

基于盈利和相互影响的技术扩散模型研究

刘建宁, 邹礼瑞

(上海交通大学 安泰管理学院, 上海 200030)

摘要:在文献[1]的基础上,从技术的盈利性角度对单技术扩散模型做出了改进,利用改进模型分析了替代品、互补品和企业广告宣传对技术扩散的影响。然后在改进的单技术扩散模型和文献[2]的基础上,建立了反映技术间相互影响的双技术扩散模型,分析了企业技术创新和广告宣传在市场竞争中的作用。根据单、双技术扩散模型的分析结果,提出了促进行业健康快速发展的一些措施和建议。

关键词:技术扩散;盈利性;相互影响

中图分类号:F091.354

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2005)11-0105-03

1 问题的提出

技术和行业的发展其实质是技术创新和扩散的过程。技术创新和扩散的快慢直接决定了技术和行业发展的速度。研究和掌握技术扩散的规律,为政府决策提供有效支持、促进技术和行业健康快速发展就变得非常重要而有意义。当前,技术扩散研究包括理论和实证两个方面。文献[1]、[2]、[3]属于理论方面的研究^[1-3],文献[4]、[5]属于实证方面的研究^[4,5]。本文则是从理论的角度研究技术扩散的规律,建立新的单技术扩散模型和双技术扩散模型,为行业健康快速发展提出一些措施和建议。

2 单技术扩散模型的建立

文献[1]认为技术扩散速度取决于新技术所需投资大小 s_t 、采用新技术的盈利性 π_t 、以及已采用者 $N(t)$ 占潜在采用总数 m 的比例,由此提出单技术模型

$$\frac{N(t+1)-N(t)}{m-N(t)} = H(s_t, \pi_t, \frac{N}{m}) \quad (1)$$

并将模型(1)泰勒展开后简化得到:

$$\frac{\partial F(t)}{\partial t} = (a+bF(t))(1-F(t)) \quad (2)$$

其中, $F(t) = \frac{N(t)}{m}$, a 为基期的技术采用水平。此外文献[1]认为扩散系数 b 随时间变化,且令 $b = bF^n$, $a=0$, 于是模型(2)变为:

$$\frac{\partial F(t)}{\partial t} = bF^n(1-F) \quad (3)$$

从衍生模型(2)、(3)以上可以看出,技术的盈利性、行业因素和企业广告宣传对技术扩散的影响未得到有效反映。本文用企业销售收入 R 来近似新技术的盈利性 π_t , 并假设企业新技术所需投资大小为常数,改进模型为:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = H[R, N, (m-N)] \quad (4)$$

设该技术产品最大销售量为 M 、售价为 P 、已采用该技术的企业市场份额相同, 于是 $R = \frac{MP}{N}$ 。参考模型(2)、(3)的形式,将模型显性化为:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = aRN^n(m-N) = a \frac{MP}{N} N^n(m-N) \quad (5)$$

其中, a 是一个综合参数,表示除技术盈利性、行业因素和企业广告宣传外其他因素对技术扩散的影响。一般而言,技术扩散面是不断增大的,所以令 $a > 0$ 。 N^n 反映了行业因素和企业广告宣传对技术扩散的影响。行

业传播和扩散的途径不同、企业广告宣传力度的改变都会导致 n 的变化。

$n=1$ 时,说明企业的广告宣传力度小、扩散和传播渠道少,模型(5)变为:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = aMP(m-N) \quad (6)$$

对上式进行积分得到:

$$N = m - C_0 e^{-aMPN} \quad (7)$$

其中 C_0 是大于 0 的积分常数。

$n=2$ 时,说明企业的广告宣传力度不大、扩散和传播渠道不多,模型(5)变为:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = aMPN(m-N) \quad (8)$$

对于上述方程积分得到:

$$N = \frac{m}{1 + C_0 e^{-aMPN}} \quad (9)$$

这就是著名的 Logistic 模型,长期以来都作为技术采用和扩散分析的主要模型,主要原因在于此模型有极好的模拟分析性质,符合大量的关于技术采用和扩散的实证研究的结果。

$n \geq 3$ 时,说明企业的广告宣传力度大、扩散和传播渠道多,模型(5)改写为:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = aMPN^{n-1}(m-N) \quad (10)$$

由于方程复杂,无法求出 X 的具体表达

收稿日期:2005-03-01

作者简介:刘建宁(1979-),男,上海交通大学安泰管理学院管理科学与工程系硕士研究生;邹礼瑞(1953-),男,上海交通大学安泰管理学院管理科学与工程系副教授,研究方向为技术创新。

式。两边求得：

$$\frac{\partial^2 N}{\partial t^2} = aMPN^{n-2}[m(n-1)-nN] \frac{\partial N}{\partial t} \quad (11)$$

解得拐点 $N = \frac{n-1}{n}m$ 。当 $N < \frac{n-1}{n}m$ 时，有 $\frac{\partial^2 N}{\partial t^2} > 0$ ，说明在 N 逼近 $\frac{n-1}{n}m$ 时技术的扩散速度越来越快；当 $N > \frac{n-1}{n}m$ 时，有 $\frac{\partial^2 N}{\partial t^2} < 0$ ，说明在 N 在达到 $\frac{n-1}{n}m$ 后技术的扩散速度开始减小；当 $n \rightarrow \infty$ 时，有 $\frac{n-1}{n}m \rightarrow m$ ，说明当 n 越大，技术加速扩散的区间 $[0, \frac{n-1}{n}m]$ 越长。

3 单技术扩散模型的讨论

由模型(6)、(8)、(10)可以看出， M 和 P 越大则扩散速度 $\frac{\partial N}{\partial t}$ 越大。而 M 、 P 的大小受替代品和互补品的影响。替代品的发展壮大势必导致当前技术产品市场萎缩、价格下降，进而降低技术扩散速度、阻碍行业迅速发展；互补品的发展壮大将扩大当前技术产品的需求、提高产品价格，进而提高技术扩散速度、促进行业迅速发展。此外，企业的广告宣传力度越大， n 就越大，技术加速扩散的区间 $(0, \frac{n-1}{n}m)$ 就越长，技术扩散速度越快，进而促进行业迅速发展。

当有巨大市场前景的技术被一些企业垄断时， M 和 P 的值都很高，导致技术扩散速度 $\frac{\partial N}{\partial t}$ 很大以满足市场对该产品的需求，而企业垄断却限制了技术的扩散，加上专利法有待完善，导致盗版猖獗，给市场带来不良的影响，一个典型的案例就是微软公司的 Windows 操作系统软件。所以政府要加大管制力度，制定和实施反垄断法案，防止垄断产生，使行业得到健康发展。

4 双技术扩散模型的建立

由单技术扩散模型分析可以知道，互补品和替代品对技术扩散有影响，即替代技术和互补技术对技术扩散有影响。为此，文献[2]给出了一个双技术扩散模型：

$$\frac{\partial X}{\partial t} = X(t) \left(1 - \frac{X(t)}{m_1} - pY(t) \right) \quad (12)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = Y(t) \left(1 - \frac{Y(t)}{m_2} \right) \quad (13)$$

从这个模型可以看出，文献[2]只是考虑了 Y 技术对 X 技术的影响，并未考虑 X 技术对 Y 的影响。本文在改进的单技术扩散模型基础之上，考虑技术 X 和技术 Y 的相互影响，建立新的双技术扩散模型：

$$\frac{\partial X}{\partial t} = a_1 M_1 P_1 \frac{M_1 P_1}{X} X^n \left(1 - \frac{X}{m_1} - pY \right) \quad (14)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = a_2 M_2 P_2 \frac{M_2 P_2}{Y} Y^n \left(1 - \frac{Y}{m_2} - \frac{X}{p} \right) \quad (15)$$

其中， p 为技术 Y 对技术 X 的替代率，其绝对值的大小度量了技术的先进程度。 $p < 0$ 表示技术 X 和技术 Y 是互补关系； $p > 0$ 表示技术 X 对技术 Y 有替代关系。本文只讨论 $p > 0$ 的情况，此时 p 的绝对值越小表示 X 技术相对 Y 技术而言越先进，难以被 Y 替代。

$n=1$ 时，模型变为：

$$\frac{\partial X}{\partial t} = a_1 M_1 P_1 m_1 \left(1 - \frac{X}{m_1} - pY \right) \quad (16)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = a_2 M_2 P_2 m_2 \left(1 - \frac{Y}{m_2} - \frac{X}{p} \right) \quad (17)$$

解不动点方程组得到不动点： $(\frac{(p m_1 - 1)m_1}{m_1 m_2 - 1}, \frac{(m_1 - p)m_2}{(m_1 m_2 - 1)p})$ 。当 $\frac{1}{m_2} > p$ 或 $p > m_1$ 时，该不动点失去意义。当时 $\frac{1}{m_2} < p < m_1$ ， $(\frac{(p m_1 - 1)m_1}{m_1 m_2 - 1}, \frac{(m_1 - p)m_2}{(m_1 m_2 - 1)p})$ 表示竞争的结果为双方各占一部分市场雅可比矩阵 $J = \begin{pmatrix} -a_1 M_1 P_1 & -a_1 M_1 P_1 p \\ -a_2 M_2 P_2 m_2 / p & -a_2 M_2 P_2 \end{pmatrix}$ ，于是 $\tau = -(a_1 M_1 P_1 + a_2 M_2 P_2) < 0$ ， $\Delta = a_1 M_1 P_1 a_2 M_2 P_2 (1 - m_1 m_2) < 0$ ，所以 $(\frac{(p m_1 - 1)m_1}{m_1 m_2 - 1}, \frac{(m_1 - p)m_2}{(m_1 m_2 - 1)p})$ 为鞍点。

$n=2$ 时，解不动点方程：

$$a_1 M_1 P_1 m_1 X \left(1 - \frac{X}{m_1} - pY \right) = 0 \quad (18)$$

$$a_2 M_2 P_2 m_2 Y$$

$$\left(1 - \frac{Y}{m_2} - \frac{X}{p} \right) = 0 \quad (19)$$

得到不动点有 $(0, 0)$ 、 $(0, m_2)$ 、 $(m_1, 0)$ 、 $(\frac{(p m_1 - 1)m_1}{m_1 m_2 - 1}, \frac{(m_1 - p)m_2}{(m_1 m_2 - 1)p})$ 。

$(0, 0)$ 表示竞争的结果是两败俱伤，双方都丧失所有市场；点 $(m_1, 0)$ 表示竞争的最终结果为技术 X 完全占领市场、技术 Y 退出市场；点 $(0, m_2)$ 表示竞争的

最终结果为技术 Y 完全占领市场、技术 X 退出市场。此时，雅可比矩阵为：

$$J = \begin{pmatrix} a_1 M_1 P_1 [m_1(n-1) - nX - p m_1(n-1)Y] & -a_1 M_1 P_1 p m_1 X \\ -\frac{a_2 M_2 P_2 m_2 Y}{p} & -a_2 M_2 P_2 [m_2(n-1) - nX - \frac{m_2(n-1)X}{p}] \end{pmatrix}$$

对于点 $(0, 0)$ ， $J = \begin{pmatrix} a_1 M_1 P_1 m_1 & 0 \\ 0 & a_2 M_2 P_2 m_2 \end{pmatrix}$ ，

于是 $\tau = a_1 M_1 P_1 m_1 + a_2 M_2 P_2 m_2 > 0$ ， $\Delta = a_1 M_1 P_1 m_1 a_2 M_2 P_2 m_2 > 0$ ， $\tau^2 - 4\Delta > 0$ ，所以 $(0, 0)$ 不是稳定点。

对于点 $(m_1, 0)$ ， $J = \begin{pmatrix} -a_1 M_1 P_1 m_1 & -a_1 M_1 P_1 p m_1^2 \\ 0 & a_2 M_2 P_2 m_2 [1 - \frac{m_1}{p}] \end{pmatrix}$ ，

得到 $\tau = -a_1 M_1 P_1 m_1 + a_2 M_2 P_2 m_2 [1 - \frac{m_1}{p}]$ ， $\Delta = a_1 M_1 P_1 m_1^2 a_2 M_2 P_2 m_2 [1 - \frac{m_1}{p}]$ 。 $p < m_1$ 时， $\tau < 0$ ， $\Delta > 0$ ， $\tau^2 - 4\Delta \geq 0$ ，此时 $(m_1, 0)$ 是稳定点。当 $p > m_1$ ， $\tau < 0$ 时，此时 $(m_1, 0)$ 为鞍点；

对于点 $(0, m_2)$ ， $J = \begin{pmatrix} -a_1 M_1 P_1 m_1 [1 - p m_2] & 0 \\ \frac{a_2 M_2 P_2 m_2^2}{p} & -a_2 M_2 P_2 m_2 \end{pmatrix}$ ，

得到 $\tau = -a_2 M_2 P_2 m_2 + a_1 M_1 P_1 m_1 [1 - p m_2]$ ， $\Delta = -a_1 M_1 P_1 m_1^2 a_2 M_2 P_2 m_2 [1 - p m_2]$ 。 $p > \frac{1}{m_2}$ 时， $\tau < 0$ ， $\Delta > 0$ ， $\tau^2 - 4\Delta \geq 0$ ， $(0, m_2)$ 为稳定点。 $p < \frac{1}{m_2}$ 时， $\tau < 0$ ， $(0, m_2)$ 为鞍点。

对于点 $(\frac{(p m_1 - 1)m_1}{m_1 m_2 - 1}, \frac{(m_1 - p)m_2}{(m_1 m_2 - 1)p})$ ，当 $\frac{1}{m_2} > p$ 或 $p > m_1$ 时，该不动点失去意义。

当 $\frac{1}{m_2} > p > m_1$ 时， $J =$

$$\begin{pmatrix} -a_1 M_1 P_1 \frac{1 - p m_2}{m_1 m_2 - 1} & -a_1 M_1 P_1 p m_1^2 \frac{p m_2 - 1}{m_1 m_2 - 1} \\ -a_2 M_2 P_2 m_2^2 \frac{m_1 - p}{(m_1 m_2 - 1)p^2} & -a_2 M_2 P_2 \frac{(p - m_1)m_2}{(m_1 m_2 - 1)p} \end{pmatrix}$$

于是 $\Delta = a_1 M_1 P_1 \frac{m_1(1 - p m_2)}{m_1 m_2 - 1} a_2 M_2 P_2 \frac{(p - m_1)m_2}{(m_1 m_2 - 1)p} - a_2 M_2 P_2 m_2^2 \frac{m_1 - p}{(m_1 m_2 - 1)p^2} a_1 M_1 P_1 p m_1^2 \frac{p m_2 - 1}{m_1 m_2 - 1} = a_1 M_1 P_1 a_2 M_2 P_2 \frac{m_1(1 - p m_2)}{m_1 m_2 - 1} \frac{(p - m_1)m_2}{(m_1 m_2 - 1)p} [1 - m_1 m_2] < 0$ ，所以 $(\frac{(p m_1 - 1)m_1}{m_1 m_2 - 1}, \frac{(m_1 - p)m_2}{(m_1 m_2 - 1)p})$ 为鞍点。

$n > 2$ 时，同理得到不动点为： $(0, 0)$ 、 $(0, m_2)$ 、 $(m_1, 0)$ 、 $(\frac{(p m_1 - 1)m_1}{m_1 m_2 - 1}, \frac{(m_1 - p)m_2}{(m_1 m_2 - 1)p})$ 。雅可比矩阵为：

$$J = \begin{pmatrix} a_1 M_1 P_1 X^{n-2} [m_1(n-1) - nX - p m_1(n-1)Y] & -a_1 M_1 P_1 p m_1 X^{n-1} \\ -\frac{a_2 M_2 P_2 m_2 Y^{n-1}}{p} & -a_2 M_2 P_2 Y^{n-2} [m_2(n-1) - nX - \frac{m_2(n-1)X}{p}] \end{pmatrix}$$

对于点(0,0), $J = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$, 直接可以得出

(0,0)不是稳定点。

对于点 $(m_1, 0)$, $J = \begin{pmatrix} -a_1 M_1 P_1 m_1^{n-1} & -a_1 M_1 P_1 p m_1^n \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$,

得到 $\tau = -a_1 M_1 P_1 m_1^{n-1} < 0, \Delta = 0, \tau^2 - 4\Delta > 0$, 所以 $(m_1, 0)$ 为稳定点。

对于点 $(0, m_2)$, $J = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -a_2 M_2 P_2 m_2^{n-1} & -a_2 M_2 P_2 p m_2^n \end{pmatrix}$,

得到 $\tau = -a_2 M_2 P_2 m_2^{n-1} < 0, \Delta = 0, \tau^2 - 4\Delta > 0$, 所以 $(0, m_2)$ 为稳定点。

对于点 $(\frac{p m_1 - 1}{m_1 m_2 - 1} m_1, \frac{m_1 - p}{m_1 m_2 - 1} m_2)$, 当 $\frac{1}{m_2} >$

p 或 $p > m_1$ 时, 该不动点失去意义。当 $\frac{1}{m_2} < p <$

m_1 时, $J = \begin{pmatrix} -a_1 M_1 P_1 (\frac{p m_2 - 1}{m_1 m_2 - 1})^{n-2} \frac{(1 - m_2 p) m_1}{m_1 m_2 - 1} & -a_1 M_1 P_1 p (\frac{p m_2 - 1}{m_1 m_2 - 1})^{n-2} \frac{(p m_2 - 1) m_1^2}{m_1 m_2 - 1} \\ -a_2 M_2 P_2 (\frac{m_1 - p}{m_1 m_2 - 1})^{n-2} \frac{(m_1 - p) m_2^2}{(m_1 m_2 - 1) p^2} & -a_2 M_2 P_2 (\frac{m_1 - p}{m_1 m_2 - 1})^{n-2} \frac{(p - m_1) m_2}{(m_1 m_2 - 1) p} \end{pmatrix}$

于是 $\Delta = a_1 M_1 P_1 a_2 M_2 P_2 (\frac{1 - m_2 p}{m_1 m_2 - 1} (\frac{p - m_1}{m_1 m_2 - 1})^{n-1} [1 - m_2 m_1] < 0$, 所以 $(\frac{p m_1 - 1}{m_1 m_2 - 1} m_1, \frac{m_1 - p}{m_1 m_2 - 1} m_2)$ 为鞍点。

5 双技术扩散模型的讨论

综合第四部分的分析得到: 在 $n \geq 2$ 的条件下, $\frac{1}{m_2} > p$ 时至少 $(m_1, 0)$ 为稳定点, $\frac{1}{m_2} < p < m_1$ 时 $(m_1, 0), (0, m_2)$ 都为稳定点, $p > m_1$ 时至少 $(0, m_2)$ 为稳定点。这说明:

(1) 在企业的广告宣传力度不大, 扩散和传播渠道不多时, 技术先进性达到一定程度就会对其最终占领市场起到决定性的作

用, 即技术创新将发挥巨大作用, 谁先掌握了先进技术就掌握了市场的主动权。

(2) 企业广告宣传将对企业占领市场起到重要作用, 乃至决定市场的成败。因为随着 n 从 1 增加到 3, 稳定点数增多, 稳定条件放宽。尤其当 $n > 2$ 时, $(m_1, 0), (0, m_2)$ 都为稳定点, p 的大小没有影响。当行业确定时, n 的大小就由广告宣传决定。于是, 企业广告宣传对市场的竞争就起决定作用。

(3) 广告宣传要有一个度的掌握。因为只要 $n > 2, (m_1, 0), (0, m_2)$ 就都为稳定点。而 n 越大, 广告宣传的成本就越大。所以企业只需将广告宣传控制在一定范围。

6 结论

从单、双技术扩散模型的分析结果可以看出, 促进行业发展可以从 3 个方面着手:

(1) 加大技术创新扶持力度, 提高企业的竞争能力, 掌握

市场主动权。

(2) 在扶持行业发展时, 也要加大互补品行业的扶持力度, 促进技术扩散速度, 使得行业迅速发展。

(3) 适度加大对该行业产品和技术的广告和宣传力度, 加快技术扩散速度, 提高企业的竞争能力。

(4) 加大政府管制力度, 防止行业垄断产生, 促进技术扩散, 使得行业得到健康快速发展。

参考文献:

[1] 赵绪福. 农业技术扩散速度的模型分析[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 1996, (2): 59-61.
[2] 谢荷峰, 和金生, 郑春东. 基于技术环境论的技

术扩散模型研究[J]. 预测, 1999, (5): 57-59.

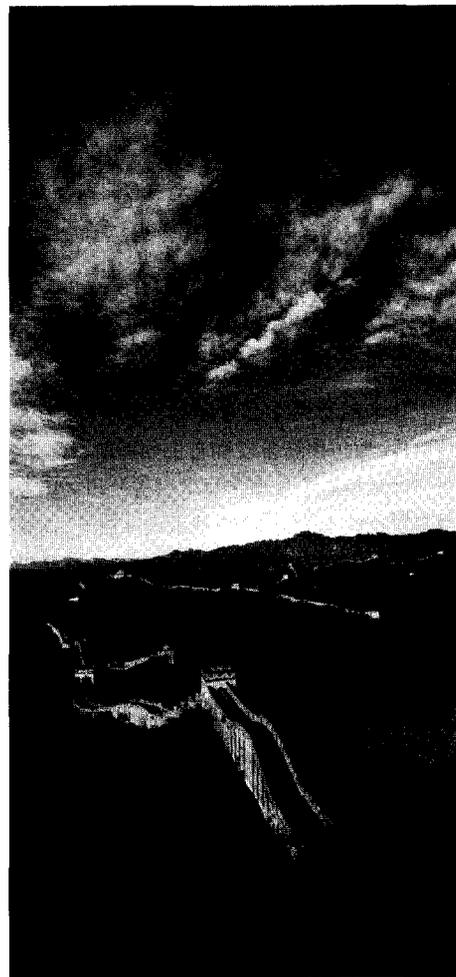
[3] Models of technology diffusion P.A. Geroski Research Policy 29(2000), 603-62.

[4] 徐玖平, 陈学志. 早期技术扩散模型与实证分析[J]. 管理工程学报, 2001, (1): 14-18.

[5] 苏津津. 技术扩散实证分析[J]. 天津理工学院学报, 1999, (增刊): 123-125.

[6] 韩瑞珠, 盛昭瀚. 技术扩散现象的稳定性[J]. 系统工程, 2002, (5): 12-15.

(责任编辑: 赵贤瑶)



Study of Technical Diffusion Model on Revenue and Interactive

Abstract: In this essay, some amendments are made to the single technical diffusion model based on the Literature [1], and the modified model is used to analyze the impact of substitute, complementary and promotions on the technical diffusion. Furthermore, from the modified model and Literature [2], a double technological diffusion model is built to reflect the interact impact among technical diffusion, and analyzes the effect of the enterprise technological innovation and advertisement promotion on market competition. According to the outcomes from the analysis above, some measures and suggestions are given to promote the healthy and rapid development of some industries.

Key words: technical diffusion; revenue; interactive