

考虑消费者偏好的网络游戏产品动态定价策略

王天宇, 南国芳, 陈 林

(天津大学管理与经济学部, 天津 300072)

摘要: 基于网络外部性特征, 研究了考虑消费者异质偏好情况下的网络游戏厂商利润最大化问题, 构建了网络游戏产品在一定销售周期内的动态定价模型. 首先通过应用庞特里亚金极大值原理对模型进行求解, 得到了数值解和动态最优定价策略; 其次分析了成本系数、网络外部性强度、产品质量等因素对最优价格、游戏玩家数以及总收益的影响. 研究结果表明, 对于低成本、高质量的游戏产品, 厂商应制定高价; 而对于强网络外部性的游戏产品, 厂商应先制定低价后缓慢降价. 同时发现, 降低游戏产品成本, 提高产品质量, 以及产品具有较强的网络外部性都有助于厂商增加总收益.

关键词: 网络游戏产品; 动态定价; 消费者偏好; 极大值原理; 网络外部性

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2019)01-0001-11

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2019.01.001

Dynamic pricing of online games considering consumer preferences

Wang Tianyu, Nan Guofang, Chen Lin

(College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: This paper examines the optimal dynamic pricing of an online games firm facing heterogeneous consumers. The analytical solutions and optimal strategy are first derived by solving the dynamic model with pontryagin maximum principle. Then this paper investigates the impacts of marginal cost, network effects and product quality on the optimal price and profit. The results show that the firm should charge a high price if the marginal operation cost is low or the product quality is high. However, it is more profitable for the firm to charge a low price in the presence of a strong network effect. Furthermore, the result suggests that the online games firm obtains more profits by reducing operation costs, improving product quality and increasing network effects.

Key words: online games; dynamic pricing; consumer preference; maximum principle; network effect

1 引言

随着信息网络技术的飞速发展, 信息产品的生产和销售规模与日俱增^[1]. 网络游戏产品作为网络文化产业的典型代表, 不仅为个人创造了财富, 更对市场经济的发展起到了重要的推动作用. 经过近些年的发展, 网络游戏产业从模式和特点上都进行了革新, 网络游戏的市场规模也有了新的突破. 面对网络游戏市场持续扩大带来的机遇与挑战, 游戏厂商不仅要着眼于产品开发、知识产权以及安全策略等问题, 还应制定更为合理的定价策略, 以保证企业自身的长远发展.

收稿日期: 2016-08-26; 修订日期: 2017-02-27.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71271148; 71471128).

对于网络游戏产品来说,消费者效用受到网络外部性和消费者偏好的共同影响.一方面,当市场上的潜在消费者决定是否购买该产品时,不仅会考虑产品价格,更会考虑该游戏产品是否已经积累了大量的玩家.较大规模的玩家群体说明该游戏产品具有良好的口碑,也说明购买该游戏之后,可以通过网络与已有的玩家沟通交流、相互影响.因此,消费者购买该游戏产品获得的效用随游戏玩家数的增多而增大.外部性理论最早可以追溯到Katz等^[2],在此基础上,Farrell等研究了产品兼容性的问题^[3];Shapiro等研究了网络外部性下的转换成本^[4];李治文等研究了具有网络外部性特征的B2B平台竞争策略问题^[5];王小芳等在对双边平台市场进入的研究中引入了间接网络外部性的因素^[6].另一方面,由于消费习惯、对产品的认知、风险承受能力等具有差异性,对游戏产品的偏好程度有所不同,导致不同消费者对同一游戏产品的支付意愿有所差异.Debo等在研究新产品和再制造品定价策略的过程中,考虑了消费者支付意愿的异质性^[7];Hauser等在研究中提出了一些衡量消费者偏好的方法^[8];现实生活中,基于消费者的异质性偏好,企业可以利用互联网收集和存储信息的便利性,通过分析历史购买记录来采取价格歧视策略.本文将消费者偏好因素引入效用函数,结合网络外部性作用,使问题的描述更具合理.

网络信息产品定价方法一直是国内外学者研究的热点.目前,网络游戏产品定价策略主要包括免费增值法、基于接入时间的固定定价法(包年、包月、包时等)、基于信息消费量的按量定价法以及两种方法相结合的两步收费定价法等.Mo等研究了垄断和寡头市场环境下网络服务的固定定价法和按量定价法^[9];Kang等对网络信息产品的免费定价法进行了探讨^[10];Pang等研究了具有网络外部性的游戏产品捆绑定价策略^[11].动态定价策略可以帮助厂商在整个销售周期实时地对价格进行调整,从而获得更高的经济效益,是一种重要的定价手段,但迄今为止,该方法的应用大多集中在易逝品控制与收益管理^[12-17]、时尚奢侈品^[18]、广告决策^[19]、多产品定价^[20]等领域.事实上,在消费者具有异质偏好的条件下,由于网络游戏产品的外部性特征,游戏玩家数的增长具有一定的动态规律.因此,考虑到定价成本的降低和数据的易采集性,本文研究网络游戏产品的动态定价策略.

鉴于以上研究背景,本文基于最优控制理论,构建了垄断市场下的连续时间动态定价模型,主要探讨以下问题:1)考虑消费者偏好情况下,如何在固定销售周期内对在线网络游戏产品进行动态定价;2)游戏运营成本、网络外部性强度以及游戏产品质量等因素对定价策略和游戏玩家数有何影响;3)在游戏运营成本、网络外部性以及产品质量等因素的共同作用下,如何通过调整参数来增加收益.考虑到消费者对游戏产品的偏好具有异质性,并且具有明显的网络外部性特征,消费者效用受自身偏好、网络规模、产品质量、价格等因素的共同影响.模型中假设消费者对游戏产品偏好异质且服从连续均匀分布,但对网络外部性效应同质.另外,网络外部性效应假设为游戏玩家数的线性函数.通过应用庞特里亚金极大值原理对模型进行求解,得到了网络游戏产品价格的最优解,并根据解析和数值结果对成本系数、外部性强度和产品质量等因素对最优价格、游戏玩家数以及总收益的影响进行了讨论.

本文给出了固定周期内游戏厂商应制定的动态最优价格表达式,结果表明,在同等条件下,对于低成本高质量的游戏产品,游戏厂商应制定高价;对于网络外部性强的产品,应先制定低价后缓慢降价.另外,为了提高总收益,游戏厂商应采取科技创新方法降低成本,同时提高产品质量.研究结果为在线网络游戏厂商准确把握消费者偏好、合理营销进而增加收益提供了参考.

2 网络游戏产品动态定价模型及分析

本文考虑垄断市场下,在线网络游戏产品在 $[0, T]$ (T 为已知常数)时间范围内的最优定价问题.在该计划周期内的任意时段,游戏厂商可以通过对游戏定价作出决策来实现收益最大化.根据以往文献研究^[21,22],假设消费者类型由 $x \in [-M, 1]$ 表示, x 越大,则该消费者对产品的偏好程度越大,其中 M 为充分大正数.消费者净效用取决于产品质量、网络外部性效应以及产品价格等因素,简单起见,本文假设网络外部性效应与用户规模为线性关系^[21,22].因此,类型为 x 的消费者购买该在线网络游戏产品获得的效用可以表示为 $U(x) = xs + \gamma n - p$,其中 s 表示产品质量, $\gamma \in [0, 1]$ 表示网络外部性强度系数, n 表示游戏玩家数, p 表示产品价格.

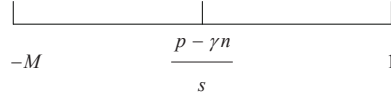


图1 消费者偏好分布

Fig. 1 Distribution of consumer preference

对于消费者来说, 只有当 $U(x) > 0$ 时才有意愿购买该产品, 即 $x > \frac{p - \gamma n}{s}$. 因此, 只有类型处于 $\left(\frac{p - \gamma n}{s}, 1\right]$ 区间的潜在消费者才有可能购买该产品(如图1). 根据以往研究^[23,24], 该产品的单位时间购买率为 $\alpha \in (0, 1]$, 表示潜在消费者成为游戏新玩家速度. 在 $[t, t + \Delta t]$ 时间范围内, 由于时段长度为 Δt , 该时段购买游戏产品的新玩家数为 $\alpha \Delta t \left(1 - \frac{p - \gamma n}{s} - n\right)$. 因此, 在 $t + \Delta t$ 时刻的游戏玩家数可表示为

$$n(t + \Delta t) = n(t) + \alpha \Delta t \left[1 - \frac{p(t) - \gamma n(t)}{s} - n(t)\right], \quad (1)$$

式(1)也可表示为

$$\frac{n(t + \Delta t) - n(t)}{\Delta t} = \alpha \left[1 - \frac{p(t) - \gamma n(t)}{s} - n(t)\right]. \quad (2)$$

消费者在线购买游戏产品, 游戏厂商可以实时地调整产品价格. 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 式(2)可化为 $n(t)$ 的微分形式, 即模型的状态方程, 用来表示游戏玩家数的增长过程

$$\dot{n} = \alpha \left[1 - \frac{1}{s}p + \left(\frac{\gamma}{s} - 1\right)n\right]. \quad (3)$$

游戏厂商为提供游戏产品需要一定的运营成本, 该成本随游戏玩家数增多而增大. 为便于对模型进行求解, 本文将其看成关于游戏玩家数的线性函数 cn , 其中 $c \in (0, 1]$ 表示成本系数^[25,26]. 考虑到计划周期长度, 引入折现率 r 以保证收益函数收敛. 垄断市场下在线网络游戏价格的最优控制模型如下

$$\text{Max}_{p(\cdot)} J = \int_0^T e^{-rt} \{[p(t) - c] \dot{n}(t)\} dt, \quad (4)$$

$$\text{s.t. } \dot{n}(t) = \alpha \left[1 - \frac{1}{s}p(t) + \left(\frac{\gamma}{s} - 1\right)n(t)\right], \quad (5)$$

$$n(0) = n_0, \quad (6)$$

$$n(t) \geq 0. \quad (7)$$

首先讨论状态变量 $n(t)$ 的非负约束条件. 根据模型结构, 参数 α, s, γ, n_0 对状态变量 $n(t)$ 有正影响, 而参数 c 对状态变量 $n(t)$ 有负影响. 为使 $n(t)$ 接近边界值 0, 考虑在取值范围内, 正影响参数 α, s, γ, n_0 充分小 ($\alpha = 0.0001, s = 1, \gamma = 0, n_0 = 0$), 负影响参数 c 充分大 ($c = 0.9999$). 图2表示该极端情况下的数值曲线, 由图2(a)可知, 状态变量 $n(t)$ 处于边界值 0. 实际中这种极端情况很难实现, 因此 $n(t)$ 恒为正, 为方便后面的求解, 状态变量 $n(t)$ 的非负约束条件可忽略.

应用庞特里亚金极大值原理对模型进行求解. 该模型的哈密顿函数为

$$H = e^{-rt} [p(t) - c] \dot{n}(t) + \lambda(t) \alpha \left[1 - \frac{p(t)}{s} + \left(\frac{\gamma}{s} - 1\right)n(t)\right], \quad (8)$$

其中 $\lambda(t)$ 表示状态变量 $n(t)$ 的影子价格, 反映了游戏玩家数单位时间增量对哈密顿函数增量的贡献.

在极大值原理中, 要求哈密顿函数 H 关于 $n(t)$ 和 $p(t)$ 可微. 由于该模型中存在折现因子, 增大了求导的复杂性. 为解决这一困难, 现引入一个新的拉格朗日乘子 $m(t) \equiv \lambda(t) e^{rt}$, 即现值拉格朗日乘子. 现值哈密顿函数可表示为

$$H_c = H e^{rt} = \alpha [p(t) - c + m(t)] \left[1 - \frac{p(t)}{s} + \left(\frac{\gamma}{s} - 1\right)n(t)\right], \quad (9)$$

同时,沿最优轨线满足正则方程,伴随变量终值满足横截条件

$$\begin{aligned} \dot{m}(t) &= -\frac{\partial H_c}{\partial n} + rm(t) = \alpha [c - p(t) - m(t)] \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) + rm(t), \\ m(T) &= 0. \end{aligned} \quad (10)$$

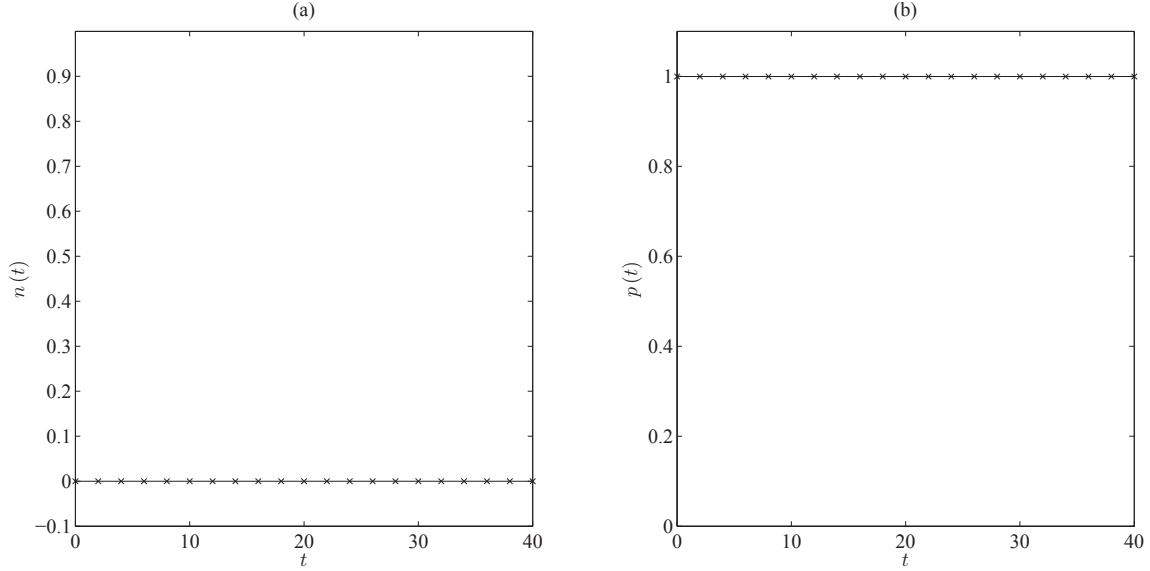


图2 极端参数下的游戏玩家数和最优价格

Fig. 2 Number of game players and optimal price under limit parameters

根据哈密顿函数取极值的必要条件,有

$$\frac{\partial H_c}{\partial p} = \alpha \left[\left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) n(t) - \frac{2}{s} p(t) - \frac{1}{s} m(t) + \left(\frac{c}{s} + 1 \right) \right] = 0, \quad (11)$$

可得最优价格轨线的一个候选解

$$p^*(t) = \frac{(\gamma - s)n(t) - m(t) + (c + s)}{2}, \quad (12)$$

检验二阶条件,即

$$\frac{\partial^2 H_c}{\partial p^2} = -\frac{2\alpha}{s} \leq 0 \quad (13)$$

所以式(12)给出了在 $p^*(t)$ 处取最大值的条件.将式(12)代入式(5)和式(10)中,得到一阶线性微分方程组

$$\dot{n}(t) = \frac{\alpha}{2} \left[\left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) n(t) + \frac{1}{s} m(t) + \left(1 - \frac{c}{s} \right) \right], \quad (14)$$

$$\dot{m}(t) = -\frac{\alpha s}{2} \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right)^2 n(t) + \left[r - \frac{\alpha}{2} \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) \right] m(t) + \frac{\alpha(c-s)}{2} \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right), \quad (15)$$

其中边界条件为 $n(0) = n_0, m(T) = 0$.

通过求解该一阶线性微分方程组,可以得到 $n(t), p(t)$ 和 $m(t)$ 的解析解,求解过程见附录.

命题1 垄断市场下,在线网络游戏厂商的最优定价策略是时变的,游戏玩家数和最优价格随时间变化的规律可分别由式(16)和式(17)表示如下

$$n^*(t) = \left[n_0 - \frac{c-s}{\gamma-s} \right] e^{\frac{\alpha}{2}t} \left[e^{\frac{\Delta}{2}t} + \frac{2 \sinh\left(\frac{\Delta}{2}t\right)}{\frac{r-\alpha\left(\frac{\gamma}{s}-1\right)-\Delta}{r-\alpha\left(\frac{\gamma}{s}-1\right)+\Delta} e^{-\Delta T} - 1} \right] + \frac{c-s}{\gamma-s}, \quad (16)$$

$$p^*(t) = \frac{s}{2\alpha} \left[n_0 - \frac{c-s}{\gamma-s} \right] e^{\frac{\gamma}{2}t} \left\{ \left[2\alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - (r + \Delta) \right] e^{\frac{\Delta}{2}t} + \frac{[2\alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - r] 2 \sinh \left(\frac{\Delta}{2}t \right) - \Delta 2 \cosh \left(\frac{\Delta}{2}t \right)}{e^{-\Delta T} [r - \alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - \Delta] / [r - \alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) + \Delta] - 1} \right\} + c, \quad (17)$$

其中 $\Delta = \sqrt{r^2 - 2r\alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right)}$.

命题2 网络游戏厂商为保证游戏运营需要支付的成本系数越大, 游戏玩家数越少.

证明 根据状态轨线表达式 $n^*(t)$ 可得

$$\frac{\partial n^*(t)}{\partial c} = \frac{1}{s-\gamma} \left\{ e^{\frac{\gamma}{2}t} \left[e^{\frac{\Delta}{2}t} + \frac{2 \sinh \left(\frac{\Delta}{2}t \right)}{\frac{r-\alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - \Delta}{r-\alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) + \Delta} e^{-\Delta T} - 1 \right] - 1 \right\}, \quad (18)$$

对时间 t 求偏导, 为方便表达, 将 $r - \alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - \Delta$ 记为 g , 将 $r - \alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) + \Delta$ 记为 f , 于是有

$$\frac{\partial^2 n^*(t)}{\partial c \partial t} = \frac{e^{\frac{\gamma}{2}t}}{2(s-\gamma)} \left[\frac{(r+\Delta) e^{\frac{\Delta}{2}t} \left(\frac{g}{f} e^{-\Delta T} \right) + (\Delta-r) e^{-\frac{\Delta}{2}t}}{\frac{g}{f} e^{-\Delta T} - 1} \right]. \quad (19)$$

不难发现, $0 \leq \frac{g}{f} \leq 1$, 且 $\Delta \geq r$, 因此可以得到上式右侧恒小于等于0, 即 $\frac{\partial^2 n^*(t)}{\partial c \partial t} \leq 0$. 而 $\frac{\partial n^*(0)}{\partial c} = 0$, 于是在 $t \in [0, T]$ 范围内恒有 $\frac{\partial n^*(t)}{\partial c} \leq 0$, 即在 $t \in [0, T]$ 时间范围内, 游戏玩家数 $n(t)$ 随成本系数 c 单调递减. 证毕.

命题3 网络游戏厂商为保证游戏运营需要支付的成本系数越大, 游戏最优价格越高.

证明 根据控制轨线表达式 $p^*(t)$, 可以得到

$$\frac{\partial p^*(t)}{\partial c} = \frac{s}{2\alpha(s-\gamma)} e^{\frac{\gamma}{2}t} \left\{ \left[2\alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - (r + \Delta) \right] e^{\frac{\Delta}{2}t} + \frac{[2\alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - r] 2 \sinh \left(\frac{\Delta}{2}t \right) - \Delta 2 \cosh \left(\frac{\Delta}{2}t \right)}{e^{-\Delta T} [r - \alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - \Delta] / [r - \alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) + \Delta] - 1} \right\} + 1, \quad (20)$$

对时间 t 求偏导, 于是有

$$\frac{\partial^2 p^*(t)}{\partial c \partial t} = \frac{se^{\frac{\gamma}{2}t}}{4\alpha(s-\gamma) \left[\frac{g}{f} e^{-\Delta T} - 1 \right]} \left\{ (r+\Delta) \left[\frac{g}{f} e^{-\Delta T} \right] \left[2\alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - (r + \Delta) \right] e^{\frac{\Delta}{2}t} - (r-\Delta) \left[2\alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - (r - \Delta) \right] e^{-\frac{\Delta}{2}t} \right\}. \quad (21)$$

根据前面的证明可以看出, 大括号中的第一项恒小于等于0, 第二项恒大于等于0, 因此得到上式恒大于等于0, 即 $\frac{\partial^2 p^*(t)}{\partial c \partial t} \geq 0$. 而在 t 时刻, 有

$$\frac{\partial p^*(0)}{\partial c} = \frac{1}{2\alpha(s-\gamma)} \left[\frac{(\Delta - \delta) + (\Delta + \delta) \frac{g}{f} e^{-\Delta T}}{1 - \frac{g}{f} e^{-\Delta T}} \right]. \quad (22)$$

不难看出, $\frac{\partial p^*(0)}{\partial c} \geq 0$. 于是在 $t \in [0, T]$ 范围内, 恒有 $\frac{\partial p^*(t)}{\partial c} \geq 0$, 即在 $t \in [0, T]$ 时间范围内, 游戏厂商制定的最优价格 $p(t)$ 随成本系数单调递增. 证毕.

命题1给出了垄断市场下游戏厂商为实现收益最大化应遵循的最优价格轨线. 游戏厂商应具有价格调整

的灵活性, 以保证能够根据最优价格表达式实时调整其游戏产品的价格. 同时, 命题1也描绘了游戏玩家数随时间的变化过程, 厂商可以据此制定合理的硬件设施扩张计划, 以满足相应规模的运营需要. 命题2和命题3给出了运营成本系数对游戏玩家数和最优价格的影响, 结果表明, 在网络外部性的作用下, 为了增加游戏玩家数进而形成正反馈作用, 游戏厂商应尽量降低游戏运营成本.

3 数值模拟

本节通过数值方法研究网络外部性、产品质量以及边际成本等参数对在线网络游戏最优价格以及总收益的影响. 根据以往相关文献, 网络外部性参数满足 $\gamma \in [0, 1]$, 为保证模型可解性, 产品质量参数经标准化后应满足 $s \geq 1$; 为描述厂商从初始时刻到其市场占有率趋于稳定之间的完整销售过程, 固定销售周期 T 选取较大值. 因此, 结合模型假设和实际情况, 基准参数设置为 $T = 40$, $\alpha = 0.3$, $s = 2$, $\gamma = 0.3$, $c = 0.4$, $r = 0.3$, $n_0 = 0.0001$, 通过在合理范围内改变某一参数来得到相应的数值曲线, 从而能够全面地反映出参数变化对结果的影响.

3.1 参数对游戏玩家数和最优价格的影响

图3表示成本系数 c 对游戏玩家数和最优价格的影响.

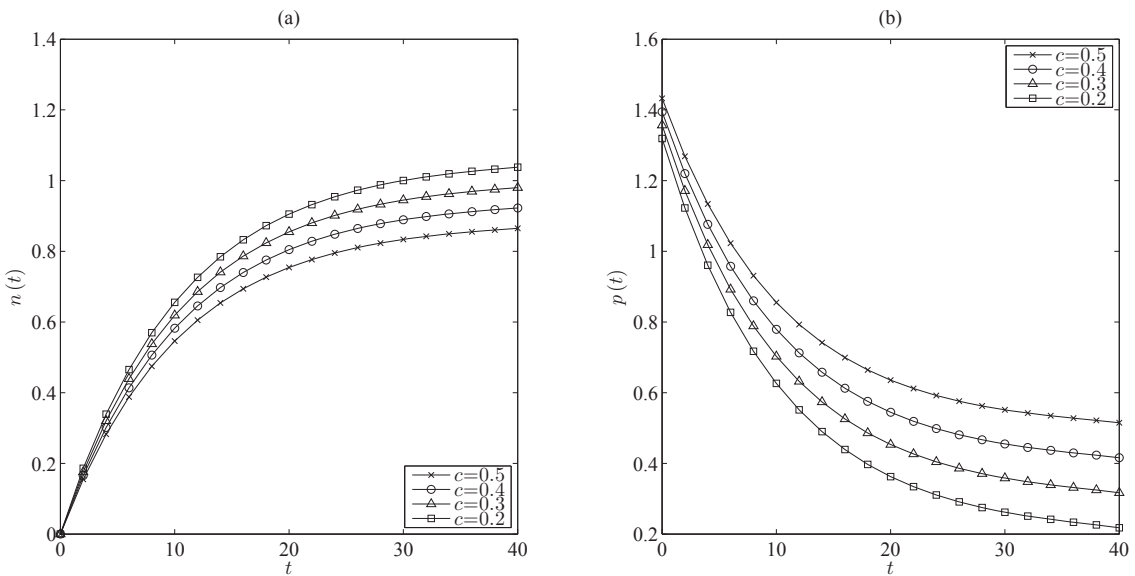


图3 成本系数 c 对游戏玩家数和最优价格的影响

Fig. 3 Impact of cost coefficient c on number of game players and optimal price

成本系数分别为 $c = 0.2$, $c = 0.3$, $c = 0.4$, $c = 0.5$, 观察可知, 随时间推移, 游戏玩家数逐渐增多, 而增长幅度逐渐缩小, 最终玩家数趋于稳定. 游戏玩家数增长的过程中, 厂商需要支付更高的游戏运营成本. 成本系数越大, 厂商为新玩家支付的边际成本越高. 为保证自身的边际收益, 厂商对新玩家收取较高的费用, 进而导致游戏玩家数相对较少. 该结论与上一节中命题2和命题3相一致. 在实际情况中, 当厂商具有低成本优势时, 即使制定较低的初始价格也能保证收益为正, 因此, 为了尽快积累游戏玩家数, 进而通过其网络外部性吸引更多的玩家, 厂商应采取低价策略.

图4表示产品质量 s 对游戏玩家数和最优价格的影响. 产品质量分别为 $s = 1$, $s = 1.5$, $s = 2$, $s = 2.5$, 观察可知, 产品质量越高, 游戏玩家数越多, 厂商制定的价格也越高. 显然, 由于消费者效用与产品质量正相关, 潜在消费者更愿意选择高质量的游戏产品. 当其他条件不变时, 高质量的游戏产品吸引了大量的游戏玩家, 同时, 由于网络外部性的存在, 较大的网络规模使得该产品对市场上的潜在消费者产生更大的吸引力, 游戏

玩家数最终稳定在较多的数量. 由于产品质量的提高增加了消费者效用, 厂商即使提高价格也不会使潜在消费者数量减少. 因此, 对于质量较高的游戏产品, 游戏厂商可以通过制定高价来增加收益, 但另一方面, 由于潜在市场规模快速减小, 可能购买游戏产品的消费者数量减少, 并且市场上剩余的消费者对该产品的偏好类型较低, 为吸引这部分消费者, 厂商应加大降价力度直至价格降至成本水平.

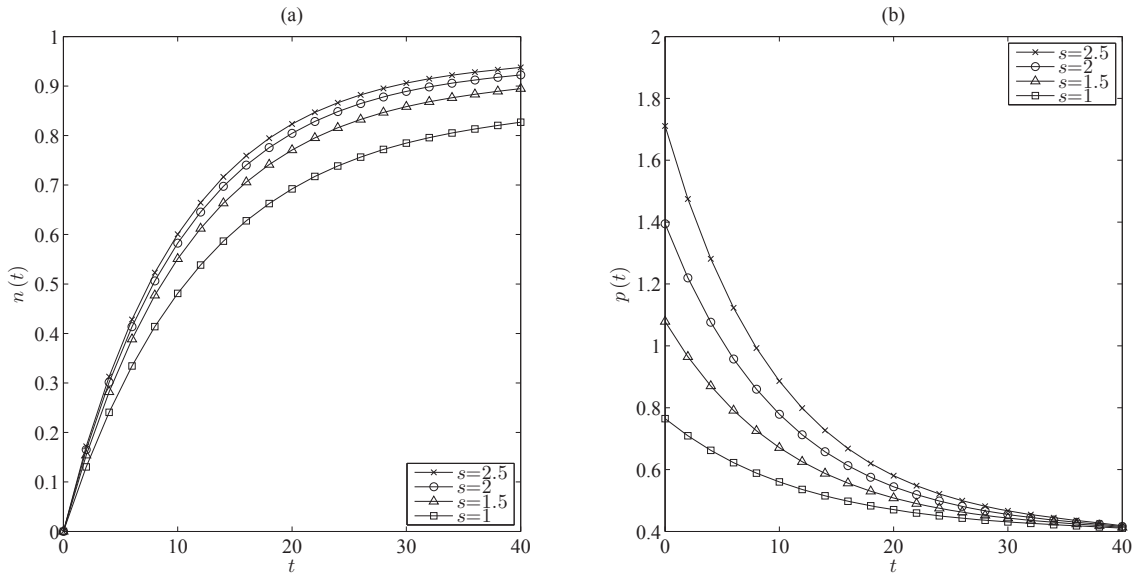


图 4 产品质量 s 对游戏玩家数和最优价格的影响

Fig. 4 Impact of product quality s on number of game players and optimal price

图5表示网络外部性系数 γ 对游戏玩家数和最优价格的影响.

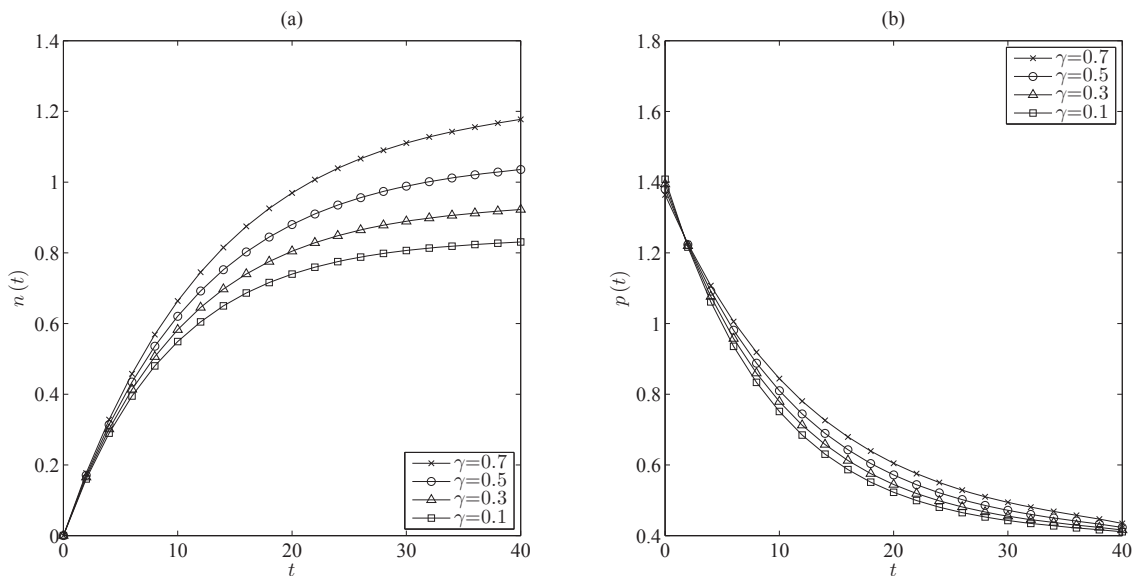


图 5 网络外部性系数 γ 对游戏玩家数和最优价格的影响

Fig. 5 Impact of network effects coefficient γ on number of game players and optimal price

网络外部性系数分别为 $\gamma = 0.1, \gamma = 0.3, \gamma = 0.5, \gamma = 0.7$, 观察图5(a)可知, 网络外部性系数 γ 越大, 游戏玩家数增长得越快, 最终游戏玩家数保持在较大规模. 这是因为, 对于同样条件下的网络游戏产品, 网

络外部性作用越强烈,该产品对潜在消费者的吸引力就越大,有更多的潜在消费者愿意购买该产品,导致游戏玩家数快速增长,并且最终稳定在较大数量. 观察图5(b)可知,当游戏产品的网络外部性较强时,在销售初始阶段,游戏厂商制定的最优价格略低,但在整个销售阶段降价速度较慢,随后价格相对于低外部性产品偏高. 这是因为,对于网络外部性作用强烈的游戏产品来说,厂商在初始阶段应通过低价吸引大批消费者,以便形成正反馈,在未来阶段发挥外部性优势. 随着游戏玩家数快速增长,该游戏产品对潜在消费者已经具有较大吸引力,厂商可以通过减小降价速度来保证收益.

另外,通过观察图3、图4、图5可知,虽然游戏玩家数随着时间逐渐增多,但由于“饱和效应”的存在,最终会稳定在某一状态,并且在这种状态下市场并未被全部占领. 这是因为,即使游戏产品存在着网络外部性,市场上总会存在一部分对该游戏产品偏好非常低的消费者,对于这部分消费者,仅仅依靠产品的高质量、强烈的网络外部性以及大量的游戏玩家数,不足以吸引他们购买该游戏产品,游戏厂商只能通过降低价格来将其转化成新玩家. 但是,由于存在着非零的成本,游戏厂商不会持续降低价格. 当价格降至成本水平时,为保证利润为正,游戏厂商不会继续降价,而是选择放弃市场上剩余的偏好极低的消费者. 因此,即使在垄断市场下,游戏厂商也不会完全占有市场. 在实际情况下,如果游戏产品的玩家数已经达到稳定状态,厂商便无法通过降价来吸引更多玩家,此时厂商只能通过技术手段降低游戏产品的成本或者提高产品的质量来进一步增加收益.

3.2 参数对总收益的影响

图6表示成本系数 c 对总收益的影响. 观察可知,游戏厂商在整个销售周期的总收益随成本系数增大而减小,并且这种规律不受网络外部性系数大小的影响. 这是因为,当游戏产品的成本系数较大时,为保证收益为正,游戏厂商需要适当提高游戏价格. 在其他条件不变的情况下,由于消费者效用与价格负相关,价格提高导致购买游戏的消费者减少,而单位消费者利润几乎不变,于是导致总收益下降. 因此,对于游戏厂商来说,应尽可能采取创新技术手段,优化游戏开发过程、降低运营服务成本以增加收益.

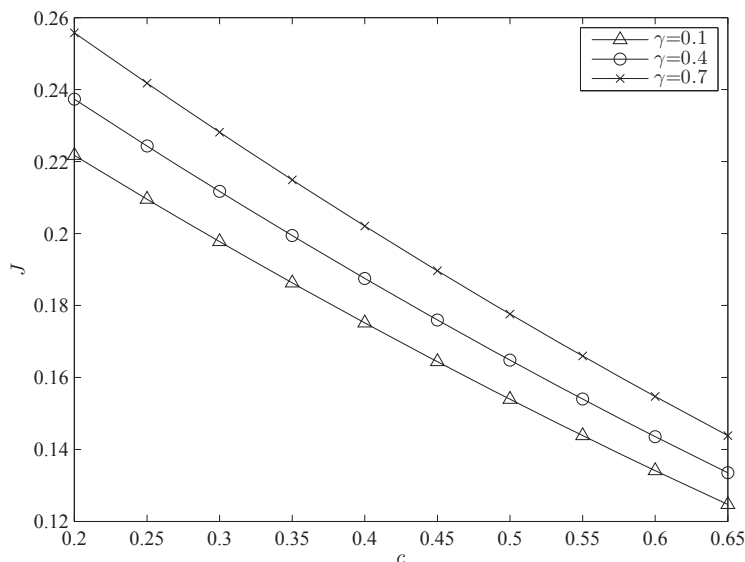
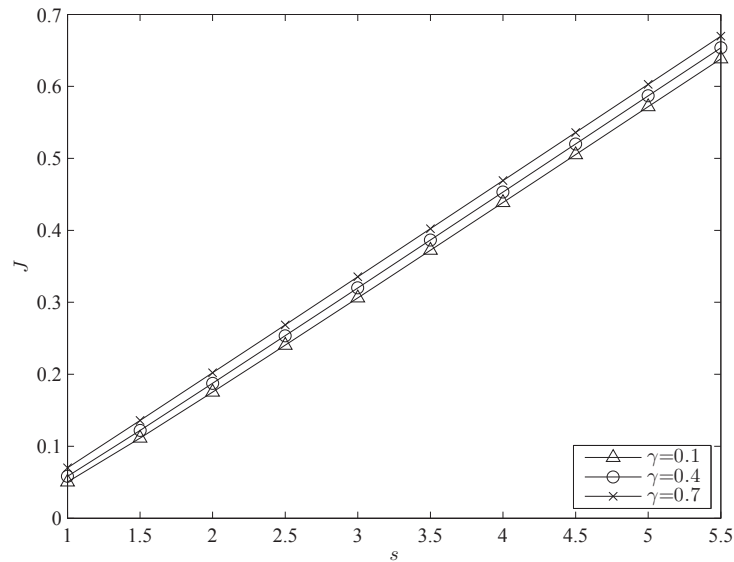
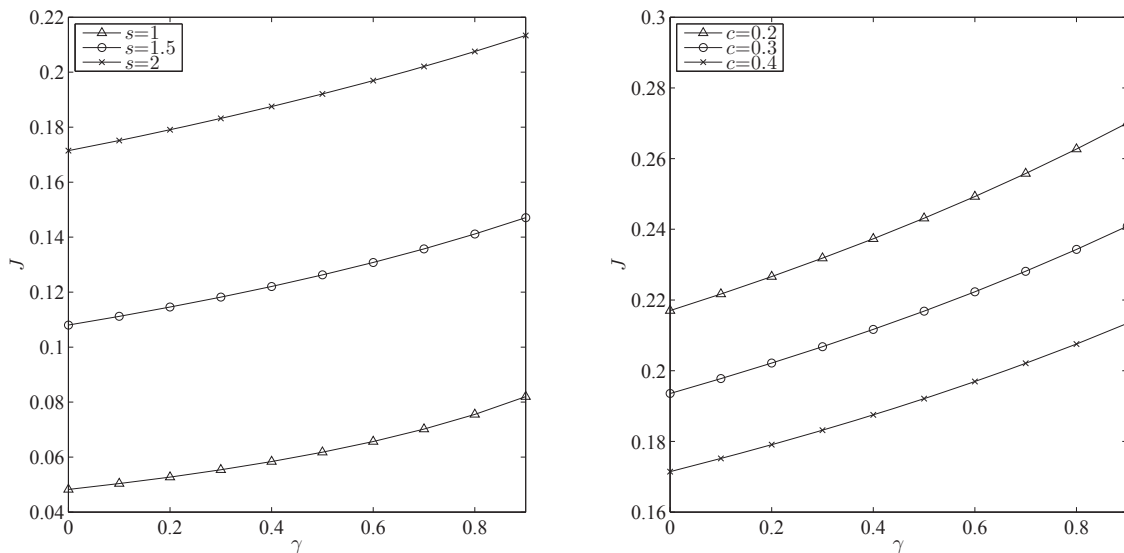


图6 成本系数 c 对总收益的影响

Fig. 6 Impact of cost coefficient c on total profit

图7表示产品质量 s 对总收益的影响. 观察可知,产品质量越高,游戏厂商在整个销售周期的总收益越大,并且这种规律不受网络外部性系数大小的影响. 显然,在同样条件下,消费者为获得更优质的游戏体验,倾向于购买高质量的游戏产品,即消费者效用与产品质量正相关. 当游戏厂商提供较高质量的产品时,一方面有更多的潜在消费者成为游戏玩家,另一方面厂商可以提高游戏产品的价格,导致总收益增加. 因此,为获得更多收益,游戏厂商应采取手段来提高其产品质量,如提高创新能力、增加游戏道具种类、开发新版本游戏等.

图8表示网络外部性系数 γ 对总收益的影响. 观察可知, 游戏厂商在整个销售周期的总收益随网络外部性系数增大而增大, 并且这种规律不受成本系数和产品质量因素的影响. 这是因为, 当网络外部性系数较大时, 虽然最优价格在销售初始阶段较低, 但降价速度较慢, 很快便高于同样条件下外部性系数较小时的价格, 而在整个销售过程中, 游戏玩家数和其增长速度都较高, 于是厂商能够获得较大的收益. 因此, 当游戏产品具有较为明显的网络外部性特征时, 厂商应根据所处的销售阶段和游戏玩家数实时地调整游戏产品的价格, 以便充分发挥网络外部性的积极作用.

图 7 产品质量 s 对总收益的影响Fig. 7 Impact of product quality s on total profit图 8 网络外部性系数 γ 对总收益的影响Fig. 8 Impact of network effects coefficient γ on total profit

4 结束语

在考虑消费者偏好异质的条件下, 本文构建了垄断市场在线网络游戏产品定价的最优控制模型, 研究了

一定销售周期内在线网络游戏产品的动态定价问题. 模型中, 玩家效用是关于其自身偏好和游戏玩家数的线性函数, 玩家增长率受潜在市场规模的影响. 利用庞特里亚金极大值原理, 求得了令游戏厂商实现收益最大化的最优价格及相应的游戏玩家数. 同时, 通过解析解和数值解相结合的方式, 讨论了网络外部性、产品质量以及成本系数等因素对在线网络游戏最优价格以及总收益的影响. 结果表明, 在动态定价策略下, 游戏产品玩家数随着时间逐渐增多, 且在市场达到饱和状态前趋于稳定, 即垄断市场下游戏厂商并不能完全占有市场; 同时, 游戏产品的最优价格随时间降至成本水平. 在其他条件相同时, 游戏厂商应该对低成本高质量的产品制定高价、对强外部性产品先定低价后缓慢降价. 另外, 通过科技创新方法降低成本、提高产品质量, 如优化游戏开发过程、丰富游戏内容等, 是游戏厂商提高总收益的重要手段. 本文结论为游戏厂商以及其他类似的网络信息产品开发商制定更具优势的价格策略进而增加收益提供了重要的参考依据. 在未来工作中, 可引入更多收益影响因素, 或将背景由垄断延伸到竞争市场, 将游戏平台由单边扩展为双边, 使问题得到更加深入的探索.

参考文献:

- [1] 刘志勇, 李敏强, 寇纪淞. 信息产品销售渠道模式选择研究. 系统工程学报, 2013, 28(1): 109–118.
Liu Z Y, Li M Q, Kou J S. Research on selecting the sale channel model of the information goods. Journal of Systems Engineering, 2013, 28(1): 109–118. (in Chinese)
- [2] Katz M L, Shapiro C. Network externalities, competition and compatibility. American Economic Review, 1985, 75(3): 424–440.
- [3] Farrell J, Saloner G. Installed base and compatibility: Innovation, product preannouncements, and predation. American Economic Review, 1986, 76(5): 940–955.
- [4] Shapiro C, Varian H R. Information rules: A strategic guide to the network economy. Competition and Regulation in Network Industries, 1999, 25(1): 441–443.
- [5] 李治文, 仲伟俊, 熊 强. B2B平台间接网络外部性维度及竞争策略分析. 系统工程学报, 2014, 29(4): 550–559.
Li Z W, Zhong W J, Xiong Q. Analysis on the dimension of indirect network effect on B2B platform and platform competition strategy. Journal of Systems Engineering, 2014, 29(4): 550–559. (in Chinese)
- [6] 王小芳, 纪汉霖. 用户基础与拥挤效应及双边平台的市场进入. 系统工程学报, 2015, 30(4): 466–475.
Wang X F, Ji H L. Installed base and congestion effect and platform entry in two-sided markets. Journal of Systems Engineering, 2015, 30(4): 466–475. (in Chinese)
- [7] Debo L G, Toktay L B, Van Wassenhove L N. Market segmentation and product technology selection for remanufacturable products. Management Science, 2005, 51(8): 1193–1205.
- [8] Hauser J R, Shugan S M. Intensity measures of consumer preference. Operations Research, 1979, 28(2): 278–320.
- [9] Mo J, Kim W, Park H. Internet service pricing: flat or volume. Journal of Network and Systems Management, 2013, 21(2): 298–325.
- [10] Kang B L, Yu S, Kim S J. Analysis of pricing strategies for e-business companies providing information goods and services. Computers and Industrial Engineering, 2006, 51(1): 72–78.
- [11] Pang M S, Etzion H. Analyzing pricing strategies for online services with network effects. Information Systems Research, 2011, 34(4): 1364–1377.
- [12] Kincaid W M, Darling D A. An inventory pricing problem. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 1963, 7(2): 183–208.
- [13] Pekelman D. Simultaneous price-production decisions. Operations Research, 1974, 22(4): 788–794.
- [14] Adida E, Perakis G. Dynamic pricing and inventory control: Uncertainty and competition. Operations Research, 2010, 58(2): 289–302.
- [15] Feng Y, Xiao B. A continuous-time yield management model with multiple prices and reversible price changes. Management Science, 2000, 46(5): 644–657.
- [16] 李 力. 多种易逝品的库存控制模型及动态定价. 系统工程学报, 2015, 30(3): 289–296.
Li L. Inventory control model and dynamic pricing with multi-perishable products. Journal of Systems Engineering, 2015, 30(3): 289–296. (in Chinese)
- [17] 贾俊秀, 袁 泽. 两级库存控制下的供应链动态定价和订购策略. 系统工程学报, 2014, 29(3): 403–422.
Jia J X, Yuan Z. Supply chain dynamic pricing and ordering strategies under two-echelon inventory control. Journal of Systems Engineering, 2014, 29(3): 403–422. (in Chinese)
- [18] Aviv Y, Pazgal A. A partially observed Markov decision process for dynamic pricing. Management Science, 2005, 51(9): 1400–1416.

- [19] Kumar S, Sethi S P. Dynamic pricing and advertising for web content providers. *European Journal of Operational Research*, 2009, 197(3): 924–944.
- [20] 毕文杰, 孙颖慧, 田柳青. 参考价格符合峰终定律的多产品动态定价模型. *系统工程学报*, 2015, 30(4): 476–484.
Bi W J, Sun Y H, Tian L Q. Multi-product dynamic pricing model with reference price submitting to peak-end rule. *Journal of Systems Engineering*, 2015, 30(4): 476–484. (in Chinese)
- [21] Jing B. Network externalities and market segmentation in a monopoly. *Economics Letters*, 2007, 95(1): 7–13.
- [22] Sun B, Xie J, Cao H H. Product strategy for innovators in markets with network effects. *Marketing Science*, 2004, 23(2): 243–254.
- [23] Fourt L A, Woodlock J W. Early prediction of market success for new grocery products. *Journal of Marketing*, 1960, 25(2): 31–38.
- [24] Dan H. A diffusion model incorporating product benefits, price, income, and information. *Marketing Science*, 1990, 9(4): 342–365.
- [25] Tan Y, Mookerjee V S. Allocating spending between advertising and information technology in electronic retailing. *Management Science*, 2005, 51(8): 1236–1249.
- [26] Mendelson H. Pricing computer services: queueing effects. *Communications of the ACM*, 1985, 28(3): 312–321.

作者简介:

王天宇 (1991—), 女, 天津人, 硕士生, 研究方向: 信息产品与平台定价, Email: wangtianyu@tju.edu.cn;

南国芳 (1975—), 男, 河北正定人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 信息经济与平台经济, Email: gfnan@tju.edu.cn;

陈 林 (1988—), 男, 湖北应城人, 博士生, 研究方向: 信息产品与平台定价, Email: chenlinalbert@126.com.

附录 命题1证明

微分方程组与边界条件为

$$\begin{aligned}\dot{n}(t) &= \frac{\alpha}{2} \left[\left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) n(t) + \frac{1}{s} m(t) + \left(1 - \frac{c}{s} \right) \right], \\ \dot{m}(t) &= -\frac{\alpha s}{2} \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right)^2 n(t) + \left[r - \frac{\alpha}{2} \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) \right] m(t) + \frac{\alpha(c-s)}{2} \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right), \\ n(0) &= n_0, m(T) = 0,\end{aligned}$$

也可表示为矩阵形式

$$\begin{bmatrix} \dot{n}(t) \\ \dot{m}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\alpha}{2} \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) & \frac{\alpha}{2s} \\ -\frac{\alpha s}{2} \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right)^2 & r - \frac{\alpha}{2} \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n(t) \\ m(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{c}{s} \right) \\ \frac{\alpha(c-s)}{2} \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) \end{bmatrix}.$$

通解为

$$\begin{bmatrix} n(t) \\ m(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\alpha}{s} \left(c_1 e^{\lambda_1 t} + c_2 e^{\lambda_2 t} \right) + \frac{c-s}{\gamma-s} \\ \left[r + \Delta - \alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) \right] c_1 e^{\lambda_1 t} + \left[r - \Delta - \alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) \right] c_2 e^{\lambda_2 t} \end{bmatrix},$$

代入边界条件(25), 求得 $c_1 = \frac{s(n_0 - \frac{c-s}{\gamma-s})}{\alpha \left[1 - \frac{r+\Delta-\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)}{r-\Delta-\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)} e^{(\lambda_1-\lambda_2)T} \right]}$, $c_2 = \frac{s(n_0 - \frac{c-s}{\gamma-s})}{\alpha \left[1 - \frac{r-\Delta-\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)}{r+\Delta-\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)} e^{(\lambda_2-\lambda_1)T} \right]}$, 可得

$$\begin{aligned}n^*(t) &= \left[n_0 - \frac{c-s}{\gamma-s} \right] e^{\frac{r}{2}t} \left[e^{\frac{\Delta}{2}t} + \frac{2 \sinh(\frac{\Delta}{2}t)}{\frac{r-\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)-\Delta}{r-\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)+\Delta} e^{-\Delta T} - 1} \right] + \frac{c-s}{\gamma-s}, \\ m^*(t) &= \left(n_0 - \frac{c-s}{\gamma-s} \right) \frac{s \left[r - \alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - \Delta \right] e^{\frac{r}{2}t}}{\alpha \left[\frac{r-\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)-\Delta}{r-\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)+\Delta} e^{-\Delta T} - 1 \right]} \left[e^{\frac{\Delta}{2}(t-2T)} - e^{-\frac{\Delta}{2}t} \right].\end{aligned}$$

另外可得

$$\begin{aligned}p^*(t) &= \frac{s}{2\alpha} \left[n_0 - \frac{c-s}{\gamma-s} \right] e^{\frac{r}{2}t} \left\{ \left[2\alpha \left(\frac{\gamma}{s} - 1 \right) - (r + \Delta) \right] e^{\frac{\Delta}{2}t} + \right. \\ &\quad \left. \frac{[2\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)-r] 2 \sinh(\frac{\Delta}{2}t) - \Delta 2 \cosh(\frac{\Delta}{2}t)}{e^{-\Delta T} [r-\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)-\Delta] / [r-\alpha(\frac{\gamma}{s}-1)+\Delta] - 1} \right\} + c.\end{aligned}$$