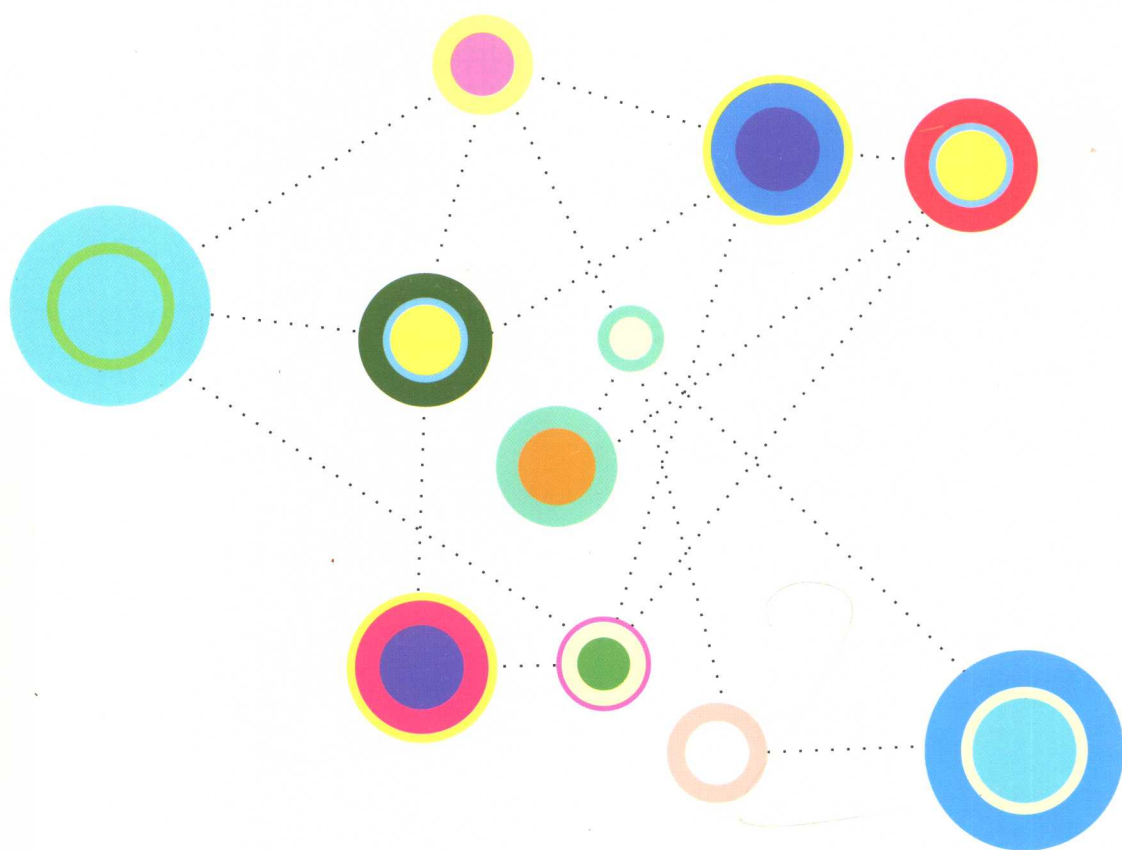


动态网络分析与仿真研究

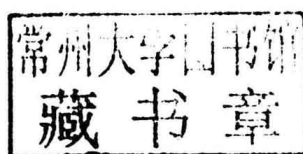
刘天印 万琼 著



清华大学出版社

动态网络分析与仿真研究

刘天印 万琼 著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

大数据时代的互联网+与人工智能的发展,为研究人类社会动态和解决社会复杂性问题带来了前所未有的机遇,促进了计算机、传播学、复杂性科学、管理学、经济学、社会学、行为学、心理学等领域相互交叉渗透。

全书共两篇:一是理论基础篇,介绍了动态网络分析和社会仿真;二是案例应用篇,包括基于统计分析的实证研究,基于 Agent 仿真、定性仿真、元胞自动机、传播动力学的仿真研究以及对策研究。案例为职业压力和流行病传播分析。

本书可作为高等院校理工科高年级学生和研究生教学参考书,也可供系统科学、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。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

动态网络分析与仿真研究/刘天印,万琼著. —北京:清华大学出版社,2018

ISBN 978-7-302-49584-0

I. ①动… II. ①刘… ②万… III. ①计算机网络—网络分析—研究 ②计算机网络—计算机仿真—研究 IV. TP393.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 027572 号

责任编辑:付弘宇 赵晓宁

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:刘海龙

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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:180mm×245mm 印 张:12.75

字 数:277 千字

版 次:2017 年 12 月第 1 版

印 次:2017 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~500

定 价:59.00 元

产品编号:077340-01

FOREWORD

前言

大数据时代的来临,为研究人类社会动态和解决社会复杂性问题以及跨学科交叉研究带来了前所未有的机遇,计算机、传播学、复杂性科学、管理学、经济学、社会学、行为学、心理学等领域在相互交叉渗透。中国拥有占据世界第二的庞大的互联网保有量资源,网民规模达 7.51 亿(截至 2017 年 6 月),其中手机网民占比 96.3%。基于互联网的微信朋友圈、QQ 空间和微博等各种在线社交网络飞速扩展,极大地影响着网络舆情的传播、信息的扩散、群体的网络安全、事件的预测与分析等;手机银行、在线支付、在线旅行预订、网上外卖、在线购物等形成商务生态网络;学术界、产业界的学者和专家都离不开创新网络、引文网络的支持,“社会网络”的研究和应用再次成为热点,并且已经从静态转向动态,从单一网络转向多元网络,从单层分析转向多层分析。复杂适应系统提出“适应性造就复杂性”,而构成社会网络的 Agent,具有趋利避害、理性与感性相结合的不断变化的“人”才是复杂性的根源。动态网络分析和社会仿真是本书的两大理论基础,是复杂适应系统建模与仿真的两大重要方法。

本书获得湖北省教育厅项目(编号: B20104406)和湖北理工学院科技创新团队项目(编号: 13xtz06)的资助,其内容可构成项目研究基础和研究成果。本书是作者的博士论文和在美国匹兹堡大学访学期间的学术成果的梳理和总结。由于内容较多,本书理论方面集中介绍了动态网络分析和社会仿真,应用方面主要基于社会网络的职业压力和流行病传播。第二本专著在应用方面将基于合作竞争的移动商务的战略联盟演化、基于在线社交网络的突发事件网络舆情演化,以及社会网络与人工智能相结合等方面进行研究。

全书内容分为理论基础篇和案例应用篇,案例应用篇分为实证研究、仿真研究和对策研究三部分。第 1 章是绪论,是复杂系统、社会网络分析

的研究综述,并介绍了复杂系统建模与仿真方法。第2和第3章是理论部分。第2章介绍了社会网络分析的概念、方法、层次与指标,社会网络模型,动态网络分析的创新与演化过程,最后介绍了社会网络上的病毒传播动力学。第3章介绍了人工社会的概念、构成与核心方法,复杂适应系统的核心思想、基本概念、特点以及复杂适应系统的建模与仿真,使用社会仿真的原因与目的,最后介绍典型的社会仿真建模与方法。第4章是对高校教师工作压力传播的实证研究,采用的是统计方法。第5~第7章都是对高校教师工作压力传播的仿真研究,模型与调查研究,由理论进入应用,通过统计分析的方法进行实证研究。第5章基于Agent建模与仿真方法对工作压力的演化进行仿真研究。第6章基于定性仿真的高校工作压力对教师群体行为影响的研究,建立振荡均衡定性仿真模型,研究了工作压力对教师群体行为的影响。第7章基于元胞自动机的高校工作压力对工作绩效影响的研究。第8章是对高校教师工作压力管理的对策研究。第9章运用病毒传播动力学对复杂网络上的甲流传播进行仿真研究。

本书是刘天印(湖北理工学院)和万琼(湖北师范大学)合著的,是我们的第一部专著,在炎热的夏天,在灯光长明的夜晚,都流下了辛勤的汗水。也要感谢我们的女儿热心的支持和帮助,祝她学业有成、生活愉快;还要感谢博士生导师胡斌教授和张金隆教授,将我们引进社会仿真的殿堂;2015年获得国家留学基金委资助赴美国匹兹堡大学访学,期间跟随卡内基·梅隆大学的Kathleen M. Carley教授学习动态网络分析课程,感谢她的指导和帮助;同时还要感谢同门同学,特别与吴江的交流深感受益良多。本书参考了大量其他学者的研究成果,进行了引用标注,在此一并表示感谢。

由于作者水平和经验有限,不妥和有争议之处在所难免,恳请专家和读者们不吝赐教,来函请发至邮箱 tianyin.liu2005@hbpu.edu.cn,再次感谢。

刘天印 万琼

2017年12月

目 录

第1篇 基础理论篇

第1章 绪论	3
1.1 背景	3
1.2 复杂系统的研究综述	7
1.2.1 国外研究综述	7
1.2.2 国内研究综述	8
1.2.3 国内外复杂性科学研究比较	8
1.3 社会网络分析的研究综述	9
1.3.1 社会网络分析的发展历程	9
1.3.2 社会网络分析的经典理论	12
1.3.3 知名研究机构或团队	13
1.4 复杂系统建模与仿真方法	14
1.4.1 基于智能技术的复杂系统建模与仿真方法	14
1.4.2 基于离散事件动态系统的复杂系统建模与仿真方法	15
1.4.3 定性建模与仿真方法	16
1.4.4 复杂网络建模与仿真方法	19
1.4.5 基于数学手段的复杂系统仿真方法	20
1.4.6 综合集成方法	20
1.4.7 其他建模与仿真方法	21
1.5 本书的主要内容及结构安排	21
1.5.1 本书的主要内容	21
1.5.2 本书的结构安排	21

第 2 章 动态网络分析	24
2.1 社会网络分析基础	24
2.1.1 社会网络分析	25
2.1.2 社会网络指标	27
2.1.3 社会网络模型	29
2.2 动态网络分析的基本理论	38
2.2.1 动态网络分析的创新	38
2.2.2 动态网络基本演化过程	39
2.3 社会网络上的病毒传播	40
2.3.1 基于生物学的经典病毒传播模型	40
2.3.2 无标度网络中的病毒传播机制	44
2.3.3 有限规模无标度网络的传播阈值	47
2.4 本章小结	49
第 3 章 人工社会与社会仿真	50
3.1 人工社会	50
3.1.1 基本概念	50
3.1.2 人工社会的构成	51
3.1.3 核心方法	51
3.2 复杂适应系统	53
3.2.1 CAS 理论的核心思想	53
3.2.2 CAS 的基本概念	54
3.2.3 CAS 的特点	54
3.2.4 CAS 的建模与仿真	56
3.3 社会仿真的原因和目的	58
3.3.1 社会仿真的原因	58
3.3.2 社会仿真的目的	58
3.4 社会仿真建模与方法	60
3.4.1 基于多智能体的仿真	60
3.4.2 元胞自动机	64
3.4.3 基于 QSIM 定性仿真	67
3.5 本章小结	70

第2篇 案例应用篇

第4章 高校教师工作压力模型与调查研究	73
4.1 引言	73
4.2 关于工作压力的研究	74
4.2.1 工作压力相关概念	74
4.2.2 工作压力要素	76
4.2.3 工作压力模型	76
4.3 桶状工作压力模型	79
4.4 高校教师工作压力现状调查	80
4.5 高校教师工作压力分析	87
4.5.1 表征分析	87
4.5.2 负面影响分析	90
4.5.3 压力源分析	92
4.6 本章小结	96
第5章 高校教师工作压力扩散研究	98
5.1 引言	98
5.2 复杂网络上的传播动力学	99
5.2.1 复杂网络理论	99
5.2.2 复杂网络的经典传播模型	102
5.2.3 复杂网络的传播阈值理论	103
5.3 多智能体仿真与仿真平台 AnyLogic	104
5.3.1 多智能体仿真	104
5.3.2 仿真平台 AnyLogic	104
5.4 OSD 模型	106
5.4.1 节点 L 视角	107
5.4.2 节点 S 视角	107
5.4.3 节点 I 视角	107
5.4.4 节点 R 视角	107
5.5 实验设计、确认与结果	108
5.5.1 扩散阈值对工作压力扩散的影响	109
5.5.2 网络拓扑结构类型对工作压力扩散的影响	110
5.5.3 组织的初始压力分布对工作压力扩散的影响	112

5.6 本章小结	113
第6章 高校工作压力对教师群体行为影响的研究	114
6.1 引言	114
6.2 教师群体的特征	114
6.3 OEQS 模型	116
6.3.1 相关表述	116
6.3.2 状态转换规则	119
6.3.3 过滤原理	121
6.3.4 定性仿真引擎	122
6.4 模型的确认	122
6.4.1 高校示例描述	123
6.4.2 实验方案设计	123
6.4.3 定性仿真与分析	124
6.5 高校工作压力对教师群体行为影响的定性仿真应用	127
6.6 本章小结	131
第7章 高校工作压力对工作绩效影响的研究	133
7.1 引言	133
7.2 高校工作压力对工作绩效影响的问题分析	134
7.2.1 工作绩效的概念	134
7.2.2 工作压力—工作绩效的关系理论	134
7.3 基于 CA 的系统建模	138
7.3.1 基本 CA 模型	138
7.3.2 建模对象	139
7.3.3 状态及变量	140
7.3.4 局部规则	140
7.4 系统设计与开发	142
7.5 仿真实验、确认与分析	144
7.5.1 实验方案设计	144
7.5.2 仿真结果、确认及分析	145
7.6 本章小结	149
第8章 高校教师工作压力管理与对策研究	150
8.1 引言	150

8.2	关于压力管理的研究	151
8.2.1	压力管理的内涵	151
8.2.2	压力管理的模型	152
8.3	高校教师工作压力管理模式	154
8.3.1	高校教师工作压力仿真结果分析	154
8.3.2	高校教师工作压力管理模式	155
8.4	多视角高校教师个体的工作压力管理	157
8.4.1	基于个体视角	157
8.4.2	基于组织视角	160
8.5	社会层面对缓解高校教师工作压力的策略	162
8.5.1	发动社会、媒体关注教师工作压力问题	162
8.5.2	营造尊师重教的良好社会氛围	162
8.6	本章小结	163
第9章	复杂网络上的 A(H1N1)型流感传播模型研究	164
9.1	引言	164
9.2	复杂网络的经典传播模型	164
9.3	A(H1N1)病毒传播模型及仿真	166
9.4	本章小结	169
附录	高校教师工作压力接受问卷调查研究	170
参考文献		172

基础理论篇

第 1 篇

- 第 1 章 绪论
- 第 2 章 动态网络分析
- 第 3 章 人工社会与社会仿真

绪 论

第 1 章

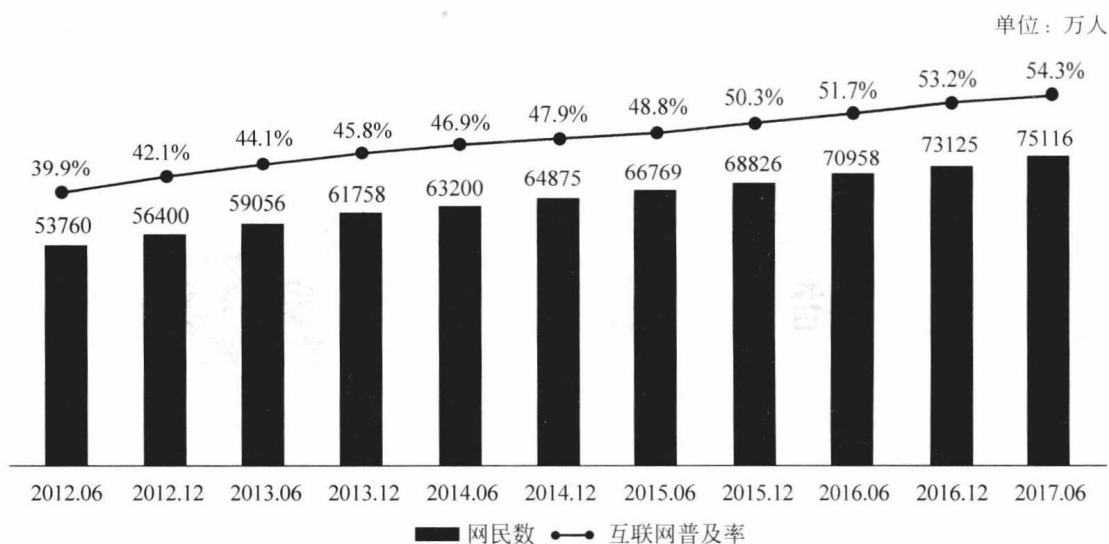
1.1 背景

近年来,随着互联网+、社会媒体和移动通信技术的快速发展和广泛普及,全球数据呈现出前所未有的爆发式增长态势,已经进入大数据时代。中国因其庞大的人口基数和经济、科技的持续发展,成为全球社会网络中不可或缺的重要组成部分,形成有中国特色的开放的复杂巨系统,如在线社交网络、商务生态网络、创新网络、引文网络等复杂社会网络。下面是中国互联网络信息中心和百度学术的相关统计数据。

根据《第 40 次中国互联网络发展状况统计报告》,截至 2017 年 6 月,我国网民规模达到 7.51 亿人,半年共计新增网民 1992 万人。互联网普及率为 54.3%,较 2016 年底提升 1.1 个百分点,如图 1-1 所示。

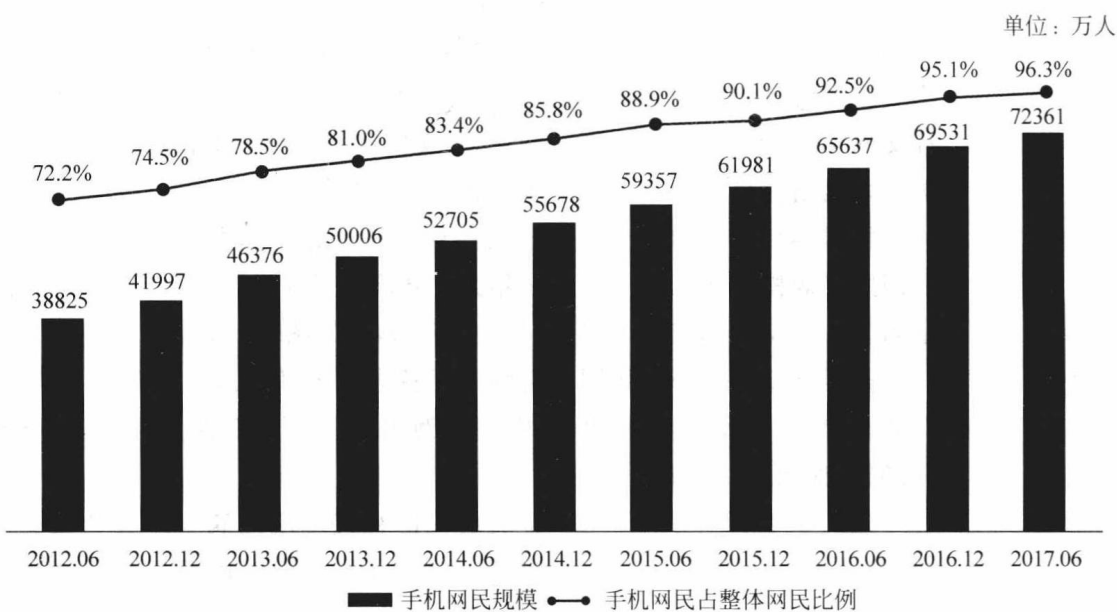
截至 2017 年 6 月,我国手机网民规模达 7.24 亿人,较 2016 年底增加 2830 万人。网民使用手机上网的比例由 2016 年底的 95.1% 提升至 96.3%,如图 1-2 所示。

截至 2017 年 6 月,使用率排名前三的社交应用均属于综合类社交应用,即微信朋友圈、QQ 空间和微博。前两者作为即时通信工具所衍生出来的社交服务,用户使用率分别为 84.3% 和 65.8%,微博作为社交媒体,得益于名人明星、网红及媒体内容生态的建立与不断强化,以及在短视频和移动直播上的深入布局,用户使用率持续回升,达 38.7%,较 2016 年 12 月上升 1.6%,如图 1-3 所示。



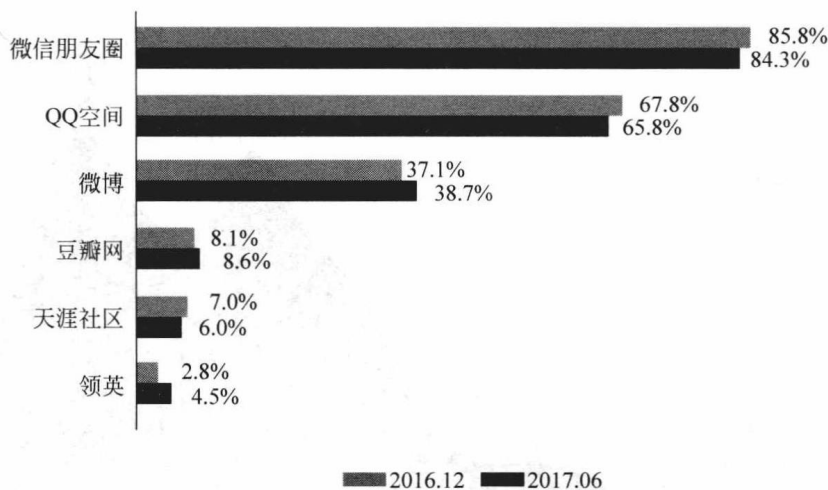
来源：CNNIC中国互联网络发展状况统计调查

图 1-1 2017 年中国网民规模和互联网普及率
(中国互联网络信息中心, 2017)



来源：CNNIC中国互联网络发展状况统计调查

图 1-2 2017 年中国手机网民规模及其占网民比例
(中国互联网络信息中心, 2017)



来源: CNIC 中国互联网络发展状况统计调查

图 1-3 2016.12—2017.6 典型社交应用使用率
(中国互联网络信息中心, 2017)

据麦肯锡全球研究院(McKinsey Global Institute, MGI)预测,到2020年,全球数据使用量将增加44倍,达到35ZB。大数据时代的到来,为跨学科交叉研究以及研究人类社会动态和解决社会复杂性问题带来了前所未有的机遇。计算机、传播学、复杂性科学、管理学、经济学、社会学等领域相互交叉渗透。美国圣塔菲研究所(Santa Fe Institute)、谷歌研究院(Research at Google)、惠普社会计算实验室(HP Social Computing Lab)等跨学科研究机构和哈佛大学、斯坦福大学、康奈尔大学等,用复杂性科学来描述社会系统中的复杂现象,提出了复杂适应系统(Complex Adaptive System, CAS)等一系列新理论,用计算机作为研究复杂性科学的基本工具,开创了基于Agent建模(Agent-based Modeling, ABM)等新的研究方法,社会计算(Social Computing)开始进入人工社会(Artificial Societies)。

使用百度搜索Agent-based Modeling,其研究走势如图1-4所示。Agent-based Modeling从1999年开始出现相关研究,2014年达到最热,至今共有1808篇相关论文。

Agent-based Modeling的跨学科研究也发展迅猛,已深入到管理科学与工程、系统科学、社会学、传播学等多个学科,并衍生出多个交叉学科主题。图1-5所示为多个渗透学科及对应的研究主题。

下面对复杂系统、社会网络分析以及社会仿真等方面的研究综述进行介绍。

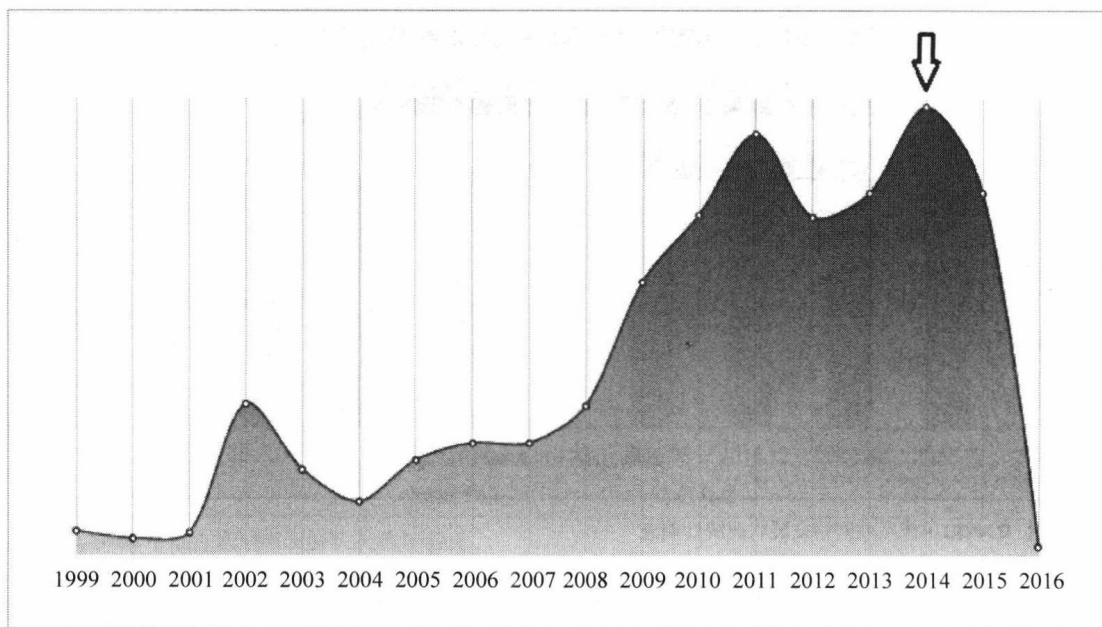


图 1-4 Agent-based Modeling 研究趋势图(百度学术)

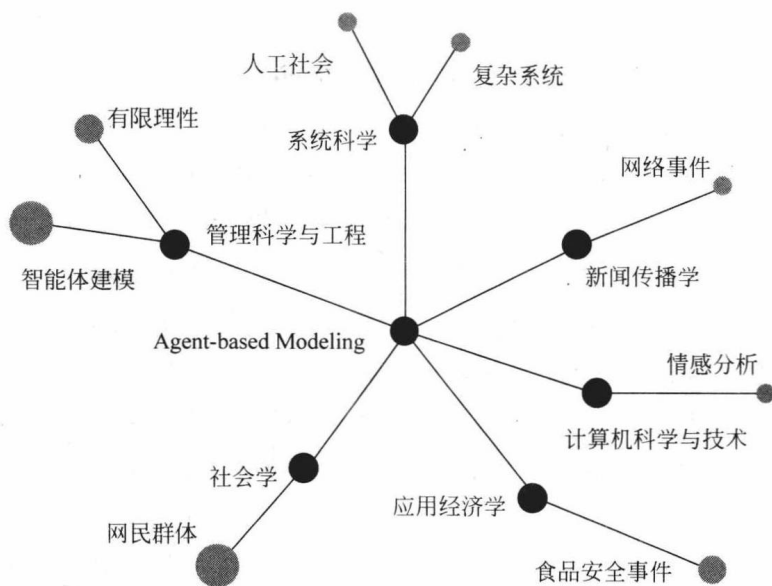


图 1-5 Agent-based Modeling 学科渗透图(百度学术)

1.2 复杂系统的研究综述

复杂性科学(The Sciences of Complexity)是一门研究复杂系统及其复杂性的交叉性学科,是一门关于涌现的科学。目前,复杂性研究的主要领域有人工智能(Artificial Intelligence, AI)、神经网络(Neural Network)、免疫系统(Immune System)、人工生命(Artificial Life)以及经济系统、社会系统和生态系统等。

复杂系统有时又称为复杂适应系统(Complex Adaptive System, CAS),是指由大量不同单元组成的自适应系统。由于系统的不同组分之间存在的非线性相互作用,使得系统能够表现出涌现(Emergence)特性。复杂性就是复杂系统的特征和属性。概括起来,复杂系统有4个基本特征:①组成单元数量庞大;②单元之间存在大量联系;③具有自适应性和进化能力;④具有动力学特性。

刘晓平等认为,复杂系统的发展历程分为国外的“复杂性”(Complexity)科学为主线,以及国内的系统科学为主线,主要是钱学森院士引领的“开放的复杂巨系统”(Open Complex Giant Systems, OCGS)的研究。

1.2.1 国外研究综述

1928年,奥地利生物学家贝塔朗非(L. V. Bertalanffy)在论文中首次提出“复杂性”(Complexity)的概念。

1969年,普里高津(Prigogine)提出“耗散结构”理论,哈肯(H. Haken)提出“协同学”,都发展了复杂系统的自组织特征。

1969年,美国学者司马贺(H. Simon)提出“人工科学”的概念,将经济学、认知心理学、学习科学、设计科学、管理学、复杂性研究等贯穿联系起来。

1985年,《复杂性》(*Journal of Complexity*)杂志创刊。

1987年,美国圣塔菲研究所在人工生命的研究中提出“混沌边缘”的概念。在对人工生命模型的计算机仿真中,发现有序和混沌之间存在一个相变阶段,在这个层次中,系统的行为在一定条件下会出现适应和自组织的复杂现象,提出“复杂性科学”这一新领域。圣塔菲研究所在复杂性研究中选择计算机作为最基本工具,通过计算机仿真推动复杂系统仿真。

1994年,美国学者霍兰(J. Holland)正式提出了复杂适应系统(Complex Adaptive System, CAS)理论。

1999年,《科学》(*Science*)杂志出版复杂系统专辑,标志复杂系统已经成为世界最大热门研究之一。