8 + 6\alpha(2 + \alpha) \\ &\quad + e(8 + \alpha^2))\beta + (-10 + 10e + 12\alpha - e\alpha)\beta^2 + (2 - 3e)\beta^3)) \\ &\quad \frac{4e(-1 + \beta)\beta(-2 + \alpha + \beta)(-3\alpha^2 + 6\alpha\beta + (-4 + \beta)\beta)}{4e(-1 + \beta)\beta(-2 + \alpha + \beta)(-3\alpha^2 + 6\alpha\beta + (-4 + \beta)\beta)}\end{aligned}$$

命题 5 证明:

$\Delta p_m^{****} = A_1^{****} e^2 + C_1^{****}$ 是关于 e 的函数, 由于 $\beta \in (0, 1), \alpha + \beta < 2$, 可以计算得出: $3\alpha^2 - 6\alpha\beta - (-4 + \beta)\beta > 0$, 令 $\alpha_1 = (-8\beta + 5\beta^2) / (3(-2 + \beta))$, $\alpha_3 = (7\beta - 4) / 3$, 当 $\alpha_1 < \alpha < 2$ 时, $4 + 3\alpha - 7\beta > 0$ 且 $-3\alpha(-2 + \beta) + \beta(-8 + 5\beta) > 0$, 此时 $A_1^{****} > 0$, $C_1^{****} > 0$, Δp_m^{****} 是关于 e 在 $(-\infty, +\infty)$ 上先减后增的二次函数, 并且在 $e > 0$ 时, Δp_m^{****} 恒为正; 当 $\alpha_3 < \alpha < \alpha_1$ 时, $4 + 3\alpha - 7\beta > 0$ 且 $-3\alpha(-2 + \beta) + \beta(-8 + 5\beta) < 0$, 此时 $A_1^{****} < 0, C_1^{****} > 0$, Δp_m^{****} 是关于 e 在 $(-\infty, +\infty)$ 上先增后减的二次函数, 并且在 $e > 0$ 时, Δp_m^{****} 先为正后为负; 当 $0 < \alpha < \alpha_3$ 时, $4 + 3\alpha - 7\beta < 0$ 且 $-3\alpha(-2 + \beta) + \beta(-8 + 5\beta) < 0$, 此时 $A_1^{****} < 0, C_1^{****} < 0$, Δp_m^{****} 是关于 e 在 $(-\infty, +\infty)$ 上先增后减的二次函数, 并且在 $e > 0$ 时, Δp_m^{****} 为负。令 $\alpha_4 = 3\beta^2 / (2 + \beta)$, $\alpha_5 = (2\beta^2 - \beta - 4) / (2\beta - 5)$, 并且 $\alpha_3 < \alpha_4 < \alpha_1 < \alpha_5$, 同理可得 Δp_r^{****} 的正负情况。令 $\Delta p_m^{****} = 0$ 可得 e_6 , 令 $\Delta p_r^{****} = 0$ 可得 e_7 , 且经过分析可得 $e_6 > e_7$, 由此可以得出结论。

$$\Delta p_m^{****} = p_m^{WI*} - p_m^{SI*} = \frac{k\alpha(4+3\alpha-7\beta)}{(-4+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)} + \frac{2e^2\alpha(-3\alpha(-2+\beta)+\beta(-8+5\beta))}{(-4+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)}$$

$$\Delta p_r^{****} = p_r^{WI*} - p_r^{SI*} = \frac{k\alpha(-3\beta^2+\alpha(2+\beta))}{(-4+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)} + \frac{2e^2\alpha\beta(-4+\alpha(5-2\beta)+\beta(-1+2\beta))}{(-4+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)}$$

$$\text{其中, } e_6 = \frac{\sqrt{k}\sqrt{|4+3\alpha-7\beta|}}{\sqrt{|12\alpha-16\beta-6\alpha\beta+10\beta^2|}}, \quad e_7 = \frac{\sqrt{k}\sqrt{|2\alpha+\alpha\beta-3\beta^2|}}{\sqrt{|8\beta-10\alpha\beta+2\beta^2+4\alpha\beta^2-4\beta^3|}}.$$

命题 6 证明:

$\Delta D_m^{****} = A_2^{****} e + B_2^{****} e^{-1}$ 是关于 e 的函数, 由于 $\beta \in (0,1)$, $3\alpha^2 - 6\alpha\beta - (-4+\beta)\beta > 0$, $B_2^{****} < 0$, 令 $\alpha_6 = (-2\beta + \beta^2)/(-3+\beta)$, 当 $\alpha_6 < \alpha < 2$ 时, $A_2^{****} < 0$, 此时 ΔD_m^{****} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上为负的函数; 当 $0 < \alpha < \alpha_6$ 时, $A_2^{****} > 0$, 此时 ΔD_m^{****} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上先为负后为正的函数。同理可得 ΔD_r^{****} 的正负情况, 令 $\Delta D_m^{****} = 0$ 可得 e_8 , 令 $\Delta D_r^{****} = 0$ 可得 e_9 , 由此可以得出产品需求的变化情况。

$$\Delta D_m^{****} = D_m^{WI*} - D_m^{SI*} = -\frac{k\alpha(4+\alpha-3\beta)}{e(-4+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)} - \frac{4e\alpha(3\alpha-(2+\alpha)\beta+\beta^2)}{(-4+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)}$$

$$\Delta D_r^{****} = D_r^{WI*} - D_r^{SI*} = -\frac{2k\alpha(\alpha-2\beta)}{e(-4+\beta)\beta(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)} + \frac{2e\alpha(4+\alpha-3\beta)}{(-4+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)}$$

$$\text{其中, } e_8 = \frac{\sqrt{k}\sqrt{|-4-\alpha+3\beta|}}{\sqrt{|-12\alpha+8\beta+4\alpha\beta-4\beta^2|}}, \quad e_9 = \frac{\sqrt{k}\sqrt{|\alpha-2\beta|}}{\sqrt{|4\beta+\alpha\beta-3\beta^2|}}.$$

令 $\Delta D^{****} = |\Delta D_m^{****}| - |\Delta D_r^{****}|$, $\Delta D^{****} = A_3^{****} e + B_3^{****} e^{-1}$ 是关于 e 的函数, 当 $\Delta D_m^{****} < 0, \Delta D_r^{****} > 0$ 时, 若 $0 < \alpha < \alpha_4$, 此时 $A_3^{****} > 0$, $B_3^{****} > 0$, ΔD^{****} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上为正的函数; 若 $\alpha_4 < \alpha < \alpha_5$, 此时 $A_3^{****} > 0$, $B_3^{****} < 0$, ΔD^{****} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上先为负后为正的函数, 令 $\Delta D^{****} = 0$ 可得 e_7 , 且 $e_9 < e_7$; 若 $\alpha_5 < \alpha < 2 - \beta$, 此时 $A_3^{****} < 0$, $B_3^{****} < 0$, ΔD^{****} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上为负的函数。当 $\Delta D_m^{****} > 0, \Delta D_r^{****} > 0$ 时, 令 $\alpha_7 = (4-7\beta+2\beta^2)/(-7+2\beta)$, $\alpha_8 = (-8\beta+3\beta^2)/(-2+\beta)$, 且 $\alpha_7 < \alpha_6 < 2\beta < \alpha_8$, 若 $0 < \alpha < \alpha_7$, 此时 ΔD^{****} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上为负的函数; 若 $\alpha_7 < \alpha < \alpha_8$, 此时 ΔD^{****} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上先为正后为负的函数, 令 $\Delta D^{****} = 0$ 可得 e_{10} , 且 $e_{10} < e_8$; 若 $\alpha_8 < \alpha < 2 - \beta$, 此时 ΔD^{****} 是关于 e 在 $(0, +\infty)$ 上为正的函数。

$$e_{10} = \frac{\sqrt{k}\sqrt{|-2\alpha+8\beta+\alpha\beta-3\beta^2|}}{\sqrt{|8\beta+14\alpha\beta-14\beta^2-4\alpha\beta^2+4\beta^3|}}$$

在区域(i)中, 当 $\alpha < \alpha_4$, ΔD^{****} 为负; 当 $\alpha_4 < \alpha < \alpha_5$, 若 $e < e_7$, ΔD^{****} 为负, 若 $e > e_7$, ΔD^{****} 为正; 当 $\alpha > \alpha_5$, ΔD^{****} 为负。在区域(ii)中, 当 $0 < \alpha < \alpha_7$ 时, ΔD^{****} 为负; 当 $\alpha_7 < \alpha < \alpha_6$ 时, $e > e_8 > e_{10}$, ΔD^{****} 为负。在区域(iii)中, 当 $2\beta < \alpha < \alpha_8$ 时, $e_{10} > e_9$, 若 $e < e_9$, ΔD^{****} 为负; 当 $\alpha_8 < \alpha < 2 - \beta$ 时, ΔD^{****} 为负。

$$\Delta D^{****} = \begin{cases} \frac{ak(3\beta^2-\alpha(2+\beta))}{e(-4+\beta)\beta(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)} + \frac{2e\alpha(4+\beta-2\beta^2+\alpha(-5+2\beta))}{(-4+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)}, & \Delta D_m^{****} < 0, \Delta D_r^{****} > 0 \\ \frac{k\alpha(\alpha(-2+\beta)+(8-3\beta)\beta)}{e(-4+\beta)\beta(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)} + \frac{2e\alpha(4+\alpha(7-2\beta)-7\beta+2\beta^2)}{(-4+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)}, & \Delta D_m^{****} > 0, \Delta D_r^{****} > 0 \\ -\frac{k\alpha(\alpha(-2+\beta)+(8-3\beta)\beta)}{e(-4+\beta)\beta(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)} - \frac{2e\alpha(4+\alpha(7-2\beta)-7\beta+2\beta^2)}{(-4+\beta)(-3\alpha^2+6\alpha\beta+(-4+\beta)\beta)}, & \Delta D_m^{****} < 0, \Delta D_r^{****} < 0 \end{cases}$$

表 2 与表 3 中均衡解的替代符号如下:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= -3e^4 + 4e^3 + 4e^2, & A_2 &= 2e^2k - 12ek - 8e^2 - 28e^3 + 16e^4, & A_3 &= -28e^4 + 56e^3 - 4e^2k - 12e^2 + 44ek + 5k^2, \\
 A_4 &= 16e^4 - 32e^3 + 16e^2 - 32ek - 20k^2, & A_5 &= -7e^4 + 20e^3 - 12e^2, & A_6 &= 4ek - 6e^2k + 56e^2 - 108e^3 + 40e^4, \\
 A_7 &= -76e^4 + 184e^3 + 28e^2k - 92e^2 - 4ek + k^2, & A_8 &= 48e^4 - 96e^3 - 32e^2k + 48e^2 - 12k^2, & B_1 &= 10e^2 - 10e + k, \\
 B_2 &= 3e^4 - 4e^3 + e^2, & B_3 &= 2ek - 2e^2k - 9e^2 + 28e^3 - 16e^4, & B_4 &= 4e^2k - 10ek + 24e^2 - 56e^3 + 28e^4, \\
 B_5 &= -16e^4 + 32e^3 - 16e^2 + 8ek + 3k^2, & B_6 &= e^4 - 2e^3 + e^2, & B_7 &= -4e^4 + 10e^3 - 5e^2, & B_8 &= 4e^2 - 2e^2k - 8e^3 + 4e^4, \\
 C_1 &= 2\alpha e - 3k - 2e + 2\alpha e^2 - 2e^2, & C_2 &= \alpha^2 e^2 - 2\alpha e^2 - 2\alpha e - 3k\alpha + 4k, & C_3 &= 2e + 3k + 2\alpha e + 2e^2, \\
 C_4 &= \alpha^2 e^2 - 2\alpha e^2 - 2\alpha e + k\alpha - 4k, & C_5 &= 4e^3 - 3e^4 + 4e^2, & C_6 &= 12\alpha e^3 - 8\alpha e^2 - 12ek - 8\alpha e^4 + 2e^2k - 8e^2 - 28e^3 + 16e^4, \\
 C_7 &= C_{71}\alpha^2 + C_{72}\alpha + C_{73}, & C_{71} &= -6e^4 + 12e^3 - 12e^2, & C_{72} &= 6e^2k - 8ek + 48e^2 - 44e^3 + 28e^4, \\
 C_{73} &= 56e^3 - 28e^4 - 4e^2k - 12e^2 + 44ek + 5k^2, & C_8 &= 4e^3\alpha^3 + C_{81}\alpha^2 + C_{82}\alpha + C_{83}, & C_{81} &= 4ek + 6e^2k + 8e^2 - 20e^3 + 8e^4, \\
 C_{82} &= -24e^4 + 32e^3 - 16e^2k - 40e^2 - 8ek + 6k^2, & C_{83} &= 16e^4 - 32e^3 + 16e^2 - 32ek - 20k^2, \\
 C_9 &= e^4\alpha^4 + C_{91}\alpha^3 + C_{92}\alpha^2 + C_{93}\alpha + 16k^2, & C_{91} &= -4e^4 - 4e^3 + 2ke^2, & C_{92} &= 4e^4 + 8e^3 - 12e^2k + 4e^2 - 4ek + k^2, \\
 C_{93} &= 16e^2k + 16ek - 8k^2, & D_1 &= 7e^4 - 20e^3 + 12e^2, & D_2 &= D_{21}\alpha + D_{22}, & D_3 &= D_{31}\alpha^2 + D_{32}\alpha + D_{33}, \\
 D_4 &= D_{41}\alpha^3 + D_{42}\alpha^2 + D_{43}\alpha + D_{44}, & D_{21} &= 16e^4 - 60e^3 + 8e^2, & D_{22} &= 6e^2k - 4ek - 56e^2 + 108e^3 - 40e^4, \\
 D_{31} &= 14e^4 - 28e^3 + 28e^2, & D_{32} &= 24ek + 26e^2k - 48e^2 + 188e^3 - 60e^4, \\
 D_{33} &= 76e^4 - 184e^3 - 28e^2k + 92e^2 + 4ek - k^2, & D_{41} &= 8e^4 + 12e^3, & D_{42} &= 18e^2k - 4ek - 40e^2 + 4e^3 - 32e^4, \\
 D_{43} &= 56e^4 - 128e^3 - 64e^2k + 40e^2 - 40ek - 14k^2, & D_{44} &= -48e^4 + 96e^3 + 32e^2k - 48e^2 + 12k^2, \\
 D_5 &= 3e^4\alpha^4 + D_{51}\alpha^3 + D_{52}\alpha^2 + D_{53}\alpha - 16k^2, \\
 D_{51} &= -12e^4 - 12e^3 - 2ke^2, & D_{52} &= 12e^4 + 24e^3 - 4e^2k + 12e^2 + 4ek - 5k^2, & D_{53} &= 16e^2k + 16ek + 24k^2, \\
 E_1 &= \alpha^2 e^2 - 2\alpha e^2 - 3k\alpha + 2k, & E_2 &= k - 10e + 12\alpha e - \alpha e^2 + 10e^2, & E_3 &= 8e - \alpha^2 e^2 - 6\alpha^2 e - 12\alpha e - 6k\alpha - 8e^2, \\
 E_4 &= 4k\alpha - 3\alpha^3 e^2 + 6\alpha^2 e^2 + 6\alpha^2 e + k\alpha^2, & E_5 &= 6\alpha e - 5e - 2\alpha e^2 + 4e^2, \\
 E_6 &= -\alpha^2 e^2 - 3\alpha^2 e + 4\alpha e^2 - 6\alpha e - 3k\alpha - 4e^2 + 4e + k, & E_7 &= -\alpha^2 e^2 + 2\alpha e^2 - 2k\alpha + 2k, & E_8 &= -3e^4 + 4e^3 - e^2, \\
 E_9 &= 28\alpha e^3 - 12\alpha e^2 - 2ek - 8\alpha e^4 + 2e^2k + 9e^2 - 28e^3 + 16e^4, & F_1 &= F_{11}\alpha^2 + F_{12}\alpha + F_{13}, & F_{11} &= -6e^4 + 12e^3 - 30e^2, \\
 F_{12} &= 60e^2 - 4e^2k - 10ek - 92e^3 + 28e^4, & F_{13} &= 10ek - 4e^2k - 24e^2 + 56e^3 - 28e^4, & F_2 &= F_{21}\alpha^3 + F_{22}\alpha^2 + F_{23}\alpha + F_{24}, \\
 F_{21} &= 36e^2 - 12e^3, & F_{22} &= 8e^4 + 12e^3 + 6e^2 + 18ke, & F_{23} &= -24e^4 + 64e^3 + 12e^2k - 48e^2 + 2ek + 6k^2, \\
 F_{24} &= 16e^4 - 32e^3 + 16e^2 - 8ek - 3k^2, & F_3 &= F_{31}\alpha^4 + F_{32}\alpha^3 + F_{33}\alpha^2 + F_{34}\alpha + 4k^2, & F_{31} &= e^4 - 9e^2, \\
 F_{32} &= 4e^2k - 6ek - 36e^2 + 12e^3 - 4e^4, & F_{33} &= 4e^4 - 24e^3 - 12e^2k + 24e^2 - 18ek + k^2, & F_{34} &= 8ek - 10k^2, \\
 F_4 &= F_{41}\alpha^4 + F_{42}\alpha^3 + 5k^2\alpha^2, & F_{41} &= 9e^2 - 2e^2k, & F_{42} &= 4e^2k + 6ek - 4k^2, & F_5 &= e^4 - 2e^3 + e^2, \\
 F_6 &= e^2(6\alpha + 10e - 12\alpha e + 2\alpha e^2 - 4e^2 - 5), & F_7 &= (F_{71}\alpha^2 + F_{72}\alpha + F_{73})e^2, & F_{71} &= e^2 + 6e - 3, \\
 F_{72} &= -4e^2 + 12e + 6k - 6, & F_{73} &= 4e^2 - 8e - 2k + 4, & F_8 &= F_{81}\alpha^2 + F_{82}\alpha + k^2, & F_{81} &= 3e^2 - 2e^2k - 6e^3, \\
 F_{82} &= -2e^2k - 2k^2
 \end{aligned}$$