# 网络中的级联

- 想像一个社会关系网(例如由同一个专业圈子的人构成的"同事网"),其中大家本来都用着PC Notebook(windows)
- Mac出来了,并且迷上了一些人,他们决定 抛弃PC,改用MacBook,而且很坚定,尽管 与同事之间交换文件不再那么顺畅
- 其他同事看到了Mac的一些优势,也看到了由此带来的一些不便
- 因此,有些人也开始从PC换到Mac,但另一 些还在掂量、观望
- 问: Mac能在这个社会网络中"走多远"?

- 想像你是某公司的副总裁之一。副总裁之间的关系有亲疏,因此也有一个"亲密关系网"
- 在工作中,你感到总裁工作有问题,不应该 再当下去,而且与亲密的朋友之间也有些非 正式的议论
- 明天又要开总裁办公会了,你考虑向总裁发难,同时知道若有足够多的副总裁响应就会成功,否则对自己就会是灾难
- 这事还不能和别人商量。能否从关系网结构中得到些判断?

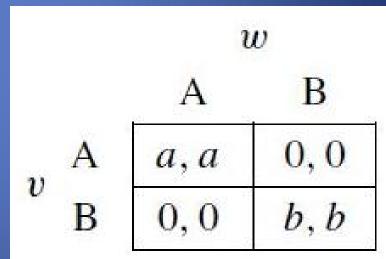
## 网络结构对新事物传播影响的模型

- 场景
  - -一个社会网络; A, B两类事物要在其中流行;
  - -B是"旧的",一直以来大家都采用B
  - -A是"新的",开始吸引了几个坚定份子
- 假设
  - -每个人只能采纳A或B之一
  - -两个相邻的人若都采用A,则得回报a;若都采用B,则得回报b;若采用不一样的,则回报0
  - 在从一种选择换到另一种过程中没有其他成本



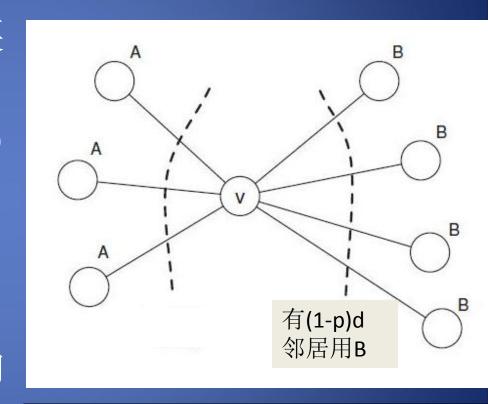
- 在一条边上的博弈
  - 如果v和w都选择A,它们分 别得到回报a>0;
  - 如果它们都选择B,分别得到回报b>0;
  - 如果它们选择不同的选项 , 那么都得到回报为0
- · 一个节点v需要考虑其所 有邻居选择的综合结果





# 网络节点v的决策门槛

- 设v有d个邻居,在某一时刻,若比例p的邻居选A,比例(1-p)的邻居选B
- v选A的回报: pda 选B回报: (1-p)db
- 如果pda≥(1-p)db,即
  p≥b/(a+b),选A好。
  否则,选B更好。

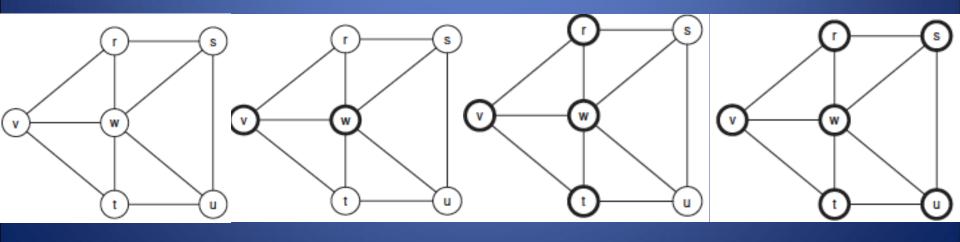


$$p \ge \frac{b}{a+b} = q$$

门槛

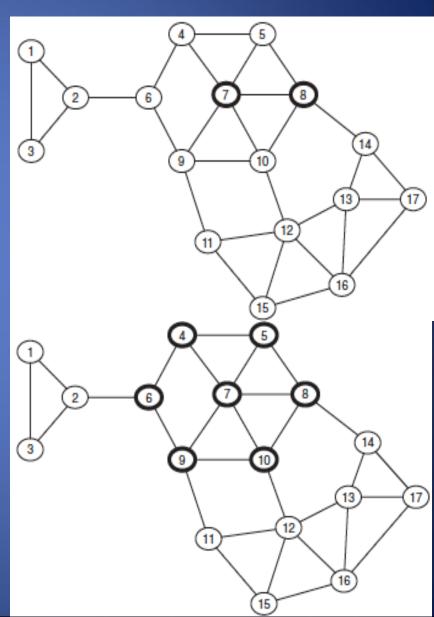
# 新生事物在网络中的传播

- 同时考察每一个采用B的节点采用A的邻居比例是否 达到门槛q=b/(a+b)
  - 是,则节点放弃B,转用A,否则继续采用B
- 重复这个过程,直到网络中采用A的节点集合不再变化
- 例子: a=3; b=2; q=2/5。此例实现了完全级联。



# 一个不能形成完全级联的例子

- a=3, b=2, q=2/5
- 最初,7、8是A的初用 节点,其他所有节点 均采用B
- 一步后, 5、10
- 两步后, 4, 9
- 三步后, 6
- 在那之后,级联停止
- (如何促进级联?)



# 问题

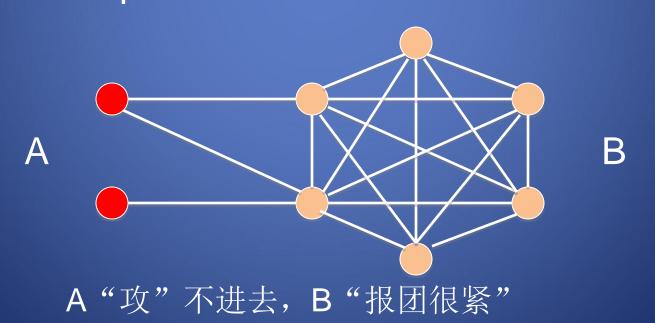
- 什么条件下,网络中节点将会全部放弃B,逐步转而选择A,实现采用A的完全级联?
- 什么情况下, A在网络中停止了传播?

#### 可以进一步思考:

- 假若不仅是当前采用B的节点在判断是否转换,所有节点都同时考虑用什么对自己更好,有没有可能节点在某一步决定采用A,在后面某一步又决定退回B,从而造成"震荡"?
- 如果a<b,有可能发生传播吗?

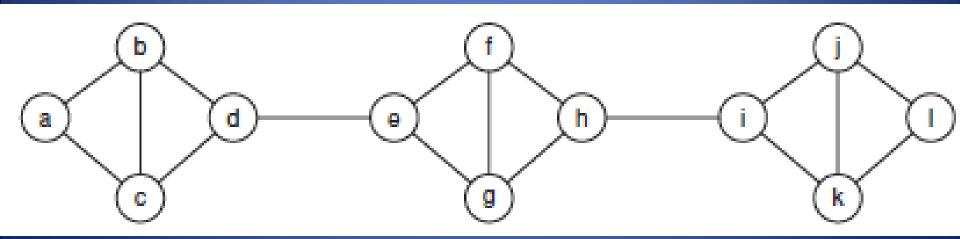
# 级联进行不下去了?

- 也就是剩下的节点(采用B)的A邻居数占比小于门槛 q = b/(a+b)
- 换句话说,也就是它们各自的B邻居数占比都大于 1-q



# 阻挡级联的因素——聚簇

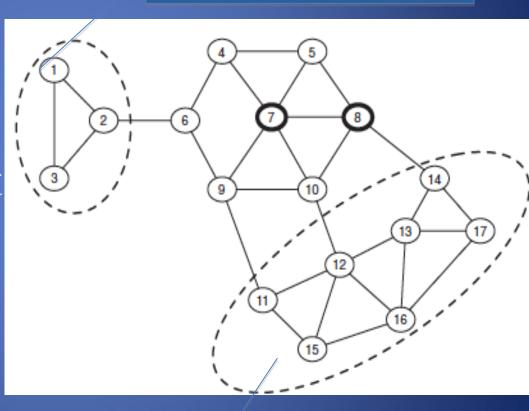
- 聚簇("抱团"): 称一个节点集为密度为r的聚簇,则其中每个节点至少有比例为r的网络邻居也属于这个节点集合
- 下图有3个密度为2/3的聚簇



# 聚簇和级联的关系(定理)

- 设网络中一个初用节点集 采用 A, 剩余网络的其他节 点采用 B, 且它们改用A的 门槛值为 q
- 如果剩余网络中包含一个 密度大于 1-q 的聚簇,则这 个初用节点集不能形成A的 完全级联
- 而且,如果一个初用节点 集不能形成一个完全级联 ,则剩余网络一定包含一 个密度大于 1-q 的聚簇

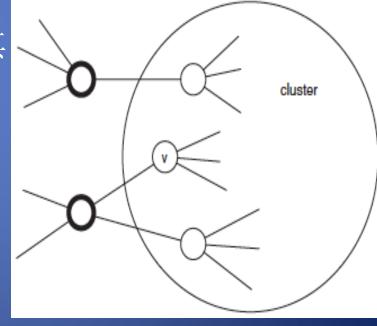
密度=2/3 > 1-q=3/5



密度=2/3 > 1-q=3/5

#### 证明——聚簇是级联的障碍

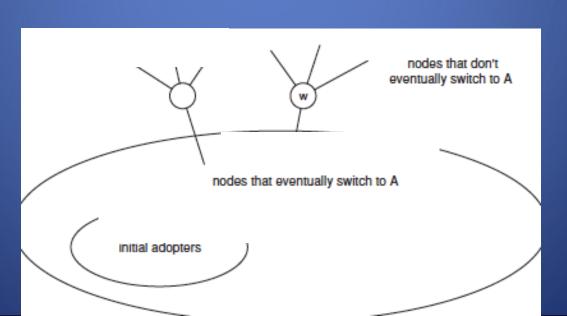
- 剩余网络中,节点改用A的门槛值为q,设包含一个密度大于1-q的聚簇,证明该聚簇中没有节点会采用A。
- 反证法,设该聚簇中第一个改用A的 节点为 v,则在v决定采用A之前,其 邻居中有大于q占比的已经采用了A。
- 根据定义, v 所在聚簇密度大于1-q, 即它的邻居中至少有1-q占比的邻居也在该聚簇中(采用的B), 这说明它的邻居中用A占比不可能大于q。
- 矛盾,假设不成立。





### 证明——聚簇是级联的唯一障碍

- 需要证明只要一个初用集不能形成完全级联, 剩余网络中必 然存在一个密度大于1-q的聚簇
- 设S是最终未转用A的节点集,证明S密度大于1-q。考虑S中任何一个节点w,最终没有转向A,说明它邻居中只有占比小于q的采用A,即大于1-q的邻居使用B,因为整个网络中所有使用B的节点都在S中,因此S是一个密度大于1-q的聚簇

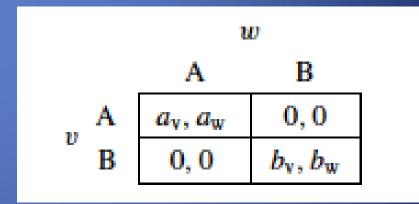


### 基本级联模型的扩展一异值门槛

• 异值门槛:假设网络中每个人对行为A和B的估值不同,节点v采用A的回报为a<sub>v</sub>,采用B的回报b<sub>v</sub>则:

$$q_{v} = \frac{b_{v}}{a_{v} + b_{v}}$$



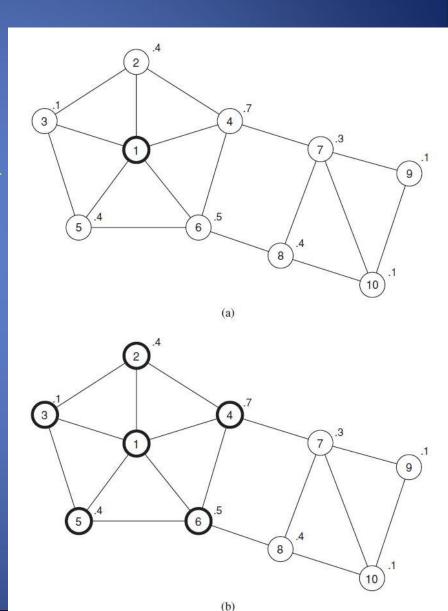


• 传播过程中每个节点根据自身的门槛值决定是否采纳新事物, p<sub>v</sub>≥q<sub>v</sub>?



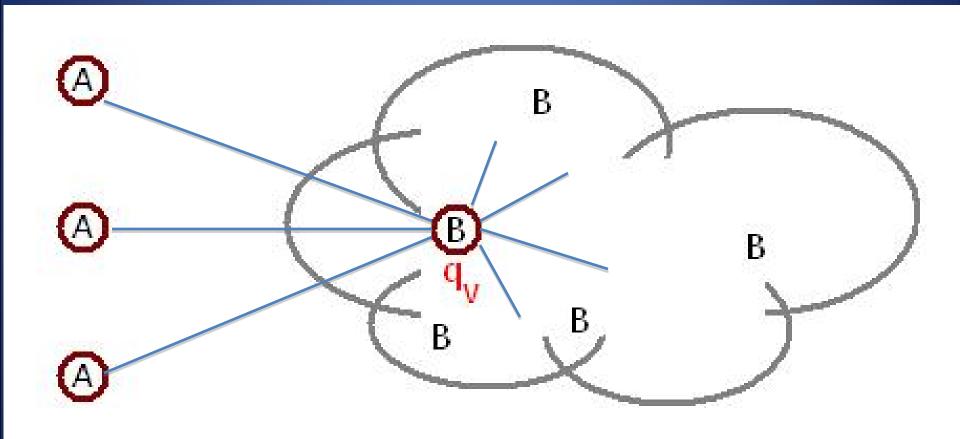
# 异值门槛: 同样简洁的结论?

- 异值门槛阻塞聚簇
  - 节点集,其中任何节点 v至少有1-q<sub>v</sub>占比的邻居 也在该集合中
- 直觉上,这就是阻止 传播(或者防止一个 节点被感染)的条件
- 在此定义下,也有类似的形成一个完全级联的充要条件。



# 每个节点对诱惑的抵御能力不同

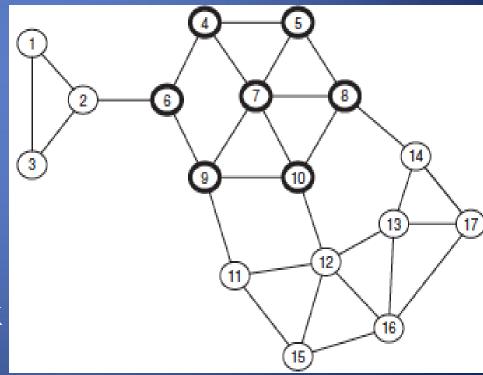
(注: q、只是基于对两种事物优势的判断)



• 进一步考虑不同的节点对邻居的不同影响力?

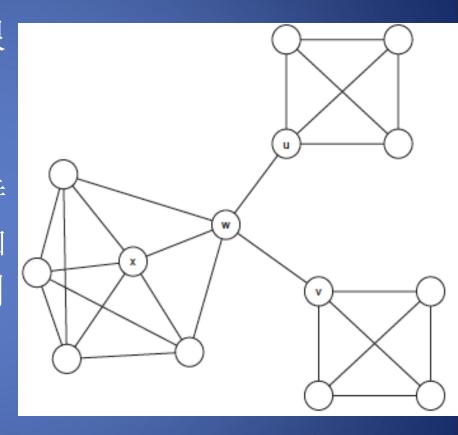
#### 一些思考:病毒式营销(viral market)

- 如果A是一种新的产品,如何突破聚簇的阻碍,形成A的完全级联?
- -提高A的质量,从而减少q值,如q减至1/5, A形成完全级联
- 在密度大于 1-q 的聚簇中选择关键人物,利用其他外部因素使其转向A,致使 A在这些区域继续传播



# 一些思考:弱关系的作用

- 弱关系:对于信息传播有很重要的作用,如在线视频、各种开放信息.....
- 但对于一个行为的传播,特别是风险较高的行为(例如罢工、示威),弱关系作用较小(一端聚簇的阻碍)



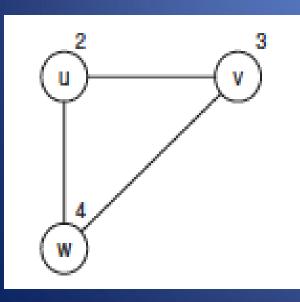
人们倾向于在肯定有足够多的其他人参加的情况下才去参加。

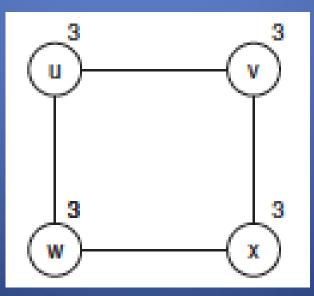
#### 一些思考: 集体行动中知识的作用

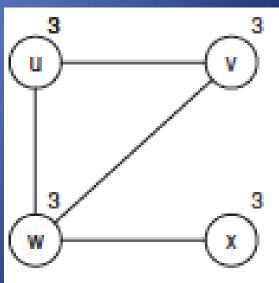
- 集体行动: 一项活动只有足够多的人参加才会得益
- 每个个体只能了解其邻居的门槛值,并不能 完全了解网络中其他人的情况
- 知识在集体行动中的作用:分析社会网络结构如何影响人们对集体行动的个体决策
  - -每个节点都了解网络的整体结构
  - -每个节点都了解邻居(强关系)的决策门槛值
  - (1) 我是否参加? (2) 行动会不会发生?

#### 一个个体在集体行动中决策的例子

- 每个节点代表公司的一个副总裁,每个人需要决定在第二天的董事会上是否参与对总裁发难的行动
  - 每人都了解网络结构
  - 每人了解邻居的门槛值, 但不了解非邻居的门槛值
  - 节点上的数字表示各自的门槛值







# 宣传作用的双重性

- 大规模的宣传(营销活动等),对于一个人来说,不仅使他对内容有所了解,而且使他潜意识地认为还有许多其他人也了解这件事了
- 于是,当他倾向于接受这件事,就会认为还有 许多人也会接受这件事;如果他对这件事持反 对态度,也会认为还有许多人也持反对态度
- 当这种态度涉及到行动(涉及利益或者代价) ,上述认识就会被考量到其中。

# 要点小结

- 在网络中,新生事物的扩散(被接受的程度
  - )受三种因素的影响
  - -新生事物的优势
  - 网络结构
  - -初用者的选择
- 个体决策与总体状态关系的又一实例
  - -每个节点独立、并行决策
  - 总体达到某种状态的条件
- 公共知识、门槛值、集体行动

# 作业

• 第19章 3,5题