

灰色系统方法简明教程

主 编 王学萌
副主编 罗建军

灰色系统方法简明教程

《灰色系统方法简明教程》
编写组

主 编 王学萌
副主编 罗建军

编写人员:

王学萌	罗建军
张淑莲	郭常莲
王 荣	刘 爽
插图整理:	张存先

(川) 新登字 015 号

灰色系统方法简明教程

王学萌 罗建军 主编

成都科技大学出版社出版发行

四川省新华书店经销

成都科技大学印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11.875

1993 年 6 月第 1 版 1993 年 6 月第 1 次印刷

字数: 285 千字 印数: 1-1500 册

ISBN 7 -5616-2118-3 / N · 7

定价: 7.50 元

前 言

邓聚龙教授在其新著《灰色系统理论教程》前言中写到：“灰色系统理论，从1982年到现在，经几年的发展，已初步形成以灰色关联空间为基础的分析体系，以灰色模型 GM 为主的模型体系，以灰色过程及其生成空间为基础与内涵的方法体系，以系统分析、建模、预测、决策、评估、控制等为纲的技术体系。”并在这部专著中作了严谨的论证和科学的阐述。

有句名言：“一切理论的探索归根到底都是方法的探索。”我国著名的数量经济学家乌家培教授也指出：“方法本身就是科学研究的一个重要内容。... 科学规律的发现，是以应用适当的方法为条件的，解决课题的方法，在科学上的意义就不下于课题提出本身”，“新的方法经常导致新的理论”。基于这个认识，我们自1984年学习与研究灰色系统理论以来，在科研实践中，紧密结合各项课题的内容与要求，注重在应用灰色系统方法上深入研究，不断探索，力争有所发现，有所创新，同时还开发研制了相应的计算机应用软件。为及时总结与交流新方法、新思想，我们从1987年开始，每年都要举办一期《灰色系统分析方法及其计算程序》学习班，与全国广大灰色系统爱好者进行研讨，同时也多次应邀到省内外兄弟单位进行讲学与交流。这本教程，就是在这个基础上，逐步积累、不断补充、修改完善而编写成的。

这本教程，在内容上，以灰色系统技术体系为纲，层次分明，前后联贯，构成整体。灰关联分析作为基本方法，为预测、决策、评估与控制奠定了基础，建模则为系统分析提供了必要的手段，而预测与评估又是决策和控制的前提，灰色规划则是灰色模型技术的综合应用与实践。

在结构上，每章内容都是紧紧围绕灰色系统基本方法，从应用实例入手逐步展开，深入浅出。尽量做到阐明方法、讲清步骤、计算准确、实例具体、应用得当、分析有据。让读者通过自学就可以将灰色系统基本方法真正学到手，并能较熟练地掌握与应用。

在选材上，集中反映灰色系统应用的最新研究成果，介绍较先进的方法或新颖的思路。为此，书中的应用实例，除我们自己的科研实践外，还编入或介绍了部分有关杂志、学术会议交流的成果与论文，以便为读者更深入地研究与应用新理论开阔视野。在此特向这些论文的作者深表谢意。

总之，编写这本教程的宗旨是：简单明了、重方法、贵应用、可操作、易推广，面向各个领域里从事实际工作的科研、管理、生产人员以及大专院校师生，是一本广大灰色系统爱好者学习与应用灰色系统理论和方法的入门教材。

本教程由王学萌主编，罗建军副主编。

参加各章编写的人员是：第一章，王学萌；第二章，张淑莲；第三章，罗建军；第四章，罗建军；第五章，王学萌；第六章，罗建军；第七章，刘爽，郭常莲；第八章，郭常莲；第九章，王荣，罗建军；第十章，王学萌；附录一，张淑莲；附录二，王学萌；附录三，王荣，罗建军；张存先整理清绘了书中的插图。全书由王学萌逐章进行了修改、补充、加工，最后定稿。

由于编者水平有限，书中定有不少错误与不妥之处，敬请读者指正。

编者

1992年5月

内容提要

本书以灰色系统技术体系为纲,详细介绍了灰色关联分析、灰色系统预测、灰色局势决策、灰色线性规划、多维灰色评估、灰色五步建模及其去余控制等基本方法及其建模步骤,并以应用实例入手,深入浅出,逐步展开,内容层次分明,前后连贯,形成整体。全书重方法,贵应用,可操作,易推广,较全面系统地反映了灰色系统理论研究和应用的最新成果。是一本灰色系统方法的入门教材。

本书适用于有关专业与各类学习班的教材,也可供各个领域从事科研、管理、生产技术的人员以及大专院校师生阅读。

灰色系统方法简明教程

目 录

序

前 言

第一章 灰色系统分析概述	(1)
第一节 什么是灰色系统	(1)
第二节 灰色系统理论的特点	(3)
第三节 灰色系统理论的发展及其基本内容	(6)
第二章 灰色关联分析	(8)
第一节 基本概念与计算方法	(8)
第二节 应用中的技术问题	(12)
第三节 灰色关联分析的特点	(18)
第四节 灰色关联分析应用实例	(22)
第三章 灰色动态(GM)模型	(24)
第一节 灰色动态模型的原理	(24)
第二节 灰色动态模型的基本类型	(25)
第三节 灰色动态模型的计算方法	(28)
第四节 灰色动态模型的特点	(37)
第四章 灰色数列预测方法	(39)
第一节 灰色预测概述	(39)
第二节 数列预测的基本方法	(41)
第三节 数列预测的实用建模技术	(47)
第四节 GM(1, 1)模型与指数方程的主要区别	(50)
第五章 灰色系统预测方法	(52)
第一节 灰色系统预测的基本方法	(52)
第二节 灰色系统结构预测	(53)
第三节 灰色系统协调预测	(59)
第四节 灰色系统控制预测	(64)
第六章 灰色灾变预测方法	(68)
第一节 序列灾变预测	(68)
第二节 季节灾变预测	(70)
第三节 拓扑预测	(72)
第四节 灰色概率预测	(75)

第七章 灰色局势决策方法.....	(81)
第一节 灰色决策概述.....	(81)
第二节 单目标协调决策.....	(82)
第三节 多目标局势决策.....	(84)
第四节 应用实例.....	(91)
第八章 多维灰色评估方法.....	(96)
第一节 灰色评估概述.....	(96)
第二节 灰色统计方法.....	(100)
第三节 灰色聚类方法.....	(105)
第四节 多层次灰色评估.....	(109)
第九章 多维灰色规划方法.....	(115)
第一节 规划模型体系概述.....	(115)
第二节 线性规划模型概述.....	(119)
第三节 灰色线性规划技术.....	(122)
第四节 多维灰色规划综合模型.....	(133)
第十章 灰色动态模型的优化.....	(137)
第一节 五步建模方法概述.....	(137)
第二节 五步建模计算方法.....	(138)
第三节 灰色去余控制与计算.....	(143)
第四节 农村经济应用实例.....	(148)
附录	
一、星座图聚类法.....	(157)
二、层次分析法简述.....	(170)
三、灰色系统分析应用软件使用说明.....	(178)

第一章 灰色系统分析概述

讲以下三个内容:

- (1)什么是灰色系统?
- (2)灰色系统理论的特点;
- (3)灰色系统理论的发展及其基本内容。

第一节 什么是灰色系统

简单地讲, 信息不完全的系统, 可以称为灰色系统。为便于深刻理解, 首先谈谈系统。关于系统的定义, 专家学者已有许多叙述, 归纳起来可简单地表述如下: 系统是指由相互关联、相互依赖、相互制约的两个以上的要素构成的、具有特定功能的有机整体。可见, 系统必须具备以下四个条件:

1. 系统必须由两个以上的元素构成, 即多元性;
2. 系统中各元素存在着相互作用, 并按其结构有明确的分互, 即关联性;
3. 系统作为一个整体必须有目的性, 具有整体功能。且它的功能不能等于各元素功能之和, 即整体性;
4. 系统不仅作为一种状态而存在, 且随时间变化而变化, 即动态性。

以上四个条件, 缺一不可, 否则, 就不称其为系统。我们要研究与认识客观事物(不论大小) 的本质, 必须把握它的这几个条件, 这就是系统的观点, 系统的思路, 系统的方法。

现代科学技术的发展, 使人们逐步认识到客观世界是由物质、能量、信息这三种既相互区别又相互依存的成分所组成。信息不是物质, 也不是能量, 它也不能脱离物质与能量而存在。但物质的新陈代谢与能量的相互转换并不能使事物随时间推移而能够保持组织状态, 即有序运动, 这就要靠信息。如果没有信息, 人类就不能认识世界, 当然也不会改造世界, 因而也没有生存的希望。比如人们常讲: “巧妇难为无米炊”, 说明了原料(物质) 的重要性, 但有了米没有火也做不成熟饭, 说明能量也是必不可少的。但能不能说, 有了米也有了火就万事俱备了呢? 当然不行。如果不会观察火候, 不会掌握时间, 也不会辨别色、香、味, 更不能根据这些信息恰到好处地控制做饭过程, 那么, 再好的原料, 充足的动力, 也难做成美味可口的饭菜。这个生活的小例子生动地说明了物质、能量、信息相辅相成的关系。再比如一个防空部队打飞机, 有了大炮, 也发现了目标, 如果没有雷达准确测定并提供飞机位置、飞行方向、速度等信息, 要完成预定任务也是不可能的。这不仅说明物质、能量、信息相互依存的关系, 而且从中可以看出, 驾驭全局的是信息。物质使系统具有形体, 能量使系统具有力量, 而信息则使系统具有了目的性, 具有了“灵魂”。它们三位一体, 三足鼎立, 使系统科学框架达到了相对平衡和稳定。可见信息不仅与物质、能量都是一种资源, 而且由于它的特殊性质, 使它对于人类与人类社会有更重要的意义。它的特殊性有三个:

1. 信息资源具有“无限可共享”的性质；
2. 信息资源具有“永不枯竭”的性质；
3. 信息具有“开发和驾驭”的能力。

因此，在人们认识世界和改造世界的全部过程中，信息不仅是出发点与归宿，而且信息是自始至终，贯穿全程，并处于主导、支配和控制的地位。这就是信息的作用。只有理解了这个作用，才能深刻认识系统的本质。

信息如此重要、“时髦”，但什么是信息，它的定义是什么呢？

实践中，人们常把信息直观地简单理解为“消息”、“信号”、“情报”、“知识”等，这些理解，都只在某个侧面、且在一定程度上触及到信息的内核，但都没有全面地满意地解决信息的本质问题。正如“盲人摸象”的情况一样。即便是把这些描述简单地加起来，也还不能等于信息的完整准确的概念，没有揭示了它的本质。到目前为止，在这方面还没有取得完全一致的认识。已有的许许多多定义还没有一种能够得到普遍的公认。这说明人们对于信息的研究还没有达到完全揭示本质的程度。为了帮助人们理解信息的本质，国内学者从两种不同的角度上给出信息的定义。

一是从纯客观的角度，给信息定义为“事物运动的状态和方式”。事物包括一切形式的物质，也包括精神；运动也是广义的运动。状态和方式是事物运动的两个基本侧面，状态反映相对稳定的一面，方式反映运动变化的一面。这个定义，既从概念上抓住了信息的本质，又能为定量描述和度量信息提供了可行的基础。

二是从信息的使用者，即人的角度出发，信息被定义为：“关于事物运动的状态和方式的广义知识”。所谓广义知识，既包括一般所理解的知识，也包括比知识更简单、更粗糙、更广泛的东西，也叫元知识、粗知识。

有了关于信息的基本概念，明确了信息的作用，再进一步讨论有关系统的一些内涵。根据上述系统的定义和条件，可以认为，客观世界本身就是一个复杂的巨大的系统。由于物质是可无限分割的，因此，任何大大小小的事物，都可构成规模不同的系统；任何一个系统，总是包含着若干子系统，同时又被若干系统所包围。可见，系统作为客观世界的组成部分，也是由物质、能量、信息这三种成分所组成。

随着科学技术的发展，描述与设计系统的理论和方法也层出不穷，诸如人们常讲的“老三论”——系统论、信息论、控制论，“新三论”——耗散结构、协同学、突变论，还有“超循环理论”等；在国内也有许多学者提出了一些理论，如涂序彦教授的“大系统理论”，吴学谋教授的“泛系方法论”，蔡文教授的“物元分析”，张沁文研究员的“系统等衡律”，以及邓聚龙教授的“灰色系统理论”等等。

不难看出，这些理论，本质上都是研究系统中信息的性质、作用以及它的完备程度等等。灰色系统理论是由黑箱-白箱-灰箱理论拓广而来的，它是系统控制理论发展的产物。系统控制论者现已习惯用颜色深浅来形容和表达系统中信息完备的程度，用“黑”表示信息缺乏，用“白”表示信息充分，那么，信息不完全、不充分就用“灰”来表示。邓聚龙教授把这种信息不完全的系统定义为灰色系统，或简称灰系统。根据系统的定义与条件，不难理解，所谓系统中信息不完全，可表现为：

1. 系统因素不完全清楚；
2. 系统中因素之间的关系不完全明确；
3. 系统结构不完全知道；

4. 系统的运行机制与状态不完全明白。

当然,所谓“黑”、“白”、“灰”是相对而言。在人类的各种活动中,信息不完全的情形是经常遇到的,任何客观事物的发展不仅无穷无尽,而且千变万化。但人们的认识却具有时代的局限性和知识的有限性,对人类完全透明的事物恐怕是没有的,所以人们从各种渠道获得的信息总是不完全的,人们对事物的认识,即客观事物的信息在人们头脑中的反映,总存在着一些不确知的东西。因此,严格说来,客观事物对人们都是灰色的系统。只是由于对一些不确知因素,人们可以忽略不计,才不得不把本来是灰色系统而当作白色系统来认识和处理。可见,从认识论的意义上,客观世界的灰色现象具有普遍性,在任何一个历史阶段上,人的思维都具有一定的灰度,人们总是在灰的环境中去思考,按灰信息去决策,根据灰色信息去认识与把握事物的规律,并按这一认识去行动。所以说,灰色系统理论不仅为系统的研究提供了新的思路和数学方法,而且也提出了许多具有普遍意义的哲学问题,因而现在也吸引了很多自然辩证法与哲学研究工作者。1991年5月在西安召开的《全国系统科学和哲学学术讨论会》上,有的同志指出:“前几年我们花很多精力介绍、研究国外的几个系统理论,而对国内学者创立的系统理论,如灰色系统理论和泛系方法论却很少关注,这是一个很大的欠缺,今后应引起我们的重视,以期开拓出一些真正属于我们自己的模式和方法。”(见1991年第8期《哲学研究》杂志),在这一期上还发表了一篇文章,题目为“灰色系统方法论思考”。所以说,灰色系统理论的深远意义,现在还难以评估与预料。

第二节 灰色系统理论的特点

科学发展的历史表明,定义一个新的概念,往往对于学科的发展具有革命性的意义。学习一种理论与方法,首要的一点就是要更新一些概念,突破原来的框框,特别是某种先入为主的偏见。任何一门新的理论,都是在科学发展的过程中应运而生的,而不是科学家头脑里凭空想出来的,是他们在前人研究成果或原来理论的基础上发展而来的,因此,必然有相似或相近之处,乍听起来,似乎没有什么大的差别。但若从新的概念出发去理解,就会逐步发现它们有着本质的差异,这就必须对原有概念进行更新或深化。

前已提及,灰色系统理论是由黑箱理论拓广而来,更确切地说,它是系统控制论发展的一个新阶段,即由经典控制论→现代控制论→模糊控制论→灰色系统理论。前两种理论共同点都依赖于系统的正确的精密的数学模型,及基于概率和数理统计的方法。随着生产与社会的发展,人们研究的对象越来越广,越来越复杂,许多系统得不到精确的数学模型,现代控制论方法已无能为力。在1965年扎德首创了“模糊集”理论,随后产生了模糊控制论,不需要被控对象的精确模型,不要求建模,而是用隶属函数表达定性信息。由于模糊控制论未立足于对被控对象的完善描述,以及隶属函数应用中明显的弱点,使信息利用率不高,控制粗糙,精度较低,在很多高精度要求的情况下难以胜任。由此可见,模糊控制论适用于模糊化的复杂系统与入充当系统元素的那些系统的研究,而经典控制论和现代控制论适用于对分明系统的研究。而三者的共同点,就是它们所研究的系统都属于信息完全确知的系统,即白色系统。显然,对于客观系统处于信息不完全的状况如何处理,亟待解决。在这种情况下,长期从事自动化、系统工程和控制论研究与教学的邓聚龙教授于1982年提出了灰色系统理论。当时,邓教授在华中工学院从事并讲授模糊控制理论,是国内《模糊数学》杂志的副主编,是国际《模糊数学》杂志的编委。由此可见,他是在深入研究和应用模糊控制理论的基础上,针对新

的问题而提出来的。

控制论发展史上有“黑箱”、“白箱”、“灰箱”之说,“箱”意味着有界的范围。且灰箱问题实际上并没有引起人们的注意,一般总是把灰箱当黑箱处理,灰箱中可利用的白色信息未能发挥作用。邓教授把“灰箱”拓广为灰色系统概念,并提出了灰元、灰参数、灰关系、灰平面、灰色方程、灰色矩阵等一系列基本概念,以及灰色关联空间、灰色预测、灰色决策、灰色评估、灰色控制、灰色规划等一整套新的思路与方法,从而为系统控制理论研究开辟了一个崭新的领域。

这里,人们自然要问,灰色系统与模糊数学、黑箱方法的区别是什么?邓聚龙教授指出:主要在于对系统内涵与外延处理态度不同,研究对象内涵与外延性质的不同。

如说“这个人现年20岁”,这是个灰色命题。指“这个人”“今年”,外延明确。20岁说明这个人出生在1971年内,但是周岁还是虚岁,他的实际年龄是不是20岁,即此时此刻是不足20岁,还是过了20岁?用月、日、时、...来考察,恐怕难以说清楚,这是由于20岁是个灰区间数,其内涵不明确,必须通过信息的不断补充,才能逐步由灰变白。显然这是个认识的层次、深度问题,即在这一层次是“白”的,但在更深的层次上却成了“灰”的。类似的问题,如人们习惯用的平均数(经济的或自然的)之类,都是灰区间数的人为白化值。

又如说“青年人”,这是个模糊命题。青年这个概念的意思人人都清楚,是相对而言,到底多大岁数才算是真正的青年人,却难以划分,比如20岁当然是青年人,大家都公认,那么30岁、35岁不算青年人,恐怕意见就不一致了,可是,甚至60多岁的人见了40几岁的人还称为青年人也不足为怪,因为这个界限不明确,也就是这个概念的外延不明确。难怪“青少年”、“中青年”这类名词早已司空见惯。对于模糊的问题,它不是通过补充信息去白化,而是人为地确定所谓隶属函数来明确。类似的概念还有高、低、大、小、快、慢、远、近等等,人们常称为“比较级”,都是些外延不明确的模糊概念。

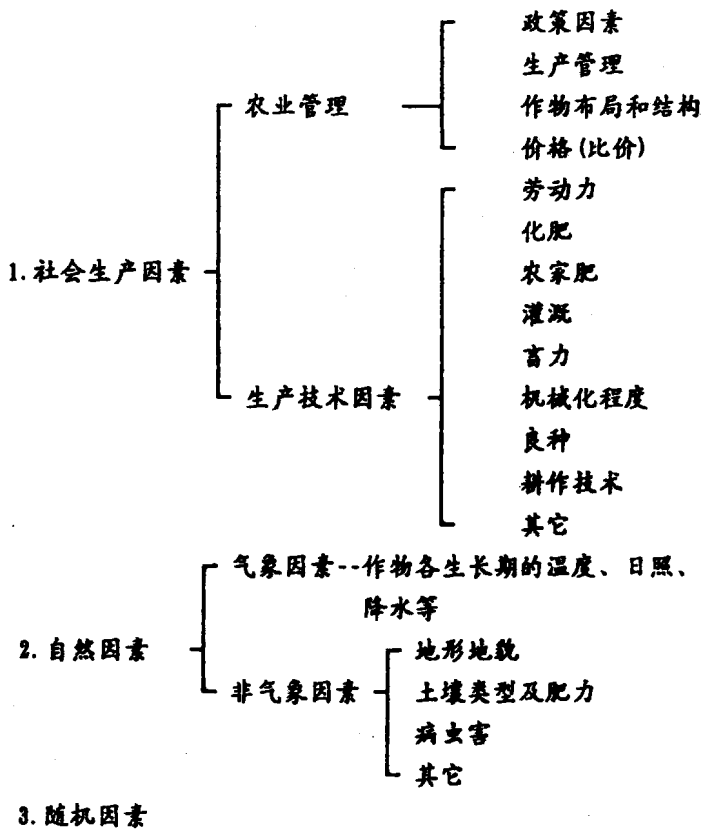
由此可见,它们的区别归纳起来是两句话,即:

“灰色”概念着重研究外延明确、内涵不明确的对象;

“模糊”概念则是研究外延不明确、内涵明确的对象。

与“黑箱”的区别,前面已谈到概念上的差异,即箱是有边界的。但客观世界中,很多抽象系统没有物理原型,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,难以分析输入对输出的影响,同一个元素有人作为内生变量,也有人当作外生变量,很难找到适当的系统模型或观测、控制变量,人们只能凭专业经验、逻辑推理建立同构模型。这类抽象系统称为本征性灰色系统,如社会系统、生态系统、经济系统、农业系统等等。举个大家熟悉的例子,如粮食生产是农业系统的一个非常重要的子系统,这个子系统究竟涉及有多少因素,那些是系统内部因素,那些是系统环境因素,边界如何划定?不妨让我们共同讨论一下。

我国著名粮食预测专家陈锡康研究员将粮食因素分为三类:



上述分类能否包括了与粮食生产有关的所有因素呢？恐怕不能断言，只可以说基本上包括了目前能为人们提供信息的主要因素。人们还得不到信息的因素只能用其它来表示。在这些因素中，那些是系统内部因素，那些是系统环境因素，在建立模型时，就可能因人而异。如陈锡康研究员根据：①因素可以计量，②有历年统计数据，③计划期内可以预测，④动态变化较大等四个条件，选择了下面 7 个因子：①受灾面积，②受灾严重程度系数，③亩均施肥量，④有效灌溉面积比，⑤机耕面积比，⑥亩均施农家肥，⑦役畜拥有量，作为进行粮食产量预测的指标，另外还有 3 项，一是年份，二是政策变量，三是其它因素(或调正项，预测时用)。显然，它把这些因素作为外生变量，将其它因素都作为内生变量。而多数气象研究人员进行粮食产量预测时，却把大量气象因子作为外生变量。可见，粮食生产这个“黑箱”的边界并不明确，是信息不完全的本征性灰系统。然而，灰色系统与“黑箱”更重要的区别，还在于建模方法。

有句名言：“一切理论的探索归根到底都是方法的探索。”我国著名的数量经济学家乌家培也指出：“方法本身就是科学研究的一个重要内容。…科学规律的发现，是以应用适当的方法为条件的，解决课题的方法，在科学上的意义就不下于课题提出本身”，“新的方法经常导致新的理论”。毛主席也有段著名的语录：“过河要解决船或桥的问题，不解决方法问题，任务只是瞎说一顿”。这说明方法在科学研究中的重要地位。那么，灰色系统作为一种新的理论，必然要在方法上有所突破，有所创新。

黑箱建模方法是着重系统外部行为数据的处理，是因果关系的量化方法，建模序列必须含有前

因(输入)序列与后果(输出)序列,是双序列的建模。而灰色系统建模方法是着重挖掘系统行为数据间内在关系的量化方法,是系统输出的单序列建模,不一定非要明确因果关系不可。

前面已提到,现在描述与分析系统的理论和方法很多,系统控制理论经历了经典控制论、现代控制论、模糊控制论,现在提出灰色控制论,它们突出的焦点究竟是什么呢?概括的说,就是系统或客观事物本身的复杂性与对系统描述和分析要求的精确性之间的矛盾。现代控制论试图用概率理论与数理统计的方法来描述与研究系统的信息不确定性,指出了事物的随机性。模糊控制论试图利用精确数学来描述模糊现象的手段来解决这一矛盾,指出了事物的模糊性。灰色系统理论则用灰元、灰数、灰关系等来解决这类矛盾,并指出事物具有灰色性,它比随机性、模糊性等具有更为广泛的不确定性。

灰色与模糊概念的区别前面已讲过,那么,灰色与随机概念有何不同呢?

基于概率统计的随机过程,是按统计规律,按先验规律来处理和研究系统的不确定性,它要求原始数据的大样本量、典型分布等,对于客观世界中大量存在的非典型分布,且样本量较小的系统,则牵强附会,难以胜任。灰色系统理论不承认事物发展完全是随机的过程,而认为一切随机过程都是在一定范围内变化的灰色过程,是一个具有上、下限的灰色区间。人们可以通过信息的不断补充,而降低对系统的“灰色度”,这个灰度既不是无穷大,也不为零,即灰度有穷且非零的法则。如对天气变化人们常用随机来描述,那么,这里秋天的气温是多少呢,大家都可能说,不低于零度,也不会高于30度,有一个变化范围,表明它并不是随机的。又如粮食产量,今年灾情严重,谁也不会预报为零。人们根据以往的信息,常讲历史最高水平、最低水平或同期水平等,说明任何事物都有一定的发展规律,随着信息的不断补充,人们对某些事物的认识不断加深,逐渐由灰变淡、变白。可见绝对的随机是不存在的。灰色系统与数理统计的方法不同还在于,灰色系统着重研究的是系统现实的动态变化规律,而数理统计研究的是系统历史的静态统计规律。灰色系统理论认为,尽管客观事物或系统表象复杂,数据离乱,但它总是有整体功能的,总是有序的,它必然潜藏着某种内在规律,关键在于人们用适当的方法去挖掘它,然后利用它。如经常见到在候车厅或车厢里,人山人海,表面杂乱无章,简直是一片混沌,但它并不是没有内在规律,只要报一下车次或车站,便可以理顺它们的关系。灰色系统理论对于那些杂乱无章的数据,通过对原始数据列作累加生成,发现就有可能出现近似指数规律,这是由于大多数系统都是广义的能量系统,而能量的存储、释放、吸收等变化规律基本上符合指数规律。这一重要的科学见解是灰色系统理论的建模基础,也是灰色系统理论对于方法论的重要贡献。

第三节 灰色系统理论的发展及其基本内容

灰色系统理论自1982年问世以来,无论在理论上,还是在方法以及实际应用上,均有了长足的发展,在我国已成为进行系统分析、建模、预测、决策、控制的一种独特的思路和崭新的方法。因而引起了国内外很多学者、科学技术人员及院校师生的广泛兴趣,在短短的几年里,其发展速度之快,应用范围之广,普及程度之高,可能是国内外其它系统控制理论所罕见的。尽管由于种种原因,全国还没有成立灰色系统学会,但从已召开的7次学术讨论会来看,除西藏、海南外,各省市均有代表参加,自发到会的人数一次比一次多,更可贵的是青年科技人员、教师和研究生,逐年增加,这不仅表明后继有人,而且说明灰色系统理论有着良好的、越来越广的群众基础。

几年来,邓教授呕心沥血,著书立说,先后出版了《灰色系统社会经济》、《灰色控制系统》、

《灰色预测与决策》、《灰色系统基本方法》、《多维灰色规划》、《灰色系统理论教程》、《灰数学引论》等7本专著。许多灰色系统爱好者也根据自己的研究成果, 编著出版了不少书, 总计有30余部, 其中有我们编撰的3部: 即《灰色系统预测决策建模程序集》(1986)、《农村经济灰色系统分析-模型、方法、应用》(1989)、《灰色系统模型在农村经济中的应用》(1990)。灰色系统的论文已在160余种刊物及许多学术讨论会上发表, 有的杂志还开设了“专栏”。由邓聚龙教授主编的英文版《The Journal of GREY SYSTEM》(简写J. G. S) 已出版在国外发行, 1990年12月在美国马里兰大学召开的《第一届国际不确定建模与分析会议》, 录用了近30篇灰色系统论文, 遗憾的是在几十位作者中, 仅有两位出席了大会参加交流, 论文集中选登了10余篇。由山东聊城师范学院灰色系统研究所主办的《灰色系统理论与实践》杂志已于1991年底与广大读者见面。这是广大灰色理论爱好者盼望已久的事。

通过10年来的发展, 邓聚龙教授认为, 灰色系统理论已初步形成了较为完整的一套体系, 其中包括下列基本内容:

以灰色关联空间为基础的分析体系;

以灰色模型GM为主的模型体系;

以灰色过程及其生成空间为基础与内涵的方法体系;

以系统分析、建模、预测、决策、评估、控制等为纲的技术体系。

我们认为, 任何一种新理论, 只要它能得到各方面的重视, 那么它必定存在可取之处; 但是, 任何一种新的理论, 均不可避免地存在着各种各样的缺陷甚至是错误之处。灰色系统理论也是如此, 它存在有很多合理的、先进的成分, 但在某些方面也存在不少缺陷, 有其局限性, 这不足为怪。而其关键在于指出这些缺陷, 并设法去弥补, 使它逐步完善起来。我们学习、研究、应用及推广灰色系统理论, 就是要在分析其优缺点的同时, 提出问题, 供大家共同讨论, 共同研究, 促进灰色系统理论的完善与发展。

关于对灰色理论的争议, 主要集中在以下内容:

1. 关联度计算公式的科学性;

2. 累加生成的指数规律性证明;

3. 灰色动态模型的检验;

总之, 灰色系统理论能有较好的群众基础, 其原因是:

1. 建模方法简便易行。虽然灰色模型数学基础较深, 但计算简单, 且工作量小, 已有一套应用软件更是得心应手。

2. 实用性强。由于它对原始数据分布特征、样本量无特殊要求, 符合我国实践, 也符合一般社会经济系统特征。

3. 定性与定量结合的好。由于“灰靶”的非唯一性, 选择余地大, 便于分析人员与决策人员所接收。

灰色系统理论的基本内容前面已归纳为分析体系、模型体系、方法体系、技术体系。对于大多数科研与工程技术人员来说, 主要是想通过学习, 掌握与应用一些灰色系统模型技术, 即运用“软科学”中的“硬技术”, 来解决自己的各种实际问题。因此, 简明教程的内容是以技术体系为主, 即介绍有关灰色关联分析、灰色动态模型、灰色预测、灰色决策、灰色评估、灰色规划以及灰色五步建模与去余控制等方面的建模技术, 并以最新的研究成果为应用实例。至于灰色系统理论方面的内容, 请读者参阅邓聚龙教授的原著。

第二章 灰色关联分析

共讲四个内容:

- 一、基本概念与计算方法;
- 二、应用中的技术问题;
- 三、灰关联分析的特征;
- 四、灰色关联分析应用范例。

第一节 基本概念与计算方法

先举两个例子。

例1: 我国东北东部森林群落中, 盛产珍贵的用材林-红松, 近年来红松常受其它生态因素的影响而产生危害, 为防止红松遭受危害, 就必需先对其危害因素进行分析, 以便治理。

经初步分析表明: 红松主要受以下两个因素的影响:

① 气候因素: 红松对气候条件有一定的要求, 既不耐干旱也不习阴湿, 这里以灾害性天气发生率做为衡量指标。

② 害鼠的嗜食: 小型鼠类种群的嗜食对红松的危害也很大, 这里以害鼠捕获率代表害鼠情形。

某地1965-1973年统计资料见表2-1:

表 2-1

指标 \ 年份	65	66	67	68	69	70	71	72	73
害鼠捕获率(%)	30	5	5	20	5	14	23	5	3
灾天发生率(%)	20	12	8	10	12	7	12	10	5
林木受害率(%)	26	1	8	30	1	15	25	3	3

试用灰色关联分析的方法进行量化研究, 计算方法与步骤如下:

第1步、设: $X_0(t)$ -- 林木受害率(%), 为母序列;

$X_1(t)$ -- 害鼠捕获率(%), 为第1子序列;

$X_2(t)$ -- 灾害天气发生率(%), 为第2子序列。

第2步、绘时间序列图(见图2-1)。

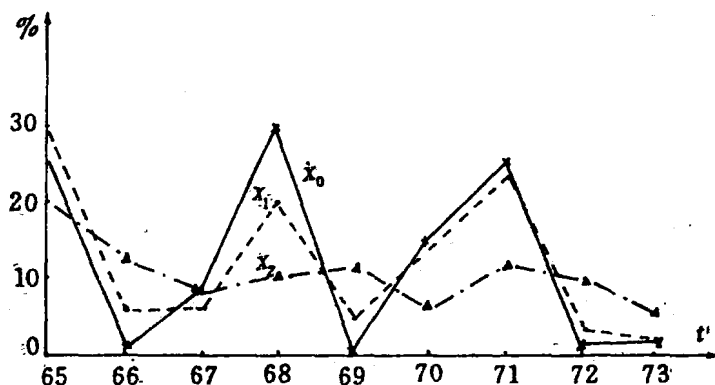


图2-1

图中: ×——母序列曲线图

●——第一子序列曲线图 $x_1(t)$ ---

△——第二子序列曲线图 $x_2(t)$ - - - -

第3步、目测分析: 从图中曲线看, 害鼠捕获率曲线与母序列曲线比较接近, 说明鼠情比灾害性天气对红松发育关系更大些。

第4步、计算分析:

1. 求母序列与子序列同一时刻 t 的绝对差值 $\Delta_{0i}(t)$

$$\Delta_{01} = [.04, .04, .03, .10, .04, .01, .02, .02, .00]$$

$$\Delta_{02} = [.06, .11, .00, .20, .11, .08, .13, .07, .02]$$

2. 找出 最大差值 $\Delta_{max} = .20$,

最小差值 $\Delta_{min} = 0$

3. 按下式计算母序列与各子序列的关联系数:

$$L_{0i}(t) = \frac{\Delta_{min} + \Delta_{max}}{\Delta_{0i}(t) + \Delta_{max}}$$

结果为:

$$L_{01}(t) = (.833, .833, .870, .667, .833, .952, .909, .909, 1)$$

$$L_{02}(t) = (.769, .645, 1, .500, .645, .714, .606, .741, .909)$$

4. 按下式计算关联度:

$$\gamma_{0i} = \frac{\sum_{i=1}^n L_{0j}(ti)}{n}$$

式中: γ_{0i} -- 母子序列之间的关联度;