



复杂网络在现实生活中的应用

吴晔

北京邮电大学&Uni Potsdam

2009.12.20

101010101010101010101010101010101

主要内容

- 1, 复杂网络研究的历史发展
- 2, 生活中的复杂网络
- 3, 复杂网络上的动力学过程
- 4, 用小世界网络模型研究SARS病毒的传播
- 5, 总结



北京邮电大学

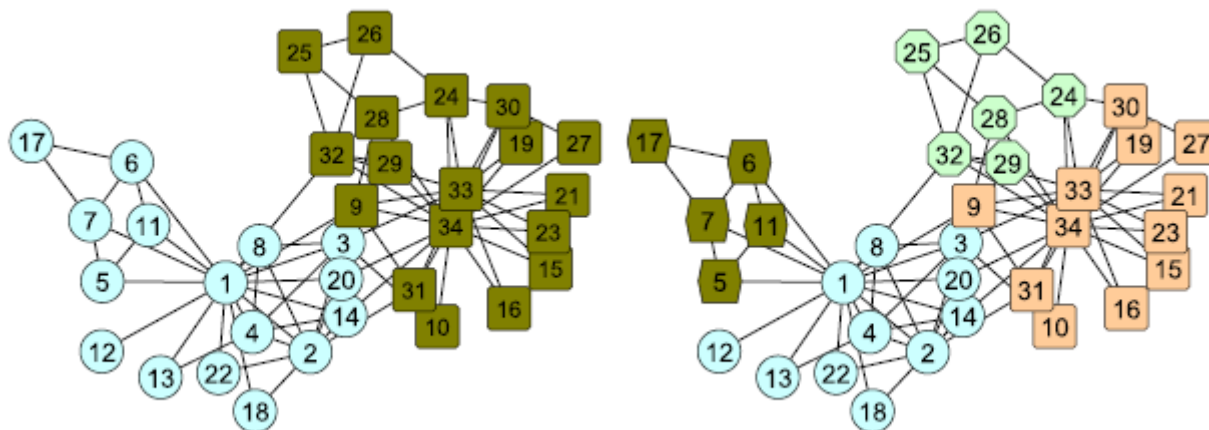
BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



1, 复杂网络研究的历史发展

- 复杂网络：基于数学图论的一个发展。指把个体当作点，个体与个体之间存在某种关系当作边，由边与点组成的一个像网一样的东西，看起来又很复杂，所以叫复杂网络。



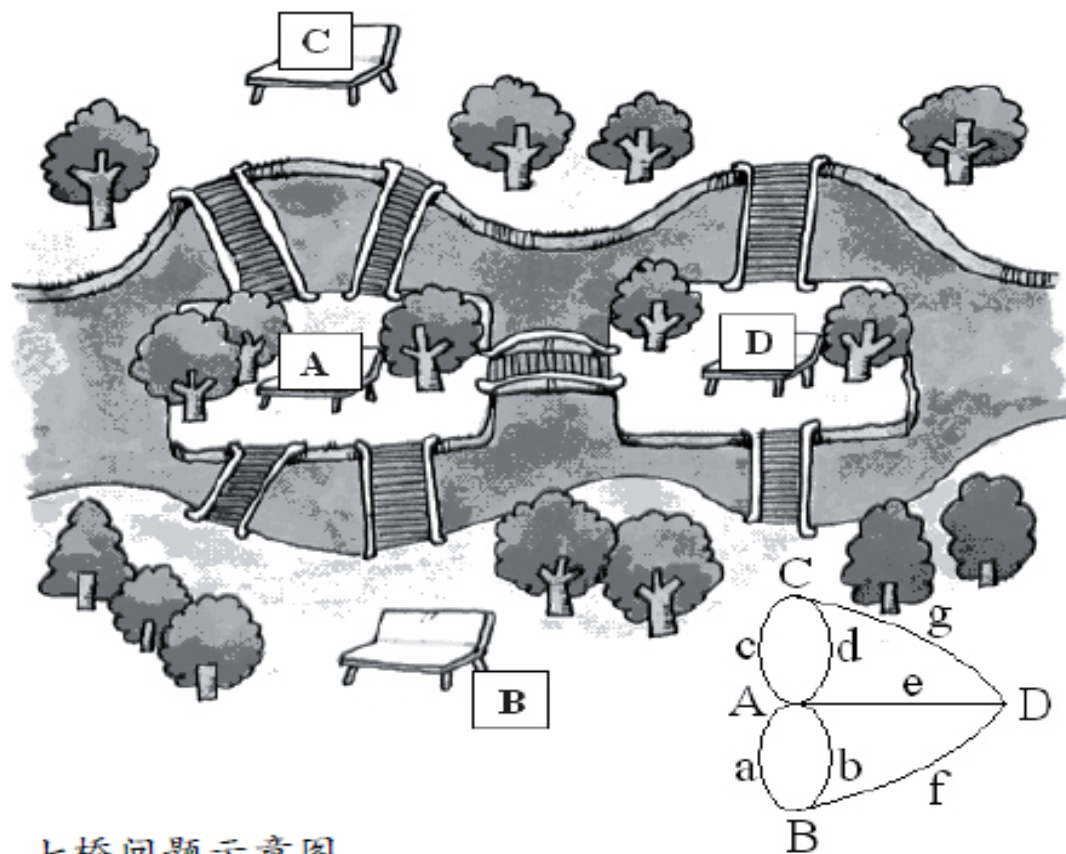
北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



- 第一个里程碑—欧拉图论



七桥问题示意图



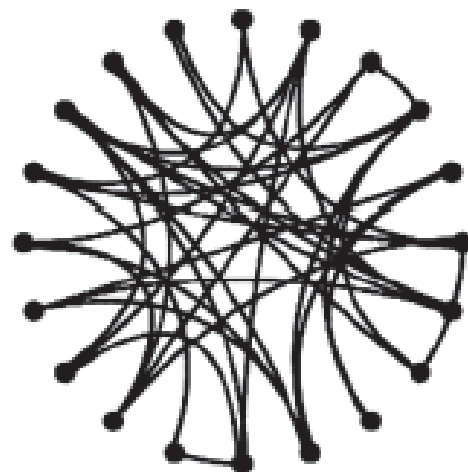
北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



- 第二个里程碑—ER随机图论
 - 任意两个节点之间的连接是随机的

随机图



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



- 第三个里程碑—小世界网络，无标度网络
 - 小世界
 - 六度分离
 - 最短距离短
 - 聚集系数高
 - 无标度
 - 度分布是幂率分布的



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

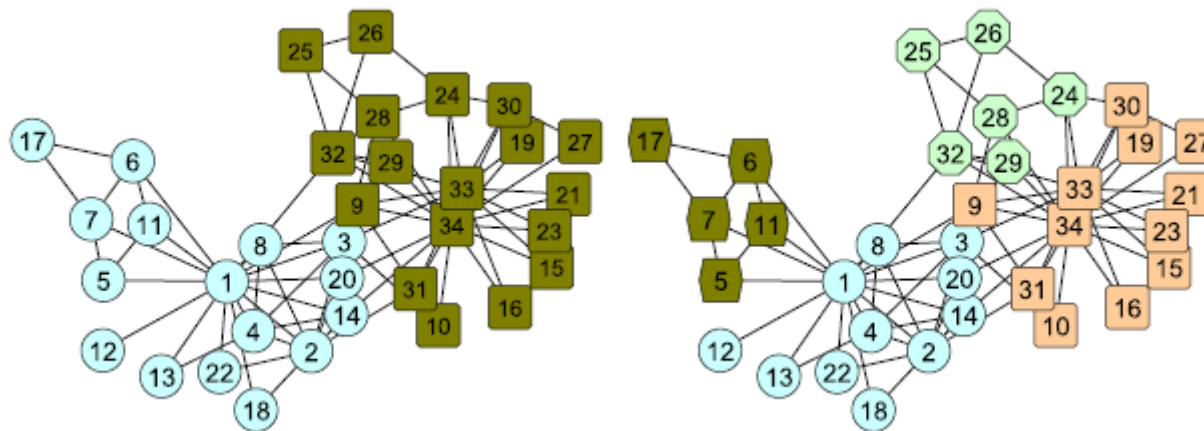
&



- 3, 生活中的复杂网络

- 1) 社会网络

- 人际关系网, email通讯网, 企事业关系网, 金融关系网, 论文引用, 科研合作网



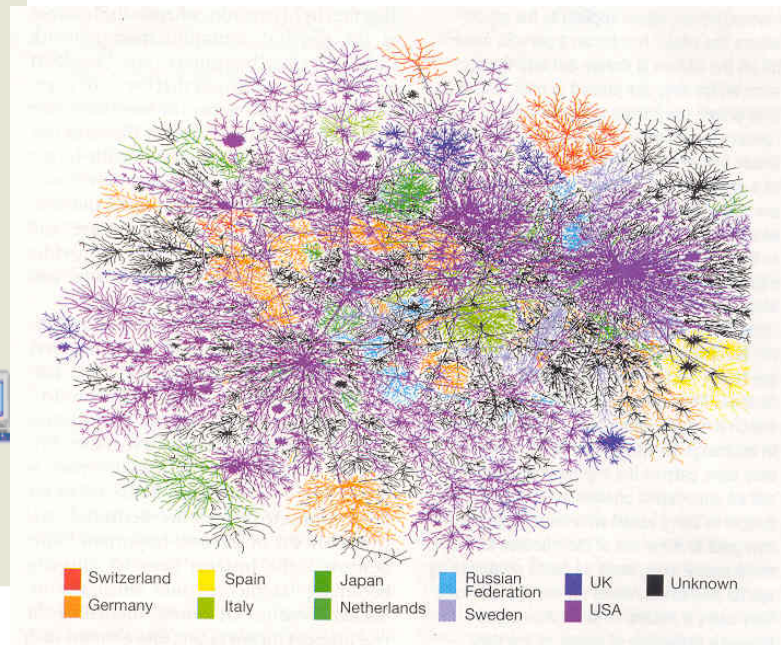
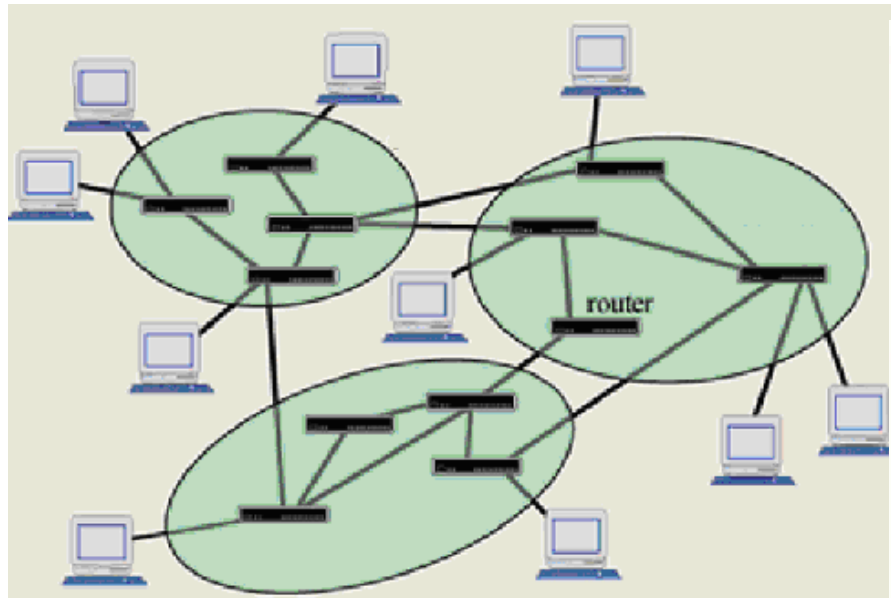
北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



• 2) 信息网络

– WWW, Internet, 计算机共享, 专利使用网

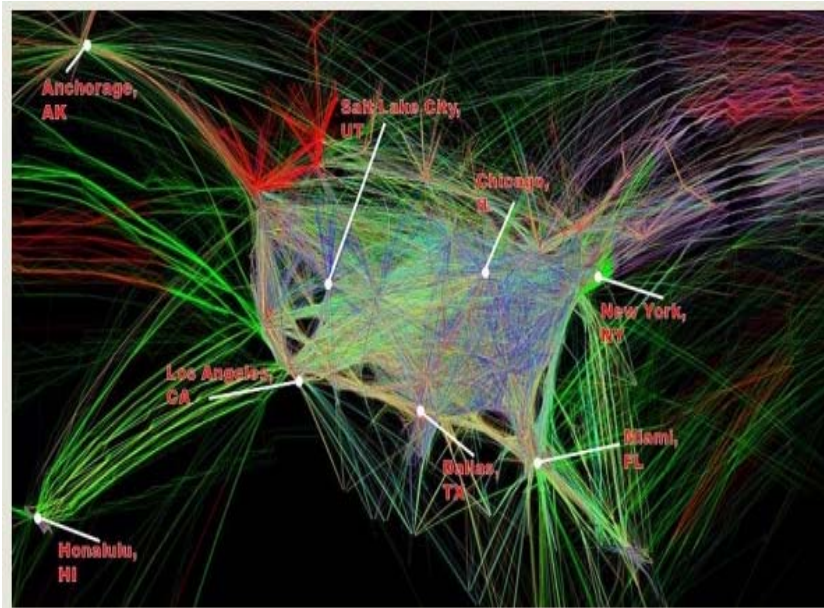


北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



3) 交通运输网：航线网，铁路网，公路网，自然河流网



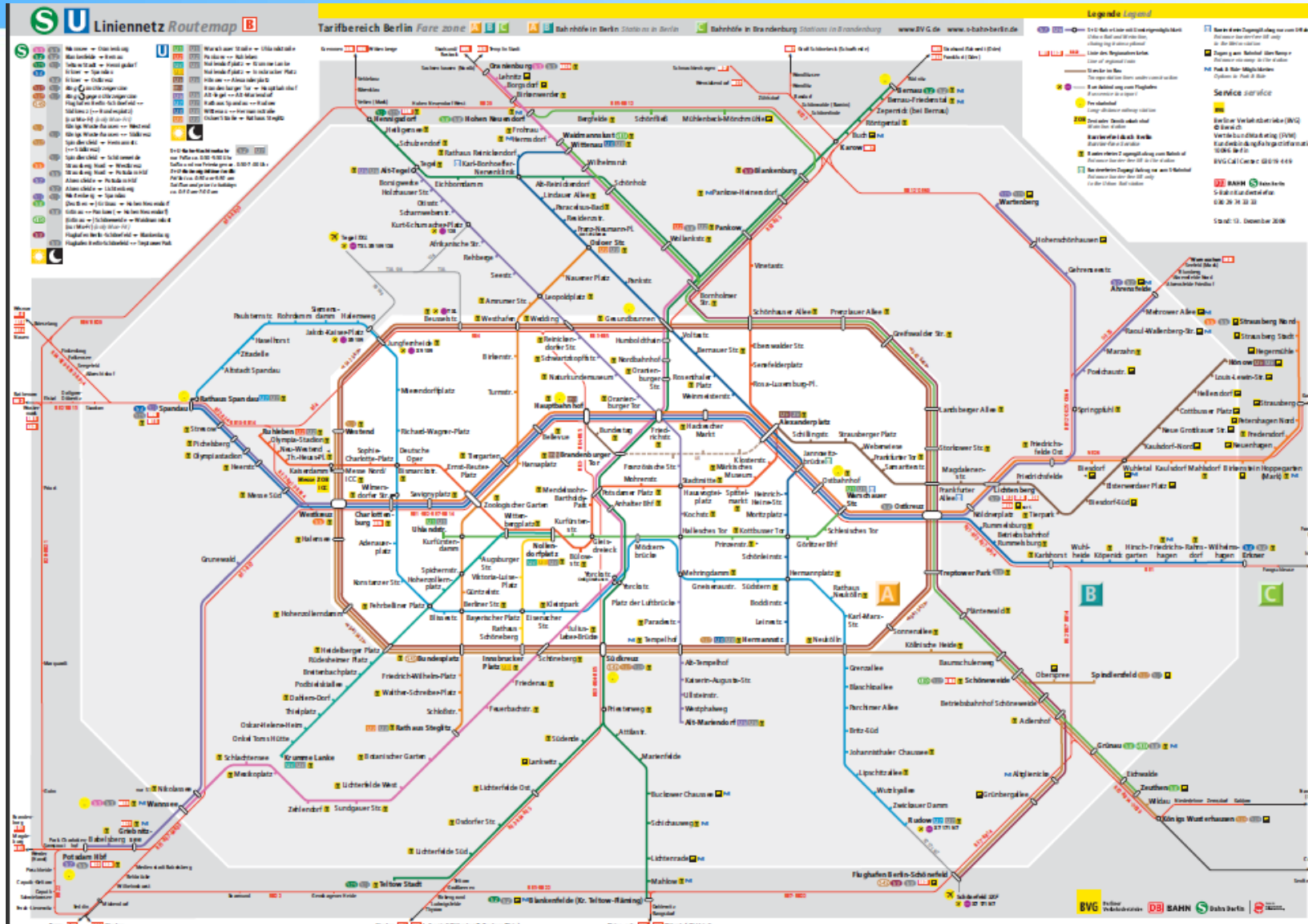
路线下面北美各州和各个城市的位置



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



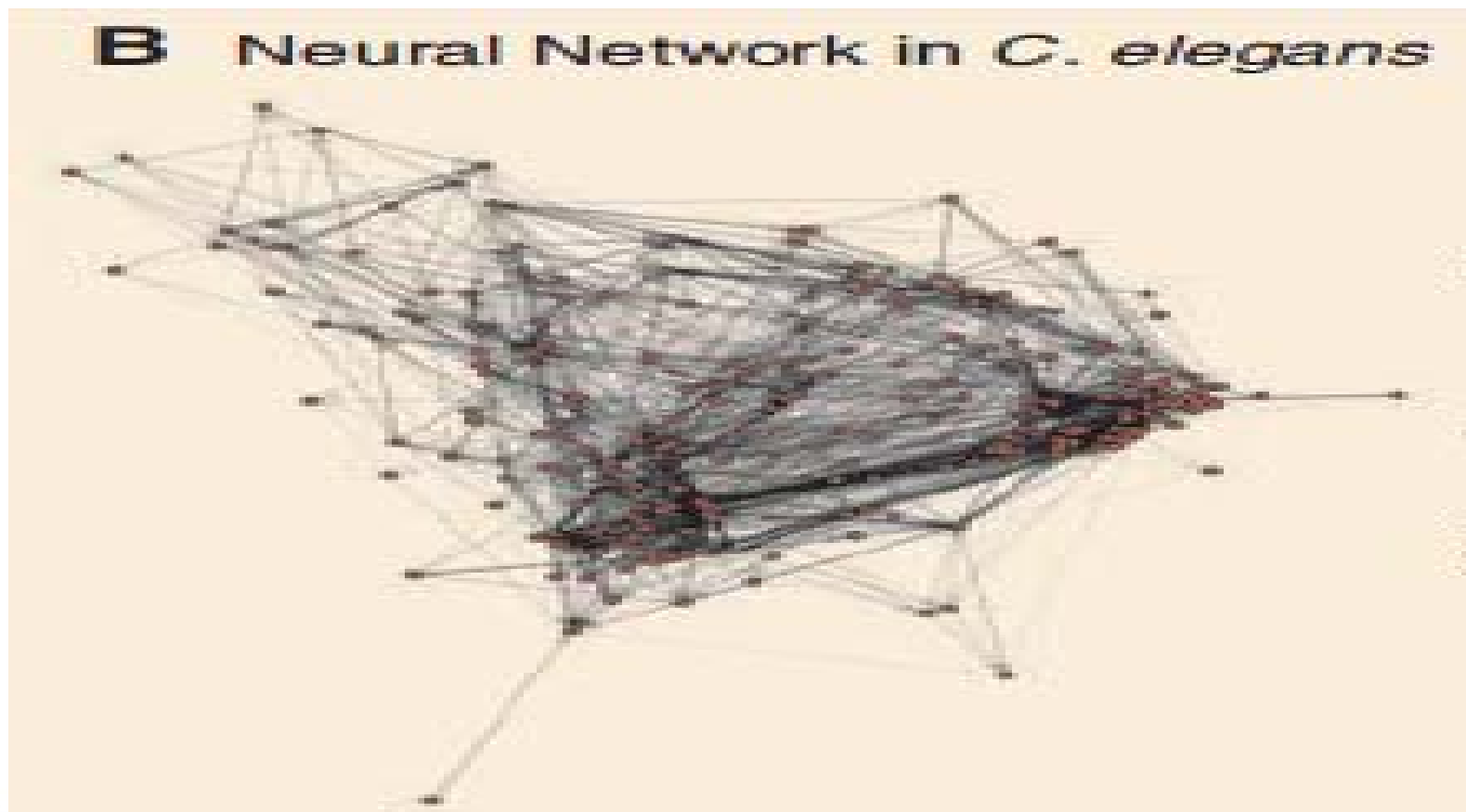


北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



4) 生物网：食物链网，生物神经网络，新陈代谢网，蛋白质网，基因网络，细胞网



北京邮电大学

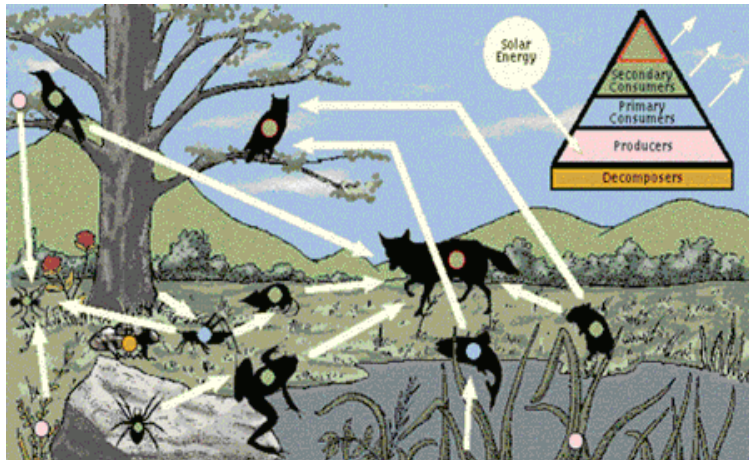
BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&

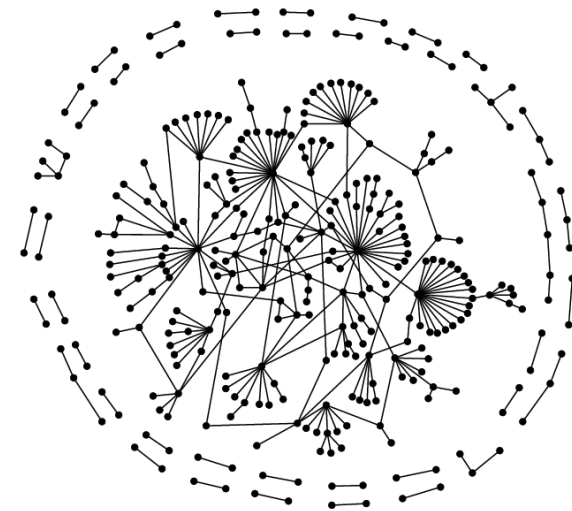


生物网络

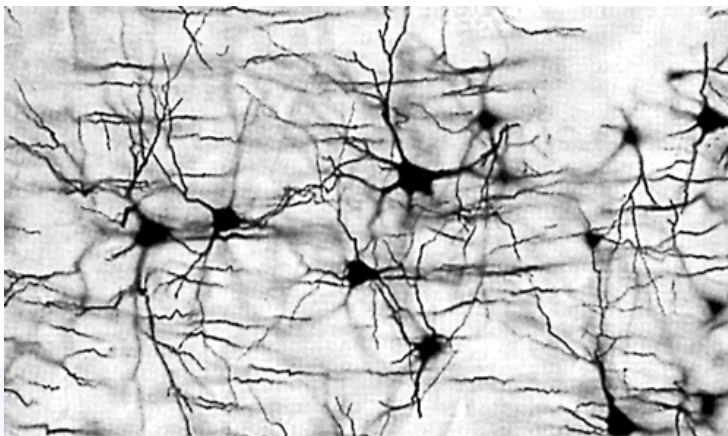
生态网络



蛋白质相互作用网络



神经网络



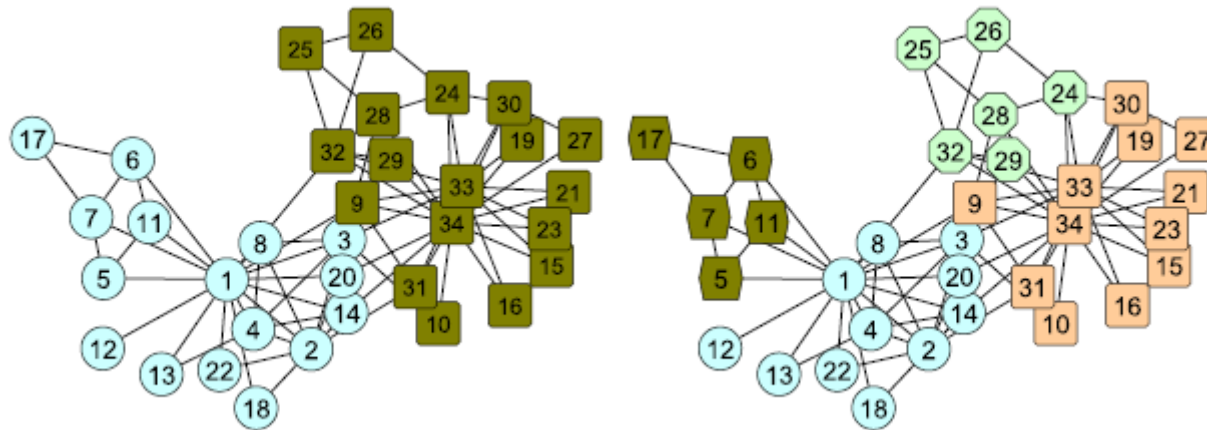
北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



4, 复杂网络上的动力学过程

- 4.1 社会网络, 预测朋友关系, 谣言传播控制



北京邮电大学

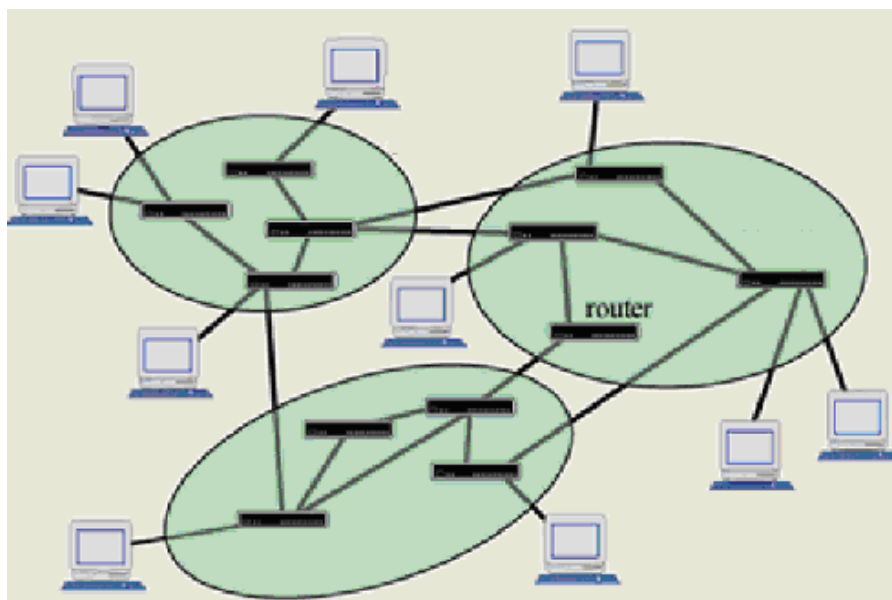
BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



4, 复杂网络上的动力学过程

- 4.2 计算机病毒以及生物病毒传播



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



4, 复杂网络上的动力学过程

- 4.3 掌声同步, 动物同步



北京邮电大学

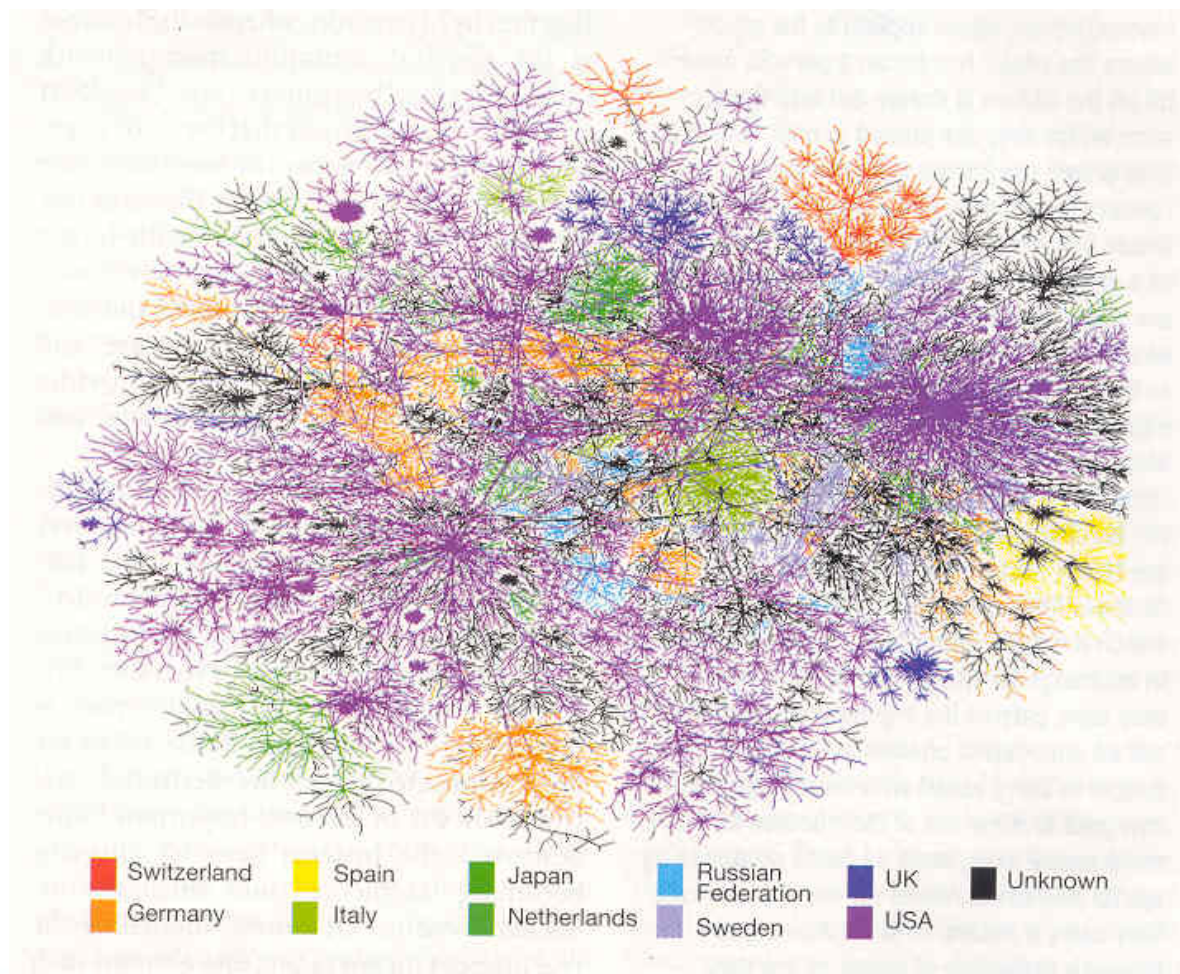
BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



4, 复杂网络上的动力学过程

- 4.4 鲁棒性, 雪崩动力学



北京邮电大学

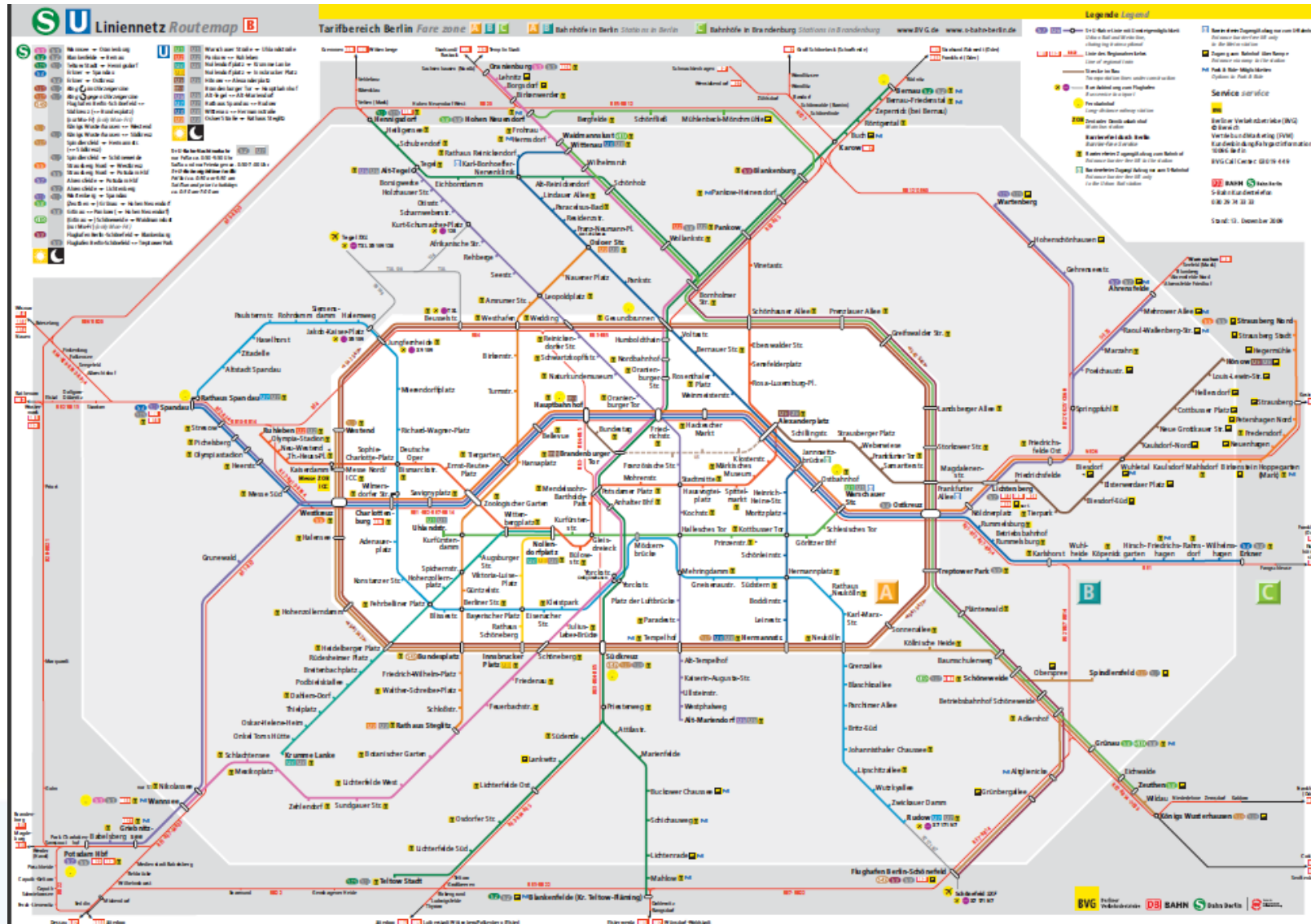
BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&

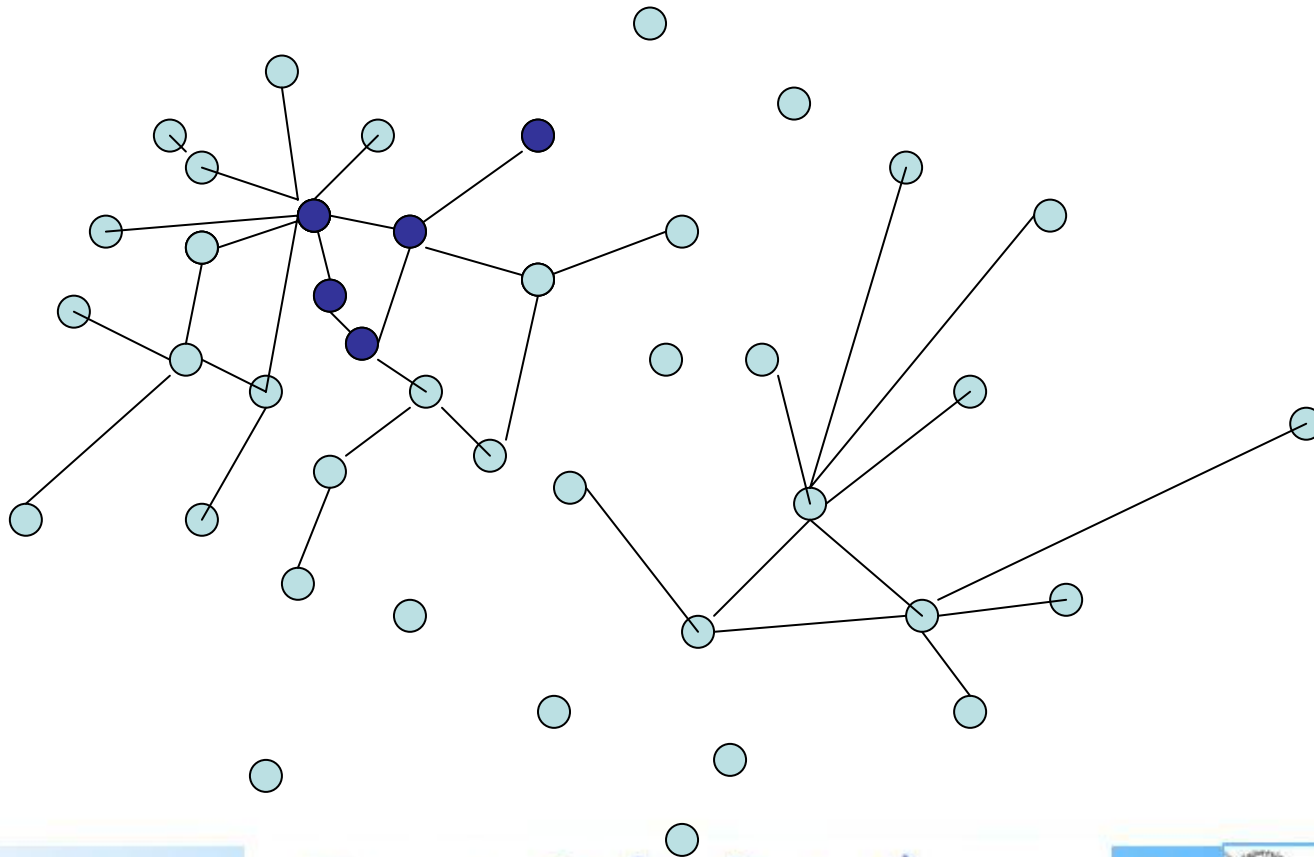


4, 复杂网络上的动力学过程

- 4.5, 交通网络



SIS model on Networks



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



基于复杂社会网络的服务质量口碑传播^{*}

李 林¹, 孙军华^{1,2}, 周章金¹

(1 上海理工大学 管理学院, 上海 200093;

2 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘 要: 对复杂网络结构和功能的理解成为解释生物学、科学技术和社会学中各种不同客观现象的基础。本文利用复杂网络传播的有关理论, 结合服务质量口碑传播的特点提出了服务质量口碑传播演化模型, 并将模型在基于电话通话记录建立的社会网进行模拟研究, 得出了有意义的结果, 为有关管理经验提供了量化的解释。本文采用的方法论和实证结果可为网络的传播及相关的管理问题研究提供参考。

关键词: 复杂社会网络; 服务质量; 口碑传播; 演化模型

中图分类号: C931

文献标识码: A



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



基于复杂网络的新闻传播控制策略研究

贾国飏

(河南省政法管理干部学院, 郑州 450002)

摘要 本文引入物理学中的复杂网络概念,对不良信息网络传播行为进行了研究,从一个全新的角度探讨了新闻传播控制的策略,对制定具体的网络新闻传播政策和规则具有一定的借鉴意义。

关键词 新闻传播控制 复杂网络 随机控制 目标控制 局部控制

中图分类号 G206 **文献标识码** A



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



基于复杂网络理论的大学生党员思想传播模型研究

田文汇 李 莎

(华中师范大学信息技术系 湖北 武汉 430079)

【摘要】为了体现出大学生党员学生在党的思想方面给非党员学生带来的感染力,本文通过对党的思想传播和传染病传播的比较,建立基于复杂网络理论的大学生党的思想学习者-思想传播者-思想遗忘者(LIF)模型。重点分析了在引入激励因素后的思想传播模型,得出了增加激励因素能够促使思想更好,更有效传播的结果。

【关键词】党员思想传播;传染病模型;复杂网络;激励因素



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



复杂用户网络在移动通信方面的应用研究*

谭伟文[†] 刘重明 谢智刚

香港理工大学, 香港

摘 要 在传统的移动蜂窝系统研究中, 所有用户都假设具有相同的行为, 即他们以相等的概率打出/接听电话, 以及他们以相同的移动性在网络内移动. 还有, 基础用户网络假设为一个全互联的网络, 这暗示着所有的用户都互相认识, 且以同一概率进行相互通讯. 但在现实的环境中, 每个用户有各自的熟人 (包括家人、亲戚、朋友和同事) 通讯录, 其通讯录的大小也视乎个别用户而有所不同. 此外, 由于用户的移动性取决于各种各样的因素 (如工作性质等), 不同用户的移动程度也不尽相同. 为了估计移动系统更接近实际的性能, 我们使用无尺度网络作为潜在的用户网络模型, 即一个用户的熟人数目服从幂律分布, 并且研究在 3 种移动性 (即零移动性、相同移动性和幂律移动性) 下的移动系统. 最后, 通过计算机仿真来估计系统的性能指标 (如承载话务量和阻塞率等). 结果表明, 用户网络结构以及用户移动性都会对移动系统的性能产生影响.



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



基于复杂网络的垃圾短信过滤算法

黄文良^{1,2,3} 刘勇^{1,2} 钟志强³ 沈仲明³

摘要 对垃圾短信发送用户的识别和过滤具有十分重要的研究价值和社会意义. 随着新形式和内容的垃圾短信出现, 传统的关键字匹配和发送速度频率过滤方法无法有效地处理这一问题. 在对短信发送/接收网络形式化表达的基础上, 以真实短信发送和接收以及通话关系数据为例, 统计和分析了短信发送网络的网络特性. 进一步分析和挖掘了垃圾短信用户在网络上发送接收的异常模式和行为, 并以此提出了一个基于语音关联程度和短信回复比率的过滤算法 (NASFA 算法). 通过实验和分析表明, 本文的算法能够高效地识别垃圾短信发送用户, 同时能够有效地控制将正常用户误识别为垃圾短信用户的比率.

关键词 复杂网络, 无标度网络, 垃圾短信过滤, 幂律, 出入度比

中图分类号 TP391.4



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



手机病毒在短信网络上的传播研究

刘文¹, 吴传生¹, 刘勇²

1. 武汉理工大学理学院, 湖北武汉(430070)

2. 海军潜艇学院研究生队, 山东青岛(266071)

E-mail: liuwenwhut@163.com

摘要: 在复杂网络经典传播模型的基础上, 针对短信网络的小世界特征, 建立了一个适合于模拟手机病毒在短信网络内传播的 M-SEIR 模型, 并在此基础上研究了用户预免疫、病毒变异与短信网络内局部社团结构对手机病毒传播的影响, 进而提出了对手机病毒有效的防治策略。

关键词: 复杂网络; 短信网络; 手机病毒; M-SEIR 模型; 社团结构

中图分类号: TP309.5 ; N 941.12 **文献标识码:** A



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



基于复杂网络理论的电力通信网脆弱性分析

郭 静, 王东蕊

(华北电力大学 电子与通信工程系, 河北 保定 071003)

摘要: 以复杂网络理论为基础, 对电力通信网进行拓扑建模、基本参数计算和网络特性分析, 对于确保电力系统安全运行和加强电网健壮性有重要影响。针对电力通信网的业务特点, 依据度数、介数指标找出网络脆弱点, 修改传统效能函数, 并以此函数作为衡量网络脆弱性的指标, 确定网络脆弱点。最后, 以某 2 个实际电力通信网为例进行了网络特性分析, 针对不同故障模式对其进行攻击脆弱性仿真。根据仿真结果, 分析了异构网络的本质脆弱性, 总结了影响电力通信网脆弱性的因素。

关键词: 电力通信网; 复杂网络; 脆弱性



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



复杂网络理论在电力系统中的运用与研究

肖 军,刘天琪

(四川大学电气信息学院,四川 成都 610065)

摘 要:自从小世界效应和无标度特性发现以来,复杂网络的研究在过去几年得到了迅速发展,其中复杂网络在电力系统中的运用也成为当前许多学者的研究焦点。文章对复杂网络理论与电力网络的共性进行了较为详细的叙述,指出了复杂网络在电力系统中运用的结合点。介绍了与两者共性有关的复杂网络理论的特征参数。同时在电力系统大停电模型、临界自组织状态、电力系统线路脆弱性评估以及小世界模型四个方面详细综述了目前复杂网络在电力系统中的运用及进展。最后对复杂网络在电力系统研究中存在的问题和未来发展的趋势进行了总结和展望。

关键词:复杂网络;大停电模型;临界自组织状态;脆弱性;小世界



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



生物网络及其一些进展

张嗣瀛^{1,2}, 张 晓^{1,3}

(1.青岛大学复杂性科学研究所, 青岛 266071; 2.东北大学信息科学与工程学院, 沈阳 110004;
3.乌布萨拉大学医学院, 乌布萨拉 瑞典)



摘 要: DNA 双螺旋结构模型的提出, 使得对生物学的认识进入到分子水平, 开始了分子生物学的时代, 并一直持续了半个世纪。当前, 生物学的研究已进入后基因组时代, 其特点是: 从整体或系统的水平上去认识生物体, 并诞生了系统生物学。生物系统是一种复杂系统。复杂系统的一个显著特点是多个参与者密切相互作用。复杂网络是描述复杂系统的一种有力工具, 系统中的参与者可表示为网络中的点, 相互作用可表示为网络中的连线。这样, 复杂网络也可作为分析生物系统的一种工具, 例如新陈代谢过程, 参与作用的“底物”及其相互作用可用复杂网络描述。生物网络的研究已约有十年的历史, 给出一简要综述, 介绍它的一些进展, 包括代谢网及其大尺度组织, 无标度拓扑, 分层等级模块结构, 网络鲁棒性, 自相似性及分形结构等等。

关键词: 后基因组生物学; 系统生物学; 生物网络; 复杂网络; 复杂系统

中图分类号: N94 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-731X (2009) 17-5300-06



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



5.用小世界网络模型研究SARS病毒传播

北京 大学 学报 (医 学 版)

· 66 ·

JOURNAL OF PEKING UNIVERSITY(HEALTH SCIENCES) Vol. 35 Supplement May 2003

· 基础研究 ·

用小世界网络模型研究 SARS 病毒的传播

林国基,贾 珣,欧阳颀[△]

(北京大学物理学院非线性实验室,北京大学理论生物中心,北京 100871)

[关键词] 小世界网络;SARS;传染预测

[摘 要] 用小世界网络模型对非典型肺炎的传染动力学行为做了数值模拟研究。在传染模型中加入了负反馈机制与信息流效应。我们的模拟结果成功地得到了和现实病毒扩散相同的趋势。我们的主要研究结果是:负反馈机制可以有效地抑制非典型肺炎的蔓延,但在某些情况下可能引起感染人数的反复性振荡。另外,保持信息的透明度是战胜非典型肺炎的重要保证。



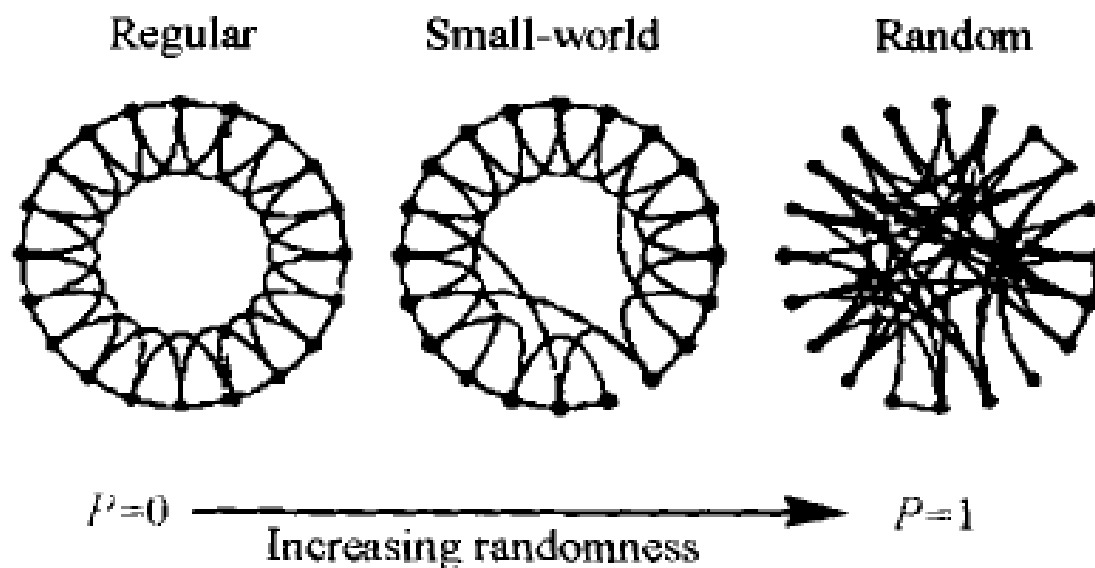
北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



- 首先回顾小世界模型



The figure shows the transition from a regular network to a random network via a small world network. $N = 20$, $K = 4$.

图1 小世界网络的构造

Figure 1 Construction of a small world network



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



- 病毒传播模型
- 人分为两种，病人与非病人
- 一个人的感染周期分为3个阶段：潜伏期，传染期，隔离期。
- 一个人被感染后进入潜伏期，这个潜伏期没有传染性，假设潜伏期平均为6d，在不同人群中是标准差为2的高斯分布。
- 然后病人进入天数为T的传染期，在此期间每天每个和他有亲密接触关系的人都有 P_i 的概率被传染。我们假设 P_i 平均值为0.05。



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



- 接着病人被隔离治疗，隔离期我们假设为10d，最后病人好了出院，重新进入网络。
- 这里我们主要想看K与T对病毒传播的影响
 - K表示人们之间联系的密切程度
 - T表示从发现到隔离病源所用的时间
- 模拟中我们首先在网络中引进一个病源，然后根据上述的规则演化，并每步记录总的患病人数 N_t 与当天仍然患病的人数 N_i

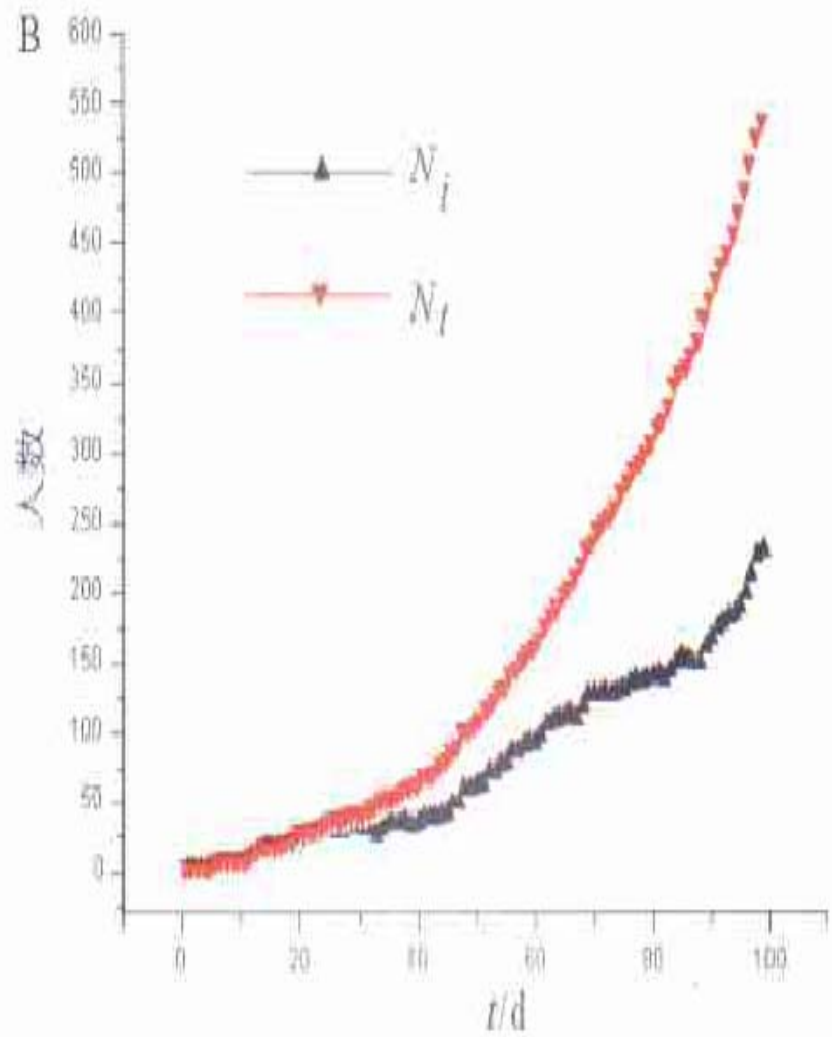
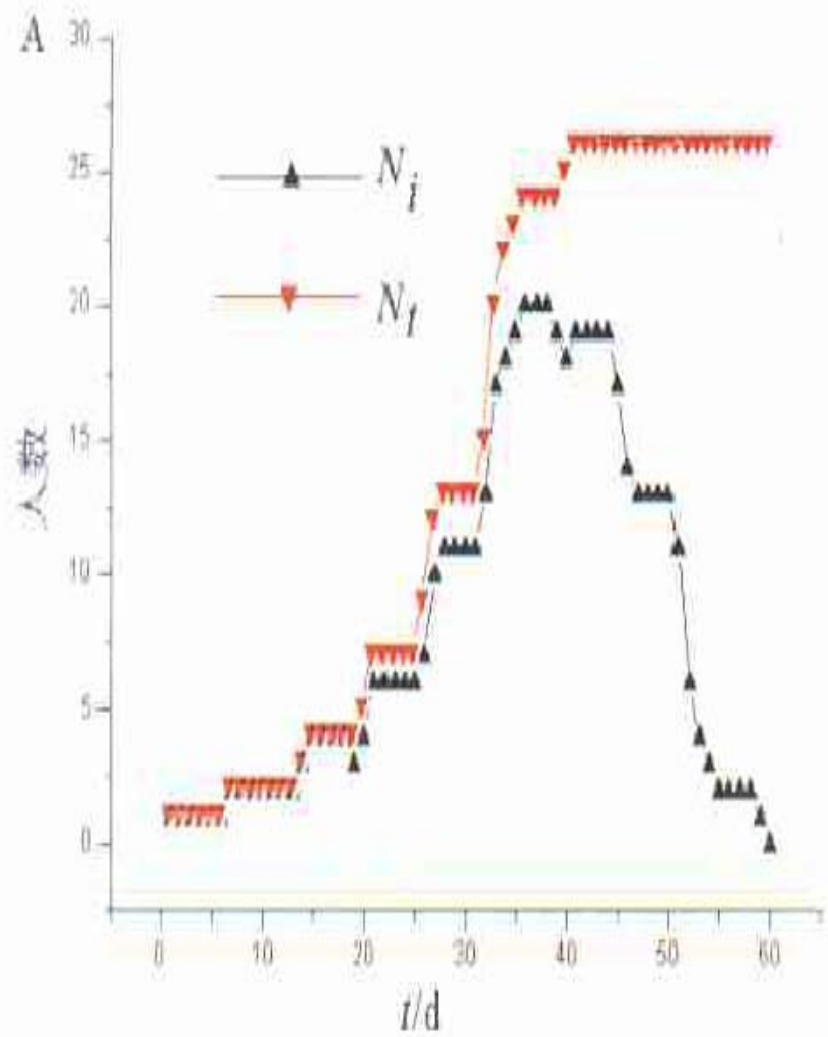


北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



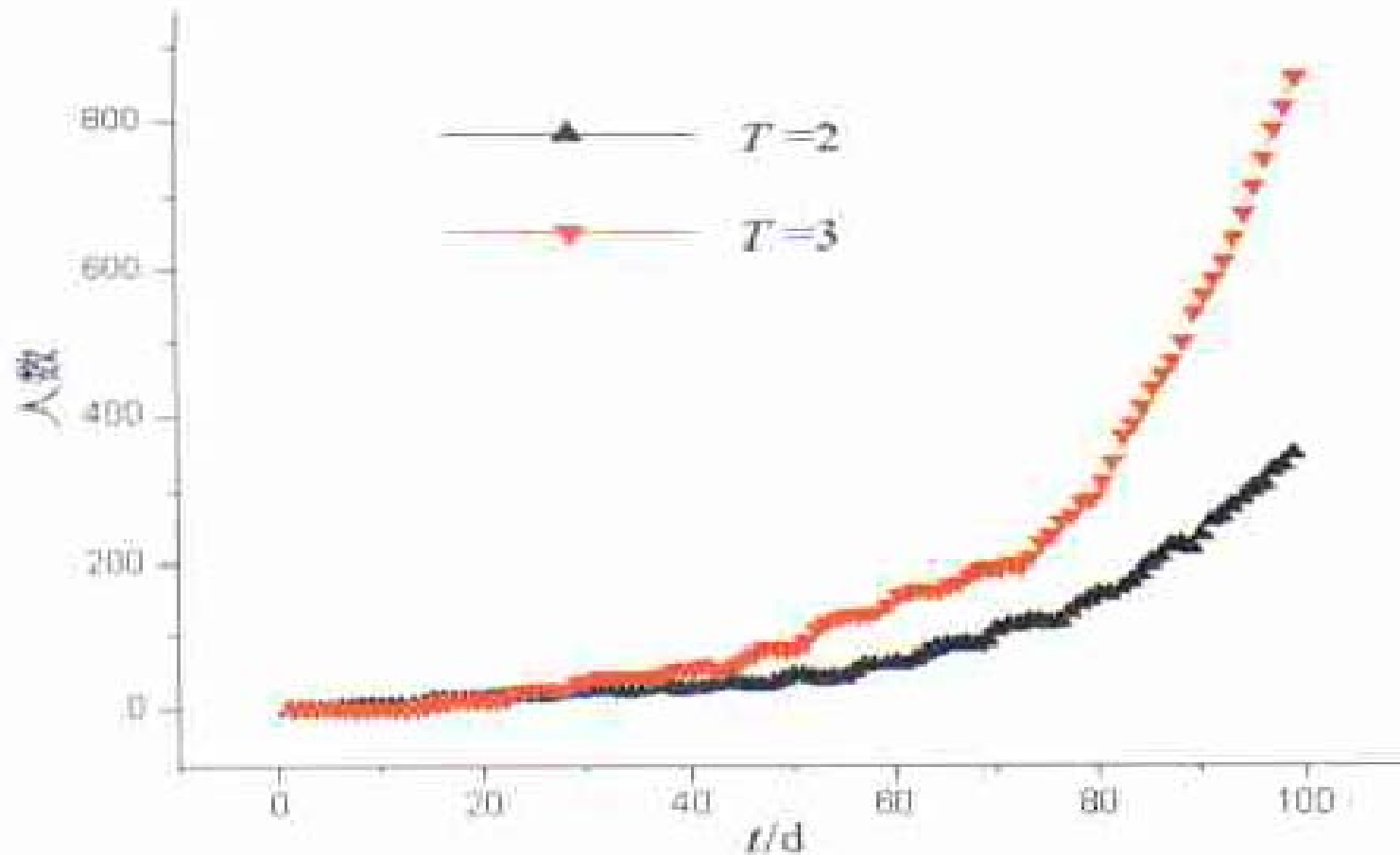


北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&





One sees that when T increases one day, the infection speed will quickly increase. $K = 20$.



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



- 结论1
- 不能及时发现病源并隔离，以及人们之间接触太多十分有利于病毒的传播，初期出现病毒的爆发正是由于这两个原因，要控制病毒的蔓延要要从这两个方面入手。
- 引进反馈机制1
- 初始状态 $K=K_0$ ，当人们发现最近的连续3天，患病的人数都在增加的时候，人们就会减少活动，每天把平均连接的边数减小 dk ，直到患病人数不再增加。

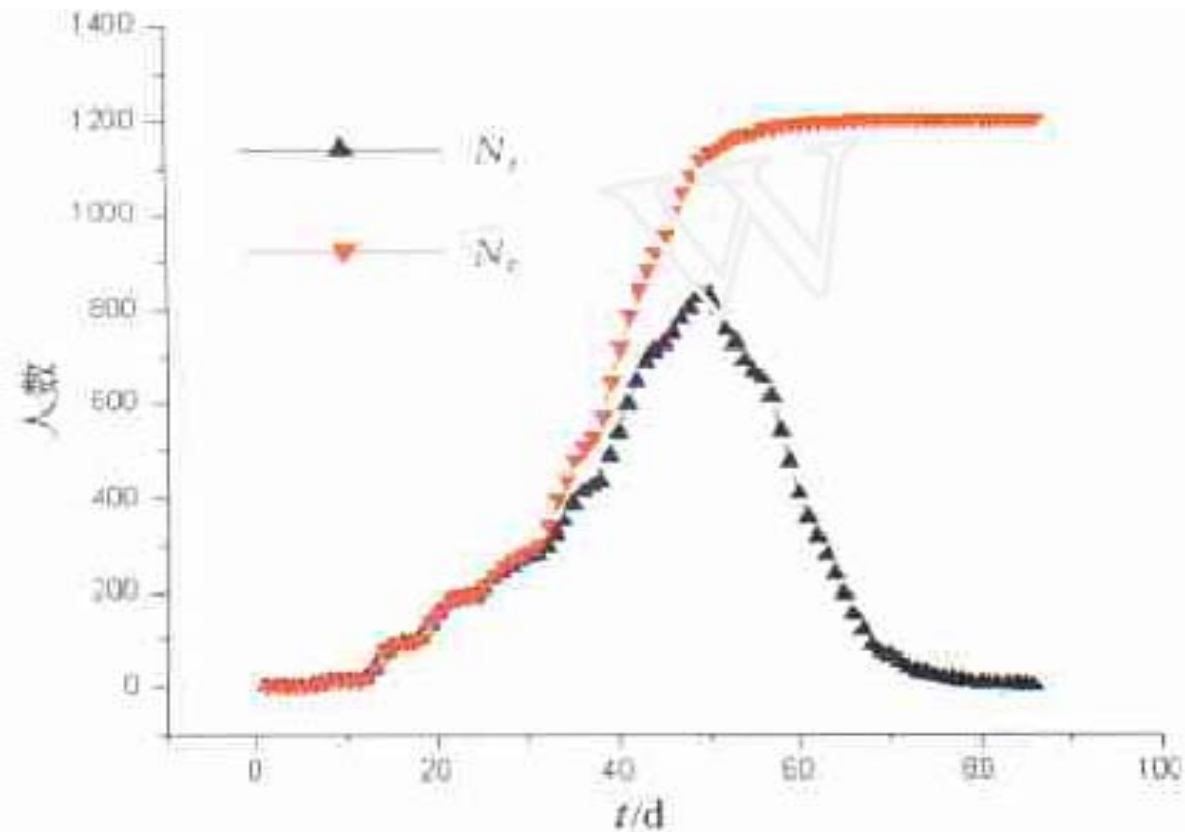


北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&





The variations of N_i and N_r as a function of time after introducing feedback mechanism. Feedback mechanism can effectively control the spread of virus. $T=2$, $K_0=80$, $\Delta K=2$.



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



- 结论2
- 自我隔离能使病毒传播得到有效的控制，说明现实中我们对抗SARS的隔离制度是正确的。

- 引进反馈机制2
- 当人们发现最近的连续3天，患病的人数都在减少的时候，人们就会增加活动，每天把平均连接的边数减小 dk ，直到患病人数不再减少。

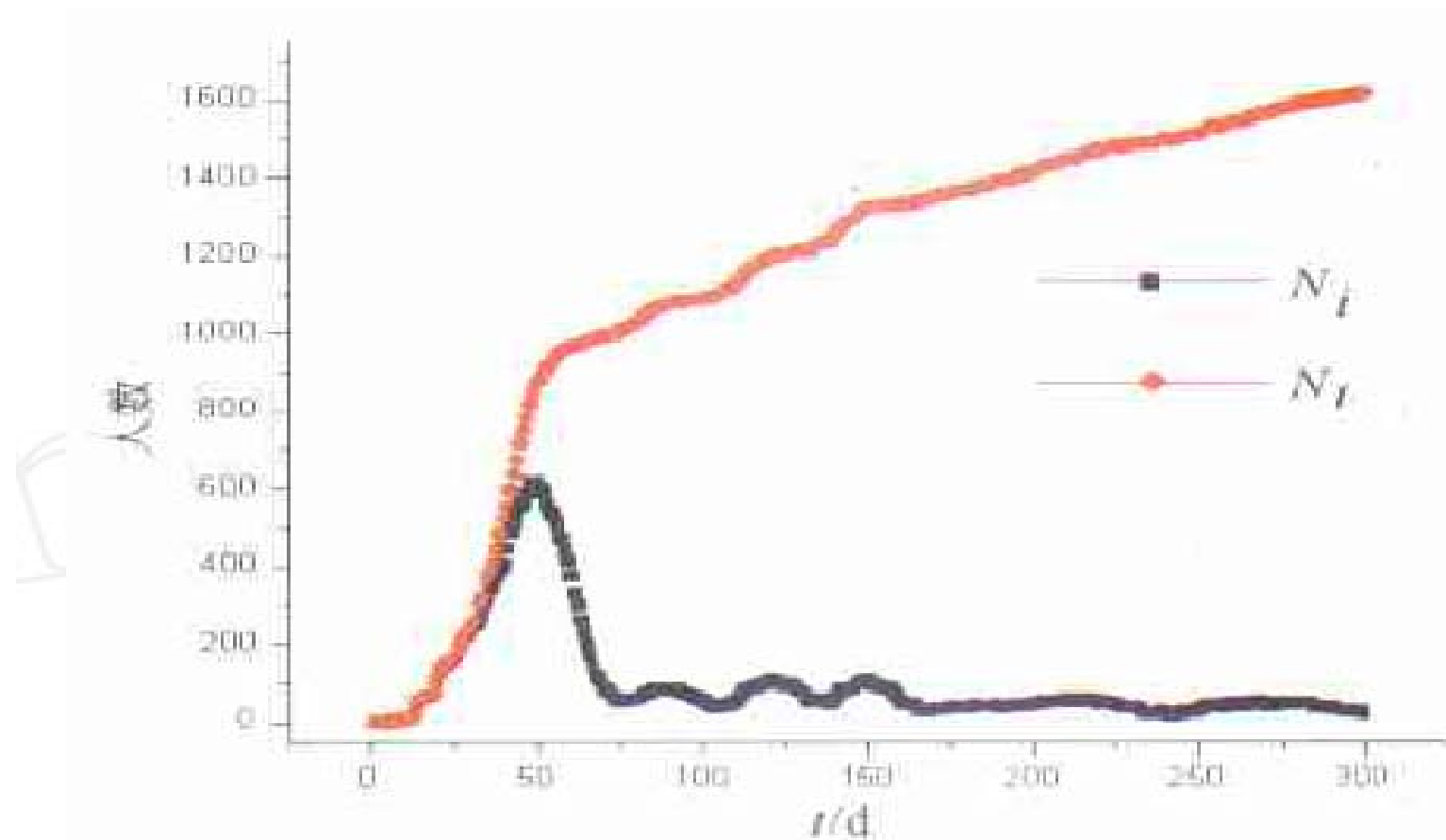


北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&





If the vigilance is relax N_i will not go to 0 , instead , it will oscillate . In the meantime , N_f continuously increases .

图 5 人们放松警惕的后果



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



- 结论3,
- 疫情已经缓和的情况下，一旦大家放松了警惕，病毒很快会死灰复燃，患病人数始终在大家的思想警戒线附近波动，总的患病人数会不断增加，疫情得不到根治。因此在当前的形势下，仍不能麻痹大意，要贯彻好隔离制度，提高警惕性和自觉性，才能根本的战胜SARS。



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



- 信息透明度对病毒传播的影响
- T_i 表示知道疫情情况，会进行自我隔离的人占总人数的比例，即上面讨论的会减少活动密度的人的比例。透明度对病毒传播有重要的影响。

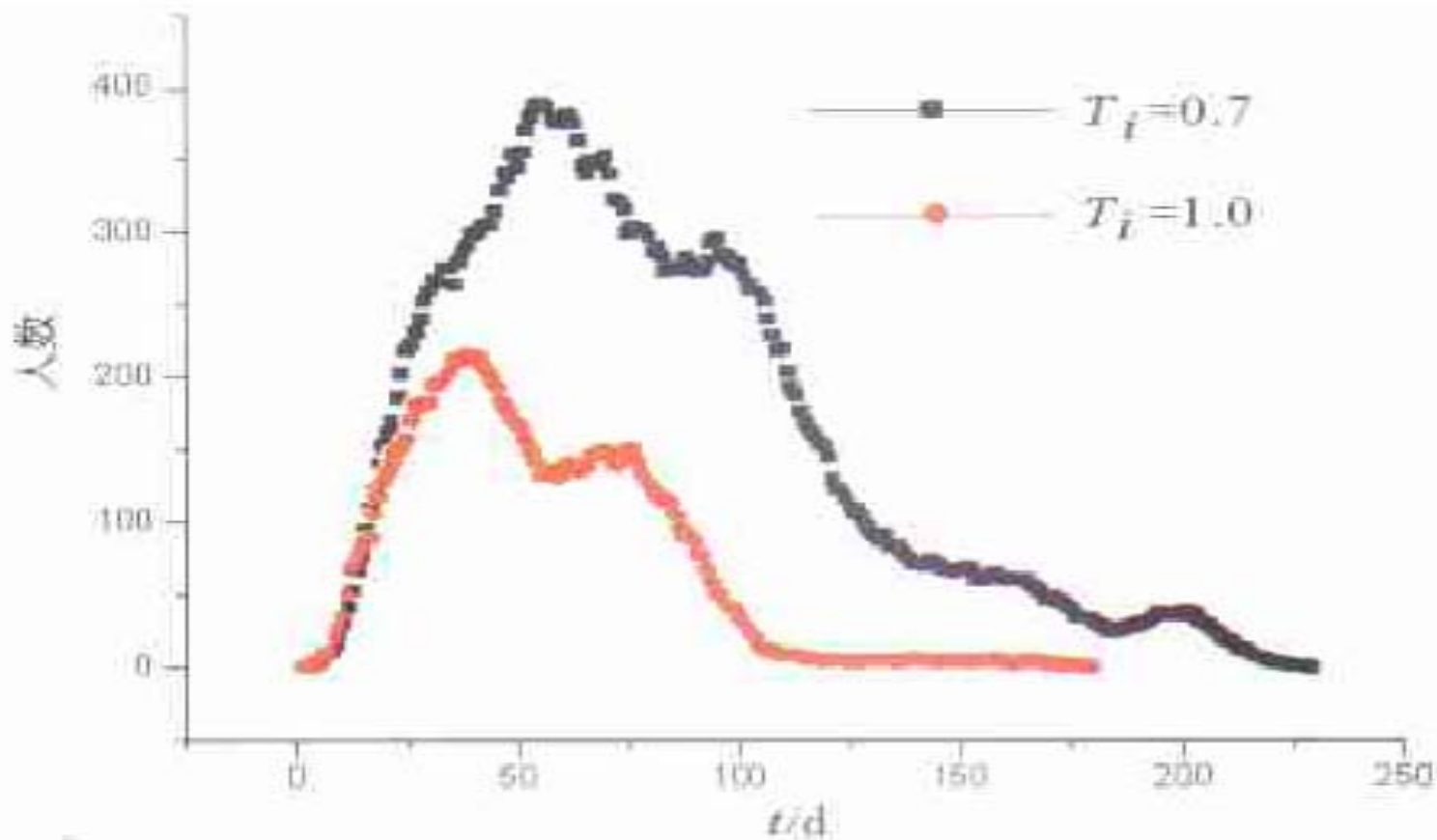


北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&





The curves show the cases of $T_i = 0.7$ and $T_i = 1.0$ respectively. $K_0 = 60$, $T = 2$.

图 6 信息透明度在抑制病毒传播中的作用



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



- 结论4,
- 当透明度高高的时候，疫情消失需要的时间少，高峰期患病的人数也比较少，因此让人们尽早的知道疫情，从而做好预防也是控制疫情的有效办法
- 最后与实际数据的拟合

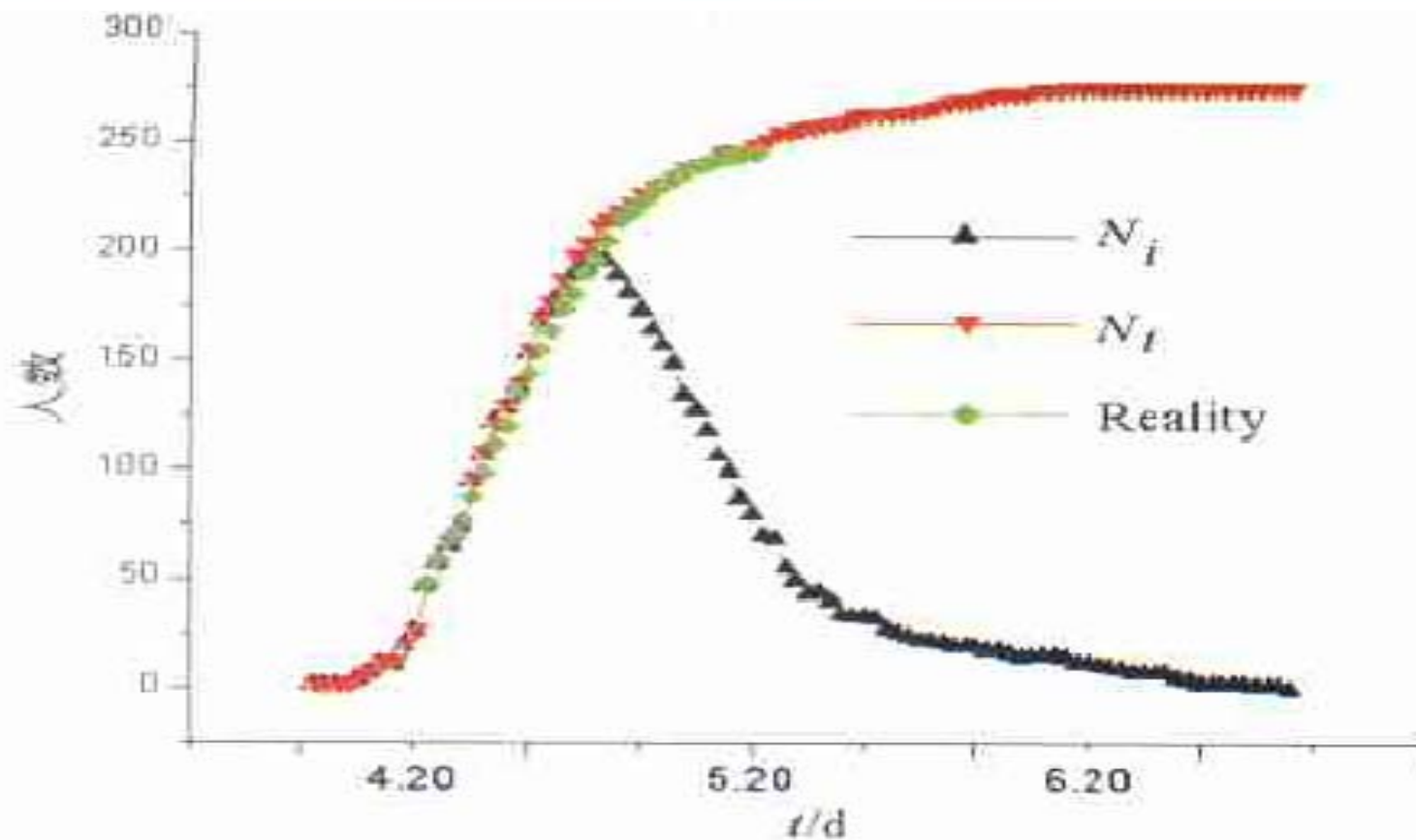


北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&





The parameters of the simulation are following: When $N_I < 30$, $T_i = 0.1$; when $N_I > 30$, $T_i = 1$. $K_0 = 70$, $T = 2$, $\Delta K = 4$.

图7 利用小世界网络对北京 SARS 疫情的模拟结果



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



- 最终结论

可见利用小世界网络模型模拟的结果和北京 SARS 疫情的发展吻合得很好,说明用小世界网络模型来模拟人类社会,并研究、预测疾病的传播是比较成功的,进一步考虑更细致的因素应该可以得到更深入的结果。



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



对网络结构的描述

- 几何量及其分布

度 (Degree) : 朋友的个数

集聚系数 (群系数) (Clustering coefficient) :
朋友的朋友还是不是朋友的情况

最短路径 (Shortest path) :
两个顶点之间边数最少的路径

介数 (Betweenness) :
经过我的最短路径的条数



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



- 总结
- 复杂网络发展迅速，在各个领域都有应用。
- 复杂网络不是万能的，但没有复杂网络是万万不能的。



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&



- 谢谢



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

&

