

---

评分: \_\_\_\_\_



上海大学

SHANGHAI UNIVERSITY

## 网络科学导论课程报告

理学院-信息与计算科学-邢捷-20121192

机电工程与自动化学院-自动化-王世伟-20121016

机电工程与自动化学院-工业工程-张思诚-19123001

### 分工:

邢捷——论文模型解读 / PPT 制作 / 演讲

王世伟——论文代码复现 / 报告撰写

张思诚——论文实验解读 / 报告撰写

---

# 目录

1 概述 .....	1
2 模型介绍 .....	1
2.1 ABM 模型 .....	1
2.2 Bass 模型 .....	2
2.3 蒙特卡罗模型 .....	2
3 基于 ABM 的博弈论模型 .....	3
4 总结与反思 .....	6
参考文献 .....	8

# 社会扩散模式由个体的惯性和趋向性决定

## 1 概述

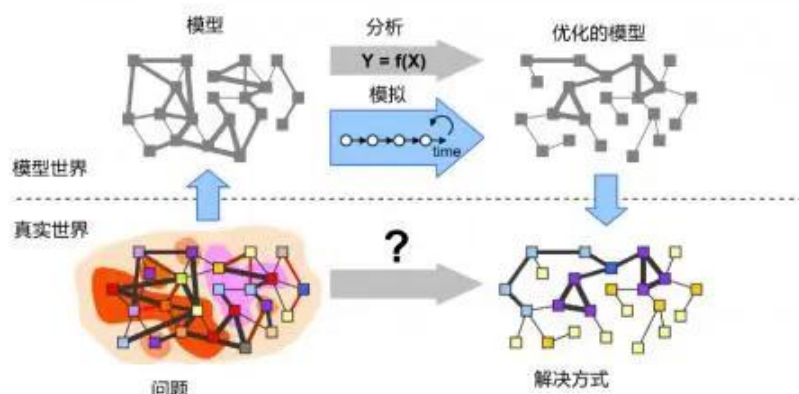
在社会中，各种不同个体在各种决策中会做出不同的决定，其中也分为“保守派”和“创新派”，而不同个体所作的决定不仅仅取决于单个个体，同时也受到社会群体中其他个体所作决定的影响。本文主要旨在对于这种现象建立模型，进行分析。

## 2 模型介绍

### 2.1 ABM 模型

首先来了解一下 ABM 模型。ABM 是计算机模拟的一种，译为代理人基模型，又称多元代理人系统或多智能体系统，是一种用来模拟具有自主意识的智能体（独立个体或共同群体，例如组织、团队）的行动和相互作用的计算模型，通过图像展示和评估智能体在系统整体中的作用。ABM 也综合了一些其他思想，比如博弈论、复杂系统、涌现、计算社会学、多智能体系统和演化计算等。

一个 ABM 模型主要包括以下要素：一定数量的“代理人”；一定数量的“代理人”之间的关系；一个模拟“代理人”的行为和互动的框架。ABM 明确了模拟个体或对象的行为在时间和空间中的因果关系。从概念上来说，在 ABM 模型中需要给虚拟的“代理人”一定的“指示”，比如使“代理人”相互影响，以及与环境进行交互等。“代理人”可以用来表示人，也可以表示野生动物、车辆、地块或其他离散的对象。在“代理人”的行为和决策影响下，模型在时间和空间中产生了相应的模式。相比于一般的模型着重对事物的模式进行量化分析和重现，ABM 模型侧重于对事物模式的产生过程进行探讨，而这些模式往往是从个体的行为决策中涌现的。



## 2.2 Bass 模型

Base 模型的核心思想是创新群体群体的购买决策独立于社会系统其他成员，而模仿群体购买新产品的时间受到社会系统的影响，并且这种影响随购买人数增加而增加，因为模仿群体的购买决策时间受到社会系统成员的影响。

$$\frac{dN(t)}{dt} = p[m - N(t)] + q \frac{N(t)}{m} [m - N(t)]$$

$$N(t) = mF(t)$$

其中， $N(t)$  表示在时间  $t$  时的累计采用者， $F(t)$  表示在时间  $t$  时的采用者数量占总的潜在采用者数量的概率， $f(t)$  表示在时间  $t$  时的采用者数量占总的潜在采用者数量的概率密度函数， $p$  表示外部影响系数， $q$  表示内部影响系数， $m$  表示最终采用者的总数，即市场潜力。

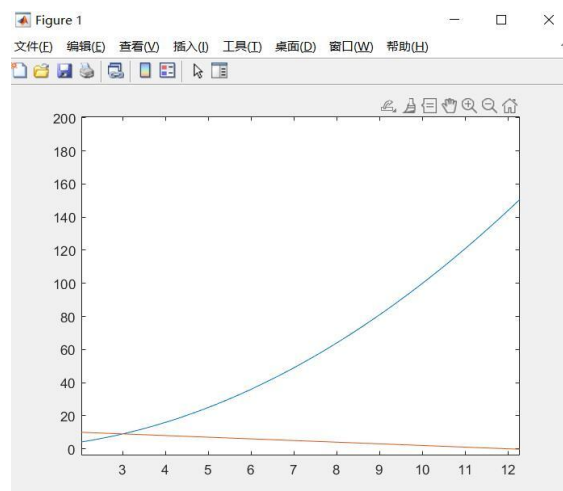
## 2.3 蒙特卡罗模型

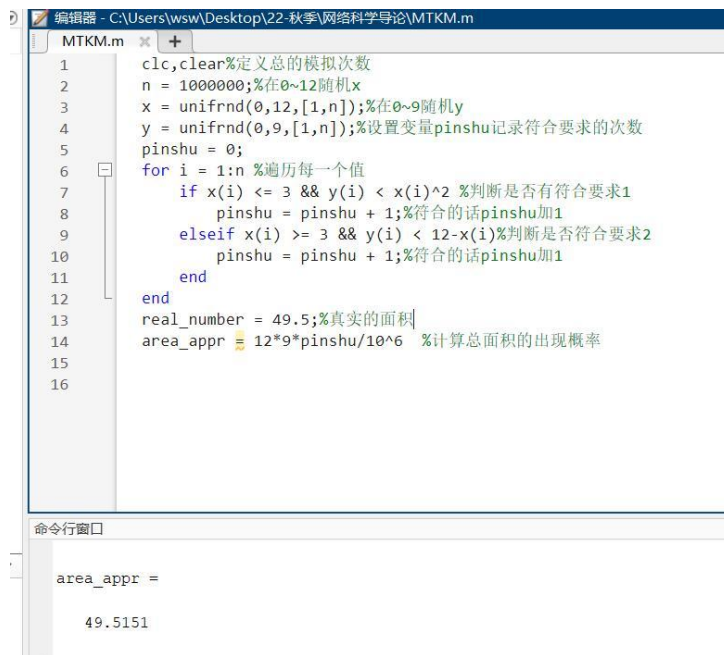
蒙特卡罗模型在某些数据很科学的情况下很受欢迎。蒙特卡罗不需要成千上万次的实验来预测结果，蒙特卡罗只需要在总体中抽取一些随机样本，因为有些数据是收集不到的，或者成本太高。下面以一个简单的例子来展示蒙特卡洛的基本思想，用蒙特卡洛来解积分题：

例： $y=x^2$ ,  $y=12-x$  与  $x$  轴在第一象限围成一个曲边三角形。设计一个随机实验，求该图形面积的近似值。

思路是在  $[0,12] \times [0,9]$  上产生服从均匀分布的  $10^7$  个随机点，统计随机点落在曲边三角形的频数，则曲边三角形的面积近似为上述矩形面积乘以频率。

```
x = 0:0.1:15;
y = x.*x;
z = 12-x;
plot(x,y);
hold on;
plot(x,z);
```





```
MTKM.m
1  clc,clear%定义总的模拟次数
2  n = 100000;%在0~12随机x
3  x = unifrnd(0,12,[1,n]);%在0~9随机y
4  y = unifrnd(0,9,[1,n]);%设置变量pinshu记录符合要求的次数
5  pinshu = 0;
6  for i = 1:n %遍历每一个值
7      if x(i) <= 3 && y(i) < x(i)^2 %判断是否有符合要求1
8          pinshu = pinshu + 1;%符合的话pinshu加1
9      elseif x(i) >= 3 && y(i) < 12-x(i)%判断是否符合要求2
10         pinshu = pinshu + 1;%符合的话pinshu加1
11     end
12 end
13 real_number = 49.5;%真实的面积
14 area_appr = 12*9*pinshu/10^6 %计算总面积的出现概率
15
16

命令行窗口

area_appr =

    49.5151
```

### 3 基于 ABM 的博弈论模型

本篇论文主要运用 ABM 模型和蒙特卡罗算法对于个人惯性和趋势影响社会整体中其他个体决定导致不同发展结果。

当个人集体采用替代现状的替代方案时，社会惯例会发生变化，这一个扩散称为社会扩散。对多轮实验的反复试验提供的数据有助于激发基于代理的社会扩散模型的提议，该模型结合了惯性和趋向性，这两种行为机制在社会心理学文献中有很好的记载。该模型揭示了新兴的人口水平扩散模式如何受到两种个体水平机制的严格塑造；趋向性保证扩散过程起飞后扩散是爆炸性的，但惯性会大大延迟起飞时间。

在社会扩散过程中，个人可以扮演截然不同的角色。在许多情况下、坚定的少数派顽固地提倡一种新的替代现状。在剩余的未承诺人群中，我们称之为探索者的一小部分人，可能会首先测试替代方案。如果坚定的少数群体和采用替代方案的探索者的组合达到临界质量，那么这可能会引发向其他人口的快速扩散，我们称之为非探索者。对此，经典的 Bass 模型及变体，专注于捕捉宏观社会层面的扩散过程，这种人口模型的优势在于它们仅使用少数参数来预测扩散的宏观特征的能力。尽管人口模型可以成功地描述扩散是如何发生的，但它们探索扩散发生原因的能力有限。所以基于代理的模型 (ABM) 已被提出作为解决这一限制的有价值的范式，并且正变得越来越流行。

社会惯例通常赋予个人修改选择不同选项的决定的能力，每个人的决定反过来会影响其他人的决定。因此，人类决策经常在社会传播过程中发挥核心作用，

博弈论为人类决策建模提供了一个强大的框架。利用博弈论的 ABM 已成为研究社会扩散的有力范式。这些模型通常基于促进集体行为的社会协调机制，该机制捕捉现实生活中的愿望，即顺从他人并就社会习俗达成共识。

现有的 ABM，包括博弈论模型，不考虑惯性和趋向性。因此，除非不切实际的代理级别假设，否则此类模型无法捕捉许多现实世界社会扩散模式的重要宏观特征。反过来，这些不切实际的假设会产生与上述文献不一致的个人层面的决策模式。这种不一致对现有 ABM 的实际应用的影响是双重的。首先，它们的校准可能更具挑战性，因为参数化不能由个人数据驱动。其次，它阻碍了他们探索因素的能力，这项工作表明可以通过引入博弈论模型来解决这些问题，该模型除了社会协调外，还明确结合了惯性和趋向性两种行为机制。实验证明：论文中包含了 20 次实验的多轮小组实验，在心理学文献的基础上，实验数据提供了进一步具有统计学意义的动机，将惯性和趋向性机制纳入 ABM。此外，实验数据用于参数化 ABM 模型，数据进一步确定了参与者如何受到两种行为机制影响的异质性。一些被称为探索者的参与者比其他被称为非探索者的参与者受惯性影响更小，更容易受到趋势的影响。在使用实验数据校准模型后，数值模拟来检查个体惯性和趋向性如何在人口层面塑造社会扩散的集体模式，从而导致社会习俗的变化和演变，发现惯性会延迟扩散过程起飞的时间。其次，趋向性的存在导致了总是爆炸性的扩散：一旦扩散过程开始，替代方案就会迅速扩散，而与初始延迟和人口规模无关。从而得出结论，为代理人配备惯性和趋向性是同时产生在现实世界社会扩散中经常观察到的延迟和爆炸性的宏观特征和生成与实验数据和心理学文献一致的个体水平反应。

引言中讨论的社会心理学文献表明，惯性和趋向性在一系列情景中的个人决策中起着关键作用。论文中讲述了一组在线多轮游戏实验，以研究导致惯例改变的社会扩散。重要的是，该实验提供了个人层面的数据，这些数据被用作为额外的动机，除了来自社会心理学文献的支持，将惯性和趋向性机制纳入 ABM 中，用于模型参数化，以及说明缺乏惯性和趋向性的现有模型如何产生不切实际的个人层面决策模式。

这次实验招募了 180 名成员、分成 20 个组，每组有 8-10 名成员并参加多轮实验。在每一轮中，参与者被要求在两种策略之间进行选择，并且能够看到在前一轮中选择这两种策略中的每一种的组中其他人的比例，但没有提供关于谁选择了哪种策略的信息。当小组中的所有参与者在同一轮中选择相同的策略，从而达到完全一致时，游戏结束，如果没有达成一致，则在 24 轮后结束。如果达成全面共识，我们称该战略为制胜战略。除了参与的基本奖励外，当且仅当达成完全共识时，可以在参与者之间分配集体金钱奖励，促进协调和寻求共识。群体奖励随着时间的推移而衰减，而参与者在群体奖励中的份额与他选择获胜策略的频率成正比。

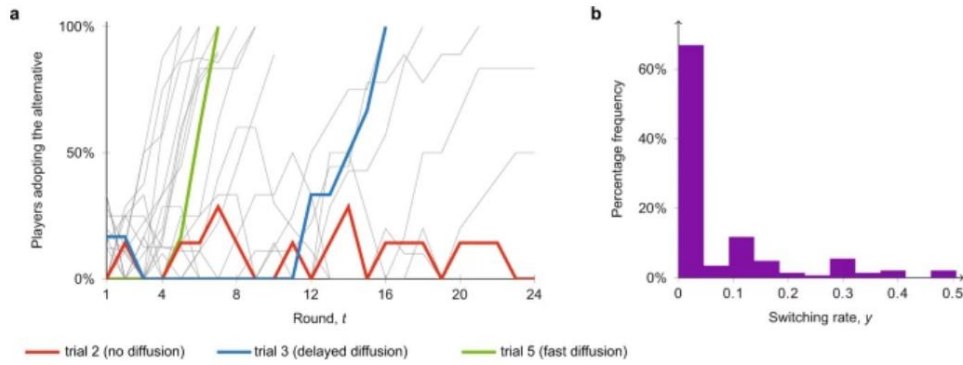
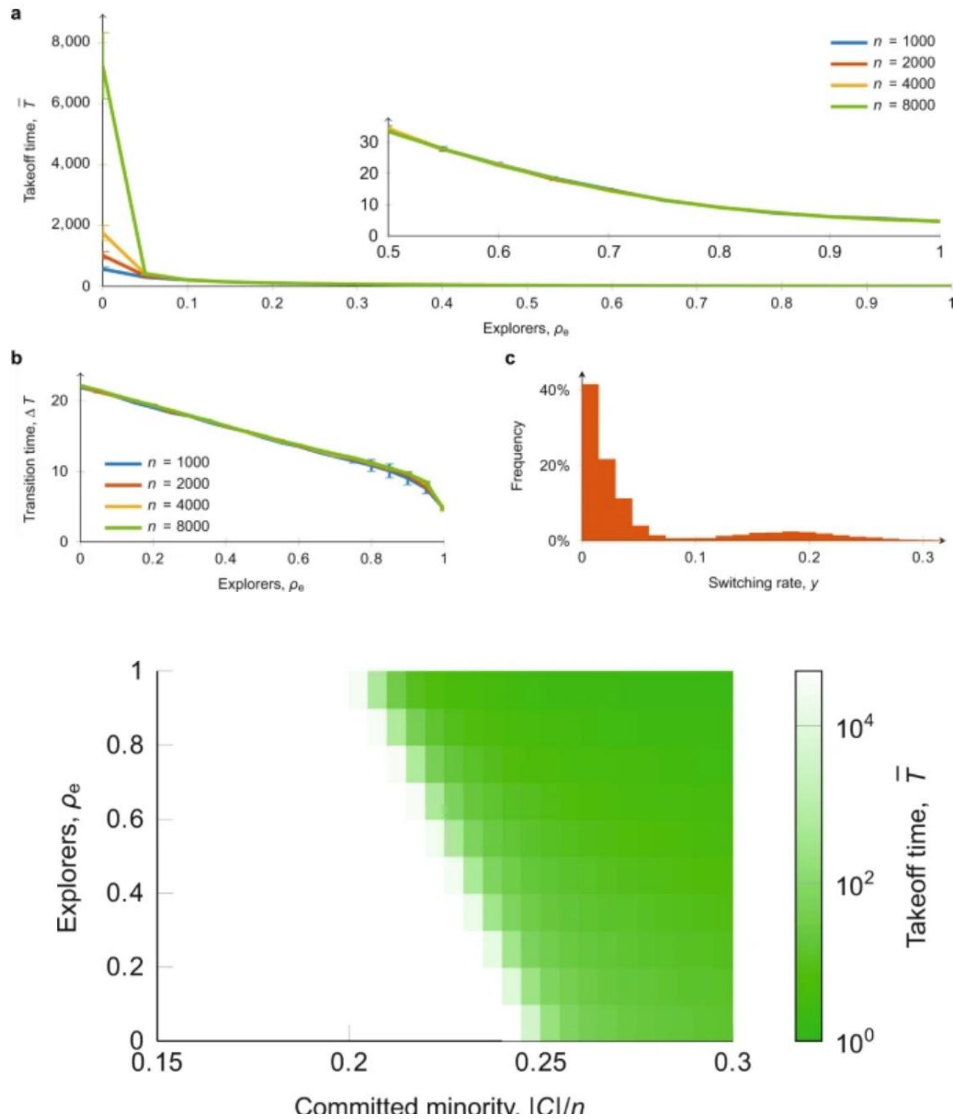


图 a 从第一阶段开始的所有 20 项试验中采用替代方案的参与者比例的时间演变。突出显示了三项试验；承诺的少数机器人占该组的 25%，这些试验分别说明了快速扩散（绿色）、延迟扩散（蓝色）和无扩散（红色）。图 b 是参与者的经验转换率分布（参与者在试验期间转换策略的回合分数）。注意高度异质的分布，一个大的峰值接近于 0（包含大约 67% 的所有玩家），其余的分布广泛。当代理人受到惯性和趋向性的影响时，这种类型的分布会出现在 ABM 中。

实验研究结果显示了在 20 次实验试验的各轮中采用替代策略的参与者（即不包括计算机机器人）的比例；其中三个突出显示为快速扩散（绿色）、延迟扩散（蓝色）和无扩散（红色）的代表。在 20 次试验中，有 18 次在 1-3 轮内确立了现状策略（这标志着第一阶段的结束）。在大多数试验（20 次试验中的 16 次）中，对替代策略的完全扩散发生在实验的某个时间点。在发生扩散的 15 次试验中，扩散是爆炸性的，与组中承诺的少数机器人的数量无关。即使在起飞时间明显延迟的三组中也存在这种爆社会扩散的集体模式是由个人的惯性和趋势所塑造的自然通讯发性；在这些群体中，该群体中的大多数人在几轮中仍然采用现状战略，然后替代方案迅速扩散。

为了更好地阐明扩散过程的三个关键特征、延迟起飞时间、爆炸扩散和、适度和异质的切换活动，该文提出了蒙特卡罗模拟运动，改变人口规模  $n$  和探索者比例  $\rho$ 。在这些模拟中，实验设置 25% 的承诺少数群体（对应于 9 名参与者和 3 个承诺少数人群体机器人的实验）得出结果。





200 多个独立模拟中进行。图 a 起飞时间为不同部分的探索者和不断增加的人口规模估计，固定为 25% 的少数族裔。竖线是 95% 的置信区间。图 b 为不同部分的探索者和不断增加的人口规模估计的过渡时间，固定为 25% 的少数族裔，竖线是 95% 的置信区间。c 在  $n=1000$  和  $\rho = 0.2$  时估计的转换率 ( $y$ )。

#### 4 总结与反思

实验证实了 Centola 等人的研究。他们确定了占人口 25% 的少数群体是引发社会变革的充分条件，但也提供了几个重要的额外的结论。首先，该模型预测，如果承诺的少数群体少于 19%，则在现实世界中永远不会观察到扩散，因为无论探索者的比例如何，在扩散过程开始之前，承诺的少数消亡，出现更新的替代方案，或人口中发生其他外生变化。其次，在低于 25% 阈值和高于 19% 承诺少数群体的中间临界状态下，足够多的探索者的存在可以通过显著减少延迟来解锁扩



散。在临界状态下解锁扩散似乎存在一个急剧的相变：当探索者的比例降低到取决于承诺少数群体的比例的阈值以下时，延迟从 10 到 100 轮急剧上升超过 50,000 发。

受现有文献表明惯性和趋向性是两种可以显著影响个人决策的机制的启发，文章提出了一个概括协调博弈的数学模型，这是一种流行的 ABM 扩散和决策框架。通过对实验数据的分析和对所提出模型的广泛模拟得出的结论，强调了惯性和趋向性如何在塑造社会扩散模式中发挥关键作用，确定宏观特征，如扩散起飞前的延迟以及过渡过程的爆发性。在个人层面，实验和模拟与现有文献相吻合，即坚定的少数群体在推翻社会习俗方面的重要性，并进一步说明了探索者在解锁社会传播中所起的关键作用。

## 参考文献

1. Marmor, A. *Social Conventions: From Language to Law*, 1st edn. (Princeton University Press, 2009).
2. Lieberman, E., Michel, J.-B., Jackson, J., Tang, T. & Nowak, M. A. Quantifying the evolutionary dynamics of language. *Nature* 449, 713–716 (2007).
3. Amato, R., Lacasa, L., Díaz-Guilera, A. & Baronchelli, A. The dynamics of norm change in the cultural evolution of language. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 115, 8260–8265 (2018).
4. Bicchieri, C. *Philosophy of social science: A new introduction*, chap. Norms, Conventions, and the Power of Expectations, 208–229 (Oxford University Press, 2014).
5. Lewis, D. *Convention: A Philosophical Study*, 1st edn. (Wiley-Blackwell, 2002).
6. Peyton Young, H. The evolution of conventions. *Econometrica* 61, 57–84(1993).
7. Bicchieri, C. *The Grammar of Society: The Nature and Dynamics of Social Norms*, 1edn. (Cambridge University Press, 2005).
8. Centola, D. & Baronchelli, A. The spontaneous emergence of conventions: an experimental study of cultural evolution. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 112, 1989–1994 (2015).
9. Baronchelli, A. The emergence of consensus: a primer. *R. Soc. Open Sci.* 5, 172189 (2018).
10. Centola, D., Becker, J., Brackbill, D. & Baronchelli, A. Experimental evidence for tipping points in social convention. *Science* 360, 1116–1119 (2018).
11. Wood, W., Lundgren, S., Ouellette, J. A., Busceme, S. & Blackstone, T. Minority influence: a meta-analytic review of social influence processes. *Psychol. Bull.* 115, 323–345 (1994).
12. Moscovici, S., Lage, E. & Naffrechoux, M. Influence of a consistent minority on the responses of a majority in a color perception task. *Sociometry* 32, 365–380 (1969).
13. Kroch, A. S. In *Language Change and Variation*, 133–172 (John Benjamins Publishing Company, 1989).
14. Brown, M. J. & Satterthwaite-Phillips, D. Economic correlates of footbinding: implications for the importance of Chinese daughters' labor. *PLoS ONE* 13, e0201337 (2018).
15. Andreoni, J., Nikiforakis, N. & Siegenthaler, S. Predicting social tipping and norm change in controlled experiments. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 118, e2014893118 (2021).
16. Bass, F. M. A New product growth for model consumer durables. *Manag. Sci.* 15, 215–227 (1969).
17. Peyton Young, H. The evolution of social norms. *Annu. Rev. Econ.* 7, 359–387 (2015).
18. Mahajan, V., Muller, E. & Bass, F. M. New product diffusion models in marketing: a review and directions for research. *J. Mark.* 54, 1–26 (1990).
19. Henrich, J. Cultural transmission and the diffusion of innovations: Adoption dynamics indicate

that biased cultural transmission is the predominate force in behavioral change. *Am. Anthropologist* 103, 992–1013 (2001).

20. De, S., Nau, D. S., Pan, X. & Gelfand, M. J. In *International Conference on Social Computing, Behavioral-Cultural Modeling and Prediction and Behavior Representation in Modeling and Simulation*, 61–69 (Springer, 2018).

21. Rogers, E. *Diffusion of innovations*, 5edn. (Free Press, 2003).

22. Granovetter, M. Threshold models of collective behavior. *Am. J. Sociol.* 83, 1420–1443 (1978).

23. Goldenberg, J., Libai, B. & Muller, E. Talk of the network: a complex systems look at the underlying process of word-of-mouth. *Mark. Lett.* 12, 211–223 (2001).

24. Bonabeau, E. Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 99, 7280–7287 (2002).

25. Kempe, D., Kleinberg, J. & Tardos, E. Maximizing the Spread of Influence through a Social Network. In *Proceedings of the 9th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 137–146 (2003).

26. Bettencourt, L. M., Cintrón-Arias, A., Kaiser, D. I. & Castillo-Chávez, C. The power of a good idea: quantitative modeling of the spread of ideas from epidemiological models. *Phys. A: Stat. Mech. its Appl.* 364, 513 – 536 (2006).

27. Guilbeault, D., Becker, J. & Centola, D. *Complex Contagions: A Decade in Review*, 3–25 (Springer, 2018).

28. Centola, D. & Macy, M. Complex contagions and the weakness of long ties. *Am. J. Sociol.* 113, 702–734 (2007).

29. Centola, D. *How Behavior Spreads: The Science of Complex Contagions*. (Princeton university Press, 2018).

30. Iacopini, I., Petri, G., Barrat, A. & Latora, V. Simplicial models of social contagion. *Nat. Commun.* 10, 2485 (2019).

31. Ramazi, P., Riehl, J. & Cao, M. Networks of conforming or nonconforming individuals tend to reach satisfactory decisions. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 113, 12985–12990 (2016).

32. Montanari, A. & Saberi, A. The spread of innovations in social networks. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 107, 20196–20201 (2010).

33. Fagnani, F. & Zino, L. Diffusion of Innovation in Large Scale Graphs. *IEEE Trans. Netw. Sci. Eng.* 4, 100–111 (2017).

34. Riehl, J., Ramazi, P. & Cao, M. Incentive-based control of asynchronous best response dynamics on binary decision networks. *IEEE Trans. Control Netw. Syst.* 6, 727–736 (2018).

35. Morris, S. Contagion. *Rev. Economic Stud.* 67, 57–78 (2000). 36. Kreindler, G. E. & Young, H. P. Rapid innovation diffusion in social networks. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 111, 10881–10888

- (2014).
37. Xie, J. et al. Social consensus through the influence of committed minorities. *Phys. Rev. E* 84, 011130 (2011).
38. Peyton Young, H. Innovation diffusion in heterogeneous populations: contagion, social influence, and social learning. *Am. Economic Rev.* 99, 1899–1924 (2009).
39. Marques, J. M. & Paez, D. The ‘Black Sheep Effect’: social categorization, rejection of ingroup deviates, and perception of group variability. *Eur. Rev. Soc. Psychol.* 5, 37–68 (1994).
40. Samuelson, W. & Zeckhauser, R. Status quo bias in decision making. *J. Risk Uncertain.* 1, 7–59 (1988).
41. Sparkman, G. & Walton, G. M. Dynamic norms promote sustainable behavior, even if it is counternormative. *Psychological Sci.* 28, 1663–1674 (2017).
42. Leary, M. R. & Kowalski, R. M. Impression management: a literature review and two-component model. *Psychological Bull.* 107, 34 (1990).
43. Cialdini, R. B. & Goldstein, N. J. Social influence: compliance and conformity. *Annu. Rev. Psychol.* 55, 591–621 (2004).
44. Noelle-Neumann, E. *The Spiral of Silence: Public Opinion, Our Social Skin* (University of Chicago Press, 1993).
45. Mortensen, C. R. et al. Trending norms: A lever for encouraging behaviors performed by the minority. *Soc. Psychological Personal. Sci.* 10, 201–210 (2019).
46. Ye, M. et al. Collective patterns of social diffusion are shaped by individual inertia and trend-seeking. Zenodo <https://doi.org/10.5281/zenodo.5175151> (2021).
47. Wooldridge, J. M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, 2nd edn. (MIT Press, 2010).
48. Ross, S. M. *Introductory Statistics*, 4th edn. (Academic Press, 2017). 49. Peyton Young, H. *Individual Strategy and Social Structure: An Evolutionary Theory of Institutions*. (Princeton University Press, 2001).
50. Blume, L. The statistical mechanics of best-response strategy revision. *Games Economic Behav.* 11, 111–145 (1995).
51. Kawamura, Y. & Kusumi, T. Altruism does not always lead to a good reputation: A normative explanation. *J. Exp. Soc. Psychol.* 90, 104021 (2020).
52. Gladwell, M. *The Tipping Point: How Little Things Can Make a Big Difference*. (Little Brown, 2006).
53. González-Bailón, S., Borge-Holthoefer, J. & Moreno, Y. Broadcasters and hidden influentials in online protest diffusion. *Am. Behav. Sci.* 57, 943–965 (2013).
54. Bolderdijk, J. W., Brouwer, C. & Cornelissen, G. When do morally motivated innovators elicit inspiration instead of irritation? *Front. Psychol.* 8, 2362 (2018).

55. Ryan, B. & Gross, N. C. The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa communities. *Rural Sociol.* 8, 15 (1943).
56. Ryan, B. & Gross, N. Acceptance and diffusion of hybrid corn seed in two Iowa communities. *Res. Bull. (Iowa Agriculture Home Econ. Exp. Station)* 29, 663–708 (1950).
57. Molleman, L., van den Berg, P. & Weissing, F. J. Consistent individual differences in human social learning strategies. *Nat. Commun.* 5, 3570 (2014).
58. Muthukrishna, M. & Schaller, M. Are collectivistic cultures more prone to rapid transformation? computational models of cross-cultural differences, social network structure, dynamic social influence, and cultural change. *Personal. Soc. Psychol. Rev.* 24, 103–120 (2020).
59. Sandholm, W. H. *Population Games and Evolutionary Dynamics*. (MIT Press, 2010).
60. Chen, D. L., Schonger, M. & Wickens, C. oTree—an open-source platform for laboratory, online, and field experiments. *J. Behav. Exp. Financ.* 9, 88–97 (2016).