



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
管理科学名家精品系列教材




# 灰色系统理论及其应用

## (第八版)

刘思峰 等 编著

01100010100011000100010  
010001000101011

 科学出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
管理科学名家精品系列教材



# 灰色系统理论及其应用

## (第八版)

刘思峰等 编著

欧盟第7研究框架玛丽·居里国际人才引进行动计划 Fellow (Senior) 资助项目  
国家自然科学基金委员会与英国皇家学会合作交流基金资助项目  
中央高校基本科研业务费专项基金资助项目  
国家级教学团队和国家精品资源共享课程建设基金资助项目

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是针对教师教学和学生需要编写的普及版,被遴选为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,国家精品课程、国家精品资源共享课程主干教材。本书系统地论述了灰色系统的基本理论、基本方法和应用技术,是作者长期从事灰色系统理论探究、实际应用和教学工作的结晶,同时还吸收了国内外同行近年来取得的理论和应用研究新成果,精辟地向读者展示出灰色系统理论这一新学科的概貌及其前沿发展动态。

本书可作为高等学校理工农医类及经济管理类专业课本科生和研究生教材,也可作为政府部门、科研机构及企事业单位的科技工作者、理论干部及系统分析、市场预测、金融预测、资产评估、企业策划人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

灰色系统理论及其应用/刘思峰等编著. —8版. —北京:科学出版社, 2017

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

管理科学名家精品系列教材

ISBN 978-7-03-051807-1

I. ①灰… II. ①刘… III. ①灰色系统理论—高等学校—教材  
IV. ①N941.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 030525 号

责任编辑:张 凯 / 责任校对:贾伟娟  
责任印制:张 伟 / 封面设计:蓝正设计

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>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010年1月第一版 开本:787×1096 1/16

2017年3月第八版 印张:13 1/2

2017年3月第十七次印刷 字数:340 000

定价:38.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



It gives me great pleasure to be introducing this 8th edition of *Grey System Theory and Its Applications* by Professor Sifeng Liu. The theory of grey systems was first introduced in 1982 by J.L.Deng (1933—2013) at Huazhong University of Science and Technology; it established a relatively new approach for addressing poorly defined problems with a high level of greyness or uncertainty. The theory enables one to model, analyze, monitor and control such partially defined systems by generating, excavating and extracting useful information from what is available. It built on the work of Dr. Lotfi A.Zadeh, who introduced the concept of fuzzy sets in the 1960s that in turn led to breakthroughs in neural networks and soft computing.

Grey System Theory actually combines two critical and overarching areas. The first concerns systems which attempt to synthesize the various components or subsystems into an overall functioning system or system of systems. Systems theory attempts to make transparent the deep connections and interactions among objects and events, all leading to the enrichment and progress of science and technology. Many of the historically difficult, hard-to-solve problems in the different scientific fields have been successfully resolved through the application of systems theory and its allied methodologies, including information theory, cybernetics, combinatorics, genetics, etc. The second concerns the greyness or uncertainty level that is implicit in all natural or man-made systems. Indeed, most modeling techniques assume the existence of uncertainty or stochasticity, as defined by either empirical evidence or assumed distributions, including fuzzy sets.

Grey System Theory, then, provides a realistic approach to modeling, analyzing, monitoring and controlling systems. Professor Sifeng Liu has greatly extended, if not expanded, Professor Deng's earlier efforts. In the 1980s, he put forward a series of new models and concepts, including sequence operator, absolute degree of grey incidence, grey cluster evaluation model with fixed weight, and positioned coefficient of grey matrix. In the 1990s, he proposed a buffer operator and its axiom, generalized degree of grey incidence, grey number and measurement of

its information content, LGPG drifting and positioning solution, the grey-econometrics model, the grey Cobb-Douglass model, etc. More recently, he proposed the concept of general grey numbers, the grey algebraic system based on a kernel and degree of greyness, and different variations of the model GM(1, 1).

The widespread recognition and application of grey system theory reflect its growing acceptance. A number of universities from around the world has adopted Professor Sifeng Liu's monographs, both in Chinese and English, as their text books. In 2002, he won the World Organization of Systems and Cybernetics (WOSC) Prize. In 2008, as a preeminent Chinese scholar, he was elected an Honorary WOSC Fellow. In 2013, after a strict review by the European Union, he was selected to be a Marie Curie International Incoming Fellow, thus honoring him as the first such Fellow with grey systems expertise.

As a systems scientist and engineer, I am honored to write this preface for the 8th edition of *Grey System Theory and Its Applications*. I look forward to its widespread dissemination and its promulgation of grey system applications in science and engineering.

James M. Tien, PhD, DEng (h.c.), NAE  
Distinguished Professor and Dean Emeritus  
College of Engineering  
University of Miami  
Coral Gables, Florida, USA

# 序 (中译文)

我十分高兴向读者推介刘思峰教授的《灰色系统理论及其应用》(第八版)。1982年,华中科技大学(原华中工学院)邓聚龙教授(1933—2013)首次提出了灰色系统理论,建立了一种解决具有较高灰性或不确定性信息问题的新方法。灰色系统理论通过对可用信息的生成、挖掘和提取,使人们能够实现不确定性系统的建模、分析、监测和控制。20世纪60年代,扎德(Zadeh)博士提出模糊集的概念并在神经网络和软计算方面取得突破性进展,灰色系统理论建立在这些工作之上。

事实上,灰色系统理论结合了两个关键且重要的领域。首先它关注的是系统,试图将多种组成部分或子系统综合集成为一个具有整体功能的系统或系统的系统。系统科学致力于揭示研究对象和事件之间的深层联系和相互作用关系,从而促进了科学技术的丰富和发展。许多科学领域中长期难以解决的难题随着系统科学学科如信息论、协同学、组合数学、遗传学等及其方法论的应用迎刃而解。其次它关注的是隐含在自然或人造系统中的灰色或不确定性水平。事实上,大多数建模技术,包括模糊集在内,都是通过定义经验分布或假定分布来体现不确定性或随机性的存在。

与此不同,灰色系统理论提供了一种务实的系统建模、分析、监测和控制方法。刘思峰教授在邓教授早期的工作上作了很大的拓展。20世纪80年代,他提出了一系列新模型与新概念,包括序列算子、灰色绝对关联度、定权灰色聚类评估模型、灰色矩阵定位系数等。20世纪90年代,他提出了缓冲算子及其公理、广义灰色关联度、灰数及其信息测度、灰参数线性规划漂移及定位求解方法、灰色计量经济学模型、灰色生产函数模型等。最近,他又提出了基于核与灰度的一般灰数的概念、灰代数系统以及GM(1,1)系列新模型。

灰色系统理论的广泛认识和应用说明它正被越来越多的人所接受。世界各地的许多大学采用刘思峰教授的中文或英文专著作为他们的教科书。2002年,刘思峰教授获得了系统与控制世界组织(WOSC)奖;2008年,他作为杰出的中国学者被选为系统与控制世界组织(WOSC)荣誉会士;2013年,经过欧盟委员会的严格审查,他入选玛丽·居里国际人才引进行动计划,成为获此殊荣的首位灰色系统专家。

作为一个系统科学家和工程师,我很荣幸能为《灰色系统理论及其应用》(第八版)撰写序言.我非常期待它能够更为广泛地传播,期待灰色系统在科学和工程学科中普及应用.

James M.Tien

美国国家工程院院士

迈阿密大学工程学院特聘教授、名誉院长

(杨晓钰译,刘思峰审校)

# 前 言

作者针对教师教学和学生需要编写的两个普及版本第四版和第六版分别入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材、“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。所依托的南京航空航天大学“灰色系统理论”课程在2005年被评为江苏省精品课程,在2008年被评为国家精品课程,在2013年入选国家精品资源共享课程。

第八版在第六版的基础上,吸收近年来灰色系统研究的最新成果,根据读者反馈的意见和建议精心选材,着重讲解灰色系统基本理论和最常用的模型技术方法,尽量减少烦琐的数学推导;在理论阐述上力求简明扼要、深入浅出、通俗易懂;运用大量的实例说明常用灰色系统模型技术的应用过程,突出实际应用;同时注重数学基础的构筑、公理系统的建立和数学推证的严谨、精炼、准确,以更符合经典教科书的要求;精选复习思考题和课程实验,以更适合教学需要;力求用较少的篇幅较为系统地向读者展示灰色系统理论这一新学科的概貌及其前沿发展动态。

本书由刘思峰提出总体写作方案并组织撰稿。第1—6章和9.4节由刘思峰执笔;第7章由方志耕执笔;第8章由谢乃明执笔,9.1—9.3节由党耀国执笔;第10章及所附的计算机软件由曾波和郭勇陈执笔。全书由刘思峰统一审定。

本书出版得到了“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材、国家精品资源共享课程和国家级教学团队建设基金(10td128)资助。相关的工作曾得到欧盟第7研究框架玛丽·居里国际人才引进行动计划 Fellow (Senior) 项目 (Marie Curie International Incoming Fellowship under the 7th Framework Programme of the European Union, PEOPLE-IIF-GA-2013-629051)、Leverhulme Trust 基金会国际研究合作网络项目、国家自然科学基金委员会与英国皇家学会国际合作交流项目(71111130211)、国家自然科学基金(71671091, 91324003, 71371098, 71171113, 71071077, 90924022, 70473037, 70971064, 70901041)的资助。美国工程院院士、IEEE 总会前学术主席 James M. Tien 在百忙之中为本版作序。灰色系统理论创始人邓聚龙教授,模糊数学创始人扎德教授,协同学创始人 H. Haken 教授,系统与控制世界组织主席 R. Vallee 教授,加拿大皇家科学院院长 K. W. Hipel 教授,中国科学院林群院士、陈达院士、胡海岩院士、赵淳生院士、中国工程院王众托院士、许国志院士、杨善林



院士等许多著名学者、专家和灰色系统研究同仁都曾对我们的工作给予热情鼓励和鼎力支持,科学出版社领导和编辑更是通力合作,在此,作者一并表示衷心感谢!

限于作者水平,书中的缺点和疏漏在所难免,殷切期望有关专家和广大读者批评指正.

作者

2017年2月

# 目 录

第1章	灰色系统的概念与基本原理	1
1.1	灰色系统理论的产生与发展	1
1.2	灰色系统的概念与基本原理	11
	复习思考题	13
第2章	灰数及其运算	15
2.1	灰数	15
2.2	灰数白化与灰度	16
2.3	灰数灰度的公理化定义	19
2.4	区间灰数的运算	21
2.5	一般灰数及其运算	23
	复习思考题	29
第3章	序列算子与灰色信息挖掘	31
3.1	引言	31
3.2	冲击扰动系统与缓冲算子	32
3.3	实用缓冲算子的构造	35
3.4	均值生成算子	39
3.5	准光滑序列与级比生成算子	41
3.6	累加生成算子与累减生成算子	42

3.7	累加生成序列的灰指数规律	44
	复习思考题	46
<b>第4章</b>		
	灰色关联分析模型	49
4.1	引言	49
4.2	灰色关联因素和关联算子集	52
4.3	灰色关联公理与邓氏灰色关联度	55
4.4	灰色绝对关联度	57
4.5	灰色相对关联度与灰色综合关联度	61
4.6	相似关联度、接近关联度和三维关联度	64
4.7	优势分析	69
	复习思考题	73
<b>第5章</b>		
	灰色聚类评估模型	76
5.1	灰色关联聚类模型	76
5.2	灰色变权聚类评估模型	79
5.3	灰色定权聚类评估模型	83
5.4	基于混合可能度函数的灰色聚类评估模型	87
	复习思考题	90
<b>第6章</b>		
	GM 系列模型	92
6.1	GM(1, 1)模型的基本形式	92
6.2	不同 GM(1, 1)模型适用的序列类型	98
6.3	残差 GM(1, 1)模型	104
6.4	GM(1, 1)模型群	109
6.5	GM(0, N)模型	112
6.6	灰色 Verhulst 模型	113
	复习思考题	116
<b>第7章</b>		
	灰色组合模型	118
7.1	灰色经济计量学模型	119
7.2	灰色生产函数模型	125
7.3	灰色线性回归组合模型	128
7.4	灰色马尔可夫模型	131

复习思考题	136
<b>第 8 章</b>	
灰色系统预测	138
8.1 引言	138
8.2 数列预测	140
8.3 区间预测	142
8.4 灰色灾变预测	144
8.5 波形预测	147
复习思考题	150
<b>第 9 章</b>	
灰色决策模型	153
9.1 灰色决策的基本概念	153
9.2 灰靶决策	155
9.3 多目标加权灰靶决策模型	158
9.4 “最大值准则”决策悖论及其求解模型	163
复习思考题	169
<b>第 10 章</b>	
课程实验	171
10.1 灰色系统建模软件的主要特点	172
10.2 灰色系统建模软件的模块构成	173
10.3 灰色系统建模软件应用实验	175
参考文献	185
名词术语中英文对照	194



# 灰色系统的概念与基本原理

## 1.1 灰色系统理论的产生与发展

### 1.1.1 灰色系统理论产生的科学背景

现代科学技术在高度分化的基础上出现了高度综合的大趋势,导致了具有方法论意义的系统科学学科群的涌现.系统科学揭示了事物之间更为深刻、更具本质性的内在联系,大大促进了科学技术的整体化进程;许多科学领域中长期难以解决的复杂问题随着系统科学新学科的出现迎刃而解;人们对自然界和客观事物演化规律的认识也由于系统科学新学科的出现而逐步深化.20世纪40年代末期诞生的系统论、信息论、控制论,60年代末70年代初产生的耗散结构理论、协同学、突变论、分形理论以及70年代中后期相继出现的超循环理论、动力系统理论、混沌理论等都是具有横向性、交叉性的系统科学新学科.

在系统研究过程中,由于系统内外扰动的存在和人类认识能力的局限,人们所获得的信息往往带有某种不确定性.随着科学技术的发展和人类社会的进步,人们对各类系统不确定性的认识逐步深化,对不确定性系统的研究也日益深入.20世纪60年代以来,多种不确定性系统理论和方法被相继提出,其中扎德(L. A. Zadeh)教授于60年代创立的模糊数学(fuzzy mathematics)(Zadeh L A, 1965),邓聚龙教授于80年代创立的灰色系统理论(邓聚龙, 1982),帕夫拉克(Z. Pawlak)教授于80年代创立的粗糙集理论(rough sets theory)(Pawlak Z, 1991)等,都是产生了广泛国际影响的不确定性系统研究之重要成果.这些成果从不同视角、不同侧面论述了描述和处理各类不确定性信息的理论和方法.

1982年,中国学者邓聚龙教授创立的灰色系统理论,是一种研究小数据、贫信息不确定性问题的新方法.该理论以“部分信息已知,部分信息未知”的“小数据”“贫信息”不确定性系统为研究对象,主要通过“部分”已知信息的挖掘,提取有价值的信息,实现对

系统运行行为、演化规律的正确描述和有效监控. 现实世界中普遍存在的“小数据”“贫信息”不确定性系统, 为灰色系统理论提供了丰富的研究资源和广阔的发展空间.

### 1.1.2 邓聚龙教授首创灰色系统理论

按照辩证唯物主义的科学技术发展观, 任何一种新理论、新学科的产生都有必然性和偶然性两个方面. 科学技术发展规律决定了在一定历史时期、一定发展阶段, 必然会有某种新理论、新学科应运而生; 而在科学发展的分支点上, 扬弃已有理论、创立新理论、新学科的工作则需要具有超人胆略和非凡智慧的科学家来完成, 具备这种特质的科学家的出现又是偶然的. 纵观自然科学发展史, 不少著名科学家处在科学发展的关键分支点上, 几乎就要踏上新理论的门槛, 却由于思想为传统观念和业已形成的框框所禁锢, 长期徘徊歧路, 最终未能跨出那决定性的一步!

灰色系统理论作为一门新兴的横断学科, 它的产生首先是社会需要和科学发展的必然结果; 同时也是其创始人邓聚龙教授数十年锲而不舍、不懈求索的结晶. 邓聚龙教授是一位富于开拓进取精神, 并具有非凡智慧和胆略的科学家. 因此他能够顺应社会需要和科学发展规律, 在科学发展的分支点上创立新学科并获得巨大成功.

1933年, 邓聚龙出生于湖南省涟源县. 1955年, 在华中工学院电机专业毕业后留校, 转到自动控制工程系任教. 读书期间, 他十分重视数学课程的学习, 并注意跟踪数学及相关科学领域的新思想、新发现, 这无疑为他后来从事多变量系统控制问题的研究奠定了坚实的基础. 1965年, 邓聚龙基于对国产 T61 K 重型机床进给系统控制的科学实验, 提出了“多变量系统去余控制理论”. 他撰写的题为《多变量线性系统并联校正装置的一种综合方法》的学术论文在《自动化学报》第3卷第1期发表后, 当时的苏联科学院对他的研究成果作了摘要介绍. 20世纪70年代初期, 在美国召开的控制理论国际会议上, “多变量系统去余控制”被作为一种具有代表性的方法给以肯定.

1965年, 美国加利福尼亚大学伯克利分校的扎德教授提出了模糊集系统理论. 邓聚龙开始积极关注扎德教授的工作, 后来应邀担任过多种模糊数学期刊的编委. 20世纪70年代中后期, 我国改革开放的大潮风起云涌, 为服务改革发展大计, 邓聚龙教授在“经济系统预测、控制问题”研究方面投入了较多的精力. 面对大量“部分信息已知, 部分信息未知”的一类不确定性系统, 如何找到一种有效的方法来描述其运行行为和演化机制? 邓聚龙教授和他的同事进行了十分艰辛而又卓有成效的探索.

1982年, 北荷兰出版公司出版的《系统与控制通讯》(*Systems & Control Letters*)杂志刊载了中国学者邓聚龙教授的第一篇灰色系统论文《灰色系统的控制问题》(*The Control Problems of Grey Systems*) (Deng J L, 1982); 同年, 《华中工学院学报》刊载了邓聚龙教授的第一篇中文灰色系统论文《灰色控制系统》(邓聚龙, 1982). 这两篇开创性论文的公开发表, 标志着灰色系统理论这一新兴横断学科的问世. 当时的《系统与控制通讯》主编、哈佛大学著名学者布洛基(R. W. Brockett)教授转给邓聚龙教授匿名审稿人对《灰色系统的控制问题》一文的评价: “这篇文章所有内容都是新的, 灰色系统一词属于首创”, 充分肯定了邓聚龙教授的创造性工作.

灰色系统理论诞生后, 立即受到国内外学术界和广大实际工作者的积极关注, 不少著

名学者和专家给予充分肯定和大力支持,许多中青年学者纷纷加入灰色系统理论研究行列,以极大的热情开展理论探索以及在不同领域中的应用研究工作.灰色系统理论在众多科学领域中的成功应用,尤其是在全国各地经济区划和区域发展战略规划研究和制订过程中的大量应用,使其能够在很短的时间内迅速奠定了一门新学科的学术地位,其蓬勃生机和广阔发展前景也日益为社会各界所认识.

2007年,在首届IEEE灰色系统与智能服务国际会议上,邓聚龙教授荣获灰色系统理论创始人奖;2011年,在系统与控制世界组织(WOSC)第15届年会上,邓聚龙教授当选系统与控制世界组织(WOSC)荣誉会士(Honorary Fellow).

### 1.1.3 走向世界的灰色系统理论

目前,美国、英国、德国、法国、日本、罗马尼亚、澳大利亚、加拿大、匈牙利、波兰、俄罗斯、南非、土耳其、荷兰、伊朗、韩国、朝鲜和我国港澳台地区等有许多知名学者从事灰色系统理论的研究和应用.1989年在英国创办的英文版国际学术刊物《灰色系统学报》(*The Journal of Grey System*)已成为《英国科学文摘》(SA)、《美国数学评论》(MR)和《科学引文索引》(SCI)等重要国际文摘机构的核心期刊;1997年在中国台湾创办的中文版学术刊物《灰色系统学刊》,2004年改为英文版,刊名为*Journal of Grey System*.2010年2月,英国著名期刊出版集团Emerald董事会决定,支持南京航空航天大学灰色系统研究所创办新的国际期刊*Grey Systems: Theory and Application*.全世界有数千种学术期刊接受、刊登灰色系统论文,其中包括各个科学领域的国际顶级期刊;近年来,系统与控制世界组织会刊*Kybernetes*(Emerald出版集团,SCI源期刊)先后出版了十多期灰色系统专辑;美国计算机学会会刊、《模糊数学通讯》、《南京航空航天大学学报(英文版)》、海洋出版社、农业出版社、河南大学出版社、华中理工大学出版社、IEEE出版集团、Springer-Verlag等出版了灰色系统专辑和论文集.

国内外许多著名大学开设了灰色系统理论课程.在南京航空航天大学,不仅博士和硕士研究生开设了灰色系统理论课程,而且灰色系统理论作为全校各专业的公共选修课受到同学们的欢迎.2008年,灰色系统理论入选国家精品课程;2013年,又被遴选为国家精品课程资源共享课程,成为向所有灰色系统爱好者免费开放的学习资源.

中国的华中科技大学、南京航空航天大学、武汉理工大学、福州大学,加拿大Waterloo大学、Toronto大学,英国De Montfort大学,土耳其Bogazici大学,南非Cape Town大学,罗马尼亚Bucharest经济大学,日本Kanagawa大学和中国台湾的多所大学招收、培养灰色系统专业方向的博士研究生和博士后研究人员,世界各国高等学校计有数万名硕士、博士研究生运用灰色系统的思想方法开展科学研究,撰写学位论文.

国内外许多出版机构如科学出版社、国防工业出版社、华中科技大学出版社、江苏科学技术出版社、山东人民出版社、科学技术文献出版社、中华科技图书出版社、高立图书有限公司、日本理工出版社、美国IIGSS学术出版社和Taylor & Francis出版集团、德国Springer-Verlag出版公司……出版了多种不同语种的灰色系统学术著作100余种,包括简体中文版、繁体中文版、英文版、日文版、韩文版、罗马尼亚文版、德文版等.

先后有100多项灰色系统理论及应用研究课题获得中国国家自然科学基金和欧盟、英

国皇家学会、英国 Leverhulme Trust 基金会和加拿大、西班牙、罗马尼亚等国家基金支持。

一批新兴边缘学科如灰色水文学、灰色地质学、灰色育种学、灰色医学、区域经济灰色系统分析……应运而生。国家及各省、市科学基金积极资助灰色系统研究,每年都有一大批灰色系统理论或应用研究项目获得各类基金资助。据统计,全国各地有 300 多项灰色系统成果获得国家或省部级奖励;2002 年,我国灰色系统学者刘思峰教授获系统与控制世界组织奖。

据不完全统计,SSCI, SCI, EI, ISTP, SA, MR, MA 等国际权威检索机构收录我国学者的灰色系统论文超过 30000 篇。1993 年,国家科学技术委员会编撰出版的《中国科学技术蓝皮书(第 8 号)——中国软科学》一书肯定了中国学者创立的三种软科学新方法,包括钱学森教授提出的“综合集成研讨厅系统”、华罗庚教授提出的“国民经济大范围优化模型”和邓聚龙教授提出的“灰色系统理论”。2008 年,中国科学技术协会组织编撰的“学科发展研究系列报告(2007—2008)”把灰色系统理论作为我国管理科学与工程学科的创新性成果之一重点介绍。

自 1984 年以来,共召开了 28 次全国灰色系统理论及应用学术会议,2006 年起,多次会议受到中国高等科学技术中心(李政道先生任中心主任,周光召院士、路甬祥院士任副主任)资助,极大地促进了灰色系统理论的发展。

许多重要国际会议如不确定性系统建模国际会议、系统预测控制国际会议、国际一般系统研究会年会、系统与控制世界组织年会、IEEE 系统、人与控制国际会议、计算机与工业工程国际会议……把灰色系统理论列为讨论专题。灰色系统理论成为许多重要国际会议关注、讨论的热点,对于世界系统科学界同行进一步了解灰色系统理论无疑会起到积极作用。2007 年,2009 年,2011 年,2013 年,2015 年,第 1—5 届 IEEE 灰色系统与智能服务国际会议(IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, IEEE GSIS)分别在南京、澳门和英国 Leicester 召开,每次会议都收到来自中国、美国、英国、德国、法国、西班牙、瑞士、匈牙利、波兰、日本、南非、俄罗斯、土耳其、罗马尼亚、荷兰、马来西亚、伊朗、乌克兰、哈萨克斯坦、巴基斯坦、哥伦比亚,以及中国台湾、中国澳门、中国香港等国家和地区学者的大量投稿,5 届会议录用的 1000 多篇论文均被 EI Compendex 收录,其中 300 多篇优秀论文分别由 *Kybernetes*, *Grey Systems: Theory and Application*, *The Journal of Grey System*, 《南京航空航天大学学报(英文版)》和 Springer-Verlag 出版。

著名科学家钱学森、模糊数学创始人 L. A. Zadeh(美)、协同学创始人 Herman Haken(德)、IEEE 总会前学术主席兼美国工程院院士 James M. Tien(美)、系统与控制世界组织主席 Robert Valee(法)和秘书长 Alex Andrew(英)、加拿大皇家科学院院长 K. W. Hipel(加)和中国科学院杨叔子院士、熊有伦院士、林群院士、陈达院士、赵淳生院士、胡海岩院士,中国工程院许国志院士、王众托院士、杨善林院士等著名学者曾对灰色系统研究给予高度评价。

2005 年,经中国科学技术学会和国家民政部批准,中国优选法统筹法与经济数学研究会成立了灰色系统专业委员会。2008 年初,IEEE 灰色系统委员会正式成立。2012 年,英国 De Montfort 大学资助并组织召开了欧洲灰色系统研究协作网第一届会议。2013 年,刘思峰教授入选欧盟委员会第 7 研究框架玛丽·居里国际人才引进行动计划 Fellow (Senior) (Marie Curie



International Incoming Fellowships, PIIF-GA-2013-629051). 与此同时, 由欧洲、北美和中国代表参加的灰色系统研究协作网获得 Leverhulme Trust 基金会资助, 2015 年, 由中国、英国、美国、加拿大、西班牙、罗马尼亚等国家的知名学者共同发起, 国际灰色系统与不确定分析学会 (International Association of Grey System and Uncertainty Analysis, GSUA) 正式成立.

灰色系统理论作为一门新兴学科已以其强大的生命力自立于科学之林.

#### 1.1.4 不确定性系统的特征与科学的简单性原则

信息不完全、不准确是不确定性系统的基本特征. 系统演化的动态特性、人类认识能力的局限性和经济、技术条件的制约, 导致不确定性系统的普遍存在.

##### 1. 信息不完全

信息不完全是不确定性系统的基本特征之一. 系统信息不完全的情况可以分为以下四种:

- (1) 元素(参数)信息不完全;
- (2) 结构信息不完全;
- (3) 边界信息不完全;
- (4) 运行行为信息不完全.

在人们的社会、经济活动或科研活动中, 会经常遇到信息不完全的情况. 例如, 在农业生产中, 即使是播种面积、种子、化肥、灌溉等信息完全明确, 但由于劳动力技术水平、自然环境、气候条件、市场行情等信息不明确, 仍难以准确地预计出产量、产值; 再如, 生物防治系统, 虽然害虫与其天敌之间的关系十分明确, 但却往往因人们对害虫与饵料、天敌与饵料、某一天敌与别的天敌、某一害虫与别的害虫之间的关联信息了解不够, 生物防治难以收到预期效果; 价格体系的调整或改革, 常常因为缺乏民众心理承受力的信息, 以及某些商品价格变动对其他商品价格影响的确切信息而举步维艰; 在证券市场上, 即使最高明的系统分析人员亦难以稳操胜券, 因为测不准金融政策、利率政策、企业改革、政治风云和国际市场变化及某些板块价格波动对其他板块之影响的确切信息; 一般的社会经济系统, 由于其没有明确的“内”“外”关系, 系统本身与系统环境、系统内部与系统外部的边界若明若暗, 难以分析输入(投入)对输出(产出)的影响.

信息不完全是绝对的, 信息完全则是相对的. 人们以其有限的认识能力观测无限的时空, 不可能得到所谓的“完全信息”. 概率统计中的“大样本”实际上表达了人们对不完全的容忍程度. 通常情况下, 样本量超过 30 即可视为“大样本”, 但有时候即使收集到数千甚至几万个样本也未必能找到潜在的统计规律.

##### 2. 数据不准确

不确定性系统的另外一个基本特征是数据不准确. 不准确与不精确的含义基本相同, 表达的都是与实际数值存在误差或偏差. 从不准确产生的本质来划分, 又可以分为概念型、层次型和预测型三类.

###### 1) 概念型

概念型不准确源于人们对某种事物、观念或意愿的表达. 例如, 人们通常所说的“大”