

纪
念
灰
色
系
统
理
论
创
立
十
周
年

全国灰色系统学术讨论会('93, 郑州)论文选辑

灰色系统学术论文集

刘思峰

史开泉

主 编

总 顾 问

邓 聚 龙

河南大学出版社

全国灰色系统学术讨论会（'93, 郑州）论文选辑

灰色系统学术论文集

主 编	刘思峰	史开泉			
总顾问	邓聚龙				
副主编	程 庆	郭天榜	胡庆贺	吴大寿	
	王清印	杨春法	杨澜山	赵 理	

河南大学出版社

内 容 提 要

本书分“理论、方法、模型(上编)”和“应用新成果(下编)”两大部分,共收入论文91篇。全部文章都是从全国灰色系统学术讨论会('93,郑州)316篇来稿中精选出来的优秀论文,收入本书前又经过了严格二审。上编主要内容包括灰数、灰代数、灰信息、灰生成、灰导数、灰方程、灰矩阵、灰关系及关于灰色系统建模、灰关联分析、灰色聚类、多维灰评估模型和灰色组合模型等方面的最新研究结果;下编收入了灰色系统理论在宏观经济分析、产业结构优化、区域规划、技术进步、灾害预测及工业、农业、林业、水利、医药、生物、生态和广告、电力等领域的一些新的应用成果。

这是一本具有横断学科特色、内容丰富的灰色系统学术论文专辑,可供灰色系统理论研究、应用、教学人员和各专业技术人员、管理人员参阅,亦可作为高年级大学生和研究生的学习参考书。

灰 色 系 统 学 术 论 文 集

刘思峰 史开泉 主 编

总顾问 邓聚龙

责任编辑 黄婉蓉 宋振明 刘秋香 叶耀军

河南大学出版社出版

(开封市明伦街85号)

河南省新华书店发行

河南省科委印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 24.625 字数: 551千字

1993年2月第1版 1993年2月第1次印刷

印数: 1—1000册 定价: 16.80元

统一书号: ISBN7—81018—829—1/O·47

《灰色系统学术论文集》编辑委员会

总顾问

邓聚龙

特邀学术顾问

孙荣光 林治勋 李志杰 杨雷 赵仁杰 王雪生
亓国瑞 孙尚俭 贾欣昊 朱永达 段铁成 杨振德
邓琦 周强

主编

刘思峰 史开泉

副主编(按姓氏拼音音序排列)

程庆 郭天榜 胡庆贺 吴大寿 王清印 杨春法
杨润山 赵理

编委(按姓氏拼音音序排列)

陈绵云 程庆 曹守明 党耀国 DAVID K.W.NG
公庆刚 郭洪 郭天榜 何勇 胡庆贺 贾勇
李秀丽 李自豪 林文 刘开第 刘思峰 刘希强
刘秋香 罗建军 罗庆成 史本广 史开泉 涂蕙莹
吴大寿 吴恺中 王全忠 王清印 王学萌 王义闹
王子亮 夏军 熊本俊 徐玖平 杨春法 杨万才
杨润山 姚兴涛 殷百明 岳常安 赵理 赵云胜
郑国清 邹开其

编辑部

刘思峰 程庆 党耀国 林文 郑国清 赵德英
刘秋香 侯云先 李秀丽 李尊祖 宋振明 黄婉蓉
张斌 叶耀军

前 言

您面前的这本集子是我们为庆祝灰色系统理论创立十周年而筹办的系列纪念活动的重要组成部分。我们希望通过《文集》出版促进我国著名学者邓聚龙教授创立的灰色系统理论日益繁荣、发展和更为广泛、深入地推广应用，进一步巩固我国在灰色系统研究领域中的国际领先地位；同时也为广大灰学同仁提供一个交流新观点、新思想，展示、发表最新研究成果的机会。

这一活动得到全国各地从事灰色系统理论和应用研究的学者、专家的热情支持。统计到征文截止日期，我们共收到应征论文316篇。以后又陆续收到22篇。超过截止日期文章，虽已难以收入《文集》，我们仍组织有关专家一一研谈，写出评审意见寄给作者，以利修改后发表、交流。限于经费和篇幅，不少有水平、有见地的优秀论文未能收入《文集》，我们已分别建议其改投有关学术刊物。我们热切地呼吁，请有条件的学者、单位考虑不断地组织出版灰色系统理论研究方面的学术论文集，尽量缩短灰学论文的发表周期！

本书分“理论、方法、模型（上编）”和“应用新成果（下编）”两大部分，共收入论文91篇。全部文章都是从全国灰色系统学术讨论会（‘93，郑州）316篇来稿中精选出来的优秀论文，收入本书前又经过了严格二审。上编主要内容包括灰数、灰代数、灰信息、灰生成、灰导数、灰方程、灰矩阵、灰关系及关于灰色系统建模、灰关联分析、灰色聚类、多维灰评估模型和灰色组合模型等方面的最新研究结果；下编收入了灰色系统理论在宏观经济分析、产业结构优化、区域规划、技术进步、灾害预测及工业、农业、林业、水利、医药、生物、生态和广告、电力等领域的一些新的应用成果。较为全面地反映了灰色系统理论的最新研究动态。

《文集》出版工作得到灰色系统理论创始人邓聚龙教授和武汉灰色系统研究会、中国优选法统筹法与经济数学研究会及河南省双法与经济数学研究分会、河南省软科学技术研究会、河南省系统工程学会、山东聊城师院灰色系统研究所、河北煤建工程学院不确定性数学研究所以及山西农科院资源所系统工程研究室有关领导、专家的热情鼓励和支持；

河南省人民政府、河南省科学技术委员会、河南省科学技术协会、河南省教育委员会、河南省科技投资总公司、河南省自然科学基金委员会、河南省教委自然科学基金委员会、河南农业大学和河南大学出版社有关领导、专家对该项活动给予多方面的指导、帮助和扶持；

河南省灰色系统研究分会、河南农业大学应用数学研究室与河南大学出版社自然科学编辑室的各位灰学同仁在论文征集和《文集》出版过程中作了大量耐心、细致而又卓有成效的工作；

河南省科委印刷厂的同志们为该书的出版付出了辛勤的劳动，出色地完成了排印任务；

编委会向上述所有单位和个人，向关心、支持该项活动的社会各界人士和全体应征论文作者表示衷心感谢！

《灰色系统学术论文集》编委会

1992年9月12日

横断学科群中升起的一颗新星

刘思峰

现代科学技术在高度分化的基础上高度综合的大趋势，导致了具有方法论意义的横断学科群的出现。横断学科揭示了事物之间更深刻、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；许多学科中长期难以解决的复杂问题随着横断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横断学科的出现而逐步深化。本世纪四十年代末期诞生的系统论、信息论和控制论及产生于六十年代末、七十年代初的耗散结构理论、协同学和突变论都是具有横向性、交叉性的新兴学科。1982年，我国著名学者邓聚龙教授创立的灰色系统理论，则是横断学科群中升起的又一颗光彩夺目的新星。

一、灰色系统理论的产生与发展动态

1982年，北荷兰出版公司（North Holland Press Co.）的《系统与控制通讯》（System & Control Letters）杂志上发表了我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）。1982年第3期《华中工学院学报》发表了邓聚龙教授的第一篇中文灰色系统论文“灰色控制系统”。宣告了灰色系统理论这一新兴横断学科的诞生。灰色系统理论以其全新的思想、全新的方法、全新的模型揭示了系统发展、演化的规律，使我们对复杂系统之行为特征的探索和描述大大简化；众多科学领域及社会、经济系统的研究效率由于灰色系统理论的产生而成倍提高。

国内外许多著名系统科学专家如钱学森教授、宋健教授、威格尔教授、洛克特教授和乌耶莫夫教授等都对灰色系统理论给予充分肯定和支持。邓聚龙教授的第一篇英文灰色系统论文就是由宋健教授推荐给洛克特教授主编的权威性杂志《系统与控制通讯》的。

中国、美国、日本、法国、西德、加拿大、澳大利亚、瑞士、俄罗斯等国家的一大批不同领域的学者纷纷加入灰色系统研究行列，以极大的热情开展理论探索及在各个科学领域中的应用研究。从1985年国防工业出版社出版邓聚龙教授的第一部灰色系统理论专著《灰色系统（社会、经济）》以来，短短几年中，已有40部灰色系统著作相继出版发行；1989年，国际刊物“The Journal of Grey System”（英文版）正式创刊，至今已出版14期，共发表论文121篇，其中半数以上被国际四大检索杂志《数学评论》（Mathematical Reviews）、《数学文摘》（Mathematical Abstract）、《工程检索》（Engineering Index）和《学术交流》（Dialog）摘引；1991年，国内第一家灰色系统专业学术期刊《灰色系统理论与实践》（中、英文兼收）创刊。现已出版2期，发表论文40篇，到1992年底，在国内外160多家学术刊物上发表的灰色系统论文已有600多

篇；在十年中先后召开的7次全国灰色系统学术讨论会上，共宣读、交流灰色系统论文1068篇；另外，许多国际、国内学术会议接受灰色系统论文或把灰色系统列为讨论专题；目前，已有60多所院校开设灰色系统课程，数百名博士、硕士研究生运用灰色系统的思想方法开展研究工作、撰写学位论文；一批灰色系统理论研究课题获得国家或省（市）各类科学基金资助，几年来，有150多个行业、部门及县（市）或地区运用灰色系统的思想、方法和模型制定总体发展规划，已经收到显著的社会、经济效益。

短短几年中，灰色系统理论已以其强大的生命力自立于科学之林，奠定了其作为一门新的横断学科的学术地位。在全国第七次灰色系统学术讨论会上，中国科学院学部委员陈克强教授说：“自然科学各学科诞生之初，能在十年内迅速突破、获得重大发展的为数不多，灰色系统理论就是其中之一”。

灰色系统理论的蓬勃生机和广阔的发展前景正日益广泛地为社会所认识、所重视。

二、“灰学之父”邓聚龙教授

灰色系统理论这一新的横断学科的产生，是社会需要及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、辛勤探索的光辉结晶。按照辩证唯物主义的科学技术观，任何一种新学科、新理论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、一定发展阶段上，必然会有新的学科、新的理论应运而生；而在科学发展的分支点上，扬弃旧理论、提出新理论的工作则需要具有超人的胆略和智慧的科学家来完成，具备这种素质的科学家的出现又是偶然的。纵观自然科学发展史可以看出，不少著名科学家处在关键的分支点上，眼看就要踏上新理论的门坎，却由于思想为传统观念所禁锢，长期徘徊歧路，最终未能迈出那决定性的一步！

邓聚龙教授就是一位具有超人的胆略和智慧、富于开拓进取精神的科学家。这是他在科学发展的分支点上顺应社会需要和科学发展规律，提出新理论并获得巨大成功的主要原因。

邓聚龙于1933年出生于湖南省涟源县，17岁考入华中工学院读自动控制专业。读书期间，他广泛地研读了现代数学各主要分支的经典著作，并注意跟踪数学及其他科学领域中的新思想、新发现，为以后的研究打下了坚实的基础。1955年毕业留校后，他主要致力于多变量系统控制方面的研究工作，六十年代，年仅二十几岁的邓聚龙提出了“多变量系统去余控制理论”，国内权威性的《中国科学》和《自动化学报》等刊物发表了她的论文和研究报告。当时的苏联科学院对他的研究成果作了摘要介绍（俄文）。七十年代初，在美国召开的一次国际控制理论会议上，“多变量系统去余控制”被作为一种有代表性的方法加以肯定。

邓聚龙从六十年代后期开始从事“模糊系统”及“经济系统预测、控制”等方面的研究工作。此后，他接触并研究了大量部分信息已知、部分信息未知的具有某种不确定性的系统，这些系统的行为特征难以用模糊数学、随机过程或模糊随机过程的方法进行描述。如何实现这类系统的确切描述和有效控制呢？邓聚龙和他带领的研究小组围绕这一饶有兴趣的问题开始了艰苦而又卓有成效的研究，并终于在1982年开拓出灰色系统这一崭新的研究领域。《系统与控制通讯》主编、哈佛大学教授洛克特在接受了邓聚龙的第

一篇英文灰色系统论文后，立即代表编辑部转来了如下评语：“灰色系统一词首创！灰色系统所有结果都是新的。”

1990年在美国举行的国际不确定系统建模学术会议上，邓聚龙教授作的关于灰色系统理论的学术报告由法定的15分钟经代表一致要求，大会主席特许一再延长，最后破例延长到两个半钟头，使当天的会议几乎成了灰色系统专题。

数年来，邓聚龙教授为灰色系统理论的创立和发展呕心沥血，不懈地耕耘。他以惊人的毅力和丰硕的成果向人们展示出中国知识分子顽强拼搏进取的风范。邓聚龙教授先后在国内外学术刊物发表论文120多篇，其中近半数是用英文撰写的；1985年以来，相继出版了8部专著，主编中文和英文灰色系统文集各一本；他是“The Journal of Grey Systems”和《灰色系统理论与实践》两个刊物的主编及“Fuzz Sets & Systems”，“Fuzzy Systems & Artificial Intelligence—Reports and Lettes”“Fuzzy Initiative North Rhine—Westfalia”，“Fuzzy Systems Letters & Reports”等多个国际刊物的编委。

作为博士研究生指导教师，邓聚龙教授满腔热情地关心着新一代科学工作者的成长，在他的指导和帮助下，一大批青年学者迅速成长起来，他的第一批研究生及全国各地高校中许多较早从事灰色系统理论和应用研究的中青年教师被破格晋升为教授、副教授。

由于邓聚龙教授的学术成就和突出贡献，他已被录入“Who's Who in the world”（美国）等多部国际名人传记。

三、献身灰色事业的人们

十年来，投身于灰色园地辛勤耕耘的国内外学者已难胜数。在国外，成就显著的灰色系统研究人员也不下百人。国内灰色系统研究人员已遍布包括西藏在内的各个省（市）、区以及港、澳、台地区。^①目前，湖北、河南、河北、山东、山西、宁夏、浙江等地已相继建立了灰色系统研究组织（包括研究会、研究所和研究室等），使各地的灰色系统研究工作逐步地由分散的单枪匹马、各自为战走上有组织、系统化联合作战、协同攻关的轨道。

一批矢志献身灰色系统研究事业的学者，在邓聚龙教授的指导下，戮力同心，为灰色系统的传播、推广、发展、完善，为巩固我国在灰色系统研究领域的国际领先地位做出了重要贡献。

如武汉灰色系统研究会的陈绵云教授和郭洪、殷伯明、肖克军、徐小鸽等几位老师，在灰色系统理论创立初期，多次组织印刷邓聚龙教授撰著的《灰色系统理论讲义》，与各地联合举办灰色系统研究班，传播、推广灰色系统理论，使灰色系统研究队伍迅速壮大。同时，陈绵云教授还在灰色系统稳定性、可控性、镗床灰色控制、柳州市发展规划研究方面作出了重要贡献；郭洪老师在灰色关联度分辨系数及广义灰色关联度研究、灰色控制系统、灰色聚类诊断等研究方面取得了可喜的成就；殷伯明副编审曾为邓聚龙教授的数部著作担任责任编辑，为灰色系统发展做出了历史性的贡献，他还在出版

注①见《灰色系统十年成果》，全国第七次灰色系统学术讨论会展览汇编，1992。

业灰色预测等方面研究中作出了出色的工作。目前，陈绵云教授指导灰色系统方向的硕士研究生；郭洪老师负责主持JGS编辑部的日常工作；殷伯明先生致力于灰色系统软件的编辑出版工作。

山西省农科院资源所王学萌副研究员、罗建军工程师、张沁文研究员和聂宏声、李晋陵、雷锦霞、穆月英、郭常莲等老师也为灰色系统理论的发展做出了积极贡献。是他们在国内首次请邓聚龙教授举办灰色系统理论学习班，组织召开了“全国第一届灰色系统与农业学术讨论会”，编辑出版《灰色系统与农业论文集》。邓聚龙教授多次把山西省农科院资源所喻为灰色系统的“延安”，对他们的工作给以肯定和赞誉。他们将灰色系统理论和方法应用于农业区划、区域规划及农村经济发展研究，取得了一批有很高价值的成果，其中“灰色系统理论在农业区划中的应用”等7项成果获山西省科技进步奖和软科学成果奖。由王学萌、罗建军先生等潜心研制开发的灰色系统应用软件，在全国广泛推广应用，对灰色系统理论的发展起到了重要推动作用。他们还先后发表灰色系统理论及应用论文80多篇，出版《灰色系统预测决策建模程序集》、《农村经济灰色系统分析——模型、方法与应用》和《灰色系统模型在农村经济中的应用》三部灰色系统著作。

原浙江省农业厅孙万鹏厅长在灰色表现学、价值学、改革学、调查学、选择学等崭新的领域中辛勤耕耘，三年中出版5部专著，扩大了灰色系统理论在学术界的影响。

浙江农业大学罗庆成副教授、薛紫华高级官员及何勇先生、河南省水利学校邓琦高级工程师、郑州市水利局周强高级工程师、新乡市水利局胡斌武副总工、河北农业大学宋福祥教授、刘铁成老师、定州市区划办周俊然工程师、上海工业大学严智渊先生等都曾举办灰色系统讲习班，积极推广灰色系统理论。严智渊、罗庆成先生组织出版了第一套灰色系统丛书，为普及灰色系统理论立下首功。罗庆成、薛紫华、何勇及浙江省灰研会和浙江农大的倪焱、杨义群、樊龙江等都在灰色系统的研究、应用领域多所建树。邓琦、周强、胡斌武先生的研究工作侧重在水利、电力发展预测、决策领域，成果卓著，出版了《水资源灰色系统预测与决策》专著，邓琦、冯清奎早期与邓聚龙教授合作进行的“人民胜利渠灌溉决策”研究曾被多部灰色系统著作引用。宋福祥、刘铁成、周俊然先生较早应用灰色系统理论研究农业区划问题，他们在易县和定州发展规划研究中作了十分出色的工作。

河北煤建工程学院不确定性数学研究所所长王清印教授是一位在灰色系统研究方面很有造诣的中年学者。近年来共在美国、日本、波兰等地召开的国际会议及国际、国内学术刊物发表论文81篇，出版4部灰学专著。他首次提出泛灰数、泛灰集合、泛灰代数概念，建立了泛灰数学理论。他的工作受到模糊数学创始人扎德教授和灰色系统理论创始人邓聚龙教授的高度评价，在灰学界产生了较大影响。他和他的同事们将灰色系统理论成功地应用于经济、水文地质及建工等领域中，取得了一批有价值的成果，其中一项获省级科技进步奖。目前，他正在为河北省灰研会的成立而奔波。

河北邯郸市是灰学研究的中心之一，那里集中了一批优秀的灰色系统研究人员，象不确定性数学研究所的吴和琴、刘开第副教授和王义阂、赵润华、鹿彦军、李树文先

生，邯郸教育学院的岳常安、王爱天、刘吉、李金辉先生、邯郸幼师的霍兴常先生，煤建工程学院的倪天智院长等，都为灰色系统理论的发展做出了不可磨灭的贡献。

山东聊城师院灰色系统研究所为灰学发展所作的巨大贡献为国内外灰学同仁所共识。这个所创办了国内第一份灰色系统专业学术刊物（中英文兼收）《灰色系统理论与实践》。所里一批热心灰色系统理论研究工作的青年学者如王子亮、刘希强、王树泽、孟广武、汪保明、宋中民等循不同方向开展创造性研究，各有建树。灰研所所长史开泉教授更是一位久享盛誉的灰色系统研究专家；他开创的灰色信息关系及灰色信息网络理论，已成为灰学的一个重要分支。1990年12月，史开泉教授应邀赴美国出席第一届国际不确定系统建模会议，作了题为“Grey Relation R(\otimes) Theory and Its Application”的学术报告，受到与会代表和大会主席M. B. Ayyub教授高度评价。史先生数年来为创办《灰色系统理论与实践》殚精竭虑，辛勤奔波，为推动“灰学”向纵深发展做出了巨大贡献。

武汉水电学院水文室夏军教授是最早运用灰色系统方法撰写博士论文的学者之一。他成功地将灰色系统理论应用于水文地质领域，取得了一大批成果。他创建的“灰色水文学”受到学术界高度评价。夏军先生还在灰数、灰集、灰函数等方面进行了深入的研究。

河南农业大学应用数学研究室刘思峰副教授数年戮力灰学研究，他在邓聚龙教授创造性工作的基础上，就灰色非负矩阵、灰序列算子、灰色关联度、定权灰色聚类、灰参数线性规划求解、灰关联聚类和灰色-经济计量学组合模型等进行探索，取得一些有益的结果，受到灰学同仁的肯定，其中关于序列算子等数学思想邓聚龙教授等专家认为是“独创性”的成果。他和郭天榜副教授等合写的《灰色系统理论及其应用》一书被邓聚龙教授誉为一部“有理论、有实践，有研究、有应用，有背景、有升华，有继承、有开拓的著作”。^①他与朱永达教授、赵理教授等还将灰色系统研究成果应用于“科技兴豫”方案研究、河南省十县战略规划试点研究和河南省粮食生产决策支持系统等重大科研课题研究之中，先后有5项成果获省级以上科技进步奖。几年来，他们共在国际、国内学术刊物、学术会议发表灰色系统论文110多篇。1992年，经著名农业系统工程专家朱永达教授提名、校学术委员会批准、赵理教授和刘思峰副教授被推荐为农业系统工程及管理工程专业硕士研究生指导教师。

在河南省灰色系统分会及河南农业大学，有不少学者在灰色系统研究方面取得了突出成就。如河南大学程庆副总编、郭天榜副教授、河南省数学所胡庆贺副研究员和李志豪、郭清宇工程师、郑州大学王全忠副教授等，郑州航院刘德贤副教授等、洛阳工学院杨万才副教授、郑州粮食学院史本广和夏朝贤副教授等、河南纺专吴恺中副教授等、河南省科技投资总公司吴大寿总经理、河南统计学校孙翔讲师、许昌师专徐清舟、周伦老师、洛阳市植保站雷铁栓先生等、新野县区别办李振安先生等、三门峡市张项学处长、安阳市农科所郭瑞林副研究员等、信阳鲇鱼山水库管理局刘正才先生以及河南农业大学朱永达教授、段铁城教授、赵理教授、孙靖博、熊本俊、李嗣海、武禄光、张冬平、王则

注①《灰色系统理论及其应用》一书序言。

光副教授和姚兴涛、李秀丽、赵德英、党耀国、刘秋香、郑国清、林文、侯云先、杨效文、许自成、吴建宇、李玉玲、王同朝、黄西林、肖建军、胡建东等老师都在灰色系统理论研究或不同领域的应用中有自己独到的开拓和贡献。

成都科技大学徐政平副教授关于灰色线性变换与灰色层次决策的研究、华中理工大学阙泰林副教授关于灰色分派问题及灰参数线性规划的研究、周朝顺副教授对灰线性定常系统的研究、蒙万融先生关于灰色二次规划的研究、万克诚先生对GM(1, 1)参数漂移问题的研究、王文平博士关于灰色系统与信息科学、灰色认识系统的研究、浙江大学杨亚光先生关于灰色线性规划的研究、兰州大学茂华林、丁方允先生关于灰数、灰度、灰熵的研究、兰州铁道学院许时芬老师关于n元灰数的研究、山东工业大学刘孝贤先生关于灰方程的研究、国防科工委昆明基地吴寿梁先生关于灰圆体反逆数学原理的研究、水电部水电所罗高荣教授关于灰色对策、灰色决策、灰色概率的研究、中科院高原生物所蒋志刚先生关于灰色投入产出的研究、西南石油学院雍歧东关于灰线性规划的研究、河北廊坊农林局崔文顺、李建玲关于GM(1, 1, 0, 2)模型的研究、山东临沭县区别办朱孔来关于灰色-马尔柯夫组合模型的研究以及大连海运学院邹开其教授、中国地质大学赵云胜、龙显先生等、河北师院霍俊江先生、北京农大郁明谏先生、中国矿业大学周德群先生、浙江仙遊县黄福勇先生、南昌陆军学院徐国荣先生、西南铝加工厂代作春先生、辽宁阜新县白振生先生、北京石油管理学院涂蕙莹先生、甘肃永登县张立虎先生、定西地区建行石建平先生等、西安建筑学院王成军先生、吉林辉南县佟欣宇、李长林先生等、浙江丽水市项志兰、贵州毕节张槐安先生、辽宁东沟县张世国先生、山西应县杨满先生、南京林业大学张智光先生、上海中国预防医科院方莹、常正山先生、北京林业管理干部学院庄春艳老师、江苏农学院祝树德先生、射阳县王昆先生、浙江杭州农校唐庆华、金开正先生、椒江市农林局李克才先生、衢州十里丰华丘林先生、山东潍坊日报社公庆刚总经理、内蒙伊克昭齐文斌等先生都对灰色理论的发展、完善和深入应用作出了重要贡献。

以上所述，仅仅是笔者所能够收集和了解到的一些情况，一定是不全面的，有待于进一步充实、修改。灰色系统理论发展异常迅速，对其研究成果进行综述、回顾实非易事。笔者不揣浅陋，写了上面这篇文章，其中不足、不当或谬误之处在所难免，敬请灰学同仁不吝赐教。

初稿于1992年6月

修改于1992年9月

再改于1992年12月

目 录

前言

横断学科群中升起的一颗新星.....刘思峰 (3)

上编 理论、方法、模型

灰色系统理论简介.....	邓聚龙 (1)
$A(\otimes)$ 上的 $R(\otimes)$ 关系 (I)	史开泉 DAVID K.W.NG (3)
$A(\otimes)$ 的上 $R(\otimes)$ 关系 (II)	史开泉 DAVID K.W.NG (8)
$A(\otimes)$ 的上 $R(\otimes)$ 关系 (III)	史开泉 DAVID K.W.NG (12)
$A(\otimes)$ 的上 $R(\otimes)$ 关系 (IV)	史开泉 DAVID K.W.NG (16)
$A(\otimes)$ 的上 $R(\otimes)$ 关系 (V)	史开泉 DAVID K.W.NG (20)
区间灰数度量的公理系统.....	程 庆 刘思峰 曹守明 (24)
一类灰数信息含量的测度.....	胡庆贺 刘思峰 郭天榜 (27)
灰代数的基本体系.....	王清印 (30)
生成空间.....	宋中民 (33)
特殊几元灰线性方程组的解法.....	霍兴常 岳常安 (37)
灰导数与连续灰函数的关系.....	刘 洁 李金辉 (41)
压缩映射生成.....	王树泽 (44)
两种灰方程的解法.....	岳常安 王爱天 关登君 (48)
有理灰数乘法保序问题.....	刘开第 王念鹏 (52)
连续型未确知数的四则运算.....	刘开第 (62)
泛灰集合的运算性质.....	王峰丽 (68)
GM (1,1) 参数各种估计方法的比较.....	杨义群 冯恭己 吴其苗 (72)
Fuzzy灰色预测模型及其应用.....	邹开其 管 斌 (74)
GM参数辨识方法.....	刘希强 (78)
基于灰色系统模型的动态排序.....	周德群 (82)
GM模型优劣的定量评定.....	杨效文 (86)
确定GM (1,1) 包络模型的非线性规划方法.....	王福林 戴宥忠 杨广林 (89)
提高灰色系统建模精度的方法.....	黄福勇 (93)
广义灰色关联度的改进与多目标灰色关联决策准则.....	徐国荣 (96)
一类问题的关联度计算.....	汪保明 (101)
关于灰色聚类分析计算的研究.....	党耀国 孙 翔 (103)
关于灰色关联度定义的几点注记.....	代作春 (108)

经典拓扑空间与模糊拓空间若干基本概念的类比·····	陈庭骥 (109)
多维灰评估模型及其应用·····	王学萌 穆月英 (113)
灰参数线性规划的定位解法·····	刘思峰 党耀国 (120)
非线性灰色经济模型探讨·····	白振生 白刃 (129)
灰色—经济计量学组合模型·····	刘思峰 赵理 朱永达 (133)
定权聚类评估及其程序设计·····	李秀丽 徐爱琴 (139)
Cobb—Douglas 生产函数模型参数的灰色辨识·····	金开正 (144)
回归型灰色关联分析法·····	左其亭 王峰丽 (148)
不确定性数学及其研究方向·····	王清印 倪天智 刘开第 王义闹 (151)

下 编 应 用 新 成 果

我国工业企业技术开发的灰色评估·····	张项学 (155)
中国农村经济灰色聚类分析·····	张保勤 马德明 党耀国 (160)
石油工业经济态势分析初探·····	涂蕙萱 (168)
甘肃工业经济结构关联分析·····	张立虎 (174)
河南省高技术产业灰色系统预测·····	吴大寿 刘思峰 赵理 郭天榜 程庆 (179)
灰色动态关联分析的建模与应用·····	李振安 王少玲 王谭章 (187)
灰色线性规划在新野县产业结构调整中的应用·····	李振安 王少玲 王谭章 (192)
一维灰色分析和灰色盈亏分析的联合应用·····	李振安 王少玲 王谭章 (195)
工业景气动向灰色预测·····	石建平 李耀宗 刘任权 梁景阳 (197)
信贷黄金增量优化与存贷结构的灰色系统分析·····	课题组 (204)
非平衡投资规律与其灰色预测·····	王成军 (208)
灰色关联分析在畜牧业中的应用·····	郭常莲 (211)
农业区域规划中的灰色局势决策·····	佟欣宇 王安福 崔立杰 曲德文 马丽娟 (215)
灰色多目标规划在种粮业结构优化中的应用·····	佟欣宇 缪树荣 李云武 李长林 (219)
灰色动态模型在农业机械化发展预测中的应用·····	项志兰 (222)
贵州省毕节地区农业发展态势研究·····	张槐安 (225)
东沟县农业技术进步灰色量化分析及预测·····	张世国 (228)
应县种植业灰色线性规划·····	杨满 (233)
灰色理论在纺织专门人才预测中的应用·····	鲁元卿 吴恺中 王铁军 赵呈建 (237)
河南省农村经济灰关联分析·····	郑国清 刘九芬 (239)
人才相关因素的灰色关联分析·····	张玉振 吴恺中 姚世昌 赵广八 (245)
新郑县粮食产量预测模型·····	党耀国 刘秋香 刘建中 (248)
水利水电规划方案优选的灰色决策模型·····	刘正才 (250)
灰色拓扑预测模型在中长期水文预报中的应用·····	刘正才 (256)
江西省森林火灾受害面积变化态势的灰色预测模型·····	张智光 叶超飞 (262)
河南省水旱灾害灰色预测·····	刘思峰 杨润山 吴大寿 朱永达 (267)

区域早涝灾害预测·····	熊本俊	毕庆生	(270)
灰色信息与中医四诊·····	晋秀兰	王维芝	(274)
灰色信息与诊断决策的灰色真度·····	晋秀兰	袁爱珍	赵德英(277)
黄淮平原疟疾发病率下降的推测模型·····	方莹	邓达	顾政诚
灰色系统方法在医学病原生物学实验研究中的应用·····	方莹		汤林华(281)
学生成绩的灰关联分析·····	周晔	史本广	常正山(285)
灰色线性规划在森林资源收获量调整中的应用·····	庄春艳		夏朝贤(288)
小麦高分子量麦谷蛋白亚基及其评分系统的研究·····	许自成	台国琴	张忠臣(291)
灰色系统理论在品种分析中的应用·····			牛本永(297)
灰关联分析应用于玉米穗粒结构研究初探·····	李玉玲	苏祯祿	王子尧(305)
小麦单株灰色选择理论与方法研究·····			孙书庠(308)
河南省北部小麦品种布局灰色局势决策·····			郭瑞林等(312)
玉米区域试验的定量化研究(Ⅰ)·····	吴建宇	郑国清	郭瑞林等(315)
玉米区域试验的定量化研究(Ⅱ)·····	吴建宇	郑国清	贾连璋
秋季菜蚜灰色灾变超长期预测模型·····	祝树德	陆自强	王慎强(317)
蚕豆赤斑病流行趋势预报的G·F优选模型研究·····	王昆		刘九芬(321)
第一代棉红铃虫发生量的灰色马尔可夫链预测模型·····			谢贻榕(323)
灰关联聚类在小麦赤霉病预报因子选优分析中的应用·····			蒋石峰(327)
广告效应灰关联分析·····			李克才(333)
福建省晚杂联合区域灰色聚类分析·····	郭坤池		华丘林(336)
地下水污染因素的灰色关联分析·····	李树文	白峰青	公庆刚(342)
电力负荷灰色预测·····			郭永宁(346)
SCGM(1, 1) b模型在全国桑蚕茧产量预测中的应用·····	唐庆华		王宝来(351)
桑树夏秋叶产量与枝叶生长量的灰关联分析·····			齐文斌(355)
GM(1, 1)模型在小麦主要病虫害预测中的应用·····	雷铁栓		金开正(358)
玉米螟发生的长期预测模型研究与应用·····	雷铁栓	孙立民	唐庆华(360)
中国广告发展灰色预测·····	公庆刚	吴大寿	雷铁栓等(363)
			刘恩峰(372)

灰色系统理论简介

邓聚龙

(华中理工大学自控系)

灰色系统理论的范畴

灰色系统理论属系统论的范畴,灰色是指信息不完全。灰色系统是信息不完全的系统。灰色系统理论以信息不完全系统的行为表现、行为内涵、行为关系、行为环境的层次性、动态性、信息性、量化性……为主要目的。

1982年,国际性杂志《系统和控制通信》发表了邓聚龙的论文《灰色系统控制问题》,宣告了灰色系统理论的诞生。1982年以来,出版了灰色系统(社会·经济),灰色色控制系统,多维灰色规划等20种灰色系统专著;英国的Student—Teacher Interface System与中国石油工业出版社还于1989年联合创办了国际上发行的英文版《灰色系统》杂志,据1989年不完全统计,已发表论文约300多篇。国际上有IEEE,《控制论与系统》,《国际控制》杂志等发表灰色系统论文。许多国际会议,如第一届不确定建模和分析国际会议,国际模糊数学会议,国际自控联等都接受了灰色系统论文。DIALOG与Math Review等国际科技情报检索中心和文献索引杂志,以灰色系统作主题检索。这表明灰色系统已发展成为一个新兴的交叉性学科。

灰色系统理论的应用

灰色系统目前已应用到农业、经济、社会、生态、气象、医学、控制、地理、历史、体育、管理、政法、水利、地质、地震、环境等数十个领域。尤其是军事领域,灰色系统理论与应用的研究,发展快,涉及面广,成果也多。它涉及到军事预测与决策,战略与战术,信息与信息处理,军事目标识别等。

灰色系统目前的主要内容包括:

1. 灰观念:如认识无穷尽公理,灰性不灭原理,层次无限可分原理,白性相对原理,解的非唯一性、信息可补充性等。
2. 灰生成:如层次转换,互补规律引用,内涵显露与转化、量化。
3. 灰关联:建立整体比较机制,克服两两比较的局限性。吸收距离空间的量化特性,吸收点集拓扑空间的整体比较内涵,升华成为灰关联空间。在灰关联空间中,可辨别系统因子的权重,确定因子的序化关系,划分系统主行为。
4. 灰建模:在序列的基础上,建立近似灰色微分方程模型。因为微分方程是以连续可微函数为背景的,作为序列不可能“连续”、“可微”。为此灰色系统理论:从序列的角度剖析一般微分方程的构成条件,然后对那些近似地满足上述条件的序列,建立近似

的微分方程模型，即灰模型，记为GM。灰模型可以只用四个数据建立。

5. 灰预测：以灰色模型GM(1, 1)为基础，对事物的时间分布，数值分布进行预测。灰预测包括：数列预测，即一般数列的预测，是灰色预测的一种通用方法；灾变预测，即异常值时间分布规律的预测，如涝灾、旱灾等；季节灾变预测，发生在特定时区内的异常值，做时间分布的预测；拓扑预测，一个离乱的，非单调变化波形，按不同拓扑基确定阀点进行预测；系统预测，系统在多种因子作用下，对其发展变化进行预测。

6. 灰决策：灰决策一般指测度空间的决策。测度空间是目标极性一致化的空间。测度是目标样本的抽象，在测度空间，测度大，可以代表效益好也可以代表损耗小，可以代表“样本”适中。所以测度的转换，是多目标到单目标的转换。灰决策一般可分为，灰局势决策，灰层次决策，灰规划，灰多维规划等。

7. 灰控制：目前主要是灰色预测控制。这是单序列建模的控制。每个采样时刻建立一个实时动态模型，因而时间变，模型变、参数变、行为变、控制变，以适应不同噪音、不同参数、不同要求、克服了处理复杂随机过程的困难，提高了控制的实时性和精度，增加了适应性。

8. 灰数学。灰数学是指以灰数为基础的数学。目前的灰数定义可概括为如下几点：延伸模糊数为灰数；延伸区间数为灰数；将高维空间的点作为灰数；将点集拓扑学中邻域、邻域族拓扑，延伸为灰数。

现在人们正探讨灰数的更新定义及以它为基础的数学体系。

从灰色系统理论所涉及和解决的问题看，灰色系统是处于现代科学的前沿的一门新兴学科。比如：4数据（甚至3数据加1灰数）建模；少数据分析（3个数据可建立序列模型），近似微分方程模型的建立；高阶微分方程的求解问题。灰色系统理论对高阶微分方程找到了一种介于解析解与数值解之间的解；噪音与系统主行为的认同（灰色过程是行为表现过程，不必区分噪音表现与非噪音表现，从而可以避免概率分布去处理非典型随机过程问题）；距离空间与信息空间的认同；多维灰色规划（既考虑规划的动态性、灰性，又考虑规划的综合性）；离乱序列建模；含灰数首位的序列建模；灰预测控制。

灰色系统在军事方面的理论与应用研究已取得了不少成果，比如：军事目标的识别，战役的灰色局势分析，火炮分配的灰色局势决策，万时飞行事故率的灰色预测，军训状态的灰评估，投弹点座标的灰色预测，雷达目标的鉴别，大炮射击精度因素的灰关联分析，灰系统在军队后勤管理方面的应用，目标搜索的灰策略。

（转自《京港学术交流》第十三期，作者为华中理工大学教授，博士生导师，灰色系统理论创始人）