**Adaptive Influence Maximization in Dynamic Social Networks**

**Abstract**：本文研究了自适应选择种子用户的策略。首先对动态独立级联模型进行了形式化建模，引入了自适应播种策略的概念。在此基础上，我们证明了一种简单的贪婪自适应播种策略能够在保证可证明性能的前提下找到有效的解决方案。在贪婪算法的基础上，提出了一种有效的启发式算法，提高了系统的可扩展性。在实际网络和综合幂律网络上进行了大量的实验。结果表明，自适应播种策略与其他基线方法相比具有一定的优越性。

**1.Introduction**

现有扩散模型的一个缺点是，它们没有考虑到现实社会网络中扩散过程的一些不确定性。不能保证种子用户被成功激活。此外，由于用户之间的关系程度经常变化，社交网络的拓扑结构在实际情况中并不总是静态的。作者提出了动态的独立级联模型，在这个模型中种子用户可以以一个确定的概率不被激活，用户之间的传播概率会根据网络拓扑来变化。现有的算法都是只能处理静态问题。

**贡献点**：提出了DIC；本文构造了一种最优播种模式，并在DIC模型中提出了一种具有可证明性能保证的自适应爬坡策略；设计了一种有效的启发式自适应播种策略；实验表明，所提出的自适应播种策略相对于现有的动态社交网络中的播种方法具有优越性。

**2.problem setting**

**A DIC model**

将社交网络建模为有向图，其中节点和边缘分别表示个体和关系。每个节点只有激活和非激活状态。一开始所有的节点都是非激活状态，一个节点被激活只能是选他为种子用户或者被邻居激活，传播过程是一轮一轮重复的，在第i轮中，被激活的节点保持激活状态，并且会议一个固定的概率激活它的邻居。

在DIC模型中，每个节点u都有一个随机变量Xu，它遵循伯努利分布，当Xu=1的时候代表节点u已经成为一个种子节点，一个节点u只有一次激活邻居节点v的机会，激活概率表示为X(u,v)，是一个随机变量。对于真实的社交网络来说，假设传播概率是一个分布而不是一个固定的值更合理。在不失一般性的情况下，对于每条边e，作者假设Xe遵循一个具有定义域De的离散分布fe。并且用表示在De中的第i个值。在DIC模型中，对于e = (u, v)的边，Xe的值在u的一个邻居处于活动状态之前是未知的。他的理由是，在实践中，协会可能只跟踪感兴趣的影响，而网络其他部分的实时状态是不可用的。作者将他的理由是，在实践中，行业协会可能只跟踪感兴趣的影响，而网络其他部分的实时状态是不可用的。作者将DIC表示为G=(V,E,FV,FE)，其中FV ={fu|u属于V}，FE{fe|e属于E}分别为Xu和Xe分布的集合。

**B Adaptive Seeding Strategy**

为了设计一个自适应传播策略，我们考虑两个问题:(1)每个传播步骤应该使用多少预算，(2)选择哪个节点。我们采用以下概念来阐述这些问题。

定义1：seeding pattern: ，是一串非负整数，表示作者在第i步选择了哪些种子激活。

定义2：给定一个策略SGA在G中，对于有些i，si为空但是不存在边(u,v)中u是被激活的，可见，等待空轮对传播过程和策略效果没有影响。

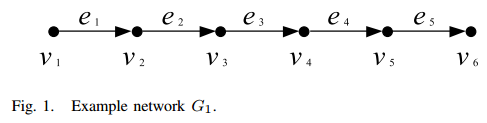
定义3：，其中ai=1当1<i<B，ai=0当i>B。通过模式A0，作者可以计算预算。

定义4：在模式A\*中，我们一次播种一个节点，直到没有节点可以被进一步激活，然后再播种下一个节点。因此，我们在第一步播种一个节点，其余的播种模式将自适应地构建。

作者使用OPTGA来表示最佳的适应策略。

**Problem 1**：Adaptive Influence Maximization (AIM)：在一个预算为B的限制下，对于任何的DIC网络G，找到一个模式A和一个策略SGA，使得E[SGA]最大。

C 一个例子：



**3. greedy algorithm**

**规则1**：在每一个传播步骤中，作者都选择能够根据所观察到的事件中边际利润最大的节点。

注意，在每个步骤中，我们都可以观察以下内容：(1)过去几轮的影响扩散; (2)活动节点与其邻居之间的传播概率。用于模式a和DIC网络G，作者使用表示在规则1下的选种策略。我们的分析包括三个步骤。首先，作者提出了一种转换方法，它可以找到活动节点的期望数量的显式表达式，然后，我们证明了A\*是任意DIC网络G的最佳模式。

**A transformation**：

对于一个经典的IC网络，一个具体的网络是一个图，其中每个边(u, v)被指定为激活的或不激活的。如果edge (u, v)为活动状态，则表示可以成功激活v。通俗地说，在一个具体的网络中，所有的不确定性都是确定的。在具体网络中，活动节点是通过活边路径连接到种子节点的节点，具体网络中活动节点的个数是种子集上的子模函数，不幸的是，这种方法不能直接应用于DIC模型的分析，因为在DIC模型不能用与原始DIC网络结构相同的图来表示。为了解决这种情况，我们将原始网络传输到一个辅助图，在这个图中，给定一个种子集，可以显式地观察活动节点。

给定一个DIC网络G=（V,E,FV,FE），作者用如下步骤构建一个辅助图c-G=(Vc,Ec).其中Vc包含N\*B+N个节点并且被划分到N+1个子集中用Vci表示，并且有，在Vci中的节点表示在图G中在vi上的多个种子，在Vc0中的节点对应于G中的节点。Ec由Ec1和Ec2两部分组成，定义如下。对于i>0,1<=j<=B，有一条边对于任意的两个节点vi,j和v0,i之间都有一条边