

“十二五”国家重点图书出版规划项目

公共安全应急管理丛书

社会舆情的网络分析 方法与建模仿真

刘怡君 李倩倩 马 宁 田儒雅◎著



科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目



公共安全应急管理丛书

社会舆情的网络分析 方法与建模仿真

刘怡君 李倩倩 马宁 田儒雅◎著

国家自然科学基金(91024010, 91324009)

中国科学院科技政策与管理科学研究所 资助出版

重大研究任务项目(Y201201Z06)

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统介绍了网络方法的理论、概念、指标、工具及其在社会舆论中的建模、仿真和应用。全书共分三篇：一是理论基础篇，详细介绍了社会网络分析、动态网络分析及超网络分析。二是模型方法篇，创新提出了“社会舆论超网络模型”、“超链路预测”和“超链路排序”等，针对社会舆论形成与演化、引导与干预全过程进行建模分析。三是案例应用篇，真实模拟仿真了代表性非常规突发网络事件，旨在介绍如何应用网络理论，特别是超网络方法解决实际问题。

本书可作为高等院校理工科高年级学生和研究生的教学参考书，也可以供系统科学、管理科学、社会科学等交叉学科专业的研究人员和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

社会舆情的网络分析方法与建模仿真/刘怡君等著. —北京:科学出版社,2015

(公共安全应急管理丛书)

ISBN 978-7-03-045690-8

I. ①社… II. ①刘… III. ①舆论-网络分析-研究 IV. ①C912.63

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第218615号

责任编辑:马 跃 魏如萍/ 责任校对:张凤琴

责任印制:霍 兵 / 封面设计:无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年1月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016年1月第一次印刷 印张:16 1/4

字数:317 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

丛书编委会

主 编

范维澄 教 授 清华大学
郭重庆 教 授 同济大学

副主编

吴启迪 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部
闪淳昌 教授级高工 国家安全生产监督管理局

编 委 (按姓氏拼音排序)

曹河圻 研究员 国家自然科学基金委员会医学科学部
邓云峰 研究员 国家行政学院
杜兰萍 副局长 公安部消防局
高自友 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部
李湖生 研究员 中国安全生产科学研究院
李仰哲 局 长 国家发展和改革委员会经济运行调节局
李一军 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部
刘 克 研究员 国家自然科学基金委员会信息科学部
刘铁民 研究员 中国安全生产科学研究院
刘 奕 副教授 清华大学
陆俊华 副省长 海南省人民政府
孟小峰 教 授 中国人民大学
邱晓刚 教 授 国防科技大学
汪寿阳 研究员 中国科学院数学与系统科学研究院
王飞跃 研究员 中国科学院自动化研究所
王 垒 教 授 北京大学
王岐东 研究员 国家自然科学基金委员会计划局
王 宇 研究员 中国疾病预防控制中心
吴 刚 研究员 国家自然科学基金委员会管理科学部
翁文国 教 授 清华大学

杨列勋	研究员	国家自然科学基金委员会管理科学部
于景元	研究员	中国航天科技集团 710 所
张 辉	教 授	清华大学
张 维	教 授	天津大学
周晓林	教 授	北京大学
邹 铭	副部长	民政部

总序

自美国“9·11事件”以来，国际社会对公共安全与应急管理的重视度迅速提升，各国政府、公众和专家学者都在重新思考如何应对突发事件的问题。当今世界，各种各样的突发事件越来越呈现出频繁发生、程度加剧、复杂复合等特点，给人类的安全和社会的稳定带来更大挑战。美国政府已将单纯的反恐战略提升到针对更广泛的突发事件应急管理的公共安全战略层面，美国国土安全部2002年发布的《国土安全国家战略》中将突发事件应对作为六个关键任务之一。欧盟委员会2006年通过了主题为“更好的世界，安全的欧洲”的欧盟安全战略并制订和实施了“欧洲安全研究计划”。我国的公共安全与应急管理自2003年抗击“非典”后受到从未有过的关注和重视。2005年和2007年，我国相继颁布实施了《国家突发公共事件总体应急预案》和《中华人民共和国突发事件应对法》，并在各个领域颁布了一系列有关公共安全与应急管理的政策性文件。2014年，我国正式成立“中央国家安全委员会”，习近平总书记担任委员会主任。2015年5月29日中共中央政治局就健全公共安全体系进行第二十三次集体学习。中共中央总书记习近平在主持学习时强调，公共安全连着千家万户，确保公共安全事关人民群众生命财产安全，事关改革发展稳定大局。这一系列举措，标志着我国对安全问题的重视程度提升到一个新的战略高度。

在科学研究领域，公共安全与应急管理研究的广度和深度迅速拓展，并在世界范围内得到高度重视。美国国家科学基金会（National Science Foundation, NSF）资助的跨学科计划中，有五个与公共安全和应急管理有关，包括：①社会行为动力学；②人与自然耦合系统动力学；③爆炸探测预测前沿方法；④核探测技术；⑤支持国家安全的信息技术。欧盟框架计划第5~7期中均设有公共安全与应急管理的项目研究计划，如第5期（FP5）——人为与自然灾害的安全与应急管理，第6期（FP6）——开放型应急管理系统、面向风险管理的开放型空间数据系统、欧洲应急管理信息体系，第7期（FP7）——把安全作为一个独立领域。我国在《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》中首次把公共安全列为科技发展的11个重点领域之一；《国家自然科学基金“十一五”发展规划》把“社会系统与重大工程系统的危机/灾害控制”纳入优先发展领域；国务院办公厅先后出台了《“十一五”期间国家突发公共事件应急体系建设规

划》、《“十二五”期间国家突发事件应急体系建设规划》、《“十二五”期间国家综合防灾减灾规划》和《关于加快应急产业发展的意见》等。在 863、973 等相关科技计划中也设立了一批公共安全领域的重大项目和优先资助方向。

针对国家公共安全与应急管理的重大需求和前沿基础科学研究的需求,国家自然科学基金委员会于 2009 年启动了“非常规突发事件应急管理研究”重大研究计划,遵循“有限目标、稳定支持、集成升华、跨越发展”的总体思路,围绕应急管理中的重大战略领域和方向开展创新性研究,通过顶层设计,着力凝练科学目标,积极促进学科交叉,培养创新人才。针对应急管理科学问题的多学科交叉特点,如应急决策研究中的信息融合、传播、分析处理等,以及应急决策和执行中的知识发现、非理性问题、行为偏差等涉及管理科学、信息科学、心理科学等多个学科的研究领域,重大研究计划在项目组织上加强若干关键问题的深入研究和集成,致力于实现应急管理若干重点领域和重要方向的跨域发展,提升我国应急管理基础研究原始创新能力,为我国应急管理实践提供科学支撑。重大研究计划自启动以来,已立项支持各类项目八十余项,稳定支持了一批来自不同学科、具有创新意识、思维活跃并立足于我国公共安全核应急管理领域的优秀科研队伍。百余所高校和科研院所参与了项目研究,培养了一批高水平研究力量,十余位科研人员获得国家自然科学基金“国家杰出青年科学基金”的资助及教育部“长江学者”特聘教授称号。在重大研究计划支持下,百余篇优秀学术论文发表在 SCI/SSCI 收录的管理、信息、心理领域的顶尖期刊上,在国内外知名出版社出版学术专著数十部,申请专利、软件著作权、制定标准规范等共计几十项。研究成果获得多项国家级和省部级科技奖。依托项目研究成果提出的十余项政策建议得到包括国务院总理等国家领导人的批示和多个政府部门的重视。研究成果直接应用于国家、部门、省市近十个“十二五”应急体系规划的制定。公共安全和应急管理基础研究的成果也直接推动了相关技术的研发,科技部在“十三五”重点专项中设立了公共安全方向,基础研究的相关成果为其提供了坚实的基础。

重大研究计划的启动和持续资助推动了我国公共安全与应急管理的学科建设,推动了“安全科学与工程”一级学科的设立,该一级学科下设有“安全与应急管理”二级学科。2012 年公共安全领域的一级学会“(中国)公共安全科学技术学会”正式成立,为公共安全领域的科研和教育提供了更广阔的平台。在重大研究计划执行期间,还组织了多次大型国际学术会议,积极参与国际事务。在世界卫生组织的应急系统规划设计的招标中,我国学者组成的团队在与英、美等国家的技术团队的竞争中胜出,与世卫组织在应急系统的标准、设计等方面开展了密切合作。我国学者在应急平台方面的研究成果还应用于多个国家,取得了良好的国际声誉。各类国际学术活动的开展,极大地提高了我国公共安全与应急管理在国际学术界的声望。

为了更广泛地和广大科研人员、应急管理工作者以及关心、关注公共安全与应急管理问题的公众分享重大研究计划的研究成果，在国家自然科学基金委员会管理科学部的支持下，由科学出版社将优秀研究成果以丛书的方式汇集出版，希望能为公共安全与应急管理领域的研究和探索提供更有力的支持，并能广泛应用到实际工作中。

为了更好地汇集公共安全与应急管理的最新研究成果，本套丛书将以滚动的方式出版，紧跟研究前沿，力争把不同学科领域的学者在公共安全与应急管理研究上的集体智慧以最高效的方式呈现给读者。

重大研究计划指导专家组

序 一

20世纪80年代以来，主导社会结构与功能演化的趋势来源于以下令人瞩目的三大红利：

其一是经济全球化。人类为了更大限度地获取“发展红利”（development dividend），在全球范围内的广大空间中优化配置生产要素，极大地促进了财富的增加和利润的获取。

其二是可持续发展。人类科学地认识到“人口—资源—环境—发展”四位一体的总关系，只有通过改善与提升支撑生存与发展的地球承载力，取得人与自然的平衡，才能从中获取“自然红利”（natural dividend）。传统的生产方式已经导致了人类发展的重大灾难，全球的资源供应和环境容量已无力支撑一个高耗能和高排放的社会，不执行可持续发展战略最终必然导致“人类末日”的来临。

其三是社会网络化。互联网的出现与普及，使传统社会中对于信息的索取、信息的释放和信息的使用价值模式，产生了革命性的变化，人类从中极大地获取了“信息红利”（information dividend）。互联网的出现、布设与应用，一方面极大地提升了获取信息的能力和速度，另一方面也在更大程度上改写了信息识别不对称、知识获取不公正、社会机会不平等的历史，使得治理社会和规范行为的动力与手段进入到一个全新的时代。传统的社会结构、因袭的社会行为和治理的社会成本，无论在外延还是在内涵上均发生了巨变。传统社会中曾经行之有效的“等级式”、“分工式”、“二元式”的人际关系与社会治理，被信息的海量化、虚拟化、易得化、速达化和无处不在所颠覆，“世界是平的”已成为现实世界中的亲身体验，于是诸如社会群体规律、社会行为动力、社会结构演化、社会舆论形成、社会心理识别、社会管理法则、社会治理模式等，无一不是在复杂网络运行的虚拟时间和空间中，通过对现实世界所实施的畸变和重塑，重新得到新的认知与发现。因而，研究和探索高速运转网络中信息的生产、流转、关系、共振、反馈及其复杂作用下所形成的新型结构与功能，已经成为世界前沿研究不可避免的内容。

在以上所获的三大红利中，与人们关系最密切、应用最广泛、使用最直接、影响最深刻的当属社会网络化在现代生活中的作用和价值。鉴于对以下共有命题的世界性探索，即“如何在复杂的社会网络中，通过‘微观上’所表现出的随机性和无序性，经由识别和挖掘，寻求‘宏观上’所表现出的可认知性和可管控

性”。世界各国的研究者，投入了巨大的时间和精力。例如，世界权威杂志 *SCIENCE* 在 2009 年的一期中集中发表了一组研究论文，共 12 篇，意在大力推动社会网络学的深入研究。中国科学技术大学近代物理系敏锐地觉察到这些文章的价值与作用，全文译出它的中文版。这些论文十分强调“我们身处相互联系、不可避免的网络世界之中”，探索如何持续维系社会的组织系统，追踪新的社会行为范式，解释互联网在处理复杂人际交流机制时所具有的高度共性，并进而去诠释诸如个体间通过交互作用最终形成的“社会舆论”为何同原子重排形成的磁场存在着惊人的相似，以及进一步探讨“社会标准”、“社会共律”、“社会文明”的形成等。著名社会物理学家赫尔宾直言：“我们花费数十亿美元试图去理解宇宙的起源，可我们却依然不了解维持社会稳定的条件。”可以认为，在网络社会中的社会物理学研究，不仅能促使我们去反思传统社会历史流变的轨迹，而且能鼓励我们去把握未来世界治理模式的走向。

抛开枝节上的纷扰和争论，社会网络研究的科学地位至少在如下三个方面是被肯定的：

其一，在各类学科研究当中，社会网络学是更充分地既联系着自然科学，又联系着社会科学的独特学科，具有“统一论”所梦想的沟通自然规律与人文行为之间的桥梁作用。

其二，在现代科学体系中，将每个人的个体及其空间分布比拟为离散的粒子行为，将人的整体和时间过程比拟为连续的波动行为，这种波粒二象特征在社会网络中的体现，又似乎具备“还原论”所梦想的从本原探索社会现象的要求。

其三，当社会进化到每一个个体所触及的边界（可理解为所获知识的容量、速度和能力）几乎等同于人类整体所触及的边界时，就从本质上颠覆了传统中个体影响力的极大差异性，由此引发社会结构、社会心理、社会行为和社会治理的跃迁，是现代网络学自身规定的目标函数，由此它也就萌发了如何统一解析现代社会结构和现代社会功能的冲动。

以刘怡君博士为首的几位青年学者，近年来孜孜以求地为社会网络研究领域进行着辛勤的耕耘。以本书的面世为标志，她们在理论、方法、实证等方面，取得了一些喜人的成绩，在认识社会网络领域的初步体验中，捡到了几枚闪闪发光的贝壳，这些收获与国内外同行们的努力预示着社会网络研究正在酝酿着某种突破性的萌动。这种萌动既来自于社会需求的推挽效应，更来自于一个科学工作者的自身责任担当。只有将自己的研究方向和研究成果牢牢地固化在对于现代科学前沿的探索之中，才能显露出献身科学事业的壮志，也将高扬着正气的良知。可以想象，在一片蛮荒的土地上，无怨无悔地默默开始异常艰辛的前行，这样的理想和精神对于从事科学研究是必然的，对于弘扬社会精神是必备的，对于推进人

类文明是必需的。

科学是全人类的财富，更是全社会的公器，与生俱来带着无私的胎记和共享的品格。我敢说，只有在科学的海洋中徜徉、熏陶和磨砺过，他们这一群年轻人的体悟远不仅仅只是为了使别人幸福，从根本上说也是在使他们自己幸福。我希望读者在接受这本书的同时，也能同时感受到他们在研究过程中所折射出的人生灵光。



2014年2月10日

序 二

社会舆情可以从纸质文件、口头调查中获取，但自从出现网络信息以来，人们很快发现其数量之巨、传布之快，而更重要的是鱼龙混杂，如何从海量信息中去伪存真，抓住其主流趋势，发现意见领袖，预见未来动向等，都是人们关心的实际问题；同时，出现了一些社会舆情中值得研究的理论问题，此外还需要有一些可操作的先进技术、方法和工具。该书提供了一系列网络分析方法，并在此基础上采用可以在计算机上通过建模仿真计算而使舆情得到深入的前瞻性的认识和分析。

该书从一般图论基础上的社会网络分析谈起，到基于近年来复杂网络分析的大量应用，特别是巴拉巴西（A. L. Barabasi）等对复杂网络、无标度网络和小世界网络等的研究工作的推进，再加上他们借助计算机软件的帮助，使得有大量节点的网络计算和分析成为可能，而网络分析的可视化又推动了人机结合，我们把这类网络分析在社会问题上的应用视做社会网络分析（social network analysis, SNA）第一代。很快我们会发现他们所处理的对象还不够宽，考虑的动态因素还不够多，更重要的是没有引入仿真模型去评价各种处理社会舆情的策略，这时卡尔略（K. M. Carley）的动态网络分析（dynamic network analysis, DNA）出现了。它们可以用在处理大规模动态多模、多边的具有多层不确定性的网络，特别是在反恐活动中有了较实际的应用，我们也可以将它视为第二代社会网络分析。巴拉巴西等在2003年就提出未来网络研究的十大问题之一是网络的网络（network of networks），或称之为超网络（supernetwork）。其实2002年拿故而耐（A. Nagurney）就提出研究超网络，但是应用得还不广泛，显得纯学术研究味道重了一些。国内王众托院士很快注意到它的应用。刘怡君研究组在牛文元老师的指导下希望对社会舆情有更深入的研究，她们应用社会网络分析和动态网络分析来研究一般的社会舆情，认为除了关注网上网民们相互的社交关系外，还应注意当时的社会环境（这也可算做一种外力），更关注人们的内部动力（心理），最后再去分析他们的观点，这样就形成4个子网的超网，使舆情问题的分析更有科学依据。该书除了应用一系列网络分析的理论和方法外，还充分应用系统工程中建模与仿真的工具，既介绍了一些经典的社会舆情形成与演化的模型，还介绍了近年新发展的与超网络联系的模型。其中社会舆情的超链路预

测是一个更新的研究方向，它不单可用于社会舆情预测，也可用于商情、军情等的预测。该书最后三章是前面理论的具体应用。

邵景发

2013年12月6日

前 言

网络信息传递日趋成为当今主要的信息交换渠道并发挥着越来越重要的作用。在传统社会与虚拟社会交织的新型社会管理中，在科层制管理出现扁平化、一元信仰出现多元化、价值观越发无序化的总体趋势里，网络舆论更是彰显出其前所未有的巨大能量，而对网络舆论的管理和引导水平，也越发成为辨别社会和谐态势和检验政府应急管理能力的指针。2011年2月19日，胡锦涛同志在省部级主要领导干部社会管理及其创新专题研讨班上发表重要讲话，要求全党“进一步加强和完善信息网络管理，提高对虚拟社会的管理水平，健全网络舆论引导机制”，并将之作为新时期下我国创新社会管理的八项重要内容之一。而在党的十八大召开后的新形势下，网络舆论更趋活跃，突出反映了在当前社会思潮中的民意诉求，越发彰显人民群众在重大事件中的建言权和参与权，客观上也反映出人民群众对社会主义民主认识水平的逐步提高。

反思和总结近年来发生的多个非常规突发事件，无论是由何种性质引起的，总能找出其中的一个共同点，这就是网络舆论在热点事件的传布中起到了引爆热点事件或是加速事件发生的重要作用，而其中网络谣言的恶意散布更是造成了难以预见的后果，使政府疲于应对重大非常规突发热点事件中舆论的散点式发展，滞后了政府对于舆论事件的最佳引导和干预时机，有的甚至造成了极其恶劣的影响。

在网络热点事件中，研究舆论形成和演化的内在机理，以及引导和干预的最优策略，是科学研究必须要为社会管理解决的重大研究课题。基于现今发达和成熟的计算机技术和丰富的网络工具，研究者实际上已经从网络舆论研究的角度，综合管理科学、系统科学、社会科学、知识科学和计算科学等学科的方法体系和分析路径，在对重大非常规突发事件中社会舆论的形成、演化、引导、干预的机理进行深入分析的基础上，建立起建模与仿真相结合的创新性研究模式。

本书充分体现了“自然与社会”交叉：以定量的网络分析方法、模型和技术等为手段，研究舆论这个复杂的社会现象。

本书充分注重“创新与实践”理念：创造性地建立了“社会舆论超网络模型”，提出了“超链路预测算法”、“超链路排序算法”等；重点强调了舆论形成的微观心理与舆论传播的宏观外在表现相结合、舆论事件的定性描述与舆论事件

2.2.3 动态网络分析的指标、客观心理波动与舆论环境的客观变化相结

合、非常规突发事件中负面舆论的正确引导模式与干预策略建模相结合。

本书系统介绍了网络方法的理论、概念、指标、工具及其在社会舆论中建模、仿真和应用。全书共分三篇：一是理论基础篇，详细介绍了社会网络分析、动态网络分析及超网络分析。二是模型方法篇，创新提出了“社会舆论超网络模型”等，针对社会舆论的形成与演化、引导与干预全过程进行建模分析。三是案例应用篇，真实模拟仿真了代表性非常规突发网络事件，旨在介绍如何应用网络理论，特别是超网络方法解决实际问题。

编写本书的主旨在于向读者提供目前权威的网络研究方法及其研究进展，以及编者依托重大研究计划“非常规突发事件应急管理研究”的培育项目“非常规突发事件中社会舆论形成、演化、引导、干预的系统建模与仿真分析”（91024010）的创新性研究成果，希望激发这一领域年轻学者的兴趣，使其可以从本书的研究内容中得到启发，从而成为社会稳定与应急管理研究中的一员。

由于编者的见识和水平有限，本书难免会有疏漏，恳请广大读者批评指正。

刘怡君

2013年12月1日

目 录

序一
序二
前言

理论基础篇

第 1 章 社会网络分析	2
1.1 社会网络分析的基本理论	2
1.1.1 社会网络分析	2
1.1.2 社会网络指标	5
1.1.3 社会网络模型	7
1.2 社会网络分析的研究角度	12
1.2.1 中心性分析	12
1.2.2 凝聚子群分析	13
1.2.3 核心-边缘结构分析	15
1.3 社会网络分析工具	16
1.3.1 概述	16
1.3.2 Pajek	20
1.3.3 Gephi	24
参考文献	31
第 2 章 动态网络分析	33
2.1 动态网络分析的基本理论	33
2.1.1 动态网络分析的创新点	34
2.1.2 动态网络基本演化过程	35
2.2 动态网络分析的度量指标	35
2.2.1 动态网络分析的定义	35
2.2.2 动态网络分析的指标	37
2.2.3 动态网络分析的指标分类	53

2.3	动态网络分析工具	57
2.3.1	AutoMap——网络生成	57
2.3.2	ORA——网络分析	58
2.3.3	DyNet——仿真模拟	58
2.3.4	动态网络分析在“反恐”中的应用	59
	参考文献	61
第3章	超网络分析	63
3.1	超网络的基本内容	63
3.2	超网络的研究现状	65
3.2.1	基于变分不等式的超网络研究	65
3.2.2	基于超图的超网络研究	66
3.2.3	基于系统分析的超网络研究	67
3.3	超网络的示例分析	67
3.3.1	超网络模型中子网关系的建立	67
3.3.2	超网络模型中层间映射关系	68
3.4	超网络的度量指标	69
3.4.1	节点超度	69
3.4.2	超边重叠度	70
3.4.3	集聚系数	70
3.4.4	节点间距离	70
	参考文献	71

模型方法篇

第4章	社会舆论形成与演化的建模分析	76
4.1	社会舆论形成与演化模型	78
4.1.1	Sznajd 模型	78
4.1.2	Deffuant 模型	79
4.1.3	Krause-Hegselmann 模型	79
4.1.4	Galam 模型	80
4.1.5	社会影响模型	81
4.2	社会舆论超网络形成模型	82
4.2.1	社会舆论超网络中各层子网的建模分析	82
4.2.2	社会舆论超网络中子网集成的建模分析	83
4.2.3	社会舆论超网络模型	84