



复杂理论视角下 集群网络治理研究

何 铮 周双双 王 茜/著



科学出版社

复杂理论视角下 集群网络治理研究

何 铮 周双双 王 茜 著

国家社会科学基金一般项目 (No.12BGL123)

科学出版社

北 京

内 容 简 介

复杂理论源于自然科学领域对复杂系统的研究,包括耗散结构、协同学、突变论、分形、混沌理论、自组织等理论和方法。本书尝试将其引入管理学科集群网络治理中,通过构建相应的研究框架,针对目前产业集群存在的创新、企业社会责任和信任问题,结合实地问卷调查、深入访谈、理论模型构建、计算机仿真等多种方法,对这些问题的产生原因、现状及其网络治理方式进行理论和实证研究。

本书适合从事产业集群和网络治理的学者阅读,也可供研究生、政府相关管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

复杂理论视角下集群网络治理研究/何铮,周双双,王茜著. —北京:科学出版社, 2019.3

ISBN 978-7-03-056041-4

I. ①复… II. ①何… ②周… ③王… III. ①产业集群—计算机网络管理—研究 IV. ①F263

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第314973号

责任编辑:马 跃 李 嘉/责任校对:王丹妮

责任印制:张 伟/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>

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年3月第 一 版 开本:720×1000 B5

2019年3月第一次印刷 印张:13 1/2

字数:273 000

定价:108.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

自哈佛大学迈克尔·波特教授在 20 世纪 90 年代将产业集群上升到国家竞争层面，世界各国都把培育和发展产业集群作为提升国家竞争优势的重要战略。即使是互联网时代，在信息传播和交流已经完全突破地理限制和约束的情形下，世界范围的集群现象仍然非常明显和突出。产业集群已经成为中国区域发展和产业布局的重要模式与发展趋势，支撑着中国经济的中高速发展。目前我国的集群发展已经进入了新的时期，面临着国外政治和经济环境的瞬息万变，国内转型升级的巨大压力。国际需求的巨大波动，国内劳动力成本和土地成本的大幅度上升，环境保护标准的日趋严格，互联网技术的普及，数字经济的到来等都对集群发展提出了新的挑战，政府对集群治理方式以及集群企业的经营运作方式都随之发生改变，几乎所有的集群都面临着重新定位的问题。产业集群演变有其内在的规律，集群能否可持续发展，特别是能否适应外部环境的变化取决于集群内部主体自身柔性以及它们之间共同演进的结果。

目前我国的集群治理主要依赖于行政治理和市场治理，而集群网络治理（network governance）的价值还远远没有得到应有的重视，相关的理论研究和实践活动还非常欠缺，可以说我国集群网络治理的研究才刚刚起步。本书正是在这样的背景下，尝试借鉴自然科学领域复杂理论的相关思路和方法来研究集群网络治理。其主要目的包括：分析复杂理论中哪些思路和方法可以用于集群网络治理；研究集群网络治理的技术路径和分析思路；探讨如何针对特定集群的具体问题进行网络治理；等等。本书有助于集群从过分依赖政府政策的行政治理中寻找新的集群治理途径和方法，通过集群网络治理来提升集群整体应对环境冲击的能力和持续创新能力。

全书共有七章，其逻辑思路是首先运用实证方法对集群现状进行研究，其次针对所发现的问题，结合理论研究成果提出相应的网络治理思路和方法。我们先从复杂适应性系统（complex adaptive system, CAS）角度来研究产业集群，主要围绕集群创新、集群企业社会责任及集群信任三个方面展开，对其如何通过网络治理来提高集群这方面的水平进行探讨。

近年来,网络治理以其独特的性质逐渐引起管理者的高度关注,利用不同主体之间的复杂关系,通过协同合作来达成组织或系统目标,已经成为网络治理不可替代的优势所在。相较于政府行政治理和市场治理,网络治理比行政治理更灵活,比市场治理更有针对性,同时还可以在在一定程度上弥补行政治理和市场治理的不足,平衡竞争或冲突各方的利益,因此网络治理对集群中的一些问题的解决,如创新、企业社会责任及信任等可以发挥重要作用,但这种治理方式在现有的集群发展中还没有得到广泛的应用和实践。因此,本书的第2章和第3章主要是理论研究,从集群复杂适应性系统角度,对可能用于集群网络治理的复杂理论方法和模型进行筛选和阐述,并通过集群三种不同治理方式的比较分析,提出集群网络治理的特点和适用条件,在此基础上,运用混沌理论中不同系统状态的分析,对集群网络进行分类研究,提出集群网络治理的技术路径和分析思路。后续的实证研究部分主要针对三个典型集群(高新技术集群、高耗能集群、传统制造业集群)存在的问题分三个专题展开,包括集群创新专题、企业社会责任专题和信任机制专题。

虽然产业集群的行业、类型和发展阶段不尽相同,但创新已经成为中国经济转型和集群可持续发展最核心的战略,而高新技术产业集群更成为中国创新驱动战略最直接的实施方式。在政府各种极为优惠的政策措施条件下,这些集群能否真正有利于各类企业的生存和创新,以及如何提高集群创新绩效就成为需要深入研究的问题。本书第4、5章都是针对集群创新的网络治理问题进行研究,第4章是采用结构方程模型(structural equation modeling, SEM)对样本集群环境、集群内企业的创新能力和营销能力之间的关系进行检验,从中发现集群创新中存在的问题及其原因,由此,第5章中对样本集群的创新网络进行仿真模拟,来进一步分析集群创新网络的各类统计特征,根据这些统计特征和前面实证研究结果,结合产业集群混沌边缘态的理论研究,提出需要进一步构建相应的创新服务网络平台进行治理,从而提升集群创新活力和绩效水平。

大量的研究和中国改革开放的实践证明,环境友好和以人为本是可持续发展的重要前提与基础。本书第6章针对高耗能集群中社会责任问题展开了研究。由于行业特点,这类集群通常面临着比较突出的自然环境保护、员工工作环境、产品环保质量等问题,这些都将影响到集群的可持续发展。不同的利益相关者包括政府、集群所在地区、企业、员工有着不同的利益诉求,因此如何通过网络治理来平衡他们的利益,从而实现集群整体的优化目标就成为一个亟待解决的重要问题。这里我们在实地调研的基础上,借鉴复杂理论中牵制控制模型思想来探讨不同条件下的治理模式。

通过美国安然事件、德国大众的“排放门”事件、日本丰田的“刹车门”事件、中国三鹿奶粉事件可以发现,当今世界似乎面临着前所未有的信用危机。本

书的第7章探讨集群内部的信任问题。地理位置集聚所形成的信任一直是集群的突出特点和竞争优势,但究竟地理位置是如何影响信任以及这种信任的来源却没有得到深入的研究。第7章主要从网络嵌入角度对信任的来源进行实证研究,其研究结果将有助于深入探讨集群信任的形成机理,从而提高集群内部的信任水平。

本书的特点是运用自然科学领域复杂理论的方法和模型,结合管理学实证研究方法和规范研究方法,探讨三个典型的产业集群开放式创新、企业社会责任及信任因素的网络治理问题。其学术价值体现在理论和实证两个方面:理论方面探讨集群复杂适应性系统特征,分析集群混沌边缘态对网络治理的影响方式,提出集群网络治理可以沿着网络构建、网络维系、网络退化、网络修复的技术路径加以展开,并且借鉴复杂理论的相关模型,针对不同集群存在的具体问题,提出一系列网络治理模式,主要包括集群涌现式创新环境治理和产学研平台模式,环境保护的层级网络模式和分类网络模式,信任机制的第三方评价模式,等等。实证方面主要是对我国三个典型的产业集群进行研究,包括成都软件产业集群(高科技集群),四川夹江陶瓷产业集群(高耗能集群)和中山燃气具产业集群(传统制造业集群)。本书将为我国集群增强对快速变化环境的适应性,改变过分依赖政策的传统治理模式,提高集群企业的自主性,引导集群自组织(self-organization)过程,探讨网络治理的具体方式提供理论基础和实际指导。

本书主要是国家社会科学基金一般项目(No.12BGL123)的研究成果,在项目研究过程中,得到了张晓军、Lez Raymana-Bacchus、Owusu Ackah、彭善忠、苏均松的大力支持,本书全体作者对他们深表感谢!

目 录

第 1 章	绪论	1
1.1	研究目的	1
1.2	本书的逻辑架构	3
第 2 章	复杂理论方法与集群复杂适应性系统特征	6
2.1	复杂理论	6
2.2	集群复杂适应性系统特征	11
2.3	集群网络特征	17
2.4	复杂网络的研究内容	18
2.5	小结	25
第 3 章	集群网络治理的复杂理论分析框架	27
3.1	网络治理的理论基础	27
3.2	对集群网络治理的现有研究	37
3.3	集群网络治理的特性	40
3.4	集群网络治理的具体内容	44
3.5	集群网络不同状态与环境之间的共同演进	46
3.6	集群网络治理问题的研究思路	50
3.7	小结	51
第 4 章	集群环境与创新活动的实证研究	53
4.1	集群开放式创新理论基础	53
4.2	软件产业特点	56
4.3	成都软件产业集群实证研究	59
4.4	实证结果及其讨论	67
4.5	小结	84
第 5 章	集群创新的网络治理	85
5.1	集群创新网络的仿真研究	86
5.2	集群产学研合作创新现状及问题	91

5.3	集群创新环境的网络治理：涌现式创新环境的培育	100
5.4	集群开放式创新的服务平台治理模式	115
5.5	小结	119
第 6 章	集群企业社会责任问题的网络治理	121
6.1	企业社会责任与利益相关者网络之间的关系	121
6.2	四川夹江陶瓷产业集群实证研究	123
6.3	调研结果分析	125
6.4	集群环境保护问题的网络治理	130
6.5	网络治理模式的环境条件	136
6.6	集群企业慈善等公益行为的网络治理	139
6.7	小结	141
第 7 章	集群企业间信任问题的网络治理	144
7.1	信任问题的理论基础	148
7.2	网络嵌入理论	155
7.3	中山燃气具产业集群实证研究	158
7.4	实证结果	167
7.5	集群企业间信任的网络治理	180
7.6	小结	183
	参考文献	187
	结束语	205

第1章 绪 论

1.1 研究目的

自哈佛大学迈克尔·波特教授在 20 世纪 90 年代将产业集群上升到国家竞争层面，特别是硅谷等产业集群的成功，世界各国都把培育和发展产业集群作为提升国家综合竞争力的有力手段和重要战略。即使是在互联网时代，在信息传播和交流已经完全突破地理限制和约束前提下，世界范围的集群现象仍然非常明显和突出。产业集群已经成为我国区域发展和产业布局的重要模式和发展趋势，越来越多的地区产业发展出现了集聚化趋势。虽然各类产业集群的行业、类型和发展阶段不尽相同，但产业集群已经成为中国经济的支柱，而其中的高新技术产业区更成为我国创新驱动战略最直接的实施方式。

目前我国经济发展到一个新的阶段，可持续发展中资源和环境压力已成为十分突出的问题，随着工业化和城市化的加速，经济总量的不断扩大，粗放型经济增长方式急需转变。伴随着现代科技的快速发展，全球的经济形势和发展趋势、资源分配及劳动分工等都在发生着巨大的变化，许多国家都开始致力于发展具有先进科学技术和创新能力的高新技术产业。高新技术产业低污染、高附加值、高速增长的特点不仅能够缓解环境污染的压力，也能成为国民经济增长的主要推动力，是一个国家综合竞争力的重要标志。除了美国硅谷以外，相继出现的英国剑桥、印度班加罗尔、中国台湾新竹和中国北京中关村等产业集群的发展都成为各国及地区经济实力的重要体现（Porter，1990）。高新技术上的竞争优势可以支撑甚至转化为国家经济、政治及军事等方面的优势，从而提升一个国家的综合国力。

对产业集群的研究从 Marshall（1890）在《经济学原理》中首次提出的“产业区”概念开始，Weber（1929）在《工业区位论》中对产业集群现象及企业集聚的原因进行了阐述。Porter（1990）在《国家竞争优势》中提出的著名的钻石模型更是对产业集群的竞争优势进行了较详细的解释。我国第一个高新技术园区中关村科技园自 1988 年建立以来，经过近 30 年发展，截至 2015 年底，中国高新技术产业开发区已有 145 家。2013 年我国 114 家国家高新区共实现工业总产值 19.7 万

亿元,实现增加值 5.8 万亿元,占全国 GDP 比重达 10%以上,工业增加值占同期全国第二产业增加值 16%,出口创汇占同期全国外贸出口总额 16.9%,上缴税额 1.1 万亿元,出口总额 3 700 亿美元(国家统计局,2015)。在我国的“十三五”规划中提出,把发展基点放在创新上,以科技创新为核心,以人才发展为支撑,推动科技创新与大众创业万众创新有机结合,塑造更多依靠创新驱动、更多发挥先发优势的引领型发展^①。这表明我国未来将进一步加大对高新技术产业的投入,持续增加研发经费,进一步重视科技人才的培养,加快完善科技创新体制。这些都为高新技术产业集群的发展提供了前所未有的环境条件。

现有研究表明,产业集群的演变存在其内在的规律,集群能否可持续发展特别是能否适应外部环境的变化主要取决于集群系统各主体自身的柔性以及主体之间协同演进的结果(He et al., 2011)。而那些主要依靠政府各种优惠政策来生存和发展的集群可能会面临以下问题:这些优惠政策能否真正有利于各类企业的可持续发展特别是连续创新,从而最终催生和建立起集群独特的创新内生机制?现有的政策对创新的影响和绩效如何?在传统的政府行政治理和市场治理之外,是否还有其他的治理方式来提供相应的补充,从而进一步提高集群整体创新的绩效?这些问题都对集群可持续发展至关重要,更成为当今集群研究的前沿课题。

由此本书的主要目的是从复杂理论角度来研究集群网络治理,尝试改变我国产业集群目前过分依赖政府行政治理的模式,探索集群新的治理方式,从而为集群可持续发展提供理论支持和实践建议,具体包括:

(1) 根据集群网络治理的界定,研究复杂理论中哪些模型和方法可以用于集群网络治理,分析这些理论和方法该如何用于集群相关问题的网络治理。

(2) 分析集群网络治理的特点、适应范围及技术路径,根据集群中存在的具体问题,研究进行网络治理的方式和框架,从而为集群网络治理提供一定的理论基础和研究范式。

(3) 探讨如何通过实证方法来发现集群存在的现实问题,从而为进一步以网络治理的方式解决这些问题提供前提和基础。

(4) 针对集群的实际问题,借鉴复杂理论模型和方法,提出一些集群网络治理的具体模式,分析这些模式的实施条件。

(5) 从网络治理角度分别对集群不同类型主体提出相应的建议或对策,以指导这些集群主体,如政府、行业协会、企业采取相应的措施来更好地解决所存在的问题。

^① 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》, <http://www.nxzc.gov.cn/WebSiteOut/010000/ZW GK/GHYJH/CQGH/content/13262.html>, 2016-03-17。

1.2 本书的逻辑架构

全书共分为七章（图 1-1），是沿着“理论研究—实证研究—规范研究”的逻辑思路对产业集群的网络治理问题进行研究的，特别是将集群视为一个复杂适应性系统，在对我国三个典型产业集群的整体创新、企业的社会责任及信用水平等问题进行实证研究的基础上，借鉴复杂理论的研究方法和思路对相应问题的网络治理提出具体的治理模式。以下分别对各章进行简要的介绍。

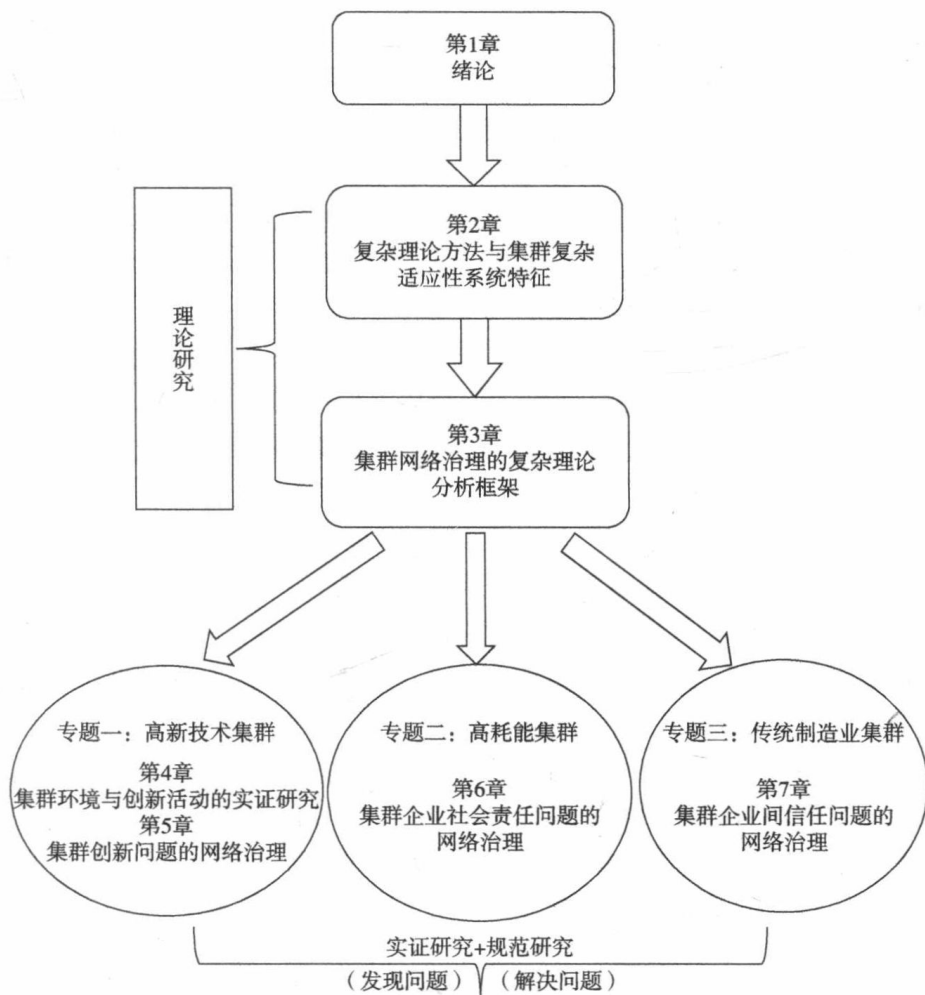


图 1-1 本书的逻辑架构

第 1 章是绪论，主要介绍研究背景、研究目的和意义，并总结全书的结构框架。

第 2 章对复杂理论进行介绍，特别是对其中能够用于集群网络治理的方法和

思路进行较详细的介绍,对复杂网络的相关内容进行了总结和提炼,同时还对集群复杂适应性系统的特征进行分析。这些都为后续章节提供了理论和方法基础。

第3章构建集群网络治理的复杂理论分析框架。首先对网络治理的相关理论文献进行整理,回顾以往学者的网络治理理论及其在产业集群中的应用研究,包括网络治理特点和方式,以及网络治理适用问题 and 环境条件等。其次对比集群网络治理、行政治理和市场治理的不同之处,分析集群网络治理的特点和适用范围。在此基础上给出集群网络治理的分析框架,并结合复杂理论中的混沌理论,对集群网络的不同状态进行分析,以期对网络治理环境进行研究,最后提出对集群相关问题网络治理的研究路径。

第4章和第5章对集群创新问题的网络治理进行较深入研究。按照第3章给出的研究路径,第4章我们先对集群环境与创新之间的关系进行实证研究。以成都软件产业集群为样本,采用结构方程模型对所提出的集群环境、创新能力及企业营销能力之间的相互影响关系,以及它们对集群企业可持续发展的影响进行验证。主要目的是检验集群目前的创新能力,发现集群创新中存在的问题,从而为集群创新的网络治理提供实证基础。第5章在实证研究的基础上,进一步运用仿真方法,对集群的创新网络结构及相关的统计特征进行分析,并结合问卷和访谈结果,重点剖析集群开放式创新特别是产学研合作中存在的问题。针对这些问题,第5章还对集群混沌边缘态进行研究,探讨如何培育集群涌现式创新环境的问题,并提出集群创新的服务平台治理模式来更好地促进集群企业创新的动力和提高创新绩效。

第6章主要针对集群企业社会责任问题的网络治理进行研究。以四川夹江陶瓷产业集群为研究样本,我们首先测度企业对社会责任的认知情况,包括对企业社会责任概念的理解;其次通过实证方法研究集群内企业社会活动对企业日常经营的影响,并从网络视角分析企业实施环境保护、提高产品质量、改善员工工作条件,以及从事社区服务等慈善活动所涉及的利益相关者及其受影响程度。从实证研究的结果发现目前集群面临突出的环保问题,由此本书借鉴复杂理论中牵制控制模型思想,提出对集群环保问题网络治理的牵制控制模式和分类控制模式,进而探讨相应模式的实施条件。此外,还对集群企业的慈善活动提出星形网络治理方法。

第7章探讨集群内部企业间信任问题的网络治理。我们从网络嵌入角度,以中山燃气具产业集群为样本,采用实证研究方法对企业嵌入的不同性质网络对信任的影响程度进行了分析。该章从关系嵌入 (relational embeddedness)、结构嵌入 (structural embeddedness) 和位置嵌入 (positional embeddedness) 三个角度对网络嵌入进行分类,进而运用结构方程模型分别检验不同网络嵌入方式对企业间信任的影响程度。研究发现,位置嵌入对信任的影响并不显著,由此,我们需要通

过网络治理来提高位置嵌入的影响程度，并给出集群信任网络治理的第三方评价模式。

从以上结构框架可以看出，本书具有以下理论和现实意义：①增强集群变化适应性，提高集群整体学习和持续创新能力；有助于集群从过分依赖政府政策的行政治理中寻找新的集群治理途径和方法，通过集群网络治理来提升其整体应对环境冲击的能力和持续创新能力。②丰富集群网络治理的理论和实证研究。目前对集群网络治理的研究文献很少，还远没有引起应有的重视，还停留在理论分析层面，缺乏针对特定集群具体问题网络治理方式的深入探讨，如如何通过集群网络治理来提高集群整体创新合作绩效，以及提升企业间信任水平。特别是相关的实证研究严重滞后的情况，制约了理论研究的深化与提出具有现实价值的对策和建议。本书正是针对这些不足，借鉴复杂理论对集群网络治理进行研究。

第2章 复杂理论与集群

复杂适应性系统特征

起源于自然科学，复杂理论在研究复杂系统时，采用了各种不同的方法和角度，具有极其丰富的内涵，蕴含了许多新的思想和方法。因此，本章首先对复杂理论进行简要介绍，特别是对可能用于集群系统研究的理论和方法进行阐述；其次对集群复杂适应性系统特征和集群进行剖析，从网络角度对集群系统进行界定，这些都将为后续集群网络治理奠定基础。

2.1 复 杂 理 论

2.1.1 基本思想

作为一个起源于自然科学领域的理论，复杂理论主要探讨复杂系统的形成和发展的内在规律。该理论认为复杂性系统的重要特征之一就是存在自组织现象，即系统可以依靠内部各参与体的相互作用来实现空间、时间或功能上的结构演化。20 世纪 70 年代以后，计算机技术的发展带来了复杂理论的大力发展。陈森发（2005）在《复杂系统建模理论与方法》一书中对复杂理论进行了比较完整的归纳和详细的论述。这里我们仅对其进行简要概括，见表 2-1。

表 2-1 复杂理论中的一些重要理论

复杂理论	研究视角	核心内容	代表人物
耗散结构论 (dissipative structure theory)	开放系统所具有的一种动态有序结构，复杂系统的创造条件论	远离平衡态的开放系统，即处于混沌边缘； 不断地与外界交换物质和能量； 外界环境对系统的影响达到特定阈值； 非线性反馈； 系统中存在涨落	Prigogine

续表

复杂理论	研究视角	核心内容	代表人物
协同学 (synergetics)	系统自身如何保持自组织活力问题,在整个复杂系统方法论中处于一种动力学方法论的地位	无序转变为有序结构; 系统内部各子系统之间的非线性相互作用; 竞争、协同、支配及序参量等概念和原理; 制定一定的规则,对参数进行相应的调整; 子系统自己相互作用,产生序参量运动模式	Haken
突变论 (catastrophe theory)	系统在其演化过程中可能的路径,是复杂系统演化途径的方法论	临界、渐变和突变概念的具体含义; 引入冲突,来揭示行动与理解之间的相互矛盾关系; 不同时间应采用不同方式来推动系统演化; 渐进方式和突变方式的不同条件	Thom
超循环论 (hypercycle theory)	如何充分利用过程中的物质、能量和信息流的方法	转化反应循环; 催化反应循环; 自我复制、自我优化、自我选择; 基层的循环又组成了更高形式的循环	Eigen
分形论 (fractal theory)	系统自组织过程中复杂性的空间图景	从简单到复杂的空间状态和演化方法; 如何区别整形与分形特征; 自相似性; 整体与局部在某种意义下的对称性	Mandelbrot
混沌理论 (chaos theory)	系统自组织过程中的时间复杂性问题,是复杂系统的时间演化图景方法论	混沌使非线性系统所产生的复杂不规则现象; 系统对初值的敏感性; 非周期性; 存在奇怪吸引子; 确定性随机现象; 长期行为不可测性	Lorenz

资料来源:陈森发.复杂系统建模理论与方法[M].南京:东南大学出版社,2005;Haken H. Advanced Synergetics[M]. 2nd ed. New York: Springer, 1987

2.1.2 基本研究方法

复杂理论以复杂系统为研究对象,由此复杂理论对复杂系统主要通过建立各种模型的方式进行定量研究,这里我们根据其在管理领域的适用性,重点介绍以下几种基本的建模思想和方法(陈森发,2005)。

1. 还原论方法

还原论的思想是将一个复杂系统进行微观分解,然后对微观各部分建立相应

的模型,再分析和研究各部分之间的关系和作用机理,从而用部分之间的相互关系来解释系统整体的行为现象,这种方法可以在一定程度上对复杂系统的涌现性特征进行描述和研究。其具体方法是先根据基本科学原理建立各环节或各部分的数学模型,然后按照不同环节的耦合方式得到系统整体行为的数学方程,它着眼于对系统宏观行为的观察结果,并对系统整体提供各种可能的预测。这种方法在控制论和运筹学中得到广泛而成功的运用。

2. 简单巨系统描述法

这种方法主要针对内部元素数量巨大,但种类很少的系统。系统类元素之间相互关系简单,因此可以将其简化为随机碰撞。对于该系统的研究主要通过大数定律来观察其统计特征,统计特征也是整体涌现性的一种体现,在微观个体层面无法看到。概率论为简单巨系统的研究提供了理论支持。

3. 复杂系统智能建模法

由于复杂系统的整体涌现性,很难预测或观察到每个微观个体的行为,但系统是在一定规则支配下运行的,而这些规则是可以通过科学方法描述的,所以该方法的基本思路是:认为系统内部各主体是具有自主意识和决策能力的系统构建,它们通过一定的规则联系起来并相互作用。所以可以先设计这些规则,再通过计算机仿真来模拟系统的涌现行为。

2.1.3 常见的智能建模法

1. 神经网络法

该方法主要模仿人类神经网络的学习过程来构建模型,特别是根据人类神经的分布式记忆特点以及感知功能和联想功能来寻找输入信息和最终行为之间的非线性关系。其中比较典型的是 Rumelhart 等(1986)提出的反向传播算法(back-propagation algorithm),该算法综合考虑了正向和反向传播时网络中的权值参数调整,可用于多层网络情形(庄镇泉等,1994;Homik et al.,1989)。

在反向传播算法中,设共有 n 层神经网络,在输入层加入输入模式 I ,从第 k 层 i 单元输入的总和为 r_i^k ,输出为 R_i^k ;而 $k-1$ 层的第 j 个神经元到 k 层第 i 个神经元的连接权值为 W_{ij}^k ,则各神经元的输入与输出关系为

$$R_i^k = f(r_i^k) \quad (2-1)$$

$$r_i^k = \sum_j W_{ij}^k \cdot R_j^{k-1} \quad (2-2)$$

因此,反向传播算法实质上是由正向和反向两种传播组合而成的,在正向传

播中,输入模式从输入层经过各级隐单元层逐层传递,到达输出层,下层各神经元状态只受到上层影响,如果在输出层得到的输出不能满足期望输出,则进入反向传播过程,将误差信号反馈到各级权重,再通过调整权重来降低误差。这里我们可以用期望输出与实际输出之间的平方和来表示误差函数,即

$$\sigma = \sum_j (R_j^n - s_j)^2 \quad (2-3)$$

其中, s_j 为期望输出。因此反向传播算法实质上是求误差函数的极小值。可见反向传播算法实际上是一个始于输出层的不断反馈的递归过程,通过所选样本的反复学习训练逐步朝偏差减小的方向来修正各层权值,直到达到误差范围以内。而误差函数的极小值可以通过非线性规划的牛顿法、拟牛顿法、单纯形法、最速下降法等方法实现。

虽然神经网络反向传播算法可以用来解决多层次网络问题,但网络层次的增加也将大大增加计算量,从而影响收敛速度。同时得到的最小值也不一定是全局最优,存在局部最小问题,这些都成为神经网络学习算法的缺点。当然除了以上介绍的神经网络反向传播模型以外, Hopfield 模型也是得到广泛运用的神经网络算法。它是一种离散随机模型,由 N 个神经元构成一个连通的有向加权网络。其中各神经元可以按照异步或同步的方式进行变化。异步是指在任意时刻只有一个神经元发生变化,而其他神经元状态保持不变;同步则指任一时刻部分或全部神经元都变化。Hopfield 模型的特点是具有联想功能,当存储的样本是网络极小值时,输入其附近值时,网络能够想起极小点处的样本,因此 Hopfield 模型具有联想记忆、自动分类、模式识别等智能化功能。

2. 多 agent 模型

agent 是指复杂系统中具有一定智能的主体,它除了具有自治性、社会能力、对环境的适应性等特征,还可能在精神层面具有信念、责任、知识及承诺等特征,因此 agent 既可以指有智能的计算机程序、系统、机器,也可以指社会或管理领域的人、社团或企业等组织。对于单个 agent 而言,其基本结构如图 2-1 所示。

基于单个 agent 的特征和基本结构,多 agent 模型主要描述系统中大量 agent 所产生的相互关系,这种系统也称为多主体系统 (multi-agent system, MAS),安装 MAS 拓扑结构可以将其分成不同类型,如果考虑有向加权网络, MAS 还可以根据其拓扑结构分成更多种类。所以 MAS 是一个开放且规模较大的系统,整体具有灵活性和复杂性,系统内部各种结构类型交叉重叠,共同实现和完成目标。通常在 MAS 中可能存在一个或多个管理服务组织,这类组织既可能对整个系统的所有 agent 都产生作用,也可能仅对特定组织产生作用。MAS 在不同类型组织的共同协调和配合下进行资源配置,无论何种拓扑结构,都会有其自身的优势和