

基于模仿的技术扩散

翁 瑾

(复旦大学 旅游学系, 上海 200433)

摘 要:对基于模仿的技术扩散重要研究进行了回顾。以信息不完全为出发点的理论研究主要包括传染病模型和贝叶斯学习模型等;以企业动机为出发点的研究主要包括两阶段的计量模型、门槛模型等。这些研究表明,信息传播所依赖的社会关系网络、技术引进者关于新技术信息的完整性以及企业规模的大小是决定技术扩散的影响因素。此外,关于技术扩散空间过程的一些重要研究,其本质就是传染病模型与门槛模型的空间版本。

关键词:模仿;技术扩散;传染病模型;贝叶斯学习模型;门槛模型

中图分类号:F091.354

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2008)03-0024-05

新古典经济增长理论表明,只有存在着技术进步,才能克服资本积累的报酬递减,从而实现经济的持续增长。技术进步可以被视为两个互为补充的过程:首先是一项新的技术进入市场,然后这一技术被越来越多的市场主体所采用。前者是“技术创新”的过程,而后者是“技术扩散”的过程。对技术扩散的研究基于下述几个特征事实:第一,新技术并不会被市场中所有潜在使用者在同一时间内采用,不同主体间在引进新技术上存在着明显的时差;第二,技术扩散的速度表现为“先慢后快再慢”的特点,即在时间上遵循“S”型路径。第三,不同技术或同一技术在不同市场上的扩散速度存在差异。长期以来,理论研究就是试图对上述特征事实作出解释。

本文的任务是对基于模仿的技术扩散进行文献回顾,

以理清相关理论的发展脉络,从而为后续研究提供基础。文章首先区分两类不同的技术扩散形式,即基于模仿的技术扩散和基于选择的技术扩散;第二部分对基于模仿的技术扩散的两个流派进行了阐述;第三部分则回顾了基于模仿的技术扩散的空间过程。

1 选择和模仿:熊彼特的二分法

早在20世纪20年代,熊彼特就明确地指出,技术扩散可以被区分为两种由不同力量驱动的,但又相互补充的过程^[1]。其一为模仿(Imitation),意指企业放弃传统的技术而引入新的技术创新。其二为选择(Selection),意指引入新技术的企业与采用传统技术的企业间的竞争。选择的过程就

- Commissioned R&D, Joint R&D, and Licensing in Japan[J]. *Economics of Innovation & New Technology*, 2005, 14(7): 583-615.
- [23] Rajneesh Narula, Choosing Between Internal and Non-internal r&d Activities: Some Technological and Economic Factors [J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2001, 13(3): 365-387.
- [24] Conner, K. R., & Prahalad, C. K., A Resource-based Theory of the Firm: Knowledge Versus Opportunism[J]. *Organization Science*, 1996(7): 477-501.
- [25] Ghoshal Et Al, Bad for Practice: A Critique of the Transaction Cost Theory [J]. *Academy of Management Review*, 1996(21): 13-47.
- [26] Cohen, W.M. & Levinthal, D.A, Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation[J]. *Administrative Science Quarterly*, 1990(35): 128-152.
- [27] Peter J. L, Balajir, R.K, The Reification of Absorptive Capacity: A Critical Review and Rejuvenation of the Construct [J]. *Academy Of Management Review*, 2006(4): 833-863.
- [28] Kim, L, The Dynamic of Samsung's Technological Learning in Semiconductors[J]. *California Management Review*, 1997, 39(3): 86-100.
- [29] Vareska Van De Vrande Etal, Choosing Governance Modes for External Technology Sourcing[J]. *R&D Management*, 2006, 36(3): 347-363.

(责任编辑:赵贤瑶)

收稿日期:2007-06-19

基金项目:国家自然科学基金重点项目(70433002)

作者简介:翁瑾(1976-),男,浙江宁波人,复旦大学旅游学系讲师,经济学博士,研究方向为区域一体化与技术创新的空间集聚、旅游空间结构的演化。

是采用传统技术的企业丧失市场份额的过程。如在Soete和Turner的模型中,每个企业都掌握着一种技术。通过模仿自主研发,企业不断提高自身掌握技术的层次,但是只要企业间技术进步的速率存在差异,那么其中某一项技术的优势就会得到持续的强化,并不断扩大市场份额^[2]。

与选择过程相比,基于模仿的技术扩散显得更为直观。也正因为如此,长期以来在理论研究上,后者的研究成果要比前者丰富得多。因此,本文只对基于模仿的技术扩散主要理论进行回顾。

2 基于模仿的技术扩散

根据出发点的不同,可以将基于模仿的技术扩散理论分为两类:第一类从企业信息不完全为出发点,对技术扩散的特征事实进行解释;第二类则从企业的动机出发,进行解释。

2.1 基于信息的解释

2.1.1 传染病模型

最早对技术扩散进行比较系统研究的是社会学家。社会学的研究假定,新技术总是优于老技术,因此为了获得最大收益,企业总会尽可能早地采用新技术。然而正如对特征事实的描述,对新技术的利用,总有很多企业是滞后的。社会学对此的解释是,这些企业没有获得足够的信息以了解新技术的优点。因此,技术扩散的本质就是关于新技术信息的扩散。

新技术的信息是通过人与人面对面的交流进行传播。这样,在新技术的潜在采用者规模一定的情况下,已经采用新技术的企业数量越多,潜在采用者获得新技术信息的概率也就越大,未采用新技术的企业也就越来越少,这是两股相反的力量。前者有利于技术更快地扩散,而后者正好相反。这类似于病毒的传播过程,因此引入了生物学中的逻辑斯蒂增长曲线(Logistic Curve)——对技术扩散的过程进行拟合成为了传染病模型的核心。

传染病模型关注的是社会关系网络在信息传递上的效率。其强调的是,一个有利于信息传播的网络结构更有利于技术扩散。传染病模型的背后反映的正是社会学的结构功能主义思想。这也决定了,就方法论而言,传染病模型很难为经济学所接受。因为传染病模型里技术扩散的效率取决于社会关系网络的结构,而与市场主体追求效用(利润)最大化行为无关。

2.1.2 贝叶斯学习模型

如果将企业引进新技术滞后的原因归结于信息的不完全,那么引入“贝叶斯学习模型”是解决信息完整性和真实性问题的一个方案。Jensen和McCardle遵循这一思路,对技术扩散的机制作出了新的解释^{[3][4]}。他们认为,新技术的收益水平存在着不确定性,采用新技术可能为企业带来收益,也可能造成亏损。企业的管理者根据既得的信息,做出对新技术风险的先验概率判断;然后根据外部机构进行技术测试所得到的结果来调整概率判断,形成后验概率。通

过不断的调整,后验概率会趋近真实的客观概率。如果企业预期的收益水平高于采用新技术的成本,那么企业就引进新的技术;反之则等待新的测试结果或直接放弃新技术。Jensen和McCardle的结论是,一开始就对新技术持有乐观态度的企业会率先采用新技术,并形成一条‘S’型的技术扩散曲线。当然,与传染病模型不同的是,因为存在外部信息源,因此这必然是一条正偏的扩散曲线^[5]。

Jensen提出了一个新的技术扩散的贝叶斯学习模型^[6]。在新模型里,对新技术的测试由每个企业自己进行,并承担相关成本,测试结果对其它企业保密。新模型的结论与之前的完全不同,对新技术有更好预期的企业并不见得会更早地采用新技术。这意味着,不存在一个有序的技术扩散形式,也就无法得到‘S’型的扩散曲线。

当然,贝叶斯学习模型要求企业管理者是完全理性且有很强的计算、推理能力,要求其能够在概率空间中利用复杂的法则计算出最优决策,这是现实人无法做到的。

2.1.3 信息外部性

Kapur(1995)、Choi(1997)和Vettas(1998)建立的模型与贝叶斯学习模型有极大的相似之处^{[7][8][9]}。这些模型同样强调新技术收益率的不确定性,但是企业关于新技术信息的来源并非来自于外部主体或企业自身的测试,而是其它企业的选择行为。一个企业的技术引进行为将提高其它企业对新技术收益率的预期。这意味着,企业对新技术的引进存在着外部性。但是,在信息外部性模型里,企业间的博弈行为将导致囚徒困境。显然,每个企业都会等待其它企业去采用新技术,以获得关于新技术价值的信息。

2.2 基于企业动机的解释

2.2.1 两阶段的计量模型

经济学较为系统地研究技术扩散问题开端于Griliches(1957)对美国杂交玉米技术的扩散研究^[10],以及Mansfield对美国制造业12项创新技术的扩散研究^[11]。两者都是对过程创新扩散的研究。与社会学研究不同的是,他们把关注的重点转向了市场主体的决策行为,并引入了决定技术扩散效率的影响因素,即采用新技术的收益率。Griliches和Mansfield的研究暗示了,只要新技术能带来足够高的收益率,那么传统技术就会很快地被新技术所取代。这样,技术扩散的效率是市场主体在追求利润最大化过程中内生决定的。

Griliches和Mansfield都采用了一个两阶段的计量模型来研究技术扩散。首先他们对m项技术或一项技术在m个市场的扩散行为用逻辑斯蒂函数进行拟合,并得到逻辑斯蒂函数的参数值。参数代表采用新技术后的收益率,与扩散速度直接相关。第二步工作就是建立回归模型:

$$\beta=f(x_1, x_2, \dots)$$

Griliches采用两个变量来代表样本间收益率的变化,其一为每英亩土地采用杂交玉米种子后的增产数量,其二为以土地面积衡量的农场的平均规模。Mansfield使用了两个更加直接的变量:第一个是通过调查而获得的企业采用

新技术后的收益率,第二个是采用新技术所需要的成本支出与总资产规模的占比。

对Griliches和Mansfield研究工作的继续主要体现在两个方面:第一,寻找新的正偏扩散曲线对扩散路径进行拟合。Lekvall和Wahlbin指出,传染病模型存在着一个很强的假设,即以面对面的方式从已经使用新技术的市场主体中获得关于新技术的信息是唯一的信息来源,然而显而易见的是信息的扩散存在着多种途径^[9]。Lekvall和Wahlbin证明,当存在外部信息源时,扩散路径就具有正偏的特性。一些实证研究也表明,部分正偏的扩散曲线具有更好的拟合性,包括Dixon、Dinar和Marom所提出的龚帕兹函数(Gompertz)^{[12][13]},Lekvall和Wahlbin提出的修正指数函数^[9],以及Davies提出的累积对数正态分布函数^[14]。第二,增添新的变量以解释技术扩散的速度。增加反映市场结构的变量是最重要的发展,如厂商数量、企业规模等。这些研究表明,市场的竞争程度越高,技术扩散的速度就越快。^{[15][16]}

两阶段的计量模型把采用新技术以后的收益率的变化作为解释技术扩散速度的核心因素,这为经济学开拓了广阔的研究空间。但是两阶段的计量模型在本质上是“SCP”方法(结构-行为-绩效)在技术扩散上的应用,因此缺乏微观经济基础正是这一技术路线的不足之处。

2.2.2 门槛模型

门槛模型是经济学关于技术扩散的第一个理论模型。门槛模型表明,大企业会更早地接受新技术的扩散,而小企业只有在门槛规模下降或自身规模扩张的情况下,才会采用新的技术。门槛模型强调的是,潜在的新技术使用者未采用新技术并非是因为关于新技术的信息不完全,而是因为新的技术并不能超越现有技术为利用者带来更大的利润。

在门槛模型里,企业通过购买包含新技术的资本品引进新的创新。每一个企业都有一个特定的“门槛”,当企业规模超过“门槛规模”后,企业就有能力购入新的资本品,即引进新的技术。假定企业规模和门槛规模呈正态分布,且每一个企业的规模相对于门槛规模保持固定的增长速率,那么就可以在理论上获得一条“S”型的技术扩散路径。图1所示为一个最简单的例子,即门槛规模为一确定值,且以固定速率下降,企业在规模上呈对数正态分布。其中, $f(s)$ 为企业在规模上的概率分布, S^* 为门槛规模。由此可以得到一条“S”型的技术扩散曲线,即拟恩格尔曲线(Quasi-Engel Curve)^[14]。

在门槛模型里,企业的异质性是影响技术扩散效率的原因。这种异质性主要体现在生产规模上:大企业会更早地接受新技术的扩散,其原因与规模经济相关。技术引进的投入可以视为固定成本,显然产量越大,平均成本就越低。规模经济也使技术扩散与市场结构建立了联系。从门槛模型可以得到,企业间在规模上越接近,技术扩散的速度就越快。这

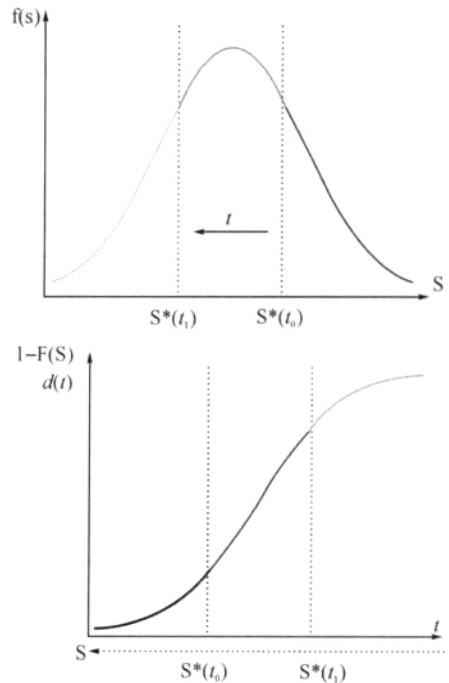


图1 门槛模型中“S”型技术扩散曲线的生成

意味着,在一个完全竞争的市场里,技术扩散的效率会更高。资本品的价格是影响技术扩散效率的另一个原因。资本品的价格越低,由技术引进而发生的固定成本投入也越低,因此企业实现盈亏平衡所需的“门槛”产量就相应地下降。可见,资本品的价格通过门槛规模影响技术扩散的效率。总而言之,门槛模型在本质上讲述的是规模经济与技术扩散的关系。

2.2.3 “干中学”与技术扩散的内生化

对门槛模型的进一步研究使技术扩散与技术创新间建立起了联系。Stoneman和Ireland(1983)把技术创新假定为一个阿罗式的干中学过程:由于持续不断的技术创新和扩散,生产新技术的边际成本不断下降,并传导到资本品的价格^[17]。另一方面,创新者经验的积累提高了创新的质量,促使技术引进者生产效率的提高。由此导致门槛规模下降,进而又推动技术的扩散(见图2)。这意味着技术扩散也具有正反馈的特点。

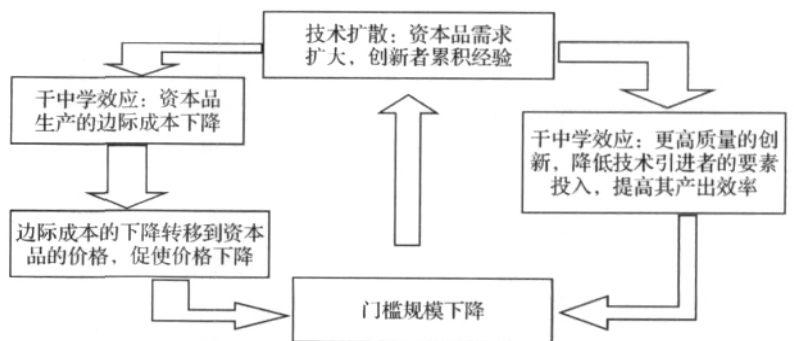


图2 “干中学”与技术扩散的内生化

在这样一个自我强化的过程中,资本品供给方的市场结构和创新者的学习能力是影响技术扩散速度的主要因素。如果资本品的供给者具有强大的市场力量,那么出于追求垄断利润的目标,创新成本的节约并不会传导到

资本品的价格,而创新者学习能力的不足将直接制约边际成本的下降及创新质量的提高,因此两者最终将通过门槛价格间接地影响技术扩散的效率。内生的技术扩散意味着,政府对技术引进进行补贴有助于推动技术扩散和创新;在企业战略层面,技术创新者在新的资本品投入市场之初采用低价格战略,能够推动企业的“干中学”。

在上述分析框架中,预期也是影响技术扩散的因素。潜在的技术引进者如果预期未来资本品的价格将下降,或者未来会出现更好的技术,那么潜在的新技术利用者就会推迟引进的速度,从而打破内生技术扩散的良性循环。这意味着在商业竞争领域,一个重要的技术竞争策略是,宣布将要推出更好的新技术,这一行为将推迟竞争者的技术扩散速度。

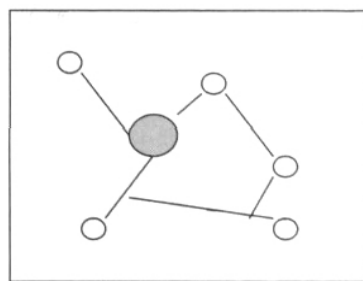
3 技术扩散的空间分析

从现象上看,除了企业间的技术扩散,还广泛地存在跨区或跨国的技术扩散,而且有些地区的企业在接受新技术上总是迟于其它地区的企业。这表明地理空间是影响技术扩散一个不可忽略的因素。正是因为上述认识,将基于模仿的技术扩散过程投射到地理空间上,或者说将技术扩散和区位论建立联系,也就成为了区域经济学和经济地理学的努力方向。

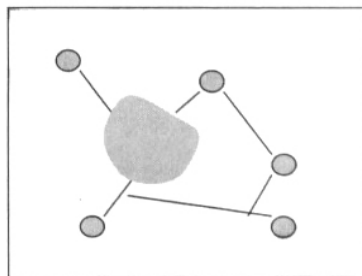
Pred把技术扩散的空间过程归纳为3个阶段:首先,新技术往往从主要的中心城市开始扩散;然后,次中心城市和中心城市的周边地区开始逐渐吸收这一新的技术;最后,轮到次中心的周边地区(见图3)^[16]。在这个有序的空间过程中,可以清晰地发现两个方向的信息流动:其一,由中心到次中心;其二,由中心到边缘。这一扩散的通道决定于道路和通讯等基础设施。

地理学家总结得到的技术扩散空间模式非常类似于传染病模型:内部信息源是两者的第一个共同点。在地理模型中,边缘地区的信息来自于中心,而次中心的信息则来自于更高一级的中心。显然这与传染病模型中的面对面的信息传播方式是一致的。除了最初的信息源是外生给定的,其后所有关于新技术的信息都来源于系统内部的其它主体。在地理模型中也同样强调网络效率对技术扩散的重要性,只不过传染病模型中的社会关系网络被空间网络所替代了。就本质而言,由不同的地理空间和通道构成的空间网络完全可以被视为是社会关系网络的空间表达形式。由此不难发现,地理学对技术扩散空间过程的3个阶段描述就是传染病模型的空间版本。

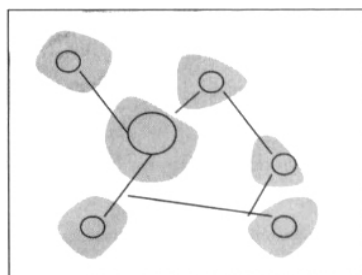
地理学的另一个解释则与门槛模型有相似之处。以电气自动化技术在英国金属加工业的推广为例,Gibs和Edwards的研究认为,与企业规模的大小、研发支出的多少一样,一个地区厂商等级的高低也是决定这一地区技术引进效率的重要因素^[19]。他们把企业分为全国总部、地区总部、大公司的分厂和单个工厂4个等级,其中,单个工厂在引进



I 主要的中心城市



II 主要中心城市的周边地区及次中心城市



III 次中心城市的周边地区

图3 技术扩散的空间过程图

新技术方面迟于大公司的分厂,而总部机构往往最先引入新的技术。Gibs和Edwards进一步指出,在英国大部分经济较为萧条的地区都以大公司的分厂和单个工厂为主,这些地区对新的技术敏感度较低,最终导致了经济发展的相对滞后。

Gibs和Edwards的理论与门槛模型所讲述的故事具有一致性,两者都强调大企业会更早地接受新技术的扩散。只是落实到空间上就是,新技术往往是从大企业集中的地区向其它地区扩散,这一点又和Pred的地理空间模型是一致的。事实上,可以把Gibs和Edwards的理论视为是对技术扩散的三阶段空间扩散模式的进一步阐释,只不过Pred强调的是空间网络的效率,而Gibs和Edwards强调的则是规模经济在技术扩散中的作用。

4 小结

确定影响技术扩散效率的因素,是对技术扩散过程进行研究的重要目的。传染病模型、贝叶斯学习模型、门槛模型都是这类研究的核心理论。这些研究表明,信息传播所依赖的社会关系网络、技术引进者关于新技术信息的完整性以及企业规模的大小是最主要的影响因素。由此可见,技术扩散的快慢既受限于扩散的通道,又受限于技术引进者的能力。

此外,对门槛模型的研究也表明,规模经济的存在使技术扩散与不完全竞争的市场结构存在着密切的联系。这意味着,技术扩散往往伴随着市场集中度的提高,从而也进一步说明了基于模仿的技术扩散与基于选择的技术扩散存在着内在的联系性。同时,市场集中度的提高也表明,技术扩散将引发生产活动,特别是技术创新活动的空间集聚;集聚的结果使技术扩散的空间过程总是表现为“由中心到次中心,由中心到边缘”。

参考文献:

- [1] 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论(中译本)[M]. 北京: 商务印书馆,1990.
- [2] Soete,L. and R.Turner. Technology Diffusion and The Rate of Technological Change [J]. *Economic Journal*, 1984, 94:612~623.
- [3] Jensen, R. Adoption and Diffusion of an Innovation of Uncertain Profitability [J]. *Journal of Economic Theory*, 1982, 27: 182~193.
- [4] McCardle,K. Information Acquisition and the Adoption of New Technology[J]. *Management Science*, 1985, 21:1372~1389.
- [5] Lekvall,P.and C,Wahlbin. A Study of some Assumptions Underlying Innovation Diffusion [J]. *Swedish Journal of Economics*, 1972:362~377.
- [6] Jensen,R. Information Cost and Innovation Adoption Policies [J]. *Management Science*, 1988, 34:230~239.
- [7] kapur,s . Technological Diffusion with Social Learning[J]. *Journal of Industrial Economics*, 1995,43: 173~195.
- [8] Choi, Jay Pil. Herd Behavior, the ‘Penguin Effect’and the Suppression of Informational Diffusion: An Analysis of Informational Externalities and Payoff Interdependency[J]. *RAND Journal of Economics*, 1997, 28(3):407~425.
- [9] Vettas, Nikolaos. Demand and Supply in New Markets: Diffusion with Bilateral Learning [J]. *Rand Journal of Economics*, 1998, 29:215~233.
- [10] Griliches, Z. Research Costs and Social Returns:Hybrid Corn and Related Innovations [J]. *Journal of Political Economy*, 1957, 66:419~431.
- [11] Mansfield, E. Technical Change and the Rate of Imitation [J]. *Econometrica*, 1961,29:741~765.
- [12] Dixon, R. Hybrid Corn Revisited[J]. *Econometrica*, 1980, 48 (6):1451~1461.
- [13] Dinar,A. and D.Marom. Rate and Patterns of Computer Adoption and Use in Agricultural Extensions [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 1991, 39:309~318.
- [14] Davies,S. The Diffusion of Process Innovations [M]. Cambridge University Press.
- [15] Globerman,S.Technological Diffusion in the Canadian Tool and Die Industry [J]. *Review of Economics and Statistics*, 1975,57:428~434.
- [16] Romeo, A.A. The Rate of Imitation of a Capital - Embodied Process Innovation[J]. *Economica*, 1977, 44:63~69.
- [17] Stoneman,P.and N.J.Ireland. The Role of Supply Factors in the Diffusion of New Process Technology[J]. *Economic Journal*,1983: 66~78.
- [18] Pred,A. The Spatial Dynamics of US Urban - Industrial Growth[M]. Cambridge University Press, 1966.
- [19] Gibbs,D.C.and A. Edwards. The Diffusion of New Production Innovations in British Industry [A] +[C]. in Thwaites,A.T. and Oakey,R.P. (eds). *The Regional Economic Impact of Technological Change*. London: Frances Printer, 1985: 132~163.

(责任编辑: 胡俊健)

Technology Diffusion Based On Imitation

Abstract: The paper reviewed the research about technology diffusion based on imitation. The first kind of the theories is based on the imperfection information, including Epidemic models and Bayesian learning models. The second is based on corporation's Incentive, including two-stage econometric models and Threshold Models. These researches indicated that social network, the information about innovation and the corporation's scale are the crucial factors for the diffusion process of technology. In addition, the spatial models about the technology diffusion are similar to the Epidemic models and Threshold Models.

Key Words: Imitation; Technology diffusion based on imitation; Epidemic models; Bayesian learning models; Threshold Models