

社交网络 演化计算

——模型、方法与案例

王元卓 于建业
李静远 靳小龙

著



清华大学出版社

非外借

社交网络 演化计算

——模型、方法与案例

王元卓 于建业
李静远 靳小龙
著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要以博弈论、演化博弈论为模型基础,深入地探讨了社交网络演化的建模方法,并结合具体应用场景,介绍了社交网络中的信息、网络和群体的演化计算问题的建模、分析与评价方法,并通过新浪微博、Twitter、Facebook、Google+、Youtube等真实数据的演化计算与分析,深入地探讨了社交网络中信息传播、网络结构和群体行为的演化规律,以及如何进行跨网络的时序预测与推荐。

本书既可供计算机、通信、信息等相关专业的教师、研究生和大学高年级学生作为教材或教学参考书,也可供社交网站、电商、网络营销等方面的研究人员和工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

社交网络演化计算:模型、方法与案例/王元卓等著. —北京:清华大学出版社,2018
ISBN 978-7-302-48620-6

I. ①社… II. ①王… III. ①互联网络—数据处理—算法分析 IV. ①TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 258050 号

责任编辑:薛 慧

封面设计:何凤霞

责任校对:王淑云

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15

字 数:370千字

版 次:2018年3月第1版

印 次:2018年3月第1次印刷

定 价:88.00元

产品编号:067972-01

前言

随着互联网,尤其是移动互联网的发展,在线社交网络应用也在不断扩展,不仅起到承载信息传播和促进沟通交流的作用,也渗透到购物、支付等人们的日常生活中。社交网络作为对传统人际关系网络在互联网上的一种映射和扩展,渗透到人们网络生活的方方面面,并对人们的社会生活产生深刻的影响。因此,针对社交网络的研究成为当前国内外的研究热点。然而,社交网络的研究,尤其是信息传播、网络结构和群体行为的演化研究,涉及计算机科学、社会学、心理学等多个学科领域,而且社交网络用户规模庞大、网络结构复杂、用户行为多样,导致传统的网络演化分析方法无法适用,迫切需要面向大规模社交网络的新型模型与方法。

社交网络演化计算的一个重要研究方法是从微观上对社交网络的用户进行建模,通过仿真用户间的行为和关系的变化来研究社交网络宏观上的网络结构与中观上的网络群体等的演化规律和内在机理,揭示社交网络中的关系结构、网络群体、网络信息之间的复杂交互关系和互动规律,为社交网络演化分析提供新的认识 and 理论支撑,并对网络信息的合理利用、网络用户信息行为的正确引导,以及信息网络的有效管理起到重要的指导作用。目前,大多数社交网络建模和演化分析的研究工作是从统计规律的研究展开,侧重于对网络结构的演化分析,缺乏对社交网络中人为因素的考虑,导致对社交网络演化规律的认识不清,缺乏有效的表达与计算。另一方面,网络演化博弈虽然为研究社交网络上用户行为和网络结构的演化规律提供了良好的理论基础,但是现有的网络演化博弈的研究往往侧重于对网络演化现象的理解与理论分析,缺乏对现实社交网络的有效表达。因此,社交网络演化计算是一个重要的研究方向。

我们在基于博弈模型和演化博弈模型的社交网络演化计算领域进行了一系列深入而系统的研究工作,本书主要以博弈论、演化博弈论为模型基础,深入探讨了社交网络演化的建模方法,并结合具体应用场景对社交网络中的信息传播、网络结构和群体行为的演化问题进行建模、分析与评价。书中大部分内容都取材于作者近期在国际、国内一流学术期刊和会议上发表的论文,全面、系统地展示了新的研究成果和进展。

本书内容共 12 章,从结构上可分为 4 个部分。

第一部分是社交网络与建模方法的基础理论的介绍,包括第 1~4 章。第 1 章从社交网络及其演化的基本概念入手,给出形式化表示和研究要素等基础知识;第 2 章介绍与本书相关的博弈论的基本知识,包括博弈论的常见模型,以及纳什均衡、合作博弈等相关知识;第 3 章进一步给出演化博弈论及网络演化博弈的研究进展,内容上涵盖了演化博弈的基本结构、种群博弈、复制者动态以及演化稳定策略;第 4 章介绍了社交演化博弈模型,包括社交演化博弈模型的建模方法、社交网络个体信息交互行为模型设置方法等。

第二部分是单一网络的社交网络演化计算,包括第 5~7 章。第 5 章分析网络结构对信息传播的影响,包括社交网络信息传播的演化计算模型、方法和实施;第 6 章分析信息行为对网络结构的影响,包括社交网络用户典型信息行为分类,以及用户关系更新策略所造成的网络结构演化;第 7 章给出社交网络群体演化的计算方法,从社交网络群体的评价指标、信息交互群体识别方法、重叠群体相互影响方式、社交网络群体事件的演化分析等方面深入探讨了社交网络群体演化的分析方法。

第三部分是跨网络的社交网络演化计算,包括第 8~10 章。第 8 章介绍跨网络用户偏好的可预测性分析,利用知识库对用户特征进行建模,主要包括显式反馈、隐式反馈和时间维度与空间维度条件下的用户特征建模;第 9 章给出社交网络用户在强关联消费网络中的偏好预测,包括强关联预测模型方法,以及强关联预测的实用性分析;第 10 章探讨社交网络用户在弱关联消费网络中的偏好预测,涉及社交网络与消费网络间的用户账户相似度的计算策略和匹配方法,以及基于用户账户匹配的用户偏好预测模型方法。

第四部分是演化计算工具和实践分析举例,包括第 11 章、第 12 章。第 11 章列举目前常用的博弈仿真计算工具,包括 Gambit、TNG、GAMUT,以及作者为应对社交演化博弈模型仿真开发的 Flock 计算工具;第 12 章给出 4 个基于真实微博数据的社交网络演化计算实例,实际检验本书提出的系列模型和方法在真实社交网络数据上的应用效果。

作者的研究工作得到了国家自然科学基金项目(No. 61173008, No. 91646120, No. 61572473)、国家重点基础研究发展计划(973)项目(No. 2013CB329600, No. 2014CB340400)和北京科技新星项目(No. Z121101002512063)等资金的资助。

本书的一些研究问题和思路得益于 973 项目组的多次研讨,在此对项目组的各位老师表示感谢。北京科技大学研究生陆源参与了本书第 5 章、第 11 章和第 12 章的撰写,中国科学院计算技术研究所研究生刘强参与了第 8 章、第 9 章和第 10 章的撰写,中国科学院计算技术研究所研究生欧陈庚、林谢雄参与了第 5 章的撰写,在此一并表示感谢。

由于作者水平所限,加之社交网络演化计算方法的研究和应用仍处于不断发展和变化之中,书中错误和不足之处在所难免,恳请读者予以指正。

作 者

2017 年 5 月

目录

第一部分 社交网络与建模方法

第 1 章 社交网络..... 3

1.1 概述 3

1.2 社交网络的研究要素 3

1.2.1 网络结构 4

1.2.2 群体行为 5

1.2.3 网络信息 6

1.3 社交网络的演化 6

1.3.1 网络信息的传播 6

1.3.2 网络结构的演化 7

1.3.3 群体行为的演化 8

1.4 社交网络中的分析 9

小结 11

参考文献 11

第 2 章 博弈论 15

2.1 概述 15

2.2 博弈论基础 16

2.2.1 博弈论的基本构架 16

2.2.2 理性行为 18

2.2.3 有限理性 19

2.2.4 常见博弈模型 20

2.3 纳什均衡 22

2.3.1 纳什均衡及举例 22

2.3.2 纳什均衡的存在性 24

2.3.3 严格竞争博弈 25

2.3.4 混合策略纳什均衡 26

2.4 合作博弈 28

2.4.1 可转移支付合作博弈	28
2.4.2 核	29
2.4.3 核的非空性	29
2.4.4 无可转移支付的合作博弈	30
2.4.5 Shapley 值	31
小结	32
参考文献	33
第 3 章 演化博弈	34
3.1 概述	34
3.2 演化博弈基础	35
3.2.1 演化博弈的基本结构	35
3.2.2 种群博弈	36
3.2.3 复制者动态	37
3.2.4 演化稳定策略	37
3.3 网络演化博弈	38
3.3.1 静态网络上的演化博弈	40
3.3.2 动态网络上的演化博弈	42
3.3.3 相互依赖网络上的演化博弈	44
小结	48
参考文献	48
第 4 章 社交演化博弈	51
4.1 概述	51
4.2 建模方法	52
4.2.1 基本概念	52
4.2.2 博弈设置	53
4.2.3 更新机制	53
4.3 大规模社交行为仿真分析	54
4.3.1 两两交互行为模型设置	55
4.3.2 群交互行为模型设置	55
4.3.3 更新机制	55
4.3.4 仿真结果分析	56
小结	58
参考文献	59

第二部分 单一网络的社交网络演化计算

第 5 章 网络结构对信息传播的影响	63
5.1 信息传播与网络结构	63

5.1.1	典型网络拓扑结构	64
5.1.2	拓扑结构对信息传播的影响	66
5.1.3	信息传播的一致性模型	66
5.2	竞争性信息传播	72
5.2.1	概述	72
5.2.2	竞争性信息传播模型	73
5.2.3	竞争性信息传播模型稳定性分析	77
5.2.4	竞争性信息传播模型模拟	79
5.2.5	网络拓扑结构对竞争性信息传播的影响	83
5.2.6	信息发布时间点对竞争性信息传播的影响	88
5.2.7	网络节点特征对竞争性信息传播的影响	90
5.2.8	竞争信息传播演化过程分析	93
	小结	105
	参考文献	106
第 6 章	信息行为对网络结构的影响	109
6.1	概述	109
6.2	社交网络中典型信息行为分析	109
6.2.1	信息分享行为	109
6.2.2	信息交互行为	110
6.3	网络结构更新方式分析	110
6.3.1	基于随机选择的网络结构更新方式	110
6.3.2	基于声誉的网络结构更新方式	111
6.3.3	基于影响力的网络结构更新方式	111
6.3.4	基于关系强度的网络结构更新方式	111
6.4	信息分享行为对网络结构的影响	112
6.4.1	信息分享行为模型	112
6.4.2	更新机制	113
6.4.3	实验结果分析	114
6.5	信息交互行为对网络结构的影响	118
6.5.1	信息交互行为模型	118
6.5.2	更新机制	119
6.5.3	实验结果与分析	119
	小结	121
	参考文献	121
第 7 章	群体行为与网络结构的协同演化	122
7.1	概述	122
7.2	社交网络群体评价指标	123

7.2.1	群体结构评价指标	124
7.2.2	群体行为评价指标	125
7.3	社交网络群体识别方法	126
7.3.1	相关研究工作	127
7.3.2	信息交互群体识别方法	128
7.3.3	局部均衡的计算	131
7.3.4	实验结果分析	133
7.4	重叠群体的行为与结构协同演化	135
7.4.1	重叠群体相互影响的方式	136
7.4.2	模型设置	137
7.4.3	实验结果与分析	139
7.5	跨网络群体的用户关注度竞争	140
7.5.1	竞争性社交演化博弈模型	142
7.5.2	实验结果与分析	145
	小结	149
	参考文献	149

第三部分 跨网络的社交网络演化计算

第8章	跨网络用户偏好可预测性分析	155
8.1	概述	155
8.2	相关研究工作	156
8.2.1	用户特征模型	156
8.2.2	用户特征建模学习方法	157
8.2.3	用户特征表述方式	159
8.3	基于知识库理解的时空用户特征建模	159
8.3.1	基于显式反馈的用户特征建模	160
8.3.2	基于隐式反馈的用户特征建模	161
8.3.3	时间维度和空间维度上的用户特征建模	162
8.4	跨网络用户偏好可预测性分析	163
8.4.1	实验数据集与用户建模方法	163
8.4.2	实验结果与分析	165
	小结	165
	参考文献	166
第9章	社交网络用户在强关联消费网络中的偏好预测	168
9.1	概述	168
9.2	相关研究工作	169
9.2.1	个性化预测技术	169

9.2.2	个性化预测方法	174
9.2.3	推荐系统评价指标	175
9.3	强关联预测模型与方法	177
9.3.1	基于显式反馈的用户偏好预测	177
9.3.2	基于隐式反馈的用户偏好预测	177
9.3.3	基于消费网络属性的用户偏好预测	178
9.3.4	预测模型	178
9.4	强关联预测方法实例分析	179
9.4.1	数据集	179
9.4.2	评价指标与预测方法	180
9.4.3	实验结果与分析	181
	小结	183
	参考文献	183
第 10 章	社交网络用户在弱关联消费网络中的偏好预测	185
10.1	概述	185
10.2	相关研究工作	186
10.3	社交网络与消费网络间的用户账户关联方法	188
10.3.1	用户账户相似度计算策略	188
10.3.2	用户账户匹配方法	188
10.3.3	用户账户关联方法实例分析	190
10.4	弱关联预测实例分析	192
	小结	193
	参考文献	193
 第四部分 辅助分析工具和案例分析		
第 11 章	演化博弈辅助分析工具	197
11.1	Gambit	197
11.2	TNGLab	199
11.3	GAMUT	200
11.4	Flock	202
11.4.1	基本架构	202
11.4.2	工作流程示例	205
	小结	208
	参考文献	208
第 12 章	真实社交网络中的应用案例分析	209
12.1	Twitter 和新浪微博的信息分享行为分析实例	209

- 12.1.1 Twitter 与新浪微博的演化性分析 209
 - 12.1.2 对 Twitter 与新浪微博的网络特性预测 210
- 12.2 新浪微博中电影和电视剧的竞争传播分析实例..... 214
 - 12.2.1 新浪微博中电影竞争信息异步传播分析..... 214
 - 12.2.2 新浪微博中电视剧竞争信息异步传播分析..... 219
- 12.3 新浪微博中电商间信息的竞争性传播分析实例..... 221
- 12.4 足球圈在新浪微博和腾讯微博的使用热度趋势分析实例..... 225
- 小结..... 227
- 参考文献..... 227

第一部分

社交网络与建模方法

本部分给出本书社交网络及其建模方法的基础理论方法,包括社交网络及其演化的基本知识、博弈论的基础理论、演化博弈的基础理论及当前的研究进展,以及社交演化博弈模型方法。其中,

第1章介绍社交网络及其演化的基本概念、形式化表示和研究要素等基本概念和知识。

第2章介绍博弈论的基本概念和性质。首先介绍了博弈论的基本框架、理性行为、有限理性等的基础知识,以及常见的博弈模型。随后介绍了博弈论中的重要概念纳什均衡、纳什均衡的存在性以及混合策略纳什均衡。最后介绍了合作博弈的相关知识。

第3章介绍演化博弈论及网络演化博弈的研究进展。首先介绍了演化博弈的基本结构、种群博弈、复制者动态以及演化博弈中的重要概念——演化稳定策略。随后在静态网络、动态网络和相互依赖网络这3个层面上回顾了近年来网络演化博弈的研究进展。

进一步地,第4章给出面向社交网络演化研究的社交演化博弈模型,首先给出了社交演化博弈模型的建模方法,进而根据不同类型的社交网络个体信息交互行为给出了模型设置方法和仿真结果,探讨了个体信息交互行为与社交网络演化的相互影响。

第 1 章

社交网络

1.1 概述

互联网正逐步演变为无处不在的计算平台和信息传播平台。在线社交网站、微博、博客、论坛、维基等社交网络的出现和迅猛发展,使得人类使用互联网的方式产生了深刻变革——由简单信息搜索和网页浏览转向网上社会关系的构建与维护,以及基于社会关系的信息创造、交流和共享。

基于互联网的社交网络正在成为人类社会关系维系和信息传播的重要渠道和载体,对国家安全和社会发展都会产生深远的影响:①社会个体通过各种连接关系在社交网络上构成“关系结构”,包括以各种复杂关系关联而成的虚拟社区;②基于社交网络的关系结构,大量网络个体围绕某个事件而聚合,并相互影响、作用、依赖,从而形成具有共同行为特征的“网络群体”;③基于社交网络关系结构和网络群体,各类“网络信息”得以快速发布并传播扩散形成社会化媒体,并反馈到现实社会,使得社交网络与现实社会之间形成互动,对现实世界产生影响。

针对网络结构、群体和信息之间的互动关系,研究社交网络中各种关系结构(例如,虚拟社区等)的形成机制,发现社交网络关系结构的稳定特性;研究网络群体建模方法,揭示网络群体演化规律,发现网络群体的生成机理;研究网络群体行为规律,分析群体内部的相互作用及群体之间的相互影响,发现社交网络中的信息传播模式;研究多种社交网络之间信息传播的相互影响以及与传统媒体之间的互动规律。这些问题的研究涉及计算机科学、社会学、管理学、心理学等多个学科领域,可以揭示社交网络中的关系结构、网络群体、网络信息之间的复杂交互关系和互动规律,为社交网络分析与网络信息传播研究提供重要的理论支撑。

1.2 社交网络的研究要素

在线社交网络是一种由社会个体集合及个体之间在信息网络上的连接关系构成的社会性结构,包含关系结构、网络群体与网络信息 3 个

要素。其中,社交网络的关系结构是社会个体成员之间通过社会关系结成的网络系统。个体也称为节点,可以是组织、个人、网络 ID 等不同含义的实体或虚拟个体;而个体间的相互关系可以是亲友、动作行为、收发消息等多种关系。其中,社交网络中的虚拟社区为该社交网络的一个子集,且虚拟社区内节点之间关联密切,不同虚拟社区的节点间关联稀疏。网络群体行为是指网络个体就某个事件在某个虚拟空间聚合或集中,相互影响、作用、依赖,有目的地以类似方式进行的行为。基于社交网络的信息传播是指社交网络中的个体与个体之间、个体与群体之间、群体与群体之间的信息传递。这种传递作用可以迭代进行。

与传统的 Web 应用及信息媒体应用相比,社交网络应用具有以下主要的新特点:①信息的发布和接收异常简便、迅速。用户可以通过手机和浏览器随时随地发布和接收信息。②“核裂变”式的信息传播。消息一经发布即刻被系统推送到所有关注者,一旦被其转发,又立即传播到下一批关注者,呈现“核裂变”式的几何级数扩散态势,为普通网民创造了意见扩散的渠道。③人人都有机会成为意见领袖。与传统媒体相比,社交网络服务中的广大网民都有机会通过社交网络形成意见领袖,并在突发事件的产生、发酵、传播、爆炒等环节中具有重要地位。④呈现自媒体形态,能够快速形成虚拟社区。由于社交网络中的个体都具有提供、发布信息的手段和渠道,呈现自媒体形态,并依靠社交网络快速传播信息,快速形成网上的虚拟社区。

1.2.1 网络结构

在社交网络中存在着一定的网络结构,可以用图的形式进行描述和记录。针对社交网络的静态结构特性的分析,可以从宏观、中观和微观 3 个层面展开。

在社交网络的宏观静态结构特性分析方面,大量已有研究验证了在真实世界中各种不同的社交网络具有许多复杂网络所共有的结构特性。例如:六度分隔、小世界现象、无标度、幂律分布和结构鲁棒性等。2003 年,美国哥伦比亚大学的 Watts 等人在 6 万个节点规模的电邮网络上验证了六度分割和小世界模型。2005 年,学者们又通过研究 Yahoo 在线社区的路径长度,发现了网络规模最大时的平均路径长度和有效路径长度分别为 8 和 10,比通常认为的“六度分隔”要大。

在社交网络的中观静态结构特性分析方面,社区结构是研究热点之一。根据社区结构的定义,社区结构可分为不可重叠的社区和可重叠的社区。在不可重叠的社区结构方面,目前最受关注的是 2004 年由美国密歇根大学的 Newman 等人^[1]提出的通过寻找使得社区的模块度最大的网络划分来发现网络社区的算法。2006 年,Newman 等人^[2]又从矩阵谱分析的角度阐述了模块度优化和传统网络划分的关系,提出了基于模块度矩阵谱分析的社区发现方法。随后,学者们发现,模块度优化方法存在分辨率限制问题,使得基于模块度优化的方法无法识别出一些较小的社区。在可重叠的社区结构方面,2005 年,匈牙利科学院的 Palla 等人^[3]提出了一种基于 K -完全子图渗流的重叠社区发现方法,该方法的优点在于能够揭示网络社区间的重叠现象,不足之处是其参数选择缺乏有效的理论指导。2008 年,美国华盛顿大学的 Rosvall 等人^[4]把网络社区发现问题看作网络压缩问题,社区发现在于寻找网络的一种高效压缩表示,该压缩表示是保留网络拓扑结构特征和网络压缩比率之间的折中。此后,学者们开始研究网络层次化社区的发现问题。2009 年,中国科学院计算技术研究所的程学旗等人^[5]进一步提出了网络层次化重叠社区的发现方法,能够同时揭示网络

的层次化和重叠社区结构,并通过分析信息通路和社区结构的关系,给出了一种基于网络传导率的社区发现方法。

在社交网络的微观静态结构特性分析方面,从微观层面分析节点间的链接关系,发现有向图中节点的出度可以被模型化为一个节点对其他节点的影响程度,即该节点的活跃度;类似地,将有向图中节点的入度考虑为节点受欢迎程度的一个因素,并发现,在社交网络中,流行度同样也服从幂率分布。部分学者还提出了利用频繁模式挖掘算法发现社交网络中微观结构特征。

1.2.2 群体行为

网络用户通过各种信息行为间的作用关系有机地关联在一起,形成具有一定拓扑结构关系的网络群体。一般地,网络群体是指互联网上有相似特质、共同目标或价值观以及团体意识的、由两个(或两个以上的)以一定方式进行线上、线下交互或活动的用户而构成群体。网络群体不但具有一般群体的特点,还具有其自身的特点:依托于社会关系网络,网络群体不受地理等因素的影响,成员分布范围极广,网络群体的时效性比一般群体强等。网络群体形成的方式多种多样,大致归类为以下几种:①由某种固定关系形成的群体,通常是现实社会中的实际关系在网络中的具体映射,例如由同学及校友关系形成的网络校友群体,这类群体的结构比较稳定,形成之后随时间发生的变化不大,成员的活跃程度有限;②由某种不确定的共同需求形成的群体,例如,微信群、微博中的微群、豆瓣的群组等,这类群组中的成员多是由共同的需求或目的聚集在一起,随着时间的变化,群体成员会发生一定的流动,但是流动主要发生在度数相对较低的节点;③由某种突发事件驱动而形成的群体,这类群体具有很强的时效性,通常由一个焦点事件引发而产生,其结构变化与该事件的关注度涨落有关,在事件平息后的短时间内群体就会解散。

在社交网络中,宏观层面的网络群体行为所表现出来的特征比微观层面的个体信息行为更加复杂。网络群体的行为受到社会性和随机性等特性的影响,使得群体的行为往往表现出极大的不确定性,而更加值得关注的现象是群体行为的涌现。由用户行为导致的信息的传播一般都具有从逐渐积累到一夕爆发的特点,这样的积累并不是线性的,也不是用户行为产生效应的简单叠加,而是一系列小的局部变化,每一个小的局部变化都不足以对整体系统造成影响,但当这些变化的积累达到某个临界状态时,整个系统出现临界相变。整个系统表现出来的现象是所有局部行为相互作用的结果。社会关系网络中的大量涌现现象包括信息扩散数量上的涌现、网络结构特征的涌现、特定网络群体的涌现以及特定网络群体行为的涌现等。

为了理论简化和直观表达,对网络群体行为进行分析和建模是社交网络研究的重要内容。目前,对于网络群体行为的模型的研究集中在对网络群体行为定性描述的模型上,主要作为表现个体信息行为复杂过程的一种方法。社会关系网络是一个多维度的复杂系统,网络内部节点之间的相互影响与相互作用频繁。然而,网络群体行为的社会性、随机性和复杂性使得传统的统计研究方法不能对网络群体行为产生的影响进行预测,因此迫切需要新的基础理论和研究方法。目前,网络群体行为模型的相关研究工作主要包括信息传播及观点交互模型、群体行为演化模型、群体结构模型和突发群体事件模型等,但还没有一个公认的

成体系的研究思路。近年来,对社交网络的建模方面进行了大量工作,比如对于社会网络静态社区结构特性的研究、在演化过程中社会网络动态社区结构变化规律的发现等。但是,这些研究工作的关注点主要集中在网络拓扑结构上,对于网络群体行为的预测调控工作还没有有效的研究方法。

1.2.3 网络信息

与传统媒体相比,基于在线社交网络的网络信息传播在传播媒介、传播渠道、信息受众、反馈机制等方面迥然不同。具体来说,在线社交网络体现出以下几个突出的特点。

(1) 平民化、个性化: 在在线社交网络中,每个人都从旁观者转变为当事人,每个网民都可以利用网络来表达自己的观点,传递他们的生活的阴晴圆缺,构建自己的社交网络。在线社交网络因而成为网民张扬个性、表现自我的最佳场所。

(2) 低门槛、易运作: 在线社交网络中,用户可以发布文字、音乐、图片、视频等信息,创建属于自己的媒体。这不需要投入多大的成本,也不要求有太多的专业技术知识。其进入门槛低,操作运作简单,让在线社交网络大受欢迎,迅速发展。

(3) 传播迅速、交互性强: 在线社交网络大大降低了时空限制,任何时间、任何地点,只要能够上网,用户就可以经营自己的媒体,再加上媒体服务网站所提供的信息推送功能,使得信息能够迅速地传播,时效性大为增强。而且,由于作为一种新的社会媒体形式在线社交网络与受众是零距离的,不但能够迅速地将信息传播到受众中,受众也可以迅速地对信息传播的效果进行反馈,因此其交互性的强大是任何传统媒体望尘莫及的。

因为上述特点,在线社交网络以 Facebook、Twitter、新浪微博和微信等的诞生为标志,在短短十多年的时间里得到了飞速的发展。网络空间给广大网民提供了平等表达自己意见的“新公共领域”。调查显示,有超过一半的网民表示喜欢在互联网上发表评论。网络空间“新公共领域”的特征有助于成为社会冲突的“安全阀”,良好、通畅的对话空间有助于缓解社会矛盾,促进社会和谐。近年来,我国政府积极倡导倡议并引导网络参政议政,广大网民通过互联网渠道评论时事、反映民生、建言献策,网络已经成为推进社会主义民主政治建设的重要力量。

1.3 社交网络的演化

1.3.1 网络信息的传播

信息传播的过程其实也是信息与信息传播者的状态进行演化的过程。目前,得到最广泛且深入研究的信息传播模型是流行病模型。几乎所有的流行病模型都可以用 MSEIR 框架模型来描述,其中, M (passive iMmune) 表示被动免疫态, S (Susceptible) 表示易感态, E (Exposed) 表示潜伏态, I (Infective) 表示感染态, R (Recovered) 表示恢复态。在流行病模型中,研究最为彻底、应用最为广泛的是 SIS 模型和 SIR 模型^[6]。在 SIS 模型中,个体不能对病毒产生免疫,而在 SIR 模型中被感染的个体能够从感染态恢复过来并获得免疫,从而进入恢复态。由于所研究细节的不同, SIS 和 SIR 模型产生了很多的变体,如 SIRS^[7]、SIDR^[8] 和 SAIR^[9]。然而,这些模型都无法反映病毒在使宿主产生传染能力之前有一个潜伏期这