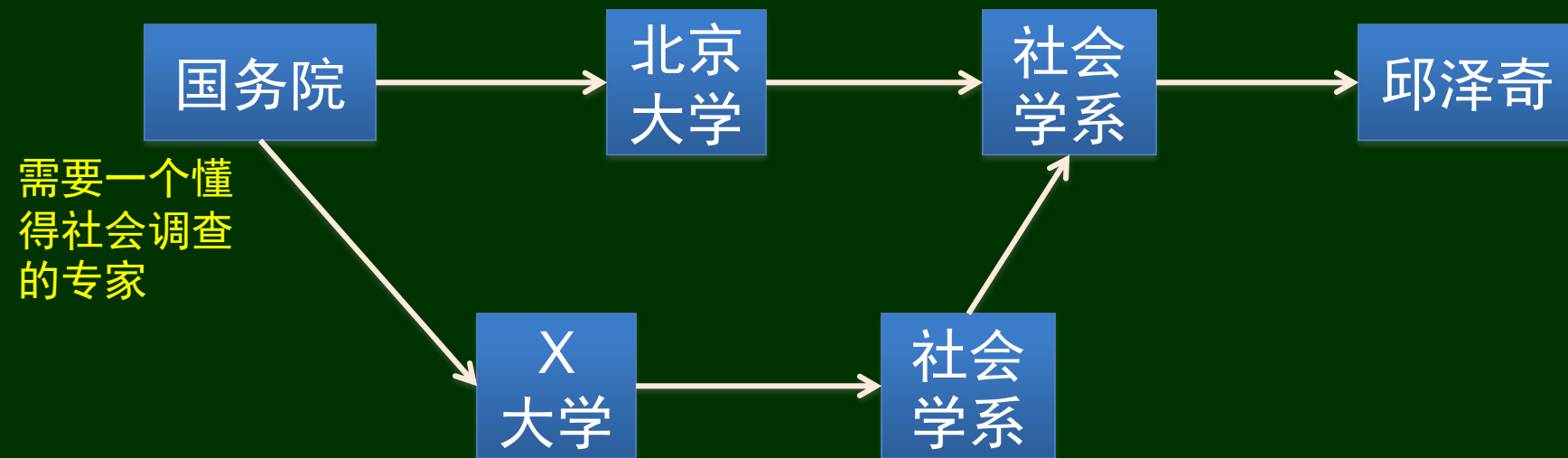


关于小世界的 Watts-Strogatz-Kleinberg模型

Watts-Strogatz模型的意义和局限

- 证明了模型网络中任意两个节点之间存在短路径的概率很高，即“小世界”。
- 但不能解释Milgram等人实验反映出的小世界现象的另一个层面：在短视搜索情况下能找到短路径
 - 在模型上执行短视搜索，常常导致较长路径

体会“短视搜索”概念

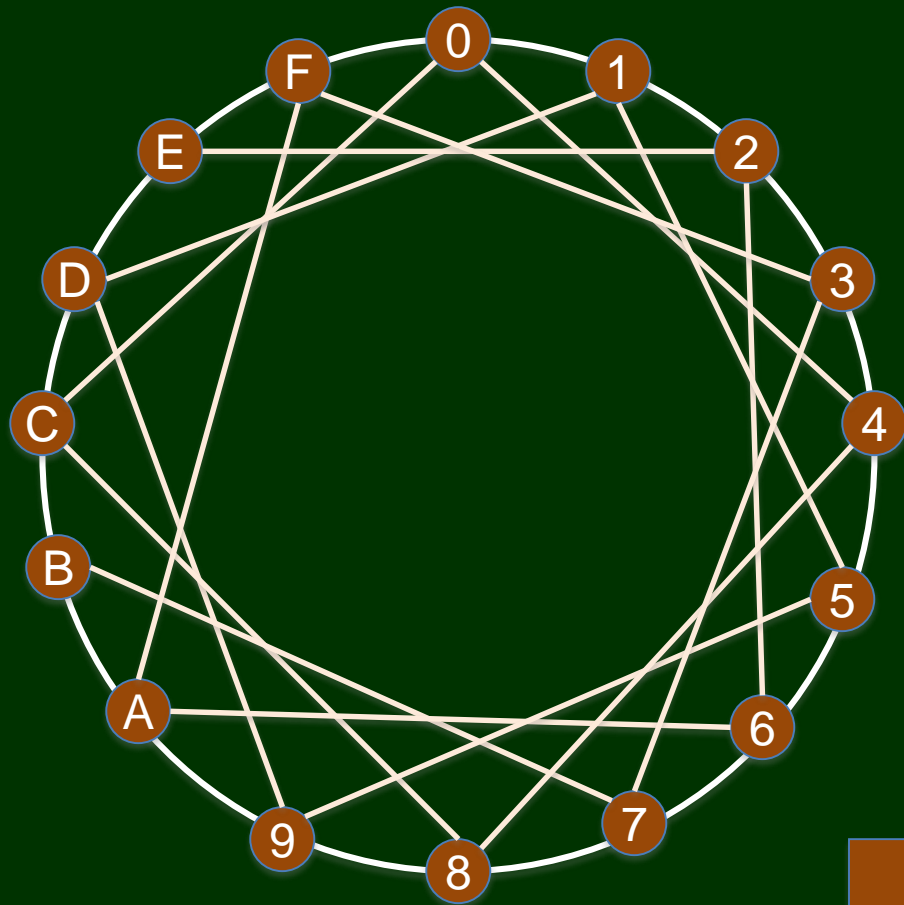


(1)有目标；(2)每一步，只有局部知识；(3)与目标的比对

短视搜索（分散搜索）

- 相对于我们已经熟悉的“广度优先搜索”（无目标），这是一种有目标的基于局部信息的搜索，具有如下特点
 - 每个节点有一个特征，任何两个节点之间的特征可以谈差别（距离）（不同于图论中定义的距离！）
 - 每个节点都知道目标节点的特征，也知道自己和自己邻居节点的特征
 - 搜索过程可看成是信息传递的过程，节点将信息传给离目标节点距离较近（差别较小）的邻居节点

短视搜索示例



- 节点：0, 1, ..., 9, A, ..., F
- 特征距离（差别）：由环上的相对位置定义，例如，节点0和A的距离为6
- 从0开始，以A为目标的短视搜索：0-C-B-A
- 而不能是：0-F-A

“短视搜索” 没走 “最短路径” ！

一种一般的认识论方法

- 经常，在事物的宏观格局中存在某种性质，但若缺乏宏观视野，仅凭基于微观视野的追求，不一定能发现那种性质。
- 但如果事物的结构存在某种特征，使我们能够证明，基于微观视野的追求，就能揭示宏观性质，则是十分美妙的事情。

通过局部，理解全局；通过微观，理解宏观

在小世界问题上我们面对的是

在人类社会网络上的大量实验结果表明，短视搜索是有效的，这说明现实社会网络结构支持这种做法

在WS社会网络模型上的理论分析表明，短视搜索效果不好，这说明该模型没能抓住现实网络的某个重要特点

因此，需要一种社会网络模型

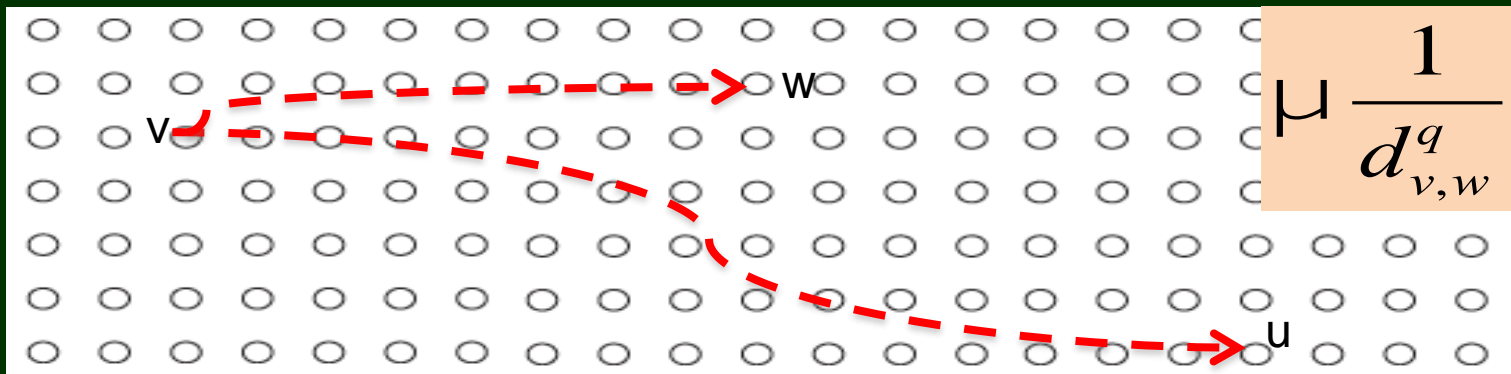
- 既反映任意节点对之间短路径的**存在性**，也支持在这种信件转发方式下短路径的**可实现性**

网络中需要什么样的结构特征来体现这样的要求？

- 两个节点无论相距多远，都要有机会很快接近；
- 两个节点的距离越近，存在直接连接的机会越大

Watts-Strogatz-Kleinberg模型

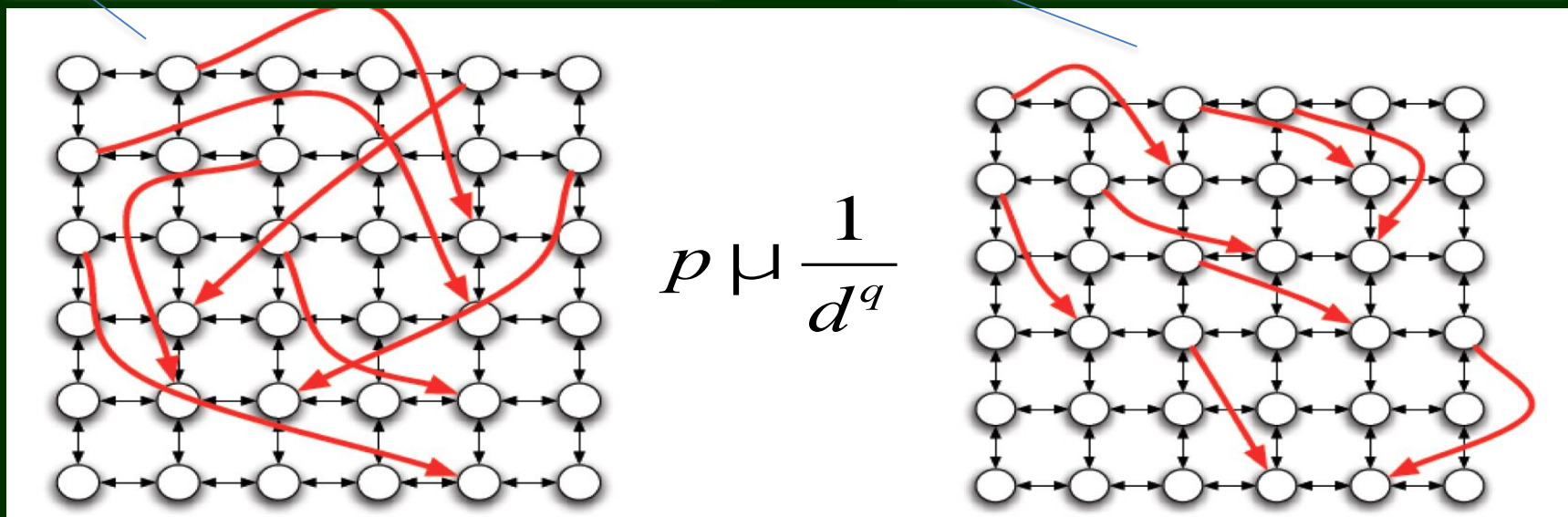
- 在Watts-Strogatz模型基础上，让两个节点之间存在随机边的概率与它们网格距离的某个幂次（ q ）成反比
 - q : 控制远程连接的概率随距离递减的强度



不同q值对随机连接长度的影响

q值较小，随机边倾向于较远

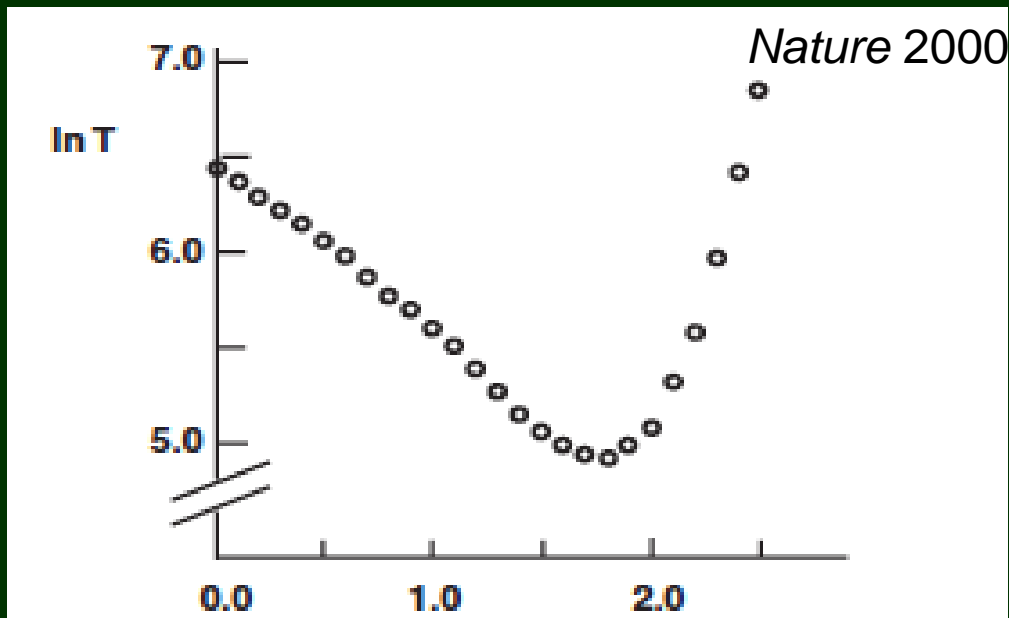
q值较大，随机边倾向于较近



- Watts-Strogatz模型对应于 $q=0$

该模型的最佳工作参数（ q ）

- 理论结果：当 $q=2$ 时，分散搜索达到最佳效果
- 仿真实验：由几亿个节点组成的网络中，考察不同的 q 值在分散搜索中的效果

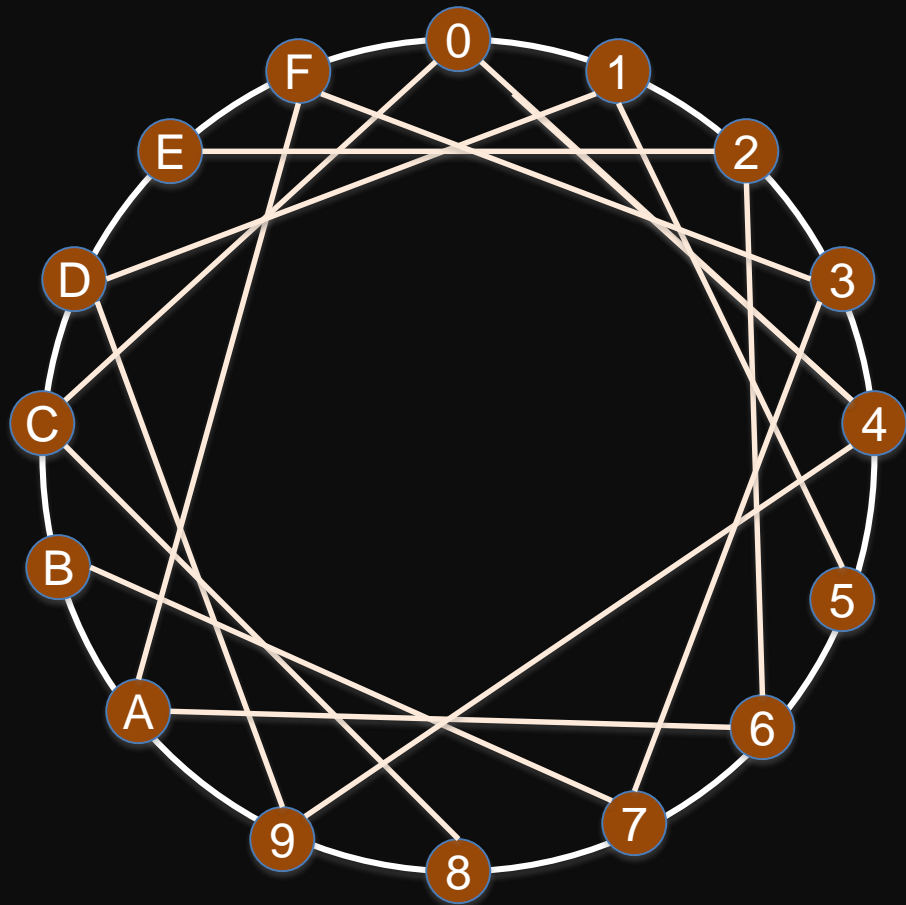


横轴为参数 q ，纵轴为从一个节点到达另一个节点所需的平均时间（跳步）

小结

- 发现WS模型不能反映现实社会网络的一个重要特征，促成了WSK模型
- WSK模型通过适当控制WS模型中的随机性，与实验结果更加吻合
- 该模型中出现了一个优化参数（ q ），当取特定值的时候效果最好，这个参数在现实社会网络中怎么体现的呢？

测试：短视搜索



- 左图，距离（差别）由环上的相对位置定义，例如，节点0和A的距离为6
- 试给出从0开始，以9为目标的一条短视搜索路径，它是0和9之间在图中的最短路径吗？