

电信定价的马尔可夫完美均衡

郝朝艳 平新乔

No. C2002018

2002 年 12 月 30 日

电信定价的马尔可夫完美均衡

郝朝艳 平新乔

摘要：本文主要利用 Pakes-McGuire 计算马尔可夫完美均衡的方法，使用 Gauss 程序模拟预测未来电信价格的理论均衡值。文章按照投资改变效率水平的方式以及均衡类型的不同组合进行模拟。虽然在不同情况下均衡值不同，但均低于目前的实际价格。因此，根据我们模拟的结果，在未来的竞争中，电信价格会下降大约 20%—40%。

电信行业一直以来被视为“自然垄断行业”，因为它的网络部分存在大量的固定成本，而提供服务的边际成本很低，重复建设一个网络对电信行业的厂商和社会而言都是无利可图的。电信行业又是一个高度规制的行业。然而这样的市场结构中存在着问题¹：首先，垄断者没有来自竞争的压力因而缺乏降低成本的动力。降低成本的动力是未来定价的基础：垄断者为了弥补收入的不足必然会相应的调整价格，在这种情况下，受回报率规制的“成本加成”特性不会带来令人满意的成本和价格行为。其次，价格结构扭曲，单价由相当随意的成本分摊一类的会计程序所决定，而与企业合理的商务活动联系甚少。这些内部因素对电信行业的改革起到了推动作用，同时技术创新使得电信行业的规制逐渐放松，行业内的竞争逐步形成。

我国的电信行业长期垄断经营，直到 1994 年，我国在基础电信领域才引入了第一家与传统中国电信竞争的电信企业——中国联通。目前，中国已经加入了世界贸易组织（WTO），承诺电信行业对外资开放。作为已经占领了国内市场的中国自己的电信企业，在面对国际上资金雄厚、技术先进、适应了有效竞争市场机制的潜在进入者，在电信定价方面应该采取什么样的策略呢？

本文虽然没有对电信定价的理论进行讨论和发展，但本文的贡献在于：利用

¹ 参见《电信竞争》（Competition in Telecommunications），（法）让·雅克·拉丰（Jean-Jacques Laffont），让·泰勒尔（Jean Tirole），人民邮电出版社。

模拟 (simulation) 的方法, 预测我国电信行业引入竞争后的均衡价格, 并且讨论了在厂商选择竞争、共谋和从社会福利最大化角度出发对均衡价格、厂商利润和消费者剩余的影响。电信行业的规制和定价是一个长期的动态问题, 因此文章中的理论分析使用了动态规划的方法, 讨论电信定价的马尔可夫完美均衡。

本文共分为五个部分: 第一部分, 介绍基本概念和基本分析方法; 第二部分, 文献综述, 介绍马尔可夫完美均衡的理论发展和部分应用; 第三部分, 理论模型, 这是后续工作的理论基础; 第四部分, 模拟方法准确性的检验和模拟参数的确定; 第五部分, 使用模拟方法预测未来电信价格的马尔可夫完美均衡, 同时给出厂商在选择竞争、共谋以及社会福利最大化不同情况下对均衡价格、厂商利润和消费者剩余的影响。第六部分, 结论。

一、 基本概念和方法:

我们这里从动态角度考虑电信定价问题, 引入了马尔可夫完美均衡 (Markov Perfect Equilibrium) 的概念。马尔可夫完美均衡简单来说要满足两条性质: 第一, 马尔可夫性, 即给定过去的状态和本期的状态, 将来状态的条件概率分布只依赖于现在的状态而与过去的状态独立。用数学语言可以表述为:

$$P\{X_{n+1} = j | X_n = i, X_{n-1} = i_{n-1}, \dots, X_1 = i_1, X_0 = i_0\} = P\{X_{n+1} = j | X_n = i\};$$

第二, 所有的纳什均衡都是子博弈完美均衡。具体说, 在本文中我们讨论的马尔可夫完美均衡是指从博弈树的任何一点开始, 每个厂商以各自预期利润贴现值的最大化为目标, 给定厂商和其他厂商的后序行动, 这个厂商的策略是纳什均衡, 厂商的策略函数满足马尔可夫性质。

本文的主要目标是以目前的情况作为初始状态, 计算电信价格的马尔可夫完美均衡, 作为未来理想电信价格的预测值, 以此为标准判断现在的电信价格是否高于或低于理想值, 要达到理论的理想价格, 需要在多大程度上调整目前的电信价格。

本文的计算方法使用的是动态规划方法: 首先将一个求解未来预期利润最大

化的问题转化为求解值函数的问题²，然后通过迭代方法计算，在紧缩映射定理成立的条件下迭代计算的结果是收敛的。构造欧拉方程，使用包络定理，就可以得到我们所需要的均衡值函数和策略函数。³

由于计算过程极为复杂，计算量极大，我们使用 Gauss 计算软件进行模拟。在进行运算之前，需要确定一些参数的数值。这些参数具体的经济含义会在本文第三部分“理论模型”中给出，它们刻画了现实经济的一些性质。因此，要使我们模拟的结果具有实际意义，首先必须保证我们对这些描述现实经济环境的参数的估计是准确的。很自然，我们的思路就是：利用已经得到的数据估计参数值，再用这些参数去模拟预测未来理想的电信价格。这里最重要的两个参数是：D，即需求函数的截距项和 MC，即边际成本。由于我们使用了已有的 Gauss 程序，程序中对参数值的取值范围有一定的限制并且对函数形式也有要求，因此我们需要将参数计量回归的估计值进行处理后才能使用。具体的估计方法和数据的处理请见第四部分“系数确定”。

得到参数值之后，下面的工作就是本文的重点内容：使用 Gauss 计算软件模拟均衡价格。由于本文中使用的数据是我国移动通讯的数据，所以我们只讨论移动通讯业务的定价问题。针对目前我国电信市场的实际情况：在我国的移动通讯市场上，在位者是中国移动通信和中国联通两家企业，面对加入世界贸易组织后有潜在进入者竞争的情况，我们从市场中有两个厂商开始，又模拟了市场中有三个、四个厂商的情形。这一方面是由于计算机硬件条件的限制，我们现在只能模拟出市场中最多有四个厂商的情况，厂商数目更多的情况无法计算；另一方面，我们在前面已经提到，电信行业是一个具有“自然垄断”性质的行业，在这样的行业中，多家企业进入是无利可图的，因此，我们只考虑到行业中有四家厂商的情况是能够说明问题的。在给定厂商个数的情况下，分别讨论了商品是异质和同质的情况：即投资改变商品质量（商品异质）和投资改变厂商的生产能力（capacity）（在讨论投资改变厂商生产能力时，假设了不同厂商提供的商品是同质的）。在这两种情况中，我们又按照三种不同的均衡类型分别进行模拟，这三种均衡类型为：厂商之间互相竞争的马尔可夫纳什均衡、厂商之间共谋时的均

² 严格的说，需要证明这两个问题是等价的。

³ 关于动态规划方法的详细内容及其相关定理的论述和证明，请参考《经济动态学中的迭代方法》(Recursive Methods in Economic Dynamics, Nancy L. Stocky and Robert E. Lucas, Jr. Harvard University Press, Cambridge Massachusetts and London England, 1989)。

衡以及以社会福利最大化作为目标函数时的均衡。我们要得到以下结果：第一、厂商数目对均衡价格的影响及其程度；第二、不同的均衡类型得到的均衡价格有何差异；第三、不同均衡类型对消费者剩余和厂商利润有何影响；第四、参数值的变动对均衡结果有何影响；第五、在上面结果的基础上，判断目前电信价格调整的方向和幅度。

二、 文献综述：

本文所涉及到的文献主要集中于两个方面：第一、关于马尔可夫完美均衡的论述；第二、马尔可夫完美均衡的应用和计算。

Jean Tirole 在 *Markov Perfect Equilibrium* 中详细介绍了马尔可夫完美均衡的概念。

Eric Maskin 和 Jean Tirole 在 80 年代末发表了三篇很有影响的将马尔可夫完美均衡的概念应用于动态垄断理论的文章。在 *A Theory of Dynamic Oligopoly, I: Overview and Quantity Competition With Large Fixed Costs* 中, Eric Maskin 和 Jean Tirole 引入了交替行动的无穷期的双寡头博弈模型，使用动态规划的方法计算均衡。文章中马尔可夫完美均衡的含义是：参与者即寡头的策略仅仅依赖于他的对手目前所承诺的行为。这篇文章的主要目的是用动态博弈模型分析固定成本很高的自然垄断行业。文章假设了两个厂商在数量（capacities or quantities）上竞争，并且证明了马尔可夫完美均衡的存在和唯一性。基本结论是：在达到均衡时，行业中只有一个厂商存在，如果折现率不是很低，为了阻止竞争者进入行业，在位者的产量会高于纯寡头垄断的情况。而这个动态模型的另外一个应用就是 Eric Maskin 和 Jean Tirole 的 *A Theory of Dynamic Oligopoly, II: Price Competition, Kinked Demand Curves, and Edgeworth Cycles*。文章中马尔可夫完美均衡的概念与上面的含义有所不同：厂商的策略只由参与者的行动决定，每个参与者的价格决策是其他参与者当期价格的函数。他们推导出两种均衡：埃奇沃斯环（Edgeworth Cycles）和弯曲的需求曲线（Kinked Demand Curves）。模型中，厂商以伯兰特（Bertrand）方式进行价格竞争，互相削价以增加市场份额，直到价

格战的成本变得非常高或者某个厂商忽然提高了价格。第三篇文章是：A Theory of Dynamic Oligopoly, III: Cournot Competition 。

在 2000 年末 Drew Fundenberg 和 Jean Tirole 合作发表的 Pricing a Network Good To Deter Entry 中，用马尔可夫完美均衡的概念分析了如果行业中只有一个网络商品（network good）的提供者，他如何定价以阻止新厂商进入的问题。我们可以看到：一方面，如果进入者的网络商品与在位者的商品不相容并且存在需求的网络外部性，那么在位者已有的网络商品的用户基础可以起到类似于投资的作用，阻止进入发生；另一方面，潜在进入者的进入威胁迫使在位者降低价格。文章讨论马尔可夫完美均衡并用动态规划的方法求解均衡。

在上面提到的 Pricing a Network Good To Deter Entry 一文中，Drew Fundenberg 和 Jean Tirole 使用了两代人的世代交替模型。与此相近的是 Toker Doganoglu 的两篇文章，它们都建立了两代人的世代交替模型，都讨论了马尔可夫完美均衡的结果。Dynamic Price Competition with Persistent Consumer Tastes 讨论了价格竞争的动态博弈。文中首先给出了稳定的马尔可夫完美均衡存在的条件。当马尔可夫完美均衡存在时，最优的定价策略表明，如果其他条件均相同，原来具有较高市场份额的厂商会选择较高的定价。本文中，消费者的偏好稳定，即消费者对商品的评价不随时间而改变是一个重要的假设，在此假设条件下，厂商之间的价格竞争更为激烈，因为均衡价格要低于消费者偏好改变的情况。同时这条假设使得向均衡结果收敛的速度很缓慢。在另一篇文章 Experience Goods, Switching Costs and Dynamic Price Competition 中，Toker Doganoglu 讨论的重点放在了转移成本（switching costs）存在的情况。他建立了 Hotelling 模型，首先假设了双寡头的市场份额是分别给定的，由于消费者对商品消费所带来的满意度存在不确定性，消费者就会从对一个品牌转移到另外一个品牌，但是要承担转移成本，这是与前一篇文章的不同之处。转移成本的大小会影响到均衡结果：当转移成本足够低时，均衡价格甚至会低于没有转移成本时的均衡价格，转移成本的存在，大大减少了厂商的利润，使得价格接近于边际成本。同样，这篇文章也讨论了马尔可夫完美均衡，并且支持了作者在上文中提到的市场份额高的厂商定价高的结论。

在马尔可夫完美均衡计算方面的主要贡献来自于 Ariel Pakes 和 Paul Mcguire

的一系列文章。他们的文章中模型设定都很一般化，没有很强的假设条件，理论推导的主要目的是指出计算马尔可夫完美均衡的方法以及编程思路，并且在每一篇文章中都给出了实际模拟的例子和模拟结果。他们的模型我们会在第三部分“理论模型”中详细介绍，这里不再赘述，仅仅分析一下每篇文章的不同之处。

Markov-Perfect Industry Dynamics: A Framework for Empirical Work 的理论部分讨论了在产品是同质的假设条件下，厂商进入、退出、投资、定价决策。在 Computing Markov-perfect Nash equilibria: numerical implications of a dynamic differentiated product model 的前半部分中，讨论了产品是异质的情况下，厂商之间在价格方面伯特兰方式进行竞争的情况，分析了厂商进入、退出、投资、定价决策。文章的后半部分详细介绍了如何计算马尔可夫完美均衡，这里主要运用动态规划的迭代方法。文章也同时指出，当厂商数目增加时，运算量以指数倍数增加，这使我们很自然的想到，在分析实际问题时，应该借助于计算机，利用某些计算软件完成运算。非常幸运的是，Ariel Pakes 和 Paul Mcguire 给出了 Gauss 程序和 C 语言程序。⁴ Implementing the Pakes-McGuire Algorithm for Computing Markov Perfect Equilibria in Gauss 总结了以上两篇文章的理论和主要结论，其目的是为编写 Gauss 程序提供思路。⁵

三、 理论模型：

我们在这里直接引用了 Ariel Pakes 和 Paul Mcguire 的模型没有做任何修改，原因有两点：第一、Ariel Pakes 和 Paul Mcguire 的模型中没有很强的假设，是一个很一般化的模型，基本符合我们所要讨论的实际情形；第二、我们在下面模拟中，使用了 Ariel Pakes 和 Paul Mcguire 依据自己的理论模型给出的 Gauss 程序，因此，要使得模拟的结果有意义，我们所分析的问题必须纳入到 Ariel Pakes 和 Paul Mcguire 的理论框架中。

首先考虑产品是同质的情况。

每个厂商以预期利润折现值的最大化作为目标函数，在每个时期的期初决定

⁴ 这些程序可以通过以下方式的到：用 ftp 连接到“econ.yale.edu”用“anonymous”作为用户名，使用者的者真实性名作为口令（password）登入，在目录“pub/mark-eqm”中可以找到所有的程序文件。

⁵ 本文只是用了 Gauss 程序进行模拟，Ariel Pakes 和 Paul Mcguire 在文章中曾经提到：用 C 语言程序模拟速度高于 Gauss 程序。

进入/退出行业，是否进行投资、投资的数量，用 x 表示。每单位投资要支付成本 $c(\omega)$ 。

每个厂商的盈利能力用它的效率水平 (efficiency level) 衡量，用 ω 表示。但 ω 的值是一个相对水平，它等于厂商的实际效率水平与行业外某个标准的效率水平的差值。因此， ω 的变动受到两个因素的影响：第一、行业外标准效率水平的变动：如果厂商实际的效率水平保持不变，标准效率水平升高，厂商的 ω 值减小；第二、投资可以增加厂商的效率水平，也就是 ω 的值。但在文中假设投资增加效率水平的值是边际递减的，即效率水平存在一个最小上界，当 ω 值接近这个上界时，厂商便不会再投资，因为投资增加效率得到的回报不足以抵

补投资的成本。不妨把这个最小上界记做 ，同时不妨令效率水平的下界为 0，其含义是，如果企业的效率水平为负值，他会选择退出行业。

我们记行业外标准效率水平的变化为 η ，它服从概率分布 。

企业投资使得效率水平的变动为 τ 。这里假设 η 和 τ 每个时期变动幅度为 1。

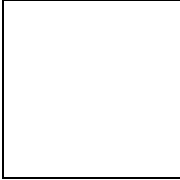
η 和 τ 的取值及其概率分布由下式给出：

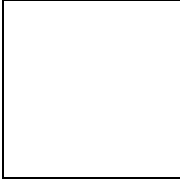
(1)

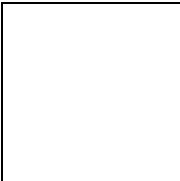
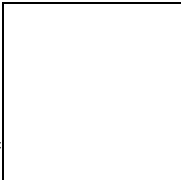
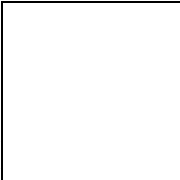
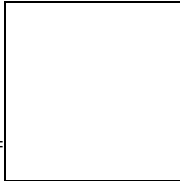
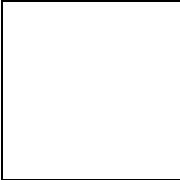
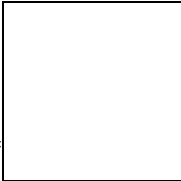
=

(2)

=

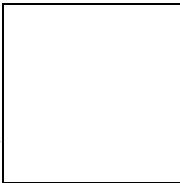


记本期的效率水平为 ω ，下一期的效率水平为 ，则有下面的三个等式成立，它们刻画了效率水平在两期之间变化的规律：

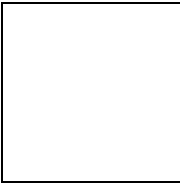
$$\begin{aligned} \text{Prob}(\text{} = \omega + 1 | x, \omega) &= \text{} \\ \text{Prob}(\text{} = \omega | x, \omega) &= \text{} \\ \text{Prob}(\text{} = \omega - 1 | x, \omega) &= \text{} \end{aligned}$$

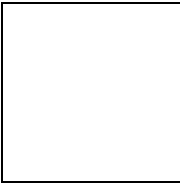
在每个时期，厂商的收入由厂商的效率水平和行业内企业的个数决定（用 s 表示），即如果收入用 A 表示，那么 A 是 ω 和 s 的函数。 $A(\omega, s)$ 随着 ω 的增加而增加，随着 s 的增加而减小函数，因为企业个数代表了行业内部竞争的激烈程度，企业数目越多，竞争越激烈，同样条件下企业收入就越少。

企业数目受到每一期各个企业进入/退出决策的影响。文中假定：潜在进入



者是否进入企业服从一定的概率分布 ，其中 s 是给定的已经实现的



企业个数， 是下一期的企业个数。同时规定，进入者如果在本期决定进入，那么从下一期才开始得到收入。进入者在进入行业时，要进行投资，这

一部分投资属于沉没成本，用 表示。进入者比较沉没成本和未来预期利润贴现值的大小关系决定是否进入。

每个企业在退出行业时剩余资本 (scrape value) 记做 ϕ 。在位者比较退出的剩余资本和未来预期利润贴现值的大小关系决定是否退出行业。

根据以上对模型的描述，我们可以分别得到在位者和进入者的目标函数：

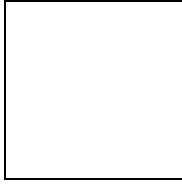
在位者：

$$V(\omega, s) = \max \left[\begin{array}{l} \text{input} \\ \text{input} \end{array} \left\{ R(\omega, s; x) + \begin{array}{l} \text{input} \\ \text{input} \end{array} \right\}, \phi \right] \quad (3)$$

其中， $V(\omega, s)$ 是值函数， ω, s 是本期的状态变量； $R(\omega, s; x)$ 是本期的利润函数， $R(\omega, s; x) = A(\omega, s) - c(\omega)x$ ， β 是折现率。这个式子的含义是：当未来的预期利润的贴现值小于退出剩余资本时，厂商选择退出行业；当未来的预期利润的贴现值大于退出剩余资本时，厂商继续留在行业中，并通过选择投资水平最大化预期利润。

进入者：

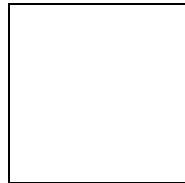
潜在进入者在进入行业后未来预期利润设为 ，其中 s, m 是状态变量， s 表示行业内已有的厂商数目， m 表示在该时刻新进入行业的厂商数目。



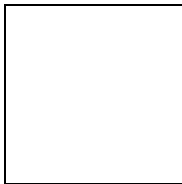
=



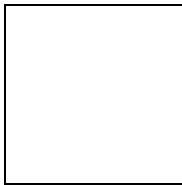
(4)



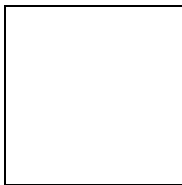
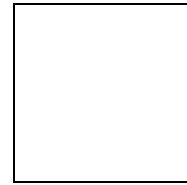
其中， V 的函数形式同 (3) 式； v_m 使该厂商进入行业时的效率水平，



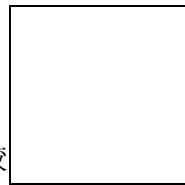
v_{-m} 是其他在该时刻进入行业的厂商进入行业时的效率水平；



$f_m(\cdot)$ 是新进入厂商效率水平的概率分布函数；

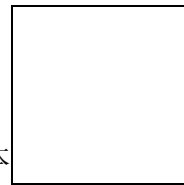


e_m 是一个向量，在第 m 个位置上等于 1，而在其他位置上等于 0。



潜在进入者会比较

和进入的沉没成本



的大小来

决定是否进入行业。

这个模型是离散时间的动态模型，用动态规划方法求解，(3) 和 (4) 式就是动态规划方法中的贝尔曼方程。

可以证明，满足上述贝尔曼方程的稳态解是马尔可夫完美均衡。⁶

⁶ 均衡的定义和详细证明请参考 Ariel Pakes & Paul McGuire, "Markov-Perfect Industry Dynamics: A Framework for Empirical Work", Review of Economic Studies, (1995) 62, 61-82.

这里需要强调的是：上面模型的一个基本假设是厂商提供的产品是同质的，投资改变厂商的边际成本或者生产能力，可以直接改变厂商的效率水平。在下面我们介绍的模型中，假设了厂商提供的产品是异质的，投资通过改变产品质量改变效率水平。

下面考虑产品是异质的情况。⁷

这里模型的设定和参数的含义与产品是同质的情况基本相同，唯一不同的是产品质量会影响效率水平，所以投资改变效率水平也就相当于投资会改变产品质量。

假设每个消费者最多会从行业中购买一单位商品，消费者 r 的效用函数为：

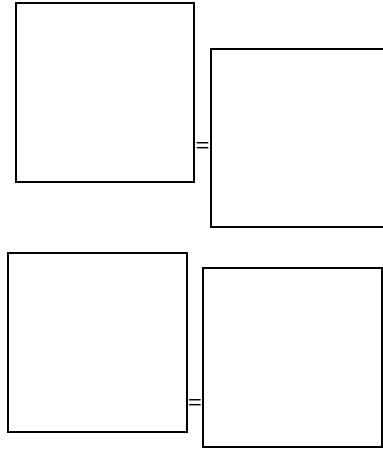
$U_r = \sum_j \alpha_j v_j^{\beta} q_j^{\gamma} p_j^{-\delta}$ ， q_j 表示第 j 个厂商产品的质量， p_j 是第 j

个厂商产品的价格， α_j 代表了不同消费者之间的差异。从消费者的效用函数可以看出消费者的需求由产品的质量 and 产品的价格共同决定。假设厂商的效率水平完全由产品的质量决定，设每个时期厂商的效率水平变化为 τ ，则

$q_j = \tau_j v_j$ ，也有下面的式子成立： $\tau_j = \tau$ ， v_j 表示由厂商

投资提高的产品质量， v 表示外部质量标准变化的情况，并且 v_j 和 v 服从以下分布：

⁷ 参考 Ariel Pakes & Paul McGuire, "Computing Markov-perfect Nash equilibria: numerical implications of a dynamic differentiated product model", Rand Journal of Economics Vol. 25, No. 4 Winter 1994, 555-589.



其他分析与产品为同质的情况大同小异，只要注意厂商的效率水平决定因素的差别即可。

根据以上的模型设定我们可以通过迭代方法计算马尔可夫完美均衡。首先需要注意的是均衡的存在和唯一性。当行业中只有一个厂商时，折现因子 $\beta < 1$ ，根据紧缩映射定理，均衡是存在且唯一的。当行业中厂商个数逐渐增加时，计算过程会变得相当复杂，但基本思想仍然是动态规划的迭代方法。⁸

四、 系数确定

我们使用 Gauss 程序进行模拟，首先需要确定模拟时用到的参数值。表一列出了这些参数的名称及其经济含义。

表一：模拟使用参数的名称和经济含义

Model Primitives	
Investment effect	1、 quality
	2、 marginal cost
	3、 capaci ty
Equilibrium type	1、 nash

⁸ 有兴趣的读者可以参考 Ariel Pakes & Paul Mcguire, "Computing Markov-perfect Nash equilibria: numerical implications of a dynamic differentiated product model", Rand Journal of Economics Vol. 25, No. 4 Winter 1994, 564-571.

	2、monopoly
	3、social planner
Maximum number of active firms	
Highest efficiency level attainable	
Static Parameters	
Marginal cost	
Market size	
Spline point for utility differential	
Demand intercept	
State number/capacity constraint ratio	
I. Dynamic Parameters	
Starting number of active firms	
Discount factor	
Entry and exit parameters	
Scrap value	
Entry sunk cost type	1、stochastic 2、deterministic
Sunk cost lower bound	
Sunk cost upper bound	
Efficiency level at which firms enter	
Investment efficiency probability distribution parameters	
Investment multiplier	a from $p(x)=ax/(1+ax)$
Probability of outside alternative rising δ	

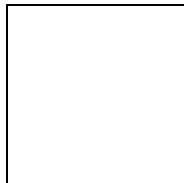
说明:

- 1、Investment effect 一项中如果选择 quality, 表明投资会提高产品质量, 这时我们模拟的是产品为异质的情况, 厂商之间在价格方面以伯兰特方式竞争; 如果选择 marginal cost, 表明投资会降低边际成本, 这时我们模拟的是产品为同质的情况; 如果选择 capacity, 表明投资会提高厂商的生产能力, 这时我们模拟的是产品为同质的情况。

- 2、 Equilibrium type 一项中如果选择 nash, 表明我们模拟的是厂商之间相互竞争的情况; 如果选择 monopoly, 表明我们模拟的是厂商之间共谋的情况, 这时厂商追求所有厂商联合利润的最大化, 因此可以把他们作为一个厂商考虑; 如果选择 social planner, 表明这时在位者是以社会福利的最大化为目标。
- 3、 Maximum number of active firms 的含义是我们所讨论的行业中企业的个数。
- 4、 Highest efficiency level attainable 是指所有厂商效率函数的最小上界。

以上参数确定了模型的基本结构。

- 5、 Marginal cost, 边际成本, 在理论模型中, 边际成本设定为常数。
- 6、 Market size, 市场的大小, 反映需求的大小。
- 7、 Spline point for utility differential, 分段函数的分界点。
- 8、 Demand intercept, 需求函数的截距项。需要注意的是, 理论模型中需求函数的形式设定为:

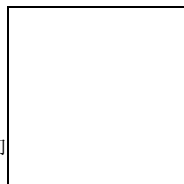


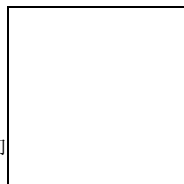
, 即需求项前面的系数设定为-1。

- 9、 State number/capacity constraint ratio, 状态的个数与厂商生产能力的比值。

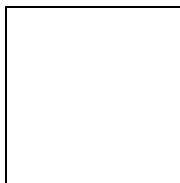
以上参数是静态参数, 它们确定了利润函数的形式, 因此利润函数的形式不随下面讨论的动态参数的变化而变化。

- 10、 starting number of active firms, 时期初行业中厂商的个数。
- 11、 Discount factor, 折现因子。
- 12、 Scrap value, 厂商退出行业时的剩余资本, 在这里用剩余资本与企业初始时总资本的比率表示。
- 13、 Entry sunk cost type, 企业在进入行业时需要支付一定的沉没成本, 在这一项要选择沉没成本的类型: 随机的或者是确定的。但我们只考虑沉没成本是随机的情况, 并假设它的分布是均匀分布。
- 14、 Sunk cost lower bound, 沉没成本的下界。
- 15、 Sunk cost upper bound, 沉没成本的上界。
- 16、 Efficiency level at which firms enter, 新进入行业的企业初始效率水平。



- 17、 Investment multiplier, 即  中的 α , 它的大小衡量了投资提高效率水平的概

率分布。从函数形式我们可以知道,



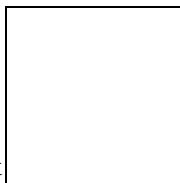
是 α 的减函数, 即 α 越高, 投资提高效率水

平的概率就越小。

18、Probability of outside alternative rising, 外界效率水平标准提高的概率分布。

下面讨论参数值的确定。我们把这些参数分为两类, 可以由已知数据估计得到的参数值和无法从已知数据估计得到的参数值。对于无法直接估计得到的参数值, 我们采取这样的方法处理: 以目前的价格作为均衡价格, 改变这些参数的取值做多次模拟, 使得模拟得到的均衡价格尽量与目前的价格吻合, 采用能够得到吻合均衡值的参数值作为对现实经济情况的描述, 改变初始值进行未来价格的模拟预测。

首先需要说明的是: 我们这里讨论的是移动通讯的定价问题, 但是近年来移动通讯业务种类增多, 例如: 中国移动通讯在 2000 年推出了神州行业务, 在 2000 年年底增加了神州通业务, 样本量少而且统计口径不一, 使得很多数据无法合并。由于数据的限制我们无法估计整个市场的需求函数, 因此仅仅用了全球通的数据做代替。我们研究的目的是讨论目前的电信价格是否高于理论上的均衡值, 因此我们需要描述目前经济状况的参数值。我们的做法是使用我们目前得到的全部数



据估计需求函数 (回归结果是), 以获得的全部数据中的单位通信成本的平均值 (38.064 元/小时) 作为初始值, 并以这个单位通信成本的平均值 (38.064 元/小时) 和获得的全部数据中的每小时通话收入 (53.12 元/小时) 作为均衡值, 通过多次模拟确定其他参数值 (在这里, 我们使用了全部的时间序列数据, 目的是得到对经济环境的准确的描述, 同时假设了在几年数据的平均意义上目前的情况达到了均衡水平); 再用获得的数据中最近 8 个月的数据估计需求

函数（回归结果是 ），用相对应时间内平均单位通信成本（15.31 元/小时）和相对应时间内的每小时通话收入（44.7323 元/小时）作为初始值，采用上一步得到的参数值进行模拟预测。

我们使用的原始数据是户均时长、户均收入和户数；定义：每分钟通话费=户均收入/户均时长（分钟），单位：元；每小时通话费=每分钟通话费*60，单位：元；户均时长（小时）=户均时长（分钟）/60。用每小时通话费作为价格数据，用户均时长（小时）作为需求数据，采用面板数据处理方法进行计量回归。

第一步：使用目前得到的全部数据估计移动通讯的需求函数。

回归结果见表二。

表二：

SSE	273.4411	DFE	273		
MSE	1.0016	Root MSE	1.0008		
R-Square	0.5750				
Parameter Estimates					
			Standard		
Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr > t
Intercept	1	83.6239	1.9979	41.86	<.0001
deh	1	-8.98127	0.4670	-19.23	<.0001

因此，使用目前得到的全部数据估的需求函数为：。由于模拟

使用的程序对参数值的取值范围有一定的限制，我们在 的两边同时

乘以 ，乘以 是为了将 Q 前面的系数变为 -1，乘以

是作比例放缩。

把 $p=0$ 带入 中，得到 $D=Q$ ，因此令 market size=5。(精确值为

4.655，四舍五入为 5)。设定均衡值为 1.4 ()。

第二步：根据得到的成本数据，我们选择获得的全部数据中的平均单位通信

成本 (38.064 元/小时) 作为边际成本的近似，并且也以 的比例放缩，得到 $MC=2.0$ (精确值为 2.119，四舍五入为 2.00)⁹。

根据该年移动通信市场的实际情况，我们选择投资改变产品质量，即讨论产品是异质的情况，设均衡类行为 Nash 均衡，即两个厂商之间相互竞争；令 Maximum number of active firms=2, starting number of active firms=2; 折现率由 $1/(1+\text{银行贷款利率})$ 计算得到，则 $\beta = 1/(1+0.04) = 0.962$ 。

第三步：由于所要确定的参数值较多，我们先来比较一下给定其他参数值不变的情况下某一参数值的变动对均衡结果的影响。比较的结果见表三。¹⁰

表三-1: Marginal cost 变动对均衡价格的影响

其他参数设定:

⁹ 四舍五入取整数主要是考虑到模拟程序的要求。

¹⁰ 这里只列出了均衡结果中的 p/mc 一项，因为我们主要关注参数值变化对均衡价格的影响。

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2    MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 2.50    MARKET SIZE: 4.00    SPLINE POINT (w*): 12

---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1    DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100    SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25    ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 3; delta = 0.7

```

Mc	1	2	2.5	2.9	4
P/mc	3.10 (0.56)	2.08 (0.37)	1.85 (0.22)	1.79 (0.31)	1.52 (0.11)
p	3.10	4.16	4.625	5.191	6.08

说明:

- 1、 p/mc 所在行中括号外的值是 p/mc 的均值，括号内的值是标准差。(下同)
- 2、 p 的值由相应的 p/mc 的值乘以 mc 的值得到。

从上表中可以看出，随着边际成本的增大，均衡价格变大。

表三-2: Market size 变动对均衡价格的影响

其他参数设定:

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2    MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 2.50    SPLINE POINT (w*): 12

---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1    DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100    SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25    ENTRY AT: 4

```

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 3$; $\delta = 0.7$

Market size	1	2	4	6	8
P/mc	4.12 (0.37)	2.16 (0.73)	1.85 (0.22)	1.83 (0.16)	1.81 (0.08)

从上表中可以看出，随着市场的增大，均衡价格减小，但均衡价格的变化越来越不显著，并且标准差也在减小。

表三—3: Spline point for utility differential 变动对均衡价格的影响

其他参数设定:

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2    MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 2.50    MARKET SIZE: 4.00
---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1    DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100    SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25    ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS:  $a = 3$ ;  $\delta = 0.7$ 

```

w*	1	2	6	10	12
P/mc	1.44 (0.02)	1.49 (0.02)	1.79 (0.09)	1.85 (0.21)	1.85 (0.22)

从上表可以看出，随着分段函数分割点的增大，均衡价格逐渐增加，这种影响在 w* 值较小时很显著。

表三-4: State number/capacity constraint ratio 变动对均衡价格的影响

其他参数设定:

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2    MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

```

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 2.50 SPLINE POINT (w^*): 12

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 1 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 3$; $\delta = 0.7$

Market size	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8
P/mc	1.93 (0.21)	1.72 (0.20)	1.63 (0.17)	1.58 (0.12)	1.56 (0.08)

从上表可以看出，随着比率的增大，均衡价格减小，但下降的速度减缓。

表三-5: Starting number of active firms 变动对均衡价格的影响

其他参数设定:

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 2.50 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w^*): 12

---[Dynamic Parameters]-----

DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 3$; $\delta = 0.7$

STARTING NUMBER OF FIRMS	1	2
P/mc	1.85 (0.22)	1.89 (0.37)

从上表可以看出，初始时厂商数目对均衡价格影响的幅度和其他参数值有关，但总体来说影响不大。

表三-6: Scrap value 变动对均衡价格的影响

其他参数设定:

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2    MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 2.50    SPLINE POINT (w*): 12
---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1    DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100    SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25    ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 3; delta = 0.7

```

Scrap value	0.1	0.2	0.4	0.5	0.8
P/mc	1.85 (0.22)	1.84 (0.21)	1.84 (0.22)	1.85 (0.26)	1.84 (0.22)

从上表可以看出, 厂商在退出时剩余的资产大小对均衡价格的影响不明显。

表三-7: Sunk cost 取值范围的变动对均衡价格的影响

其他参数设定:

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2    MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 2.50    MARKET SIZE: 4.00    SPLINE POINT (w*): 12
---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1    DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100    ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 3; delta = 0.7

```

Sunk cost	0.15 - 0.25	0.1 - 0.4	0.1 - 0.8	0.3-0.9
P/mc	1.85 (0.22)	1.85 (0.25)	1.85 (0.22)	1.86 (0.27)

从上表可以看出，随机的沉没成本的取值范围的变动对均衡价格的影响不明显。

表三-8: Efficiency level at which firms enter 变动对均衡价格的影响

其他参数设定:

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2    MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 2.50    MARKET SIZE: 4.00    SPLINE POINT (w*): 12
---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1    DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100    SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 3; delta = 0.7

```

Entry at	1	4	8	10
P/mc	1.86 (0.26)	1.85 (0.22)	1.87 (0.29)	1.86 (0.29)

从上表可以看出，厂商进入行业时初始的效率水平对均衡价格的影响不明显。

表三-9: Investment multiplier 变动对均衡价格的影响

其他参数设定:

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2    MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
---[Static Parameters]-----

```

MARGINAL COST: 2.50 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w^*): 12

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 1 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $\delta = 0.7$

a	1	2	3	4	5
P/mc	3.74 (0.79)	1.94 (0.46)	1.85 (0.22)	1.82 (0.12)	1.82 (0.13)
a	6	7	8	10	20
P/mc	1.82 (0.15)	1.82 (0.12)	1.81 (0.08)	1.81 (0.09)	1.80 (0.03)

从上表中可以看到，随着 a 的增大，投资增加效率水平的概率减小，均衡价格减小，但当 a 的值较大时， a 变动对均衡价格影响就不明显了。

表三-10: Probability of outside alternative rising 变动对均衡价格的影响

其他参数设定:

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 2.50 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w^*): 12

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 1 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 3$

δ	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9
P/mc	1.80 (0.03)	1.80 (0.03)	1.81 (0.07)	1.85 (0.22)	2.11 (0.68)	3.82 (0.69)

从上表可以看出，外部效率水平标准提高的概率增加，均衡价格增加，并且当概率值较高时，影响增大。

表三-11：模拟时间长度变动对均衡价格的影响

其他参数设定：

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2    MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 2.50    MARKET SIZE: 4.00    SPLINE POINT (w*): 12
---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1    DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100    SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25    ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 3; delta = 0.7

```

模拟时期	10k	20k	30k	40k	50k
P/mc	1.85 (0.22)	1.85 (0.14)	1.88 (0.18)	2.06 (0.37)	2.63 (1.03)

从上表中可以看出，模拟的时间越长均衡价格越高，同时标准差变大。但在模拟时期比较少时，模拟时期的增加对均衡价格影响不大。

第四步：我们用实际数据计算得到的 p/mc 为 1.4，通过改变参数值进行多次模拟，我们确定参数值总结在表四。

表四-1：参数值的设定

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2    MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 2.00    MARKET SIZE: 5.00    SPLINE POINT (w*): 1
---[Dynamic Parameters]-----

```

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962
 SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4
 PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 9$; $\delta = 0.1$

表四-2: 模拟结果

Mean investment: 0.03 (0.04)
 Mean and stddev price-cost margin: 1.59 (0.00)
 Mean and stddev one-firm concentration: 0.50 (0.01)
 Mean consumer surplus: 47.79 (0.26)
 Mean producer surplus: 46.40 (0.67)
 Mean total surplus: 94.19 (0.91)

由于改变各个参数取值只能使均衡值 p/mc 最低达到 1.59 的水平, 因此, 这

个均衡值比实际值高估了 13.57% ()。在下面的求解过程中, 我们会考虑到这个高估的因素。

五、 模拟

我们用获得数据中最近 8 个月的数据重新估计需求函数和重新计算边际成本, 并使用上面确定的参数值进行模拟预测。之所以重新计算需求函数和边际成本是利用最新的样本数据以便更准确的描述所分析厂商的目前的经营环境。

需求函数估计结果见表五。

表五:

Model Description					
SSE	63.5399	DFE			86
MSE	0.7388	Root MSE			0.8596
R-Square	0.9661				
				Standard	
Variable	DF	Estimate	Error	t Value	Pr > t

Intercept	1	84.36501	1.1116	75.89	<.0001
deh	1	-9.67565	0.2275	-42.53	<.0001

因此，用获得数据中最近 8 个月的数据估计得到的需求函数为¹¹：

$$Q = 84.36501 - 9.67565P + 1.1116D - 42.53D^2$$

。同样，根据模拟程序对参数值的取值范围的限制，我们在方程的

两侧同时乘以

$$1000000$$

。乘以

$$1000000$$

是为了将 Q 前面的系数变为 -1，

乘以

$$1000000$$

是作比例放缩。将获得数据中最近 8 个月的数据中的单位通信

成本的平均值 15.21 元/小时也以

$$1000000$$

作比例放缩，得到模拟时使用的

$D=4.00$ （精确值为 4.3596，四舍五入为 4）， $MC=1$ （精确值为 0.786，四舍五入

为 1）。2001 年实际的 p/mc 为 2.94（

$$2.94$$

）。

我们记放缩后的需求函数为：

$$Q = 84.36501 - 9.67565P + 1.1116D - 42.53D^2$$

。由实际回归数据得到这段时期

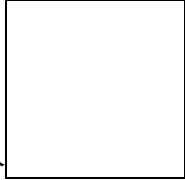
价格的平均值为：¹²44.73（元/小时），而将平均需求带入需求函数得到的平均价

格的拟和值为：44.888358。两个结果非常接近，说明我们对需求函数估计得很

精确。

¹¹回归使用的数据和数据处理方法见附录三。

¹² 均用新定义的需求函数表示。

把 $p=0$ 带入  中，得到 $D=0$ ，因此令 market size=4。

由于厂商进入行业时初始的效率水平对均衡价格影响不大，我们按照 Pakes-McGui re 文章中的方法，取为模型中的默认值，即为 4。

对于模拟的结果，我们首先按照行业中厂商的个数分成 MAXIMUM NUMBER OF FIRMS 分别等于 1、2、3、4 的情况；在上面每一种情况中又分成产品是同质和异质的情况，即投资改变产品 (quality) 和投资改变厂商生产能力 (capacity) 的情况；在上面提及的两种分类的每一种组合中，又要分别考虑均衡类型是 nash、monopoly、social planner，即厂商之间互相竞争、共谋、以社会福利最大化为目标的情形。

模拟参数值的设定：

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality /capacity   EQUILIBRIUM: Nash/monopoly/social planner
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 1/2/3     MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 1.00    MARKET SIZE: 4.00    SPLINE POINT (w*): 1    tau: 0.8
---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1/2     DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100    SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25    ENTRY AT: 5
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

```

虽然事先给定了参数值，我们也会给出参数适当调整的模拟结果作为参考。

模拟的结果包括以下内容：

Individual Period Statistics

Number of periods with n firms active	行业中有 n 个厂商的时期数
Number of periods with exit	有厂商退出的时期数

Number of periods with entry	有厂商进入的时期数
Number of periods with both exit and entry	同时有厂商进入和退出的时期数
Average total investment	平均总投资数
Average price/marginal cost	平均价格/边际成本
Average one-firm concentration ratio	平均一个厂商的集中度
Firm Level Statistics	
Life time of each firm	每个厂商存在时长
Discounted returns earned by each firm	每个厂商收入的折现值
Aggregate Statistics	
Discounted consumer surplus	消费者剩余的折现值
Discounted producer surplus	生产者剩余的折现值
Discounted total surplus	总剩余的折现值

主要的模拟结果总结在表六中。

表六:

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS=1

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products)  EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 1      MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 1.00      MARKET SIZE: 4.00      SPLINE POINT (w*): 1
---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1      DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100      SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25  ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

```

Number of periods with n firms active, n=0,1,2...:	0	40
Number of periods with exit:	0	

Number of periods with entry: 0
Number of periods with entry and exit: 0
Mean investment: 0.01 (0.01)
Mean and stddev price-cost margin: 2.46 (0.00)
Mean and stddev one-firm concentration: 1.00 (0.00)
Currently active firms have lived and earned: 40.00 38.12
Mean consumer surplus: 39.11 (0.13)
Mean producer surplus: 46.93 (0.45)
Mean total surplus: 86.04 (0.58)

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: monopoly
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 1 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w^*): 1
---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1 DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 9$; $\delta = 0.1$

Number of periods with n plants active, $n=0,1,2,\dots$: 2 9998
Number of periods with exit: 2
Number of periods with entry: 2
Number of periods with entry and exit: 2
Mean investment: 0.02 (0.03)
Mean and stddev price-cost margin: 2.46 (0.01)
Mean and stddev one-plant concentration: 1.00 (0.00)
Mean value: 45.67 (0.11)
Mean lifespan: 4411.00 (4006.47)
Total plants in history: 2.00

Currently active plants have lived and earned: 1176.00 46.37

Mean consumer surplus: 39.10 (0.24)

Mean producer surplus: 46.85 (0.51)

Mean total surplus: 85.95 (0.73)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: social planner

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 1 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 1 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

Number of periods with n plants active, n=0,1,2...: 2 9998

Number of periods with exit: 2

Number of periods with entry: 2

Number of periods with entry and exit: 2

Mean investment: 0.02 (0.03)

Mean and stddev price-cost margin: 1.00 (0.00)

Mean and stddev one-plant concentration: 1.00 (0.00)

Mean value: -0.71 (0.01)

Mean lifespan: 4499.50 (4956.11)

Total plants in history: 2.00

Currently active plants have lived and earned: 999.00 -1.07

Mean consumer surplus: 113.09 (0.24)

Mean producer surplus: -0.76 (0.26)

Mean total surplus: 112.33 (0.46)

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: capacity (homogenous products)      EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 1      MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----
DEMAND INTERCEPT: 4.00      MARGINAL COST: 1.00      TAU: 0.90

---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1      DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100      SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25      ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

```

```

Number of periods with n firms active, n=0,1,2...:      0 10000
Number of periods with exit: 0
Number of periods with entry: 0
Number of periods with entry and exit: 0
Mean investment: 0.02 (0.03)
Mean and stddev price-cost margin: 3.00 (0.03)
Mean and stddev one-firm concentration: 1.00 (0.00)
Currently active firms have lived and earned: 10000.00 104.45
Mean consumer surplus: 51.40 (0.27)
Mean producer surplus: 102.54 (0.33)
Mean total surplus: 153.94 (0.58)

```

```

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: capacity (homogenous products)      EQUILIBRIUM: monopoly
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 1      MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----
DEMAND INTERCEPT: 4.00      MARGINAL COST: 1.00      TAU: 0.90

---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 1      DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100      SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25      ENTRY AT: 4

```

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 9$; $\delta = 0.1$

Number of periods with n plants active, $n=0,1,2,\dots$: 0 10000

Number of periods with exit: 0

Number of periods with entry: 0

Number of periods with entry and exit: 0

Mean investment: 0.02 (0.03)

Mean and stddev price-cost margin: 3.01 (0.05)

Mean and stddev one-plant concentration: 1.00 (0.00)

Currently active plants have lived and earned: 10000.00 100.84

Mean consumer surplus: 51.37 (0.35)

Mean producer surplus: 102.68 (0.32)

Mean total surplus: 154.05 (0.66)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: capacity (homogenous products) EQUILIBRIUM: social planner

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 1 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

DEMAND INTERCEPT: 4.00 MARGINAL COST: 1.00 TAU: 0.90

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 1 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 9$; $\delta = 0.1$

Number of periods with n plants active, $n=0,1,2,\dots$: 0 10000

Number of periods with exit: 0

Number of periods with entry: 0

Number of periods with entry and exit: 0

Mean investment: 0.04 (0.04)

Mean and stddev price-cost margin: 1.29 (0.29)

Mean and stddev one-plant concentration: 1.00 (0.00)

Currently active plants have lived and earned: 10000.00 102.61

Mean consumer surplus: 1112.84 (50.24)

Mean producer surplus: 96.08 (32.27)

Mean total surplus: 1208.92 (20.01)

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS=2

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w^*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 9$; $\delta = 0.1$

Number of periods with n firms active, $n=0,1,2,\dots$: 0 0 10000

Number of periods with exit: 0

Number of periods with entry: 0

Number of periods with entry and exit: 0

Mean investment: 0.03 (0.04)

Mean and stdev price-cost margin: 2.34 (0.00)

Mean and stdev one-firm concentration: 0.50 (0.01)

Currently active firms have lived and earned:

10000.00 35.36

10000.00 35.37

Mean consumer surplus: 73.40 (0.45)

Mean producer surplus: 69.19 (0.94)

Mean total surplus: 142.59 (1.37)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: monopoly

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w^*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 9$; $\delta = 0.1$

Number of periods with n plants active, $n=0,1,2,\dots$: 0 10 9990

Number of periods with exit: 10

Number of periods with entry: 10

Number of periods with entry and exit: 10

Mean investment: 0.03 (0.04)

Mean and stdev price-cost margin: 2.72 (0.01)

Mean and stdev one-plant concentration: 0.50 (0.02)

Mean value: 35.82 (0.17)

Mean lifespan: 1057.40 (676.66)

Total plants in history: 10.00

Currently active plants have lived and earned:

8972.00 35.91

444.00 35.65

Mean consumer surplus: 55.58 (0.21)

Mean producer surplus: 72.44 (0.78)

Mean total surplus: 128.02 (0.98)

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: social planner
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----
MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w^*): 1

---[Dynamic Parameters]-----
STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 9$; $\delta = 0.1$

Number of periods with n plants active, $n=0,1,2,\dots$: 0 2 9998

Number of periods with exit: 2

Number of periods with entry: 2

Number of periods with entry and exit: 2

Mean investment: 0.03 (0.04)

Mean and stddev price-cost margin: 1.00 (0.00)

Mean and stddev one-plant concentration: 0.50 (0.01)

Mean value: -0.58 (0.09)

Mean lifespan: 3480.50 (4557.30)

Total plants in history: 2.00

Currently active plants have lived and earned:

10000.00 -0.74

3037.00 -0.59

Mean consumer surplus: 165.54 (0.50)

Mean producer surplus: -1.31 (0.50)

Mean total surplus: 164.22 (0.94)

---[Model Primitives]-----
INVESTMENT IN: capacity (homogenous products) EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

DEMAND INTERCEPT: 4.00 MARGINAL COST: 1.00 TAU: 0.90

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

Number of periods with n firms active, n=0,1,2...: 0 0 10000

Number of periods with exit: 0

Number of periods with entry: 0

Number of periods with entry and exit: 0

Mean investment: 0.03 (0.05)

Mean and stddev price-cost margin: 2.33 (0.01)

Mean and stddev one-firm concentration: 0.50 (0.00)

Currently active firms have lived and earned:

10000.00 46.54

10000.00 46.62

Mean consumer surplus: 91.60 (0.09)

Mean producer surplus: 90.81 (0.41)

Mean total surplus: 182.41 (0.48)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: capacity (homogenous products) EQUILIBRIUM: monopoly

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

DEMAND INTERCEPT: 4.00 MARGINAL COST: 1.00 TAU: 0.90

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

Number of periods with n plants active, n=0,1,2...: 0 10000 0
 Number of periods with exit: 637
 Number of periods with entry: 636
 Number of periods with entry and exit: 2
 Mean investment: 0.00 (0.00)
 Mean and stddev price-cost margin: 3.01 (0.04)
 Mean and stddev one-plant concentration: 1.00 (0.00)
 Mean value: 41.93 (19.57)
 Mean lifespan: 15.69 (10.63)
 Total plants in history: 637.00
 Currently active plants have lived and earned: 7.00 23.87
 Mean consumer surplus: 51.24 (0.18)
 Mean producer surplus: 103.03 (0.06)
 Mean total surplus: 154.26 (0.23)

---[Model Primitives]-----
 INVESTMENT IN: capacity (homogenous products) EQUILIBRIUM: social planner
 MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
 ---[Static Parameters]-----
 DEMAND INTERCEPT: 4.00 MARGINAL COST: 1.00 TAU: 0.90
 ---[Dynamic Parameters]-----
 STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962
 SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4
 PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

Number of periods with n plants active, n=0,1,2...: 0 7999 2001
 Number of periods with exit: 164
 Number of periods with entry: 163
 Number of periods with entry and exit: 6
 Mean investment: 0.01 (0.02)

Mean and stddev price-cost margin: 2.91 (1.78)
 Mean and stddev one-plant concentration: 1.00 (0.00)
 Mean value: -0.07 (0.54)
 Mean lifespan: 72.71 (112.44)
 Total plants in history: 164.00
 Currently active plants have lived and earned: 76.00 -0.29
 Mean consumer surplus: 0.00 (0.00)
 Mean producer surplus: 0.15 (0.59)
 Mean total surplus: 0.15 (0.59)

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS=3

---[Model Primitives]-----
 INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash
 MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 3 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
 ---[Static Parameters]-----
 MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w*): 1
 ---[Dynamic Parameters]-----
 STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962
 SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4
 PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

Number of periods with n firms active, n=0,1,2...: 0 0 0 10000
 Number of periods with exit: 0
 Number of periods with entry: 0
 Number of periods with entry and exit: 0
 Mean investment: 0.05 (0.07)
 Mean and stddev price-cost margin: 2.27 (0.00)
 Mean and stddev one-firm concentration: 0.33 (0.00)
 Currently active firms have lived and earned:

10000.00 110.06

10000.00 111.01

10000.00 111.02

Mean consumer surplus: 407.93 (0.89)

Mean producer surplus: 325.38 (1.23)

Mean total surplus: 733.31 (2.06)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: monopoly

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 3 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w^*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 9$; $\delta = 0.1$

Number of periods with n plants active, $n=0,1,2,\dots$: 0 0 20 9980

Number of periods with exit: 20

Number of periods with entry: 20

Number of periods with entry and exit: 20

Mean investment: 0.05 (0.05)

Mean and stddev price-cost margin: 2.90 (0.01)

Mean and stddev one-plant concentration: 0.33 (0.01)

Mean value: 29.21 (2.21)

Mean lifespan: 1315.80 (1055.08)

Total plants in history: 20.00

Currently active plants have lived and earned:

2202.00 29.42

924.00 29.93

538.00 29.61

Mean consumer surplus: 65.85 (0.24)

Mean producer surplus: 90.38 (0.89)

Mean total surplus: 156.23 (1.12)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: social planner

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 3 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

Number of periods with n plants active, n=0,1,2...: 0 0 8 9992

Number of periods with exit: 8

Number of periods with entry: 8

Number of periods with entry and exit: 8

Mean investment: 0.05 (0.05)

Mean and stddev price-cost margin: 1.00 (0.00)

Mean and stddev one-plant concentration: 0.33 (0.01)

Mean value: -0.63 (0.22)

Mean lifespan: 2441.50 (2689.58)

Total plants in history: 8.00

Currently active plants have lived and earned:

5880.00 -1.29

3565.00 -0.54

1015.00 -0.52

Mean consumer surplus: 200.03 (0.65)

Mean producer surplus: -2.21 (0.59)
Mean total surplus: 197.82 (1.16)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: capacity (homogenous products) EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 3 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

DEMAND INTERCEPT: 4.00 MARGINAL COST: 1.00 TAU: 0.90

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

Number of periods with n firms active, n=0,1,2...: 0 0 1 9999

Number of periods with exit: 1

Number of periods with entry: 1

Number of periods with entry and exit: 1

Mean investment: 0.06 (0.09)

Mean and stdev price-cost margin: 2.00 (0.01)

Mean and stdev one-firm concentration: 0.33 (0.00)

Mean value: 26.15 (0.00)

Mean lifespan: 9761.00 (0.00)

Total firms in history: 1.00

Currently active firms have lived and earned:

10000.00 25.98

10000.00 26.11

239.00 24.84

Mean consumer surplus: 115.95 (0.05)

Mean producer surplus: 76.16 (0.49)

Mean total surplus: 192.11 (0.52)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: capacity (homogenous products) EQUILIBRIUM: monopoly

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 3 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

DEMAND INTERCEPT: 4.00 MARGINAL COST: 1.00 TAU: 0.90

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

Number of periods with n plants active, n=0,1,2...: 0 10000 0 0

Number of periods with exit: 600

Number of periods with entry: 599

Number of periods with entry and exit: 4

Mean investment: 0.00 (0.00)

Mean and stdev price-cost margin: 3.01 (0.04)

Mean and stdev one-plant concentration: 1.00 (0.00)

Mean value: 43.10 (20.44)

Mean lifespan: 16.62 (12.13)

Total plants in history: 601.00

Currently active plants have lived and earned: 10.00 32.33

Mean consumer surplus: 51.24 (0.20)

Mean producer surplus: 103.13 (0.08)

Mean total surplus: 154.38 (0.27)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: capacity (homogenous products) EQUILIBRIUM: social planner

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 3 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

DEMAND INTERCEPT: 4.00 MARGINAL COST: 1.00 TAU: 0.90

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

Number of periods with n plants active, n=0,1,2...: 0 9025 975 0

Number of periods with exit: 94

Number of periods with entry: 92

Number of periods with entry and exit: 5

Mean investment: 0.01 (0.01)

Mean and stdev price-cost margin: 2.44 (1.95)

Mean and stdev one-plant concentration: 1.00 (0.00)

Mean value: -0.20 (0.28)

Mean lifespan: 112.27 (248.13)

Total plants in history: 94.00

Currently active plants have lived and earned: 422.00 -0.59

Mean consumer surplus: 0.00 (0.00)

Mean producer surplus: 0.04 (0.63)

Mean total surplus: 0.04 (0.63)

同时我们列出了其他参数变化的模拟结果，作为与上述结果的比较。这里我们仅以 MAXIMUM NUMBER OF FIRMS=2、INVESTMENT IN: quality、EQUILIBRIUM: Nash 的情况为例。

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.4

Number of periods with n firms active, n=0,1,2...: 0 0 10000
Number of periods with exit: 0
Number of periods with entry: 0
Number of periods with entry and exit: 0
Mean investment: 0.19 (0.13)
Mean and stdev price-cost margin: 2.34 (0.01)
Mean and stdev one-firm concentration: 0.50 (0.04)
Currently active firms have lived and earned:
10000.00 33.34
10000.00 33.55
Mean consumer surplus: 72.95 (1.27)
Mean producer surplus: 63.79 (2.65)
Mean total surplus: 136.73 (3.83)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash
MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962
SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4
PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.6

Number of periods with n firms active, n=0,1,2...: 0 8 9992
Number of periods with exit: 8

Number of periods with entry: 8
 Number of periods with entry and exit: 8
 Mean investment: 0.43 (0.26)
 Mean and stdev price-cost margin: 2.34 (0.02)
 Mean and stdev one-firm concentration: 0.52 (0.08)
 Mean value: 27.82 (1.84)
 Mean lifespan: 1514.13 (1391.96)
 Total firms in history: 8.00
 Currently active firms have lived and earned:
 6666.00 22.17
 1221.00 32.17
 Mean consumer surplus: 71.88 (2.72)
 Mean producer surplus: 55.57 (4.98)
 Mean total surplus: 127.46 (7.56)

---[Model Primitives]-----
 INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash
 MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
 ---[Static Parameters]-----
 MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w*): 1
 ---[Dynamic Parameters]-----
 STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962
 SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4
 PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.9

Number of periods with n firms active, n=0,1,2...: 11 612 9377
 Number of periods with exit: 623
 Number of periods with entry: 623
 Number of periods with entry and exit: 612
 Mean investment: 1.12 (0.28)
 Mean and stdev price-cost margin: 2.33 (0.07)

Mean and stddev one-firm concentration: 0.62 (0.18)

Mean value: 7.02 (6.24)

Mean lifespan: 32.00 (39.05)

Total firms in history: 623.00

Currently active firms have lived and earned:

39.00 7.64

14.00 4.66

Mean consumer surplus: 62.91 (6.02)

Mean producer surplus: 31.91 (5.16)

Mean total surplus: 94.82 (11.00)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 2; delta = 0.1

Number of periods with n firms active, n=0,1,2...: 0 0 10000

Number of periods with exit: 0

Number of periods with entry: 0

Number of periods with entry and exit: 0

Mean investment: 0.14 (0.17)

Mean and stddev price-cost margin: 2.34 (0.01)

Mean and stddev one-firm concentration: 0.50 (0.03)

Currently active firms have lived and earned:

10000.00 33.88

10000.00 32.98

Mean consumer surplus: 72.79 (1.34)

Mean producer surplus: 65.02 (3.16)

Mean total surplus: 137.81 (4.43)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 5; delta = 0.1

Number of periods with n firms active, n=0,1,2...: 0 0 10000

Number of periods with exit: 0

Number of periods with entry: 0

Number of periods with entry and exit: 0

Mean investment: 0.05 (0.08)

Mean and stddev price-cost margin: 2.34 (0.01)

Mean and stddev one-firm concentration: 0.50 (0.02)

Currently active firms have lived and earned:

10000.00 34.53

10000.00 35.51

Mean consumer surplus: 73.27 (1.15)

Mean producer surplus: 68.26 (2.01)

Mean total surplus: 141.52 (3.13)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w^*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4

PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: $a = 10$; $\delta = 0.1$

Number of periods with n firms active, $n=0,1,2,\dots$: 0 0 10000

Number of periods with exit: 0

Number of periods with entry: 0

Number of periods with entry and exit: 0

Mean investment: 0.03 (0.04)

Mean and stddev price-cost margin: 2.34 (0.00)

Mean and stddev one-firm concentration: 0.50 (0.01)

Currently active firms have lived and earned:

10000.00 35.50

10000.00 34.73

Mean consumer surplus: 73.49 (0.25)

Mean producer surplus: 69.45 (0.57)

Mean total surplus: 142.94 (0.80)

---[Model Primitives]-----

INVESTMENT IN: quality (differentiated products) EQUILIBRIUM: Nash

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS: 2 MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21

---[Static Parameters]-----

MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w^*): 1

---[Dynamic Parameters]-----

STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962

SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 4
 PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 6; delta = 0.1

Number of periods with exit: 0
 Number of periods with entry: 0
 Number of periods with entry and exit: 0
 Mean investment: 0.05 (0.07)
 Mean and stddev price-cost margin: 2.34 (0.00)
 Mean and stddev one-firm concentration: 0.50 (0.01)
 Currently active firms have lived and earned:
 10000.00 33.72
 10000.00 34.99 Mean consumer surplus: 73.35 (0.51)
 Mean producer surplus: 68.56 (1.10)
 Mean total surplus: 141.91 (1.57)

六、 结 论

我们把上文的结果简要的总结在下面的表格中：

MAXIMUM EFFICIENCY LEVEL: 21
 MARGINAL COST: 1.00 MARKET SIZE: 4.00 SPLINE POINT (w*): 1
 STARTING NUMBER OF FIRMS: 2 DISCOUNT FACTOR: 0.962
 SCRAP VALUE: 0.100 SUNK COST: stochastic, 0.15 - 0.25 ENTRY AT: 5
 PROBABILITY DISTRIBUTION PARAMETERS: a = 9; delta = 0.1

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS=1

Investment in (投资于)	Quali ty (质量)			Capaci ty (生产能力)		
Equi librium (均衡类型)	Nash (纳 什均衡)	Monopol y (垄断/共 谋)	Soci al planner (社会福	Nash (纳 什均衡)	Monopol y (垄断/共 谋)	Soci al Planner (社会福

			利最大化)			利最大化)
P/mc (价格比 边际成本)	2.46 (0.00)	2.46 (0.01)	1.00 (0.00)	3.00 (0.03)	3.01 (0.05)	2.07 (0.69)
Mean investment (投资均值)	0.01 (0.01)	0.02 (0.03)	0.02 (0.03)	0.02 (0.03)	0.02 (0.03)	0.01 (0.03)
Mean consumer surplus (消费 者剩余均值)	39.11 (0.13)	39.10 (0.24)	113.09 (0.24)	51.40 (0.27)	51.37 (0.35)	185.10 (9.41)
Mean producer surplus (生产 者剩余的均 值)	46.93 (0.45)	46.85 (0.51)	-0.76 (0.26)	102.54 (0.33)	102.68 (0.32)	3.47 (2.87)
均衡价格	37.4166	37.4166	15.21	45.63	45.7821	31.4847
降价幅度 1	0.163265	0.163265	0.659864	-0.02041	-0.02381	0.295918
调整后的均衡 价格	32.33917	32.33917	13.146	39.43801	39.56947	27.21223
降价幅度 2	0.27681	0.27681	0.70602	0.118061	0.115121	0.391462

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS=2

Investment in (投资于)	Quality (质量)			Capaci ty (生产能力)		
	Nash (纳 什均衡)	Monopoly (垄断/共 谋)	Soci al planner (社会福 利最大化)	Nash (纳 什均衡)	Monopoly (垄断/共 谋)	Soci al Planner (社会福利 最大化)
P/mc (价格比 边际成本)	2.34	2.72	1.00	2.33	3.01	2.91

	(0.00)	(0.01)	(0.00)	(0.01)	(0.04)	(1.78)
Mean investment (投资均值)	0.03 (0.04)	0.03 (0.04)	0.03 (0.04)	0.03 (0.05)	0.00 (0.00)	0.01 (0.02)
Mean consumer surplus (消费者剩余均值)	73.40 (0.45)	55.58 (0.21)	165.54 (0.50)	91.60 (0.09)	51.24 (0.18)	0.00 (0.00)
Mean producer surplus (生产者剩余的均值)	69.19 (0.94)	72.44 (0.78)	-1.31 (0.50)	90.81 (0.41)	103.03 (0.06)	0.15 (0.59)
均衡价格	35.5914	41.3712	15.21	35.4393	45.7821	44.2611
降价幅度 1	0.204082	0.07483	0.659864	0.207483	-0.02381	0.010204
调整后的均衡价格	30.76165	35.75713	13.146	30.63019	39.56947	38.25487
降价幅度 2	0.312088	0.200376	0.70602	0.315028	0.115121	0.144519

MAXIMUM NUMBER OF FIRMS=3

Investment in (投资于)	Quality (质量)			Capacity (生产能力)		
	Nash (纳什均衡)	Monopoly (垄断/共谋)	Social planner (社会福利最大化)	Nash (纳什均衡)	Monopoly (垄断/共谋)	Social Planner (社会福利最大化)
P/mc (价格比边际成本)	2.27 (0.00)	2.90 (0.01)	1.00 (0.00)	2.00 (0.01)	3.01 (0.04)	2.44 (1.95)
Mean investment (投资均值)	0.05 (0.07)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)	0.06 (0.09)	0.00 (0.00)	0.01 (0.01)

Mean consumer surplus (消费者剩余均值)	407.93 (0.89)	65.85 (0.24)	200.03 (0.65)	115.95 (0.05)	51.24 (0.20)	0.00 (0.00)
Mean producer surplus (生产者剩余的均值)	325.38 (1.23)	90.38 (0.89)	-2.21 (0.59)	76.16 (0.49)	103.13 (0.08)	0.04 (0.63)
均衡价格	29.84143	38.12341	13.146	26.29201	39.56947	32.07625
降价幅度 1	0.227891	0.013605	0.659864	0.319728	-0.02381	0.170068
调整后的均衡价格	34.5267	44.109	15.21	30.42	45.7821	37.1124
降价幅度 2	0.332666	0.147459	0.70602	0.412041	0.115121	0.28269

- 说明：
- 1、均衡价格等于 p/mc 乘以 15.31（边际成本的实际值）；
 - 2、调整后的均衡价格等于均衡价格乘以（1-0.1357）；
 - 3、正值表示当前价格高于实际均衡价格；负值表示当前价格低于实际均衡价格。
 - 4、考虑到前面估计参数时模拟方法对实际均衡值的高估，这里我们给出了调整后的降价比例作为参考；
 - 5、降价幅度 1 = (均衡价格 - 44.7323) / 44.7323；降价幅度 2 = (调整后的均衡价格 - 44.7323) / 44.7323，其中 44.7323 是目前实际的平均价格。

我们从上面表格中的回归结果可以得到如下结论：

第一、给定相同的目标函数和行业中厂商的数目，投资于产品质量情况下的市场均衡价格一般都低于投资于生产能力情况下的市场均衡价格（例如，在行业厂商数目为 1 时，纳什均衡结果(p/mc)分别为：2.46（投资于质量）和 3.00（投资于生产能力）；共谋结果分别为：2.46（投资于质量）和 3.01（投资于生产能力）。在行业中厂商数目为 2 时，纳什均衡结果(p/mc)分别为：2.34（投资于质量）和 2.33（投资于生产能力）；共谋结果分别为：2.72（投资于质量）和 3.01（投资于生产能力））。我们的一个解释：对于移动通讯这样的产品，各个厂商提供的产品质量是近似的，在给定相似的技术条件下，提高产品质量需要很高的投资水平，因此，改变产品质量

以增强竞争力的单位投资的回报很低。我国目前移动通讯市场并未饱和，因此提高生产能力的投资并不会形成过剩的生产能力而给均衡价格带来下降的压力。所以，投资于生产能力在目前要比投资于产品质量的回报率高。

第二、考虑厂商之间相互竞争达到纳什均衡的情况：厂商数目增加，市场均衡价格下降。这个结果很显然，厂商数目增加，市场竞争加剧，均衡价格下降。但是从结果中可以看到，厂商数目的增加，对同质产品情况下的均衡价格的影响要大于对异质产品情况下的均衡价格的影响。

第三、考虑厂商之间共谋的情况：从表格中可以看到，给定投资改变产品质量或者投资改变生产能力，在这两种情况下，市场均衡价格都没有随着厂商数目的增加而下降。因为在给定厂商之间共谋的条件下，厂商数目的增加并没有使得竞争加剧，因此没有了使市场均衡价格降低的压力。相反，由于厂商共谋相互之间没有竞争，当他们提供异质产品时，增加一个厂商反而会增加对市场的占有率，从结果中我们可以看到，均衡价格反而随着厂商数目的增加略有上升。从表格中还可以看到，当厂商提供同质产品时（即投资改变厂商的生产能力），均衡价格几乎没有变化。对此我们的一个解释是：共谋厂商的行为可以看作是一个垄断厂商的行为，又因为不同厂商提供的产品无差异，一个厂商扩大生产能力导致的市场均衡结果应该与两个或三个厂商共谋扩大生产能力导致均衡的结果是相同的。这一点也可以从不同厂商数目的消费者剩余均值和生产者剩余均值得到印证：当厂商数目分别 1、2 和 3 时，消费者剩余均值分别为：51.37、51.24、51.24（投资于生产能力）生产者剩余分别为：102.68、103.03、103.13（投资于生产能力），这些数值相差很小。

第四、最后考虑厂商以社会福利最大化作为目标函数的情况：由于以此作为目标的厂商兼顾到消费者和生产者的利益，很难从厂商数目的变化直接得到对市场均衡价格变动的的影响。同时我们可以注意到，投资改变生产能力的情况下，在厂商数目为 2 和 3 时，虽然市场均衡价格（价格比边际成本）分别为 2.91 和 2.44，但是标准差却分别为 1.78 和 1.95。这说明这时对均衡价格均值的估算是非常不准确的。所幸的是，我们考虑的理性厂商一般

是不会以社会福利的最大化作为自己的目标函数的。

第五、投资均值变动的分析：这里首先要指出，回归结果中给出投资均值的具体数值并没有实际的意义，我们要做的是比较目标函数和厂商数目变动时，投资均值的变动趋势以及背后的经济含义。当产品是异质时，投资随着厂商数目的增加而增加。这是因为投资可以改变产品的质量，随着厂商进入市场，需要更多的投资以区别自己和其他厂商的产品，以增加投资产品的竞争力和对市场的垄断能力。但是，当产品是同质的时候，投资增加生产能力。如果厂商之间是相互竞争的，随着厂商数目的增多，一定会更多投资以增强竞争实力；如果厂商之间是共谋的，厂商的进入就相当于增加了生产能力，我们可以看到，当厂商数目为 2 和 3 时，共谋情况下厂商的投资近似为零，说明这时市场已经接近饱和，不需要投资来进一步扩大生产能力。

第六、均衡价格变动的分析。从上面的结果中可以看出，当投资改变产品质量时（讨论异质产品），虽然随着厂商数目的增加均衡价格水平降低，但是变化并不明显。当厂商数目分别为 1、2、3 时，（调整后的）纳什均衡价格要求当前价格下降幅度分别为：27.7%、31.2%和 33.3%；当厂商数目分别为 1、2、3 时，（调整后的）共谋均衡价格要求当前价格下降幅度分别为：27.7%、20%、14.7%；而在以社会福利最大化为目标的情况下，均衡价格要求当前价格降低 60%—70%左右（当厂商数目为 1、2、3 时，调整前的降价幅度为 66%，调整后的降价幅度为 70.6%）。同时，随着厂商数目的增加，消费者剩余和生产者剩余都在增加（以纳什均衡为例，当厂商数目为 1 时，消费者剩余是 39.11，生产者剩余是 46.93；当厂商数目为 2 时，消费者剩余是 73.40，生产者剩余是 69.19；而当厂商数目为 3 时，消费者剩余是 407.93，生产者剩余是 325.38；）。根据目前我国移动通讯市场的现状看，这组数据是最具有参考价值的。当投资改变生产能力时（讨论同质产品），如果是纳什均衡，则均衡价格随着厂商数目的增加下降的很快（当厂商数目分别为 1、2、3 时，纳什均衡价格要求当前价格下降幅度分别为：-2.04%（负值表示价格上升）、20.7%和 31.97%）；如果是共谋的情况，则价格会上升，上升幅度为 2%左右（这里引用的结

果是未经调整过的数据，如果考虑到高估的因素，那么降价程度会更大)；如果是以社会福利最大化为目标的情况，由于方差较大，均衡价格的估计精确度低，不太具有参考意义。

综上所述，本文按照投资改变效率水平的方式以及均衡类型的不同组合进行模拟，虽然在不同情况下均衡值不同，但均低于目前的实际价格。因此，根据我们模拟的结果，在未来的竞争中，电信价格会下降大约 20%—40%。(我们主要参考厂商数目为 2、3 时的纳什均衡结果和共谋结果)

参考文献

- (1). Drew Fudenberg & Jean Tirole, "Pricing a Network Good To Deter Entry", *The Journal of Industrial Economics*, Vol.48, No.4 (December 2000), 373-390.
- (2). Eric Maskin & Jean Tirole, "A Theory of Dynamic Oligopoly, I: Overview and Quantity Competition With Large Fixed Costs", *Econometrica*, Vol.56, No.3 (May, 1988), 549-569.
- (3). Eric Maskin & Jean Tirole, "A Theory of Dynamic Oligopoly, II: Price Competition, Kinked Demand Curves, and Edgeworth Cycles", *Econometrica*, Vol.56, No.3 (May, 1988), 571-599.
- (4). Eric Maskin & Jean Tirole, "A Theory of Dynamic Oligopoly, III: Cournot Competition", *European Economic Review*, 31, 947-968.
- (5). Ariel Pakes & Paul McGuire, "Markov-Perfect Industry Dynamics: A Framework for Empirical Work", *Review of Economic Studies*, (1995) 62, 53-82.
- (6). Ariel Pakes & Paul McGuire, "Computing Markov-perfect Nash equilibria: numerical implications of a dynamic differentiated product model", *Rand Journal of Economics* Vol. 25, No. 4 Winter 1994, 555-589.
- (7). Ariel Pakes & Paul McGuire, "Implementing the Pakes-McGuire Algorithm for

Computing Markov Perfect Equilibria in Gauss”, 用 ftp 连接到 “econ.yale.edu” 用 “anonymous” 作为用户名，使用者的者真实性名作为口令（password）登入，在目录 “pub/mark-eqm” 中。

(8). Jean Tirole, “Markov Perfect Equilibrium”, *Journal of Economic Theory*, 100, No.2 (2001), 191-219.