

渐进创新下产品预期收益的模型解析

杨雨雨,冉茂盛,赵 骅

(重庆大学 经济与工商管理学院,重庆 400044)

摘要:在新产品扩散模型的基础上,考虑产品成长过程中不断创新的实际情况,并结合产品价格波动,构建出新产品预期收益模型。通过对该模型的数学解析发现预期收益存在三种可能的分布形态:典型的“钟”型分布,以及不常见的单调递增和单调递减分布。

关键词:新产品扩散;渐进创新;市场收益

中图分类号:F273.1

文献标志码:A

文章编号:1008-5831(2012)06-0055-05

F. M. Bass 在 1969 年综合 Woodlock (1960) 和 Mansfield (1961) 的成果提出的新产品扩散模型,为描述新产品市场成长过程奠定了良好的基础^[1]。众多研究者在此基础上进行了扩展^[2]和应用,形成了较为系统的新产品扩散理论。关注价格因素对模型影响的研究是这些理论中较为重要的发展分支^[3-4],然而产品扩散过程中不断创新的事实却往往被忽视,A-U 模型就证明过产品生命周期中大量产品创新和工艺创新的存在^[5]。因此确定渐进创新和价格对新产品预期收益变化的影响,有助于进一步还原新产品市场成长的真实过程,尽可能以较全面的思维去建立模型。接下来,第一部分是产品市场潜力模型推导,第二部分是关于该模型的数学解析及图形分析,第三部分是数学结论与现实情况结合,最后一部分是全文结论。

一、新产品扩散机理及预期收益模型

(一) 基本概念

根据不同产品在各个层次所具有的共同性来确定产品的定义。王海云、尚田志^[6]将产品分为产品种类(电视机)、产品形式(彩色电视机)、产品品牌(长虹牌彩色电视机)三种类型,三者呈递进包络关系。笔者将采用产品形式的产品概念作为研究对象,因为产品形式具有一定的稳定性,而且能够代表同一种形式下所具备的核心技术共性。

Levin、Reiss^[7]1988年按照创新的结果给渐进创新进行了分类:需求创造型创新(DCI)和成本节约型创新(CRI)。DCI是在产品原有的基础上完善产品功能、创新附加价值来增加产品的价值;CRI是在产品原来的生产过程中,优化资源配备、提高资源使用效率、缩短生产时间来降低产品成本。

扩散是指创新在需求者中传播并被采纳的过程^[8],即新产品在潜在消费者中被购买的过程,包括创新、传播的特定渠道、时间和社会系统中的各个单位。扩散开始时,仅有少数采用者,采纳人数增长很慢,潜在消费者了解新产品的渠道主要来自群体外部;成长阶段,采纳速度不断提高,群体内部的信息传播

收稿日期:2012-05-23

基金项目:国家863计划子项“高新技术产品研发与商业化的前置条件研究”(2006AA04Z369-1);重庆市软科学重点项目(cstc2011cx-rkx B0008)

作者简介:杨雨雨(1979-),男,重庆人,重庆大学经济与工商管理学院博士研究生,主要从事技术管理与技术创新研究;冉茂盛(1963-),男,重庆人,重庆大学经济与工商管理学院教授,博士生导师,博士,主要从事金融经济、投融资理论及实证、金融学等领域、技术经济及技术创新研究。

成为潜在消费者获得信息的主要来源,直到系统中越来越多人采纳这项创新产品;缓慢增长阶段,增长的速度下降了,但采纳的人数在增长,这时两种渠道的信息传播共存,直到最后;成熟阶段,这是最后一个阶段,扩散几乎停止了,原因是市场饱和,所有潜在消费者都购买了产品,市场上不会再有产品被售出^[9]。显然以上结论是建立在无重复购买的假设条件之下。

Bass^[1]通过对新产品销售量的预测描述了新产品的扩散过程,得出 Bass 扩散模型。

$$\frac{dF(t)}{d(t)} = [p + q \frac{F(t)}{m}] [m - F(t)] \quad (1)$$

对(1)式求解微分方程得,并假定初始条件为 $F(0) = 0$,得到:

$$F(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad (2)$$

$F(t)$ 表示到 t 时刻为止新产品的销售数量; m 表示潜在消费群体的总量。(1)式中, $dF(t)/dt$ 表示 t 时刻新产品销售数量,即新产品 t 时刻的扩散速度; $[m - F(t)]$ 表示 t 时刻剩余的潜在消费者数量; $[p + qF(t)/m]$ 中, p 为外部影响因素,反映通过营销等消费者群体以外的渠道传播的新产品信息,对潜在消费者购买行为产生影响, q 为内部影响因素,反映消费者群体内部通过口头传播(word-of-mouth)等渠道传播的新产品信息,对潜在消费者购买行为产生影响。

(二) 基于 Bass 模型的新产品收益预期

Bass 模型中并没有考虑价格对销售数量的影响,这与它形成于研究传染病传播原理有关。关于纳入价格因子柔化 Bass 模型,研究者引入价格因子函数,分别考查了对潜在消费者群体总量影响(m)、对口头交流(q)影响、对扩散速度($dF(t)/dt$)影响和同时对扩散速度与潜在消费者群体总量影响的四种柔化 Bass 模型。盛亚^[10]等从实证分析的基础上确定是否在扩散模型中纳入价格因素,结果发现:如果考虑价格对 Bass 扩散的影响,那么影响扩散速度的可能性最大,所以引入价格影响变量 $h(I)$ 得到式(3)。

$$\frac{dF(t)}{d(t)} = [p + q \frac{F(t)}{m}] [m - F(t)] h(I) \quad (3)$$

Bass 模型隐含假设之一是产品性能随时间推移保持不变^[11],这是为了数学研究的需要而回避产品本身的渐进创新。若从实际出发,必须直面新产品市场成长过程中受到渐进创新的影响,这种影响可以通过价格形式作用于新产品扩散,新产品扩散受价格影响的作用就形成新产品市场收益预期,即任何 t 时刻新产品的销售收益值(t 时刻销售数量与 t

时刻销售价格的乘积)。

(三) 渐进创新能力积累决定产品价格的假设

首先,渐进创新给产品带来两种结果——成本节约和需求创造^[7],假设这两种结果最终导致产品价格的变化。需求创造型创新是体内竞争(产品之间竞争)的结果。由于产品形式下存在众多的具体产品,这些产品为了成为市场上的主流,优于同层次的其他产品,必须进一步完善功能,增加或创造价值。随着需求创造型创新能力的积累,产品价格上升。成本节约型创新是厂商竞争的结果,对于同样的产品,谁的生产成本更低,谁就越有竞争优势,越能提供价格更低的产品。随着成本节约型创新能力的积累,产品价格降低。实际上这两种创新都不是单独出现的,往往是共存的,所以在研究渐进创新势必同时考虑二者对产品价格的影响。

其次,根据前面对新产品预期收益的分析,价格 I 不单独作用潜在消费者群体总量 m 、外部因素 p 和内部因素 q ,而是主要作用于扩散速度 $dF(t)/dt$ 。对 Bass 模型整体的价格影响因子作用,建立式(4):

$$r = I \frac{dF}{dt} = I [p + q \frac{F(t)}{m}] [m - F(t)] \quad (4)$$

价格直接作用于扩散速度, r 表示销售收益的变化速度,即 t 时刻销售收益值。

另外:根据渐进创新能力积累决定产品价格的假设,价格随渐进创新能力积累连续线性变化,构建 t 时刻产品价格模型^[12]:

$$I_t = I_0 \cdot K_t \quad (5)$$

I_t 表示 t 时刻的销售价格, I_0 表示初始时刻的价格, K_t 表示 t 时刻渐进创新能力积累。

$$K_t = \beta \int_0^t K_t dt + \alpha \quad (6)$$

$$\text{解得, } K_t = \alpha e^{\beta t}$$

α 为渐进创新能力积累的初始值, β 为创新能力积累系数。分别用 $K_1 = \alpha_1 e^{\beta_1 t}$, $K_2 = \alpha_2 e^{\beta_2 t}$ 表示需求创造型创新和成本节约型创新对价格的影响因子。渐进创新能力积累就用两类创新的合力表示:

$$K_t = K_{1t} K_{2t} = \alpha_1 \alpha_2 e^{(\beta_1 + \beta_2)t} \quad (7)$$

$\alpha_1 \alpha_2$ 为两种创新能力积累的综合初始值, $(\beta_1 + \beta_2)$ 为两种创新能力积累共同作用的系数。 β_1 是需求创造型创新能力积累系数,由于这类创新使产品的价值增加,所以对价格的作用为正,该值为正值; β_2 是成本节约型创新能力积累系数,由于这类创新使产品的成本下降,所以对价格的作用为负,该值为负值。若成本节约型创新能力积累大于需求创造型能力积累, $(\beta_1 + \beta_2)$ 为负;反之为正。

二、新产品预期收益模型数学解析

根据(2)式、(4)式,得到:

$$r = I_0 \cdot \alpha \cdot e^{\beta t} \cdot m \cdot \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{[p + q e^{-(p+q)t}]^2} \quad (8)$$

$$r' = I_0 \alpha m p (p+q)^2 \frac{e^{[\beta-(p+q)]t} \{ [\beta - (p+q)]p + [\beta + (p+q)]q e^{-(p+q)t} \}}{[p + q e^{-(p+q)t}]^3} \quad (9)$$

$$r'' = \frac{I_0 \alpha m p (p+q)^2 e^{[\beta-(p+q)]t}}{[p + q e^{-(p+q)t}]^4} \cdot \{ [\beta - (p+q)]^2 \cdot p^2 + 2pq[\beta^2 - 2(p+q)^2] e^{-(p+q)t} + [\beta + (p+q)]^2 q^2 [e^{-(p+q)t}]^2 \} \quad (10)$$

这里要讨论 r'' 的正负,主要看 $[\beta - (p+q)]^2 \cdot p^2 + 2pq[\beta^2 - 2(p+q)^2] e^{-(p+q)t} + [\beta + (p+q)]^2 q^2 [e^{-(p+q)t}]^2$ 的正负。为了计算方便,这里作变量代换,令 $y = e^{-(p+q)t}$,于是上面的式子就变成: $[\beta + (p+q)]^2 q^2 y^2 + 2pq[\beta^2 - 2(p+q)^2]y + [\beta - (p+q)]^2 p^2$,这里 $0 \leq y \leq 1$ 。

这是一个关于 y 的一元二次函数,函数开口朝上。所以只要判别 y 在 $[0,1]$ 上函数值的正负,就可以判定 r'' 的正负。令:

$$[\beta + (p+q)]^2 q^2 y^2 + 2pq[\beta^2 - 2(p+q)^2]y + [\beta - (p+q)]^2 p^2 = 0 \quad (11)$$

$$y_1 = \frac{-2pq[\beta^2 - 2(p+q)^2] - \sqrt{4p^2q^2(p+q)^2[3(p+q)^2 - 2\beta^2]}}{2[\beta + (p+q)]^2 q^2}$$

$$y_2 = \frac{-2pq[\beta^2 - 2(p+q)^2] + \sqrt{4p^2q^2(p+q)^2[3(p+q)^2 - 2\beta^2]}}{2[\beta + (p+q)]^2 q^2}$$

为了研究 r 的趋势,分别对 r' 和 r'' 进行讨论,在(9)式里除大括弧内的式子无法确定其正负,其他的都为正。那么进一步讨论大括弧的正负值以确定 r' 的正负。显然,这里需根据 r' 以及 r'' 正负进行分别讨论。

呈单调递增趋势变化,而且 $t \rightarrow +\infty, r \rightarrow +\infty$ 。要讨论 r 的凹凸性,要根据 r'' 的正负来判定。

(1) 当 $\beta > \frac{\sqrt{6}}{2}(p+q)$ 时,方程(11)式无解。所以对任意的 y ,方程都大于零。故 $r' > 0$,所以 r 为凸函数。如图 1(a)。

(一) 单调递增变化的新产品预期收益

当 $\beta > (p+q)$ 时, $r' > 0$,这时新产品销售收益

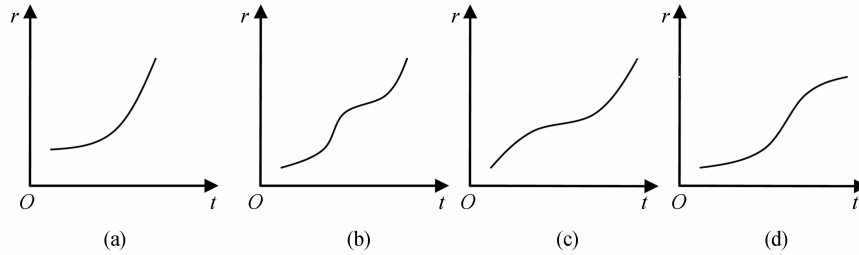


图1 单调递增的新产品预期收益

(2) 当 $p+q < \beta < \frac{\sqrt{6}}{2}(p+q)$ 时,方程(11)式有解。当 y_1 和 y_2 都在 $(0,1)$ 内时, $r'' = 0$ 就有两个解,说明 r 有两个拐点。如图 1(b) 所示。当 y_1 和 y_2 只有一个在 $(0,1)$ 内时,在定义域内就只有一个拐点,如果 y_1 在 $(0,1)$ 内,如图 1(c) 所示;如果 y_2 在 $(0,1)$ 内,如图 1(d) 所示。

产品市场收益变化达到最大。

$$\begin{cases} t < \frac{1}{p+q} \ln \frac{[(p+q)+\beta]q}{[(p+q)-\beta]p}, r' > 0 \\ t > \frac{1}{p+q} \ln \frac{[(p+q)+\beta]q}{[(p+q)-\beta]p}, r' < 0 \end{cases} \quad (12)$$

(二) 类似“钟”型曲线的新产品预期收益

当 $p-q < \beta < p+q$, 函数 r 非单调变化。

在 $t = \frac{1}{p+q} \ln \frac{[(p+q)+\beta]q}{[(p+q)-\beta]p}$ 时, $r'' = 0$, 新

当 $p-q < \beta < p+q$ 时,方程(11)有解,当 y_1 和 y_2 都在 $(0,1)$ 内时, $r'' = 0$ 就有两个解,说明 r 有两个拐点,又因为 r 有一个极值点,所以 r 的图形只能为图 2(a)。当 y_1 在 $(0,1)$ 区间内时, r 的图形为图 2(b)。当 y_2 在 $(0,1)$ 区间内时, r 的图形为图 2(c)。

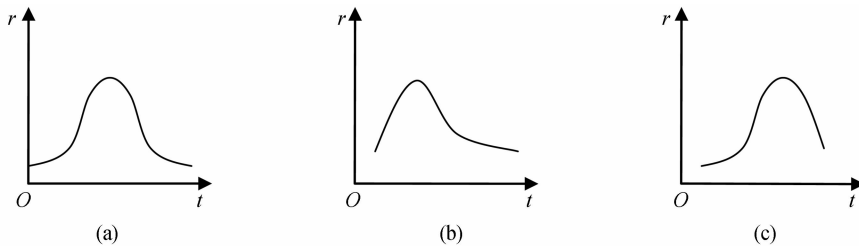


图2 “钟”形分布的新产品预期收益

(三) 单调递减变化的新产品预期收益

当 $\beta < p-q$ 时, $r' < 0$,新产品销售收益单调递

减变化。要讨论 r 的凹凸性,要根据 r'' 的正负判定。

(1) 当 $\beta < -\frac{\sqrt{6}}{2}(p+q)$ 时, 方程(11)式无解。

所以对任意的 y , 方程都大于零。故 $r'' > 0$, 所以 r 为凸函数。如图 3(a)。

(2) 当 $p-q > \beta > -\frac{\sqrt{6}}{2}(p+q)$ 时, 方程(11)式

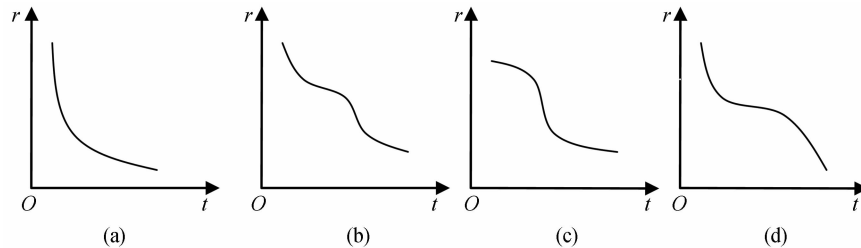


图3 单调递减的新产品预期收益

三、新产品预期收益模型的经济意义释析

根据 Bass 模型, p 表示消费者群体初始购买新产品的可能性, 由产品本身的性质、厂商对产品的推广程度、广告作用、政府引导等消费者群体外部传播因素决定。 q 与 $F(t)/m$ 的乘积作用表示: 已经购买新产品消费者数量对潜在购买者产生购买压力的内部传播作用。实际上在新产品进入市场后, 有些消费者在购买新产品, 对新产品并不满意, 因此将新产品不好的信息传播给其他潜在消费者致使他们不去购买, 对于这种情况可以看作是内部传播因素 q 在反方向起作用。同样对于 p , 如果在新产品被政府限制的情况下, 也存在外部传播因素的反方向作用。因此可以用内、外部因素相同方向上的合力作用来解释 $(p+q)$, 这一类新产品在内外因素合力的作用下, 不断地在潜在消费者群体中扩散; $(p-q)$ 则是外部因素抵消内部因素而表现出的合力作用, 这一类新产品虽然被开发出来推入市场, 但是得不到消费者良好的口碑, 在消费者群体内部的扩散受到阻挠; $-(p+q)$ 是内、外部因素同时在反方向上的合力, 这样的新产品可能是创新失败的产品。

(一) 单调递增的产品预期收益变化

单调递增的产品预期收益变化, 如图 1 中四种图形, 预期收益 r 的增幅是逐渐增加的, 最后趋于无穷大。显然, 这是所有厂商都期望的结果, 产品预期收益的增幅将无限地增加下去。如果在没有考虑渐进创新因素的 Bass 模型里, 其预期收益是先增长后减少的过程, 类似图 2 中所描述的情况。即是说, 渐进创新将创造出新产品无穷的预期收益, 这也是许多产品不断推出更新换代产品的原因。但并不是所有的渐进创新产品都具有单调递增的预期收益, 只有当 $\beta > p+q$, 即渐进创新的作用系数要大于产品扩散过程中内、外部因素系数之和, 或者说渐进创新的作用已经达到重塑一个新产品扩散的能力。例如, 在电子产品的市场中最能体现这类产品渐进创新的重塑力。另外从 $\beta > p+q$ 可以看到 $\beta > 0$ 的事实, 这不仅说明渐进创新中需求创造型创新的积累远大于成本节约型创新, 而且渐进创新最终使新产

有解。当 y_1 和 y_2 都在 $(0,1)$ 内时, $r'' = 0$ 有两个解, 说明 r 有两个拐点。如图 3(b) 所示。当 y_1 和 y_2 只有一个在 $(0,1)$ 内时, 在定义域内就只有一个拐点, 如果 y_1 在 $(0,1)$ 内, 如图 3(c) 所示; 如果 y_2 在 $(0,1)$ 内, 如图 3(d) 所示。

品的价格不断上升。所以, 只有不断地创造新价值才不会使产品的潜在收益枯竭, 才能产生出源源不断的财富。

随着新产品的已购买者数量 $F(t)$ 的不断增长, $q F(t)/m$ 作用下的内部因素的作用越来越明显, 促使潜在消费者群体产生购买的压力持续增加, 从而使新产品进一步提高价格成为可能。如果只剩一个潜在消费者, 其余的已成为购买者, 此时这个人对新产品的需求非常大, 因为其他所有人都用手证明了该新产品的价值, 所以此时这个人愿意支付的价格可能是相当高的, 在理论上趋于无穷大, 那么厂商的收益相应地趋于无穷大。因此, 只要渐进创新中需求创造型创新保持在一定水平上, 产品的预期收益增加幅度将持续上升, 这将是企业为了提高预期收益的一个很有用的参考途径。

(二) “钟”型分布的产品预期收益

“钟”型分布的产品预期收益, 对应图 2 中三种图形, 产品预期收益增幅都是先增后减, 与基本 Bass 模型的分布一致。尽管这不是所有厂商希望看到的结果, 但这的确反映了市场上新产品的现实状况, 即任何产品都会经历由盛及衰的过程。此时 $p-q < \beta < p+q$, 渐进创新积累因素 β 对产品价格的影响介于内外影响因素相同方向上的合力作用 $(p+q)$ 和外部因素抵消内部因素的合力作用 $(p-q)$ 之间(一般情况下内部因素要比外部因素的作用强, 所以 q 是大于 p 的, $p-q < 0$)。 β 可正可负, 那么需求创造型创新与成本节约型创新共存, 且两者的共同作用使新产品价格在初始价格的基础上或者增加或者减少, 由于这种向上或向下的波动对产品价格的影响较小, 产品预期收益的变化就倾向于 Bass 模型的标准分布, 即, 新产品预期收益的增幅变化由新产品的扩散起主要决定因素, 图 2 中的三种图形与 Bass 模型所得出的新产品扩散变化趋势相吻合。

这种类型分布主要集中在渐进性创新很少的产品(或者需求创造型创新与成本节约型创新的作用相当的产品), 例如某部电影、某张 DVD 或者某本书籍, 它们在刚进入市场后, 产品已经定型不再创新,

其预期收益将面临缓慢增长期、快速增长期、达到峰值后进入衰减。如果,这部电影继续拍摄续集后上映,那么可以视为该产品进行了需求创造型创新,重新创造出潜在收益,即成为前一类型的分布模式。

(三) 单调递减产品预期收益变化

单调递减产品预期收益变化,对应图 3 中四种图形都递减,最后都趋于零。由于 $\beta < p - q$, 渐进创新能力积累因素 β 小于外部因素抵消内部因素而表现出的合力作用 $(p - q)$, $r' < 0$, 新产品销售收益单调递减变化。渐进创新能力积累因素值 β 为负数,需求创造型创新的作用非常微弱甚至成本节约型创新占主导作用,价格随时间随成本减低而下降,预期收益单调递减随 t 增长趋于零。例如,固定电话用户随着时间推移其入网成本不断下降,其入网价格从几千元一直下落到几元,甚至 0 元入网还赠送电话,此时运营商的固话入网预期收益已几乎降为 0。

从预期收益增幅变化趋势看,“钟”型预期收益变化在市场上比较常见,也符合市场规律,还可以用来研究产品的生命周期。但是通过对预期收益的数学解析发现,还存在另两种产品预期收益变化的模式,即单调递增和单调递减,它们往往被忽略。单调递增型预期收益分布是所有厂商追求的理想状态,通过渐进创新是能够实现的;单调递减型分布在一些特殊产品中能够得到印证。在关于新产品生命周期或者产品市场成长的研究中应该注意上述两类特殊情况。

四、结语

笔者提出的产品预期收益变化模型,是以 Bass 扩散理论的综合分析为基础,结合渐进创新理论来构建。着重介绍了在渐进创新的不同类型和不同程度下,产品预期收益变化的各种趋势,并对各种变化趋势作了详细解析。对于新产品开发的厂商而言,预测产品潜在收益的趋势和发现产品尚未满足的市场空间具有重要的指导意义,并且就新产品扩散过程中采用相应创新手段和控制创新能力的实践,提出理论依据。厂商应该重视产品研发、生产中的两种创新,这不仅仅是产品 R&D 战略,从技术创新的角度提升产品价值、减低产品生产成本,增加产品市场竞争力;更是通过控制两种创新能力来调整

产品预期收益的重要营销策略。尽管文中模型是从系统观点考虑建立起来的解析模型,但是很多甚至大多数技术扩散过程影响因素众多,很难从这些因素中挑选出主要因素而建立相应的解析模型,而通过用渐进创新作用产品扩散来预测产品销售收益似乎是一个基于 Bass 模型改进的新领域,必要时可以通过相应的计算机模拟技术对该技术创新扩散过程进行模拟。

参考文献:

- [1] BASS F M. A new product growth for model consumer durables[J]. *Management Science*, 1969, 15(5): 215 - 227.
- [2] 董景荣, 杨秀苔. 高新技术向传统产业扩散的模型研究[J]. *重庆大学学报: 社会科学版*, 1999, 5(4): 52 - 55.
- [3] KALISH S. A new product adoption model with price, advertising and uncertain[J]. *Management Science*, 1985, 31 (december): 1569 - 1585.
- [4] JAIN D C, RAO R C. Effect of price on the demand for durables: Modelling, estimation and findings[J]. *Journals of Business and Economics Statistics*, 1990, 8(2): 163 - 170.
- [5] ABERNATHY W J, UTTERBACK J M. Patterns of industrial innovation[J]. *Technology Review*, 1978, 80 (June/July): 40 - 47.
- [6] 王海云, 尚志田. 重复购买的产品生命周期模型研究[J]. *中国管理科学*, 2002, 10(2): 24 - 29.
- [7] LEVIN R C, REISS P C. Cost-reducing and demand-creating R&D with spillovers Rand[J]. *Journal of economics*, 1988, 19(4): 404 - 431.
- [8] V · K · 纳雷安安. 技术战略与创新: 竞争优势的源泉[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 81 - 81.
- [9] ROGERS E M. *Diffusion of innovations*[M]. New York: the Free Press, 1983: 23 - 56.
- [10] 盛亚. 技术创新扩散与新产品营销[M]. 北京: 中国发展出版社, 2002: 23 - 23.
- [11] LITIEN G L, WAHTBIN C. A study of some assumptions underlying innovation diffusion functions[J]. *Swedish Journal of Economics*, 1973, 75(4): 326 - 377.
- [12] 赵骅, 杨雨雨. 基于 Bass 模型的新产品潜在收益分布研究[J]. *科技进步与对策*, 2007, 24(2): 168 - 171.

Product Potential Revenue with Incremental Innovation

YANG Yuyu, RAN Maosheng, ZHAO Hua

(School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China)

Abstract: By inserting the incremental innovation and the price into the product diffusion, we construct the model of product potential revenue based on the Bass Model. 3 types of the product potential revenue are got: the first is the “ Ω ” distribution that is the traditional product life cycle; the second is the monotone increasing distribution; the last is the monotone decreasing distribution.

Key words: the Bass Model; the incremental innovation; the potential revenue

(责任编辑 傅旭东)