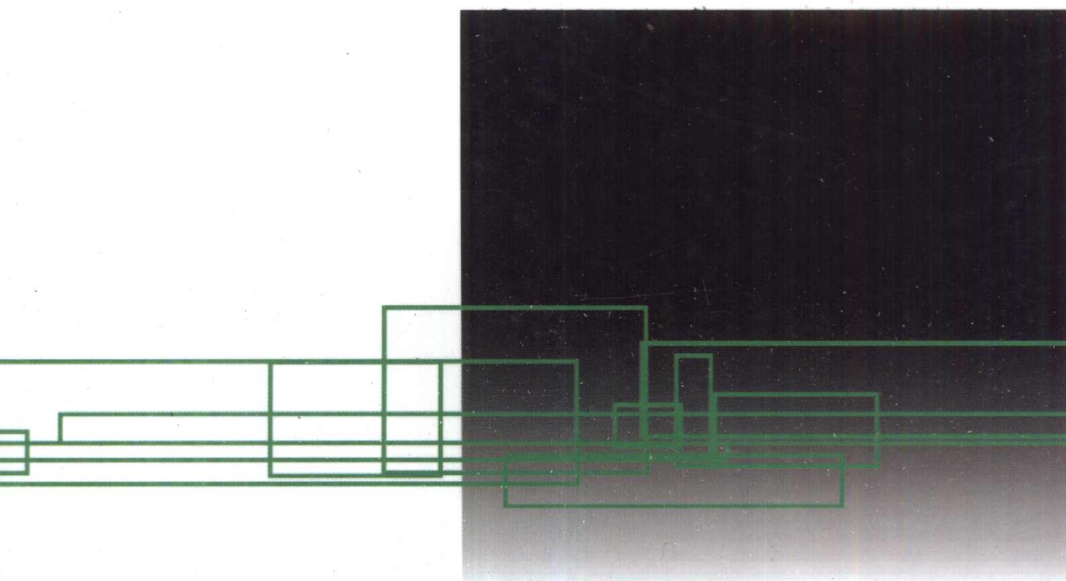


灰色系统理论
系列书

灰色系统分析及 实用计算程序

■ 王学萌 张继忠 王荣 著



灰色系统分析及 实用计算程序

■ 王学萌 张继忠 王荣

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

灰色系统分析及实用计算程序/王学萌 等著
武汉:华中科技大学出版社, 2001年9月
ISBN 7-5609-2535-9

I. 灰…

II. ①王… ②张… ③王…

III. ①灰色系统-系统分析

②灰色系统-计算机辅助分析-应用程序

IV. N945.1

灰色系统分析及实用计算程序

王学萌 等著

责任编辑:章咏霓
责任校对:蔡晓璐

封面设计:潘 群
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

经 销:新华书店湖北发行所

录 排:武汉皇荣文化发展有限责任公司

印 刷:武汉市科普教育印刷厂

开本:850×1168 1/32 印张:14.375 插页:2 字数:346 000
版次:2001年9月第1版 印次:2001年9月第1次印刷 印数:1—2 000
ISBN 7-5609-2535-9/N·19 定价:26.80元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

前 言

灰色系统理论在短短的十几年里,得到了长足的发展,目前,在我国已成为社会、经济、科教、技术等很多领域进行预测、决策、评估、规划、控制、系统分析与建模的重要方法之一.特别是它对时间序列短、统计数据少、信息不完全系统的建模与分析,具有独特的功效,得到了广泛的应用.

山西是最早研究和应用灰色系统理论的省份之一.1983年冬,张继忠在杂志上拜读了邓聚龙教授介绍灰色系统理论的文章后,觉得农业和农村经济的发展完全符合灰色系统的特点,于是在山西省农科院、所领导的支持下,立即邀请邓教授来我院举办了全国第一个灰色系统理论学习班.接着在邓聚龙教授的指导下,结合农业课题,开始研究和应用灰色系统模型和方法,并把计算机应用软件的开发和研制作为重要内容与组成部分,紧密配合科研同步进行,既保证了研究成果的科学水平与实用价值,又大大提高了科研工作效率.刚开始,我们是在PC-1500袖珍计算机上编程、调试、运行,形成了灰色系统应用软件的雏形,出版了《灰色系统预测决策建模程序集》一书;而后,陆续将程序移植到微机上,并增加了汉字的输入和输出,同时随着灰色模型的发展,开发了新的程序.这期间我们举办“灰色系统分析及其计算程序”学习班5期,在全国进行推广与交流.经过这样的反复实践,程序积少成多,计算机技术也不断提高,我们便将零散的、孤立的程序进行了筛选、合并、修改、加工、补充、完善,最后配套、组装成“农村经济灰色系统分析软件包”,通过专家鉴定,于1994年获得山西省科技进步二等奖.

10多年来,我们应各地灰色理论学者和广大爱好者的需求,毫无保留地及时将灰色系统应用软件,采取不同方式加以推广与传播.至今,在全国约有近千个科研机构、管理部门、院校、生产单

位或科技人员应用了这些计算程序。现仍不断有读者和用户来信询问程序与软件的出版情况。无疑本书及软件的出版,会满足他们的需要,并使灰色系统理论及其应用更加普及与深入。

本书是在总结上述研究与成果的基础上,进一步理论化、系统化、规范化、实用化而写成的;同时,还改进了一些较复杂的主要程序。其特点是:

在理论化上,突出灰色系统的建模基本特征,阐明了与其他模型的本质区别,如灰关联分析理论特征、灰色 GM 模型动态特征、多维灰评估智能特性等,并紧密联系应用实例,从理论与实践结合上,讲明各种模型的功能与效果。

在系统化上,全书以关联分析、建模、预测、决策、评估、规划、控制等灰色系统技术体系为纲,应用实例前后衔接,结构层次清晰,能较好地体现灰色系统分析的整体功能和综合效果。并补充了非时间序列关联分析、五步建模、拓扑预测、多层次灰色综合评估等计算程序,使应用软件更加完善。

在规范化上,计算程序统一了数据输入方式,新增加了较多的选择、判别、分析功能,便于用户灵活应用,尽可能获得较满意的结果。如数列预测程序中,补充了各种原始数据变换,以供选择;GM(1,N)模型的建立,可以由用户根据需要更换主导变量;关联分析可以任意选择母序列和子序列等。

在实用化上,每个计算程序,都编有程序使用说明、程序框图、上机操作步骤等,全部为汉字输入与输出,运算过程均在屏幕上显示,界面友好。书中有大量应用实例及其结果分析,为用户提供了有益的借鉴。

本书取名为《灰色系统分析及实用计算程序》,而不取名为《灰色系统分析计算程序》,是因为作者希望读者通过本书的阅读,能对灰色系统分析的原理、模型、方法与应用有个基本的了解。也就是说,撇开算法程序不谈,本书也可作为灰色系统分析的一本入门读物。

全书共分 10 章,含 24 个计算程序,1 个总控程序,4 个数据文件程序. 其中,系统预测、灰色规划、连接总控及数据文件等程序及其有关章节,是由王荣编写的,张继忠充实了不少应用实例. 罗建军曾参加过部分研究. 值得记忆的是,本书初稿,是 1995 年深秋,我在美国研究三角园区-北卡州府 Raleigh 写成的,宁静、凉爽的绿色园地,为软件开发和程序的修改与调试,提供了高效的工作环境;北卡州立大学中国学生学者联谊会热心提供了中文编辑软件,在此向他们表示衷心感谢. 回国后,进一步作了修改,并最后定稿. 我们的研究及其取得的成果,始终是在灰色系统理论创始人邓聚龙教授的鼓励支持和指导下进行的,我们对他表示衷心的感谢. 华中科技大学出版社有关同志对本书的出版作了大量的工作,付出了辛勤的劳动,我们深表谢意.

灰色系统理论是诞生在祖国大地上的一棵科学幼苗,正在茁壮成长. 作者水平有限,书中错误与不妥之处,敬请读者提出批评并指正.

王学萌

1996 年 1 月

目 录

第一章 灰色系统分析	(1)
1.1 基本概念	(1)
1.2 基本原则	(3)
1.3 基本方法	(5)
1.4 计算程序	(6)
第二章 灰色关联分析	(8)
2.1 数学原理与特征	(8)
2.2 计算方法	(11)
2.3 应用技术	(14)
2.4 程序设计与框图	(16)
2.5 程序类型与功能	(17)
2.6 上机操作说明	(19)
2.7 应用实例与结果分析	(20)
2.8 程序清单	(26)
第三章 灰色动态 GM 模型分析	(50)
3.1 灰色动态模型的数学原理	(50)
3.2 GM 模型基本类型与计算方法	(51)
3.3 灰色动态模型建模的基本步骤	(54)
3.4 程序设计与框图	(55)
3.5 程序类型与上机操作说明	(57)
3.6 应用实例	(60)

3.7	程序清单	(66)
第四章	灰色数列预测	(109)
4.1	灰色数列预测概述	(109)
4.2	数列预测的基本方法	(112)
4.3	数列预测实用技术	(114)
4.4	程序类型与功能	(115)
4.5	上机操作说明	(118)
4.6	应用实例	(120)
4.7	程序清单	(130)
第五章	灰色系统预测	(169)
5.1	系统预测的数学原理	(169)
5.2	灰色系统预测的计算步骤	(170)
5.3	程序设计与框图	(171)
5.4	程序类型与功能	(172)
5.5	上机操作说明	(172)
5.6	应用实例	(173)
5.7	程序清单	(182)
第六章	灰色灾变预测	(196)
6.1	灾变预测的数学原理与特征	(196)
6.2	基本计算方法与步骤	(197)
6.3	程序类型与功能	(198)
6.4	程序框图	(199)
6.5	上机操作说明	(202)
6.6	应用实例	(203)
6.7	程序清单	(210)
第七章	灰色局势决策	(227)
7.1	灰色决策基本特征	(227)

7.2	灰色局势决策的数学原理与计算方法	(228)
7.3	程序类型与功能	(234)
7.4	程序设计框图	(235)
7.5	上机操作说明	(237)
7.6	应用实例	(238)
7.7	程序清单	(247)
第八章	多维灰色评估	(264)
8.1	灰色评估数学原理与基本特征	(264)
8.2	灰色评估的计算步骤	(268)
8.3	灰色评估计算程序框图	(270)
8.4	程序类型与主要功能	(272)
8.5	上机操作说明	(272)
8.6	应用实例	(273)
8.7	程序清单	(286)
第九章	多维灰色规划	(320)
9.1	灰色线性规划数学原理	(320)
9.2	灰色线性规划类型与计算方法	(322)
9.3	多维灰色规划综合模型	(329)
9.4	灰色线性规划程序框图	(331)
9.5	上机操作说明	(332)
9.6	应用实例	(334)
9.7	程序清单	(344)
第十章	灰色动态模型的优化与控制	(394)
10.1	五步建模原理与方法	(394)
10.2	五步建模的计算方法与步骤	(395)
10.3	五步建模计算程序框图	(404)
10.4	上机操作说明	(405)
10.5	应用实例	(405)

10.6 程序清单.....	(411)
附 录	(425)
一、 [GMZK]灰色系统分析软件包连接程序(No. 25)	(425)
二、 [SJWJ1]数据文件(一)程序(No. 26)	(429)
三、 [SJWJ2]数据文件(二)程序(No. 27)	(431)
四、 [SJWJ3]数据文件(三)程序(No. 28)	(435)
五、 [SJWJ4]数据文件(四)程序(No. 29)	(439)
参考文献	(444)
后 记	(447)

第一章 灰色系统分析

1.1 基本概念

系统分析是决策科学的重要组成部分,但现在还没有一个全面而精确的定义,也未形成自身独特的理论体系,是一门发展和探索中的学科。在实际应用中,人们对系统分析是这样理解的:按照系统科学原理,综合运用数学、计算机以及社会、自然、思维等科学的方法和工程技术方法,对复杂问题进行研究和求解,以便帮助决策者分析评价各种备选方案,并对合乎决策者意图的一种或几种行动方案的后果,进行科学的预测。具体来说,系统分析就是把数据和资料有次序地或逻辑地组织成模型,并对模型的有效性和适应性作所必须的严格检验和考查,然后把分析的结果作为决策的依据,并在政策讨论中作为说服或论辩的工具。可见,它是一种广义的研究工作的策略,具有承上启下的作用。

实践证明,系统分析是一门技艺。对待同一个问题,每个分析者可根据其专业经验和主观判断,选择不同的分析方法。而运用同样的分析方法,有的人能得出有价值的见解,有的人也许会导致错误的结论。这是由于复杂的大系统受到社会、经济或技术等各种因素的影响,因而,在进行系统分析过程中,必然夹杂着决策者个人的价值观和对变化不定的未来进行主观臆断或理性判断。从这个意义上讲,系统分析方法既有科学性,又有一定的艺术性。因此,在系统思路的基础上,为了真正有效地解决现实问题,就必须开发与应用各种技术方法和有效手段。

科学发展表明,建立模型可以使人们在更高的层次上分析与

认识事物。因此,建模是系统分析的基本特征和主要内容。然而,在系统分析发展的艰难过程中,人们发现,系统分析模型很少像自然科学的模型那样,是科学理论的表达式,可以通过试验来验证,而都是通过判断、逻辑推理建立同构模型,难以进行试验。因此,系统分析者很难说他预计的后果一定可靠,因为许多不确定因素和未知因素,在进行分析与决策时,会不可避免地介入到系统里来,产生各种无法预料的后果。系统的这种不确定性,实质上是由于系统的信息不完全所造成的,其主要表现为:①系统的边界(或因素)不完全清楚;②系统中因素间的关系不完全知道;③系统的内部结构不完全明确;④系统的作用原理或运行机制不完全了解。在控制论中,信息不完全是“灰”的基本含义。因此,从这个意义上讲,系统分析尽管应用于许多不同场合,可以解决各类实际问题,提供各种决策依据,但这些都是处在“灰”的环境中,并不得不按灰的方式思维,按灰的信息决策,按灰的规律行动。因此,系统分析本质上就是个灰色问题。然而,作为灰色系统理论的重要组成部分,灰色系统分析有其特定的内容与方法。

灰色系统理论的研究任务,主要是对社会、经济、生态、农业、环境、军事等本征性灰色系统,进行分析、建模、预测、决策、评估、规划、控制等。它的研究内容是由研究对象和研究目的所决定的,其中包括对研究对象的了解、对研究任务的分析、对发展目标的制定等,它们确定了研究的问题域。这是一切系统分析的起点。如对某个自然的或行政的区域社会经济发展进行系统分析和研究,首先要把这个区域作为一个系统或整体,这些系统包括社会、经济、自然、生态各个领域,具体涉及到农业、工业、交通运输、建筑业、商业、财政金融、人口和劳力、消费、就业、文化、教育、卫生、科技以及自然资源、生态环境、城镇布局、对外关系等各个方面。这方方面面都是互相联系、互相影响的,它们交织在一起,构成纵横交错的不确定的信息网络。可见,任何一个研究对象都是庞大复杂的灰色立体系统。灰色系统分析方法有着比较广泛的应用领域。

1.2 基本原则

灰色系统分析作为一种方法,它与传统的系统分析方法有其相同的基本原则,这就是整体性、优化、模型化.整体性原则是系统分析的根据和出发点,优化原则是其分析的基本目的,而模型化原则是作为优化的手段和必要途径.这三条原则从不同侧面表现了包括灰色系统在内的系统方法的一般特征.但灰色系统分析还具有自身的一些特点和方法论原则.

1.2.1 信息的非完全性原则

人们对系统的认识,是客观事物以信息形式在人们头脑中的反映.由于客观事物的变化是无穷无尽的,人们所能获得的信息是有限的,也总是不完全的.依据不完全信息来处理问题正是灰色系统分析方法的重要特征.灰色系统分析十分重视对有限的、非完全信息的充分利用,这是因为人们经常是在“灰”的环境中认识事物和处理问题的.任何信息在人们认识的过程中都有一定的意义,它们总是以不同的形式,反映了客观事物或在历史上曾经存在过、或在现实中存在着的一些根本属性或运动状态,因此,即使是有限的、非完全的信息,对于人们认识客观事物也是十分有价值的.它是提高人的认识深度,降低人的认识灰度的可靠基础,尤其是那些可以标志客观事物“现时存在”的有限信息,在进行灰色系统分析与处理问题时给予高度重视,这是有它的认识论根据的.灰色系统理论基于信息的非完全性原则,建立了一套新的概念和方法,如:灰数、灰元、灰关系等概念,灰色统计、灰色聚类、灰色预测、灰色决策、灰色规划等方法.不难理解,从系统辩证论观点看,“信息非完全”原理及其运用,是“少”与“多”的辩证统一,是“局部”与“整体”的转化.

1.2.2 非唯一性原则

对于一个信息不完全的系统,特别是属于本征性灰系统的社会系统、经济系统、生态系统、军事系统、自然系统等,试图用严格的数学方法寻求精确的唯一解,一般情况下几乎是不可能的.灰色系统分析方法的非唯一性原则,正是指由于这类系统的行为模式的非唯一性,而对于系统行为及其未来发展的描述也应是非唯一的.如,对灰关联分析来说,影响这个系统行为特征的因素是非唯一的,众多关联因素可构成关联空间;在关联空间中,描述系统行为的各因素的数据列是离乱的,但描述这些因素的数据列的表现形式却是非唯一的,且从一种表现形式转化为另一种表现形式的数据生成方式也是非唯一的,这些生成方式的全体可构成生成空间.这样,就可以根据系统量化的要求,在生成空间里确定一种有效方式,为分析和建模提供较好的基础.又如灰色数列预测,同一数据列,可按某种准则构成子序列,因而子序列是非唯一的,由子序列建立的子模型也是非唯一的,这些子模型全体组成子模型群,在子模型群中,可按照信息利用程度以及模型与实际状态的吻合程度来选择一些满意模型,进行预测.在灰色决策、灰色规划中,由于面对一个事件,其可供采用的方法、途径、手段、对策、措施等是非唯一的,因而构成决策或规划的数量可用一个范围来约束,这个范围便称为“灰靶”.从灰靶中确定一个满意的对策,便是灰决策或灰规划.

非唯一性原则增强了系统的可比性、可量化性、可选择性及可优化性.灰色系统理论属于软科学的范畴,具有多学科的综合性,所以其数学基础及其系统方法也是非唯一的.因而,灰思想强调非唯一性、可集合性、可构造性,是开集思想.开集既可在同一层次构造发展,也可在多层次上构造发展.这是灰色系统方法的一个重要的方法论原则.

1.2.3 现实信息优先原则

运用灰色系统理论与方法,进行系统分析、预测、决策、规划、评估时,突出的特点就是对样本的数量和分布特征不太苛求,不盲目追求大样本量和典型分布. 它只需对已掌握的部分信息进行合理的加工处理,就能对系统动态过程做出科学的描述和正确的预测. 这是由于它在样本选取方面遵循着与一般统计方法完全不同的方法论原则,一般统计方法是依据随机原则进行抽样调查,以获取大量样本,而灰色系统方法则是在研究信息不完全的系统时,遵循现实信息优先原则,即在处理历史信息与现实信息关系上,它注重现实信息. 因为我们研究的是现时存在的信息不完全系统,表征或反映它的状态特征和行为的,主要是现实信息,直接影响系统未来发展趋势、起着主要作用的也是现实信息,而且在历史信息中,反映客观事物发展规律的那一部分信息内容,都会以这样或那样的方式被现实信息所载有. 这一点对于社会、经济等本征性灰色系统更为明显. 如我们不能用改革前的社会经济信息来描述和表征改革后的社会经济结构,也不能用它作为主要依据,来预测未来社会经济的发展. 所以,灰色预测并不要求大量的历史数据,甚至有三、四个数据即可建模预测.

1.3 基本方法

灰色系统理论问世以来,无论在理论上,还是在方法上以及实际应用上,均得到了很大的发展. 在我国已成为许多领域进行系统分析、建模、预测、决策、规划、评估、控制等的一种独特的思路和崭新的方法. 邓聚龙教授认为,灰色系统理论现已初步形成了较为完整的一套体系,即:

以灰色关联空间为基础的分析体系;

以灰色动态模型 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。

在这套理论体系的基础上，通过实践，灰色系统分析已逐步形成了具有自己特色的、实用性较强的基本方法。主要有：

(1)灰色关联分析：关联矩阵、关联动态矩阵；

(2)灰色动态建模： $GM(1,1)$ 、 $GM(2,1)$ 、 $GM(1,N)$ 、 $GM(0,N)$ 等；

(3)灰色预测方法：数列预测、系统协调（结构或控制）预测、灾变预测、季节灾变预测、拓扑预测；

(4)灰色局势决策：单目标决策、多目标决策；

(5)多维灰色评估：灰色统计、灰色聚类、多层次综合评估；

(6)多维灰色规划：预测型规划、漂移型规划、灰色规划综合模型；

(7)灰色五步建模；

(8)灰色去余控制。

1.4 计算程序

灰色系统分析以数学模型为主要手段，计算机应用软件的开发是灰色系统研究的重要课题之一。本书中的计算程序，是作者在设计应用灰色系统理论和方法，研究与解决社会经济课题实践中，逐步开发与研制的，如图 1-1 所示。这些程序是用最为普及的 BASIC 语言编写的，在任何微机上都可运行，使用灵活，适应面广，通用性强。采用模块化程序设计，结构合理，层次清晰，有统一的数据输入方式，含较多的人-机屏幕对话，具有较强的选择、判别、分析功能。每个计算程序，都有程序说明、程序框图、上机操作步骤等，全部为汉字输入与输出，运算过程均在屏幕上显示，界面友好，功能齐全，便于用户灵活应用，尽可能获得较满意的结果。书中附有大量应用实例及结果分析，为用户提供了有益的借鉴，能较好地体现灰色系

统分析的整体功能和综合效果.

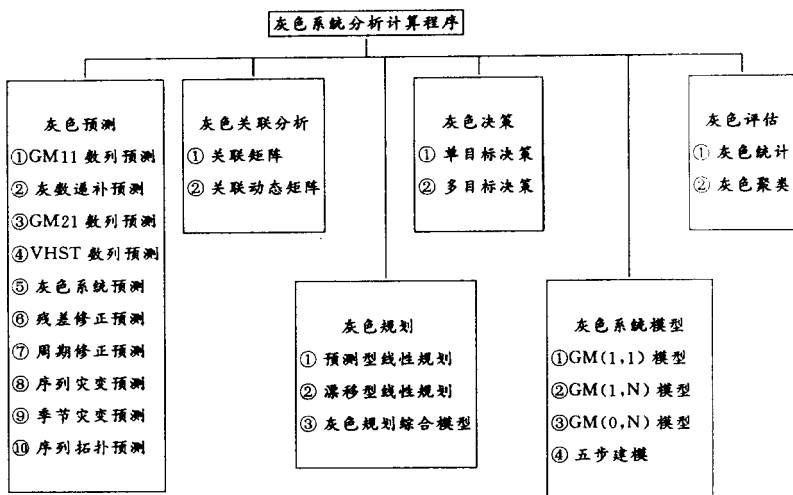


图 1-1 灰色系统分析计算程序