**influence maximization in continuous time diffusion networks**

**1.introduction**

人们在扩散网络基础上提出了许多研究问题，在本文中，我们主要研究影响力最大化问题，并提出了一种考虑扩散网络时间动态的连续时间影响最大化方法。

作者基于Gomez-Rodriguez等人最近引入的完全连续时间扩散模型，该模型考虑了扩散网络内的时间异构交互——它允许信息(或影响)以不同的速率在不同的边缘上传播，如实际示例所示。我们首先描述如何在给定一组源节点的情况下，使用Kulkarni的工作分析地计算受感染节点的平均总数。关键的观察结果是，在具有随机边长网络中，节点的感染时间是源节点到节点的随机最短路径的长度。随后，我们证明了在连续时间影响最大化问题中寻找最优影响源节点集是一个np-hard的问题。然后，我们提供了一个近似算法，该算法根据受感染节点的平均总数找到一组具有可证明保证的次最优源节点集

**2.related work**

然而，据作者所知，以往关于影响最大化的研究忽略了控制扩散网络的潜在时间动态，也就是说人们普遍认为一旦发生传播，它总是以相同的速率或时间尺度发生。相反，我们考虑了在许多实际例子中发现了传输速率的不同。在信息传播中，新闻媒体网站和专业博主通常比那些个人博客能更快地报道新闻。最后，在营销中，一些客户比其他人更快地对产品或服务做出决定，然后以不同的速度推荐。

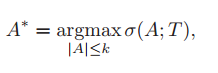
主要贡献：首先，它考虑了影响最大化问题是时间连续的，其中信息或影响可以在不同的边缘以不同的速度传播，就像现实中的例子一样。其次，这种连续时间方法允许我们分析计算和有效地优化影响，而不用使用启发式算法和MC模拟。

**3.problem formulation**

**Pairwise transmission likelihood**：在扩散网络中，我们首先需要对节点间的成对交互进行建模。我们注意网络中一般情况下节点间不同的成对交互以不同的速率发生的。我们用作为节点i和节点j之间的传播可能性。ti和tj是影响时间，代表节点i，j之间的传播概率。作者假设传播的可能性取决于成对传输比例和时间差，此外，节点不能被稍后被影响的节点所影响。

在本文的其余部分，我们考虑指数分布对成对的交互进行建模，指数模型是一个著名的参数模型，用于建模扩散和影响的社会和信息网络。然而，我们的结果可以很容易地推广到具有相位型成对传输概率的扩散网络，这是很重要的，因为在所有正值分布的领域中，相位型分布的集合是密集的，它可以用来近似幂律。

**Continuous time diffusion process**：作者考虑发生在具有已知(或推断)连通性和传输速率的静态网络上的扩散和传播过程。当种子节点集A在t = 0时受到网络外部源的作用而激活时，扩散过程就开始了，然后种子集合中的节点开始向他们的邻居节点进行传播，一个节点如果有许多条入边，作者只考虑最早能影响的那条。最后，作者定义N(A;T)为种子集合A在时间T可以影响到的节点的数量，随后定义影响函数为在时间T影响种子节点的平均数量。

**Continuous time influence maximization problem**：我们的目标是找到扩散网络G中使得影响函数最大的源节点A集。作者的目标是：

**4.proposed algorithm**

作者首先描述了如何计算影响函数，对于任意的种子集合A。关键的观察结果是，在具有随机边长网络中，节点的感染时间是源节点到节点的随机最短路径的长度。然后，我们证明了由式(1)定义的连续时间影响最大化问题是NP-hard问题。最后，我们展示了如何利用目标函数的自然递减特性，有效地找到一个可证明的接近最优解。

**估算影响**：影响函数依赖于网络中每个节点的感染概率，具体如下

其中tn是节点n的感染时间。所以我们需要计算每个节点n的传播概率。随后作者给出了节点被集合B所控制的条件：给定一个网络G=（V,E），一个种子集合B属于V，一个节点n属于V，Sn(B)代表从节点u到节点n的任意一条路径上至少有一个节点属于B。现在，作者定义了