

Network Effects And Cascading Behaviour

网络传播和级联行为的现象在许多实际网络中普遍存在。比如，传染病的蔓延，技术的级联故障，虚假新闻的传播以及病毒式营销。形式上，一个“感染”事件可以通过主玩家(活跃/感染节点)构成传播树，被称为级联。我们将研究两个主要的扩散模型类别：

- 基于决策：每个节点根据其邻居的决策来决定是否激活。该模型中有确定的规则，节点是活跃的参与者，适合于建模adoption(没有很好的翻译)
- 概率模型：受感染的节点以一定的概率将感染“推”向未感染的节点。可能涉及随机性，节点是被动的，适合于建模传染病传播

Decision Based Diffusion

级联的博弈论模型：单一行为采用

博弈论模型背后的主要理论是，如果节点的邻居采取与节点相同的行为，则该节点将获得更多收益。例如竞争性的技术产品：如果您的朋友拥有相同类型的DVD播放器和光盘(例如蓝光与HD DVD)，则可以享受与他们共享DVD的乐趣。

每个节点都根据其邻居节点独立决定是否采用这种传播策略。该决策被建模为节点和给定邻居之间的两人游戏。因此，具有 k 个度的节点进行 k 次这种游戏以评估其收益和行为。总收益是所有游戏的节点收益之和。

如果网络中存在两种行为 A 和 B 并且每个节点可以采用一种行为，则两人游戏的收益矩阵如下

	A	B
A	a	0
B	0	b

其中行对应于节点 v 的行为，列对应于节点 w 的行为，值代表每个节点的收益。

让我们分析一个具有 d 个邻居的节点，令 p 为节点采用 A 行为的概率。选择 A 行为的回报是 apd ，选择 B 行为的回报是 $b(1-p)d$ 。因此，如果满足以下条件，则该节点将采用行为A: $apd > b(1-p)d \rightarrow p > \frac{b}{a+b}$ 定义 $q = \frac{b}{a+b}$ 为节点邻居选择行为 A 的阈值，即 $p > q$ 。

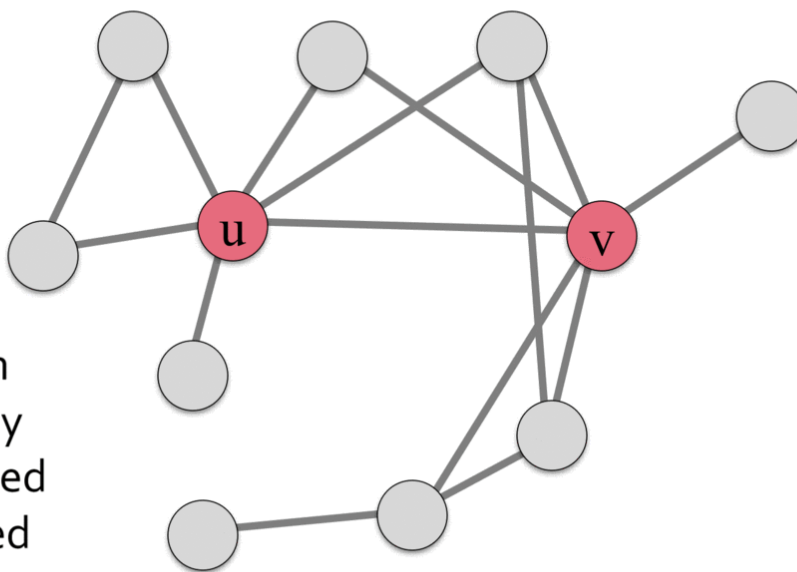
举例场景：

- 图中所有节点初始时选择行为 B。
- 设少量的采用行为 A 行为的节点集合 S 。硬连接此集合以使这些节点将永久使用 A 而不管收益如何。设置 $a = b - \epsilon$ ，其中 ϵ 是一个非常小的常量。解释：如果我的邻居中有 50% 以上的人采用 A 行为，我就会采用。

Example Scenario

$$S = \{u, v\}$$

If **more** than
q=50% of my
friends are red
I'll also be red



10/30/19

Jure Leskovec, Stanford CS224W: Machine Learning with Graphs, <http://cs224w.stanford.edu>

18

案例研究：在社交网络上建模抗议招募

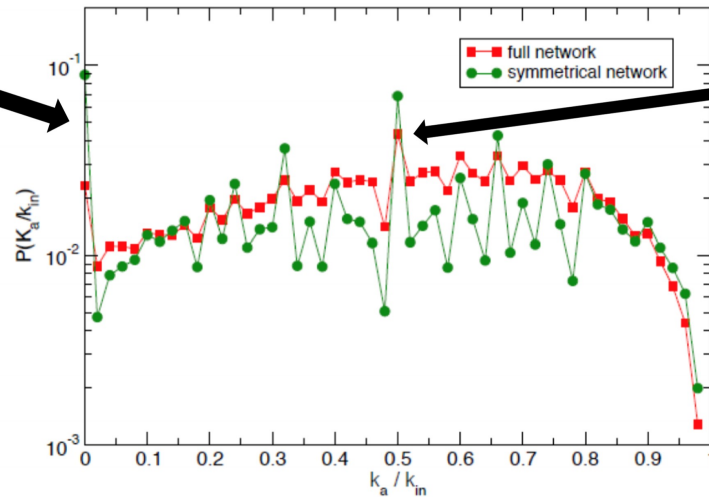
Twitter用户是无向网络图。70个与2011年西班牙反紧缩抗议活动有关的标签。对于每个用户(节点)：

- 用户活跃时间=用户开始发布抗议消息的时刻
- k_{in} = 用户活跃时的邻居总数
- k_a = 用户活跃时活跃邻居的数量
- 激活阈值 $\frac{k_a}{k_{in}}$ = 用户活跃时活跃邻居的数量与用户活跃时的邻居总数的比例

Key Insights:

- 激活阈值的分布具有两个局部峰值: i)在 $\frac{k_a}{k_{in}} \approx 0$ 处，表示许多自活跃用户加入；
ii)在 $\frac{k_a}{k_{in}} \approx 0.5$ 表明一半的用户在邻居加入后加入。其余大部分分布均匀。

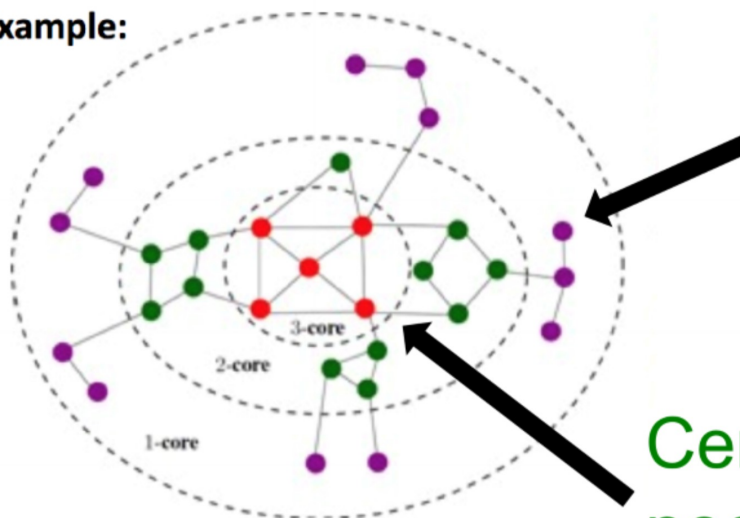
0 activation threshold
users: Many self-active users.



0.5 activation threshold
users: Many users who join after half their neighbors do.

- 加入运动的邻居数量“爆发”对阈值较高的用户影响较大，而阈值较低的用户影响较小
- 多数级联很小
- 更大的级联是由具有更高核心数(即更核心)的用户启动的。k-core被定义为每一个节点具有至少度为k的最大连通子图，并且可以通过迭代地移除与节点度小于k的节点进行评估

Example:



Peripheral nodes

Central nodes

Extending Game Theoretic Model: multi-behavior adoption

一个节点可以通过付出代价 c 来同时采取两种行为 AB。得出的收益矩阵(不计成本 c)如下:

	A	B	AB
A	a	0	a
B	0	b	b
AB	a	b	$\max(a,b)$

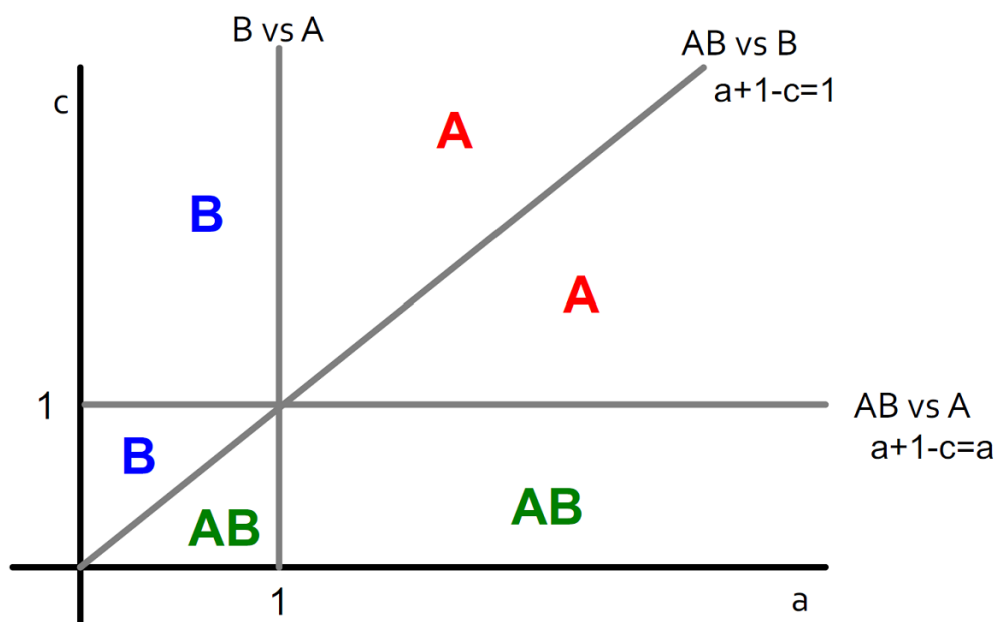
示例: 无限路径图

让我们检查一个无限路径图，其中除以下情况的三个节点外，每个人都从行为/产品 B 开始。让我们也设置 $b = 1$ 。

情况1: A-w-B



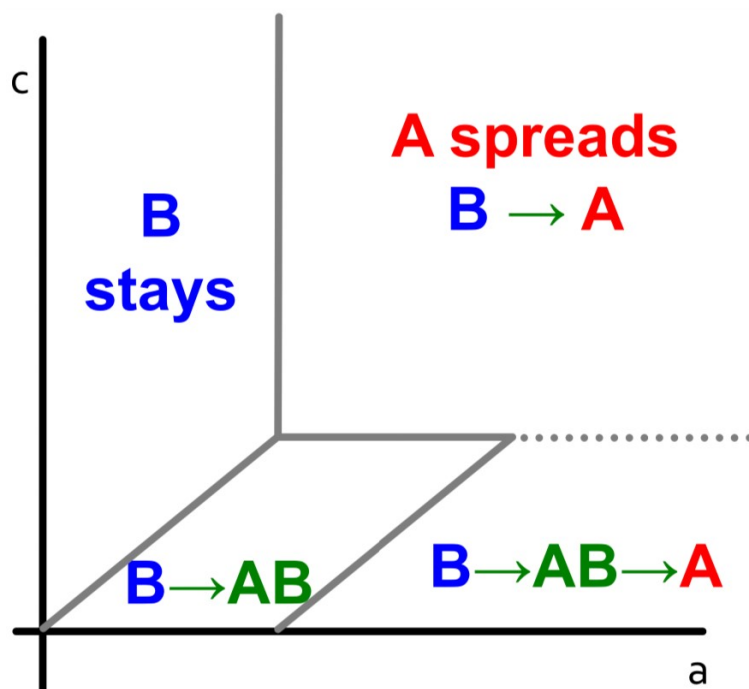
w 的收益为: $A: a, B: 1, AB: a+1-c$



情况2: AB-w-B



w 的收益为: $A: a, B: 1, AB: \max(a, 1) + 1 - c$



这些图显示了不同的 (a, c) 值区域如何影响基于决策的扩散:

- B->A(Direct Conquest): 如果 a 和 c 都很高, 那么与这两种产品兼容的成本是不值得的, 直接转化为 A
- B->AB->A(Infiltration): 如果 a 高 c 低, 用户先转换为 AB 然后再转换为 A