

灰色分析

技术及程序实现

强彦 著

- ◆ 从项目中提炼灰色分析技术精华
- ◆ 呈现灰色分析技术的发展和研究方向
- ◆ 融合作者科研项目经验和成果
- ◆ 完整提供全部分析思想、开发过程和源码



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

内容简介

灰色分析技术及程序实现

强彦 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了六种改进的灰色分析算法,分别从算法背景、算法应用领域、算法流程、算法计算步骤、算法实例和算法拓展等方面进行了描述,详细介绍了每种算法在 MATLAB 计算平台上的实现过程,并且给出了源代码,力求向读者展示灰色分析相关领域的最新研究动态,希望能为从事相关研究的广大读者提供参考,能对灰色分析技术的发展起到推动作用。本书可作为高等院校、科研院所和企事业单位的科技工作者进行数据分析、预测,进而进行科学决策时的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

灰色分析技术及程序实现 // 强彦著. —北京:电子工业出版社, 2011.7
ISBN 978-7-121-14044-0

I. ①灰… II. ①强… III. ①灰色系统—系统分析—计算机算法
IV. ①N941.5②TP301.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 132528 号

策划编辑: 冯 吉

责任编辑: 鄂卫华

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

装 订: 中国电影出版社印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 10.5 字数: 194 千字

印 次: 2011 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言

FOREWORD

本书是作者从事灰色系统理论探索和项目开发经验的总结，书中部分内容还参考了国内外同行近年来在理论和应用研究方面取得的新成果，书中所列算法是在灰色系统理论基础算法上的改进和拓展，供读者在灰色理论研究和科技项目应用方面作参考。

书中对每一种算法都按照下列几个方面进行总结和描述，首先，介绍算法的背景，说明该算法的产生原因，以及和其他算法的关系；其次，介绍算法的应用领域，具体阐述在哪些应用领域可能会用到该算法；第三，给出标准的算法流程图；第四，具体介绍算法的详细计算步骤，根据该步骤读者即可使用熟悉的编程语言进行编程；第五，为了进一步使读者理解算法步骤过程，为每个算法举出算法实例，算法实例在 MATLAB 计算程序平台上实现，书中描述了算法在 MATLAB 平台上的完整开发过程和详细程序代码；最后，通过算法拓展章节，对算法提出优化和改进的建议，以引导读者对算法进行更加深入的研究和探索。

全书共分七章，除介绍灰色系统的基本概念和基本原理外，共计用六个章节分别介绍了多层次灰色评估分析算法、星座聚类分析算法、灰色动态 GM 模型分析算法、等维灰数递补动态模型算法、残差周期修正模型算法和滚动预测模型算法。

本书适于高等院校、科研院所、以及企事业单位的科技工作者进行数据分析、预测，进而进行科学决策时作参考。

书中算法由作者在科研项目“多种数据分析算法”和“农村经济数据分析平台系统”的研究开发过程中，参考国内外同行的最新研究成果，不断改进完

善，最后总结提炼而成。由于时间仓促、水平有限，书中不免有疏漏错误之处，请读者不吝指正。

本书在撰写过程中，得到了王学萌、郭常莲、赵涓涓、潘勤学、刘茜、曹彩艳等项目组成员和相关专家的大力支持和协助，在此表示衷心感谢！

目录

CONTENTS

第 1 章 灰色系统数据分析	1
1.1 基本概念	1
1.2 基本原则	2
1.3 基本方法	4
1.3.1 系统研究内容	4
1.3.2 关联度分析	10
1.3.3 生成数	11
1.3.4 GM(1, 1)模型	13
1.4 MATLAB 简介	17
1.5 MATLAB 工作界面	19
第 2 章 多层次灰色评估分析算法	23
2.1 模型算法背景描述	23
2.2 算法应用领域	23
2.3 算法流程	24
2.4 算法步骤	24
2.5 算法实例	27
2.6 程序实现和运行说明	28
第 3 章 星座聚类分析算法	43
3.1 星座聚类分析算法背景描述	43
3.2 算法应用领域	43
3.3 算法流程	44
3.4 算法步骤	44
3.5 算法实例	47
3.6 程序实现和运行说明	50
3.7 算法拓展——最优分割原理	66

第 4 章 灰色动态 GM 模型分析算法	69
4.1 模型算法背景描述	69
4.2 算法应用领域	69
4.3 算法流程	70
4.4 算法步骤	71
4.5 算法实例	73
4.6 程序实现和运行说明	76
4.7 算法拓展	92
第 5 章 等维灰数递补动态模型算法	95
5.1 模型算法背景描述	95
5.2 算法应用领域	95
5.3 算法流程	96
5.4 算法步骤	96
5.5 算法实例	97
5.6 程序实现和运行说明	97
第 6 章 残差周期修正模型算法	111
6.1 模型算法背景描述	111
6.2 算法应用领域	111
6.3 算法流程	112
6.4 算法步骤	112
6.5 算法实例	113
6.6 程序实现和运行说明	116
第 7 章 滚动预测模型算法	145
7.1 模型算法背景描述	145
7.2 算法应用领域	145
7.3 算法流程	145
7.4 算法步骤	146
7.5 算法实例	147
7.6 程序实现和运行说明	148
参考文献	162

第 1 章 灰色系统数据分析

1.1 基本概念

由客观世界中相同或相似的事物和因素按一定的秩序相互关联、相互制约而构成的一个整体，这就是我们一般所说的系统。

概率统计、模糊数学和灰色系统理论是三种最常用的不确定性系统研究方法。它们的研究对象都具有某种不确定性，这就是三者的共同点。正是研究对象在不确定性上的区别，派生出三种各具特色的不确定性学科。

模糊数学着重研究“认知不确定”问题，其研究对象具有“内涵明确，外延不明确”的特点。主要凭借经验，借助于隶属函数进行处理。

概率统计研究的是“随机不确定”现象，着重于考察“随机不确定”现象的历史统计规律，考察具有多种可能发生的结果之“随机不确定”现象中每一种结果发生的可能性大小。其出发点是大量样本，并要求对象服从某种典型分布。

灰色系统理论是 20 世纪 80 年代，由中国华中理工大学邓聚龙教授首先提出并创立的一门新兴学科，它是基于数学理论的系统工程学科。主要解决一些包含未知因素的特殊领域的问题，它广泛应用于农业、地质、气象等学科。

灰色系统理论着重研究概率统计、模糊数学所难以解决的“小样本”、“贫信息”不确定性问题，并依据信息覆盖，通过序列算子的作用探索事物运动的现实规律，其特点是“少数据建模”。与模糊数学不同的是，灰色系统理论着重研究“外延明确，内涵不明确”的对象。

这三者之间的区别如表 1-1 所示。

表 1-1 三种不确定性方法的比较

项目	模糊数学	概率统计	灰色系统
研究对象	认知不确定	随机不确定	贫信息不确定
基础集合	模糊集	康托集	灰色朦胧集
方法依据	映射	映射	信息覆盖
途径手段	截集	频率统计	灰序列算子
数据要求	隶属度可知	典型分布	任意分布
侧重	外延	内涵	内涵
目标	认知表达	历史统计规律	现实规律
特色	凭经验	大样本	小样本

控制论学者艾什比用黑箱（Black Box）形容内部信息缺乏的对象和系统。

为此，我们用“白”来表示信息的完全，“黑”来表示信息的缺乏。那么，不言而喻，信息不充分、不完全就表示为“灰”。相应的，信息不完全的系统，称为灰色系统或简称灰系统（Gray System）。

比如说人体是一个灰色系统，人体某些外形参数如身高、体重，以及某些内部参数如血压、脉搏可以获得。但有更多的信息：如人体的穴位的多少及作用、人体体温场、人体的信息网络等还不能获知。此外，社会系统、经济系统、生态系统、农业系统、商业系统等抽象系统没有物理原型，又不清楚系统的作用机理，很难判断信息的完备性以对系统结构、关系作出精确的描述，人们只能凭逻辑推理，凭某一些观念意识或凭某种准则对系统的结构、关系进行认证，然后再建立某种模型，这种抽象系统为特征灰色系统。严格来说，灰色系统是绝对的，而白色和黑色系统是相对的。社会、经济、农业等系统的预测，都属于特征性灰色系统的预测。

值得注意的是“系统”与“箱”这两个概念的区别。一般，“箱”侧重于对象外部特征而不重视其内部信息的开发利用，往往通过输入输出关系或因果关系研究对象的功能和特征。而“系统”则通过对象、要素、环境三者之间的有机联系和变化规律研究其结构和功能。

灰色系统理论的研究对象是“部分信息已知、部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定系统，它通过“部分”已知信息的生成，开发实现对现实世界的确切描述和认识。

一般“信息不完全”是指下面四个情况。

- (1) 系统因素不完全明确。
- (2) 因素关系不完全清楚。
- (3) 系统结构不完全知道。
- (4) 系统的作用原理不完全明了。

“信息不完全”是“灰”的基本含义，从不同场合、不同角度看，还可以将“灰”的含义加以扩充，如表 1-2 所示。

表 1-2 “灰”概念的引申

	信息	表象	过程	性质	方法	态度	结果
黑	求知	暗	新	混沌	否定	放纵	无解
灰	不完全	若明若暗	新旧交替	多种成分	扬弃	宽容	非唯一解
白	完全	明朗	旧	纯	肯定	严厉	唯一解

1.2 基本原则

公理 1 差异信息原理

我们说“事物 A 不同于事物 B”，即事物 A 相对于事物 B 来说有它特殊的

相关信息,客观世界中万事万物之间的“差异”为我们提供了认识世界的基本信息。

信息改变了我们对某一复杂事物的理解,信息与人们对事物的原本信息有差异。科学研究中的重大突破为人们提供了认识世界、改造世界的重要信息。这类信息与原本的信息必然有差异。信息的含量越大,它与原信息的差异就越大。

公理2 解的非唯一性原理

“解的非唯一性原理”在决策上的体现是灰靶思想。灰靶是目标非唯一与目标可约束的统一。比如升学填报志愿,一个认定了“非某学校不上”的考生,如果考分不具有绝对优势,其愿望就很可能落空。相同条件对于愿意退而求其次,多目标、多选择的考生,其升学的机会更多。

“解的非唯一性原理”也是目标可接近、信息可补充、方案可完善、关系可协调、思维可多向、认识可深化、途径可优化的具体体现,在面对多种可能的解时,能够通过定性分析,补充信息,确定出一个或几个满意解。因此,“非唯一性”的求解途径是定性分析与定量分析相结合的求解途径。

公理3 最少信息原理

“最少信息原理”是“少”与“多”的辩证统一,灰色系统理论的特色是研究“小样本”、“贫信息”不确定性问题,其立足点是“有限信息空间”。“最少信息”是灰色系统的本准则,所能获得的信息“量”是判别“灰”与“非灰”的分水岭,充分开发利用已占有的“最少信息”是灰色系统理论解决问题的基本思路。

公理4 认知根据原理

认知必须以信息为依据,没有信息,无以认知,以完全、确定的信息为根据,可以获得完全确定的认知,以不完全、不确定的信息为根据,只能得到不完全、不确定的灰认知。

公理5 新信息优先原理

“新信息优先原理”是灰色系统理论的信息观,赋予新信息较大的权重可以提高灰色建模、灰色预测、灰色分析、灰色评估、灰色决策等的功效。“新陈代谢”模型体现了“新信息优先原理”。“新信息优先原理”是信息的时效性具体体现。

公理6 灰性不灭原理

信息不完全、不确定具有普遍性,信息完全是相对的、暂时的,原有的不确定性消失,新的不确定性很快出现。人类对客观世界的认识,通过信息的不断补充而一次又一次地升华,信息无穷尽,灰性永不灭。

1.3 基本方法

1.3.1 系统研究内容

灰色系统主要研究的是系统分析，灰色建模，灰色预测，灰色决策，灰色控制等多个内容。

1) 系统分析

灰色系统分析方法主要是根据具体灰色系统的行为特征数据，充分利用数量不多的数据和信息寻求相关因素自身与因素之间的数学关系，即建立相应的数学模型。

现在系统分析的量化方法，大部分都是数理统计方法，比如说回归分析，主成分分析，方差分析等。但它们都有一些缺点：①都要求大样本；②都要求样本有较大的分布规律；③它们的计算工作量都很大；④都可能出现量化的结果与定性分析的结果不符。

这些缺点说明回归分析有较大的局限性，特别是对我国的经济分析局限性就更大，因此我们需要寻找一个更有效更合理的方法。

灰色系统理论就提出了一种新的分析方法，称为系统的关联度分析方法，这是依据因素间关系程度的方法。由于关联度的分析方法是对发展趋势做分析，因此对样本量的多少没有过分的要求，也不需要典型的分布规律，计算量小，且不致出现关联度的量化结果与定性分析不一致的现象。

目前关联度分析已用到各方各面，比如农业经济、水利、宏观经济等。对抽象系统、社会现象等进行关联度分析，首先必须找准数据序列，也就是说用什么数据来间接地反映系统的行为特征。找系统行为的映射量就是用某种数据来间接地表征系统行为。例如：法国的人口学家曾经统计和研究过中国的宋朝、元朝、明朝、清朝的人口。这些人口数字都不是直接统计的，而是根据食盐的销售量折算得到的。在当时的环境下，用食盐作为人口的映射量是恰当的。再比如：用学生人数来反映教育的发达程度，用大专以上文化程度的人数来反映教育水平的高低。用医院挂号费作为健康水平的映射量等等。

这些是各种社会现象的一些可能的映射量。当有了系统行为的数据列（即各时刻的数据）后，根据关联度计算公式便可算出关联程度，也可以将数据输入计算机，通过关联度计算软件算出结果。

2) 灰色建模

如果一个家庭是一个系统，把这个家庭每个月收入的 10% 存入银行，那么这个家庭的银行存款便是收入的 10%。银行存款与收入的数量关系，便是

这个家庭的一个经济模型，因为这种模型是各因素（变量）之间的数学关系，我们常称它为数学模型。

递推的离散的模型有较大的局限性，它是建立一个按时间做逐段分析的模型。在某些研究领域中，人们常常希望使用微分方程模型。比如：生命科学、经济学、生物医学等。在这个领域中，微分方程的系数描述了我们所希望辨识的系统内部的物理或化学过程的本质。但是人们却不能建立微分方程模型，因为微分方程中的系统数据的出现是输入输出的导数，它们一般是不能测量得到的。但是，灰色系统理论解决了这一建模问题。为什么灰色系统理论能解决这个问题呢？其重点是灰色系统有一种新观点。

(1) 任何随机过程都是在一定幅值范围，一定时区内变化的灰色量，我们称随机过程为灰色过程。

(2) 在处理手法上，灰色过程是通过原始数据的整理来寻找数的规律的，称为数的生成，这就是一种就数找数的现实规律的途径。

概率统计的随机过程，则是按统计规律，按先验规律来处理问题。做这种处理，要求数据越多越好(大样本)。事实上，即使有了大样本也不一定能够找到统计规律，即使有统计规律也不一定典型，而非典型的过程(如非平稳，非高斯分布，非白噪声等)是难处理的。

而灰色过程则无此限制。事实上，将许多原始数据累加处理后便出现了明显的指数规律。为什么能做到这一点呢？

灰色系统认为：尽管客观系统表象复杂，数据离散，但它们总是有整体功能的，总是有序的。因此，它必然潜藏着某种内在规律。关键在于要用适当方式去挖掘它，然后利用它。

由于生成数据列有了较强的规律，有可能对变化过程做较长时间的描述，因此，有可能建立微分方程。建立微分方程模型，还要利用到灰色理论的其他成果，如：关联空间的知识，离散函数的收敛、根据离散函数的光滑度、灰导数，灰微分方程等概念。

下面就举一个例子，说明灰色过程如何通过生成来寻找规律。

例：记 $x^{(0)}(1)$, $x^{(0)}(2)$, $x^{(0)}(3)$, $x^{(0)}(4)$ ，其值如表 1-3 所示。

表 1-3 灰色序列举例表

序号	1	2	3	4
数据	1	2	1.5	3
	$x^{(0)}(1)$	$x^{(0)}(2)$	$x^{(0)}(3)$	$x^{(0)}(4)$

将上述数据作图，如图 1-1 所示。

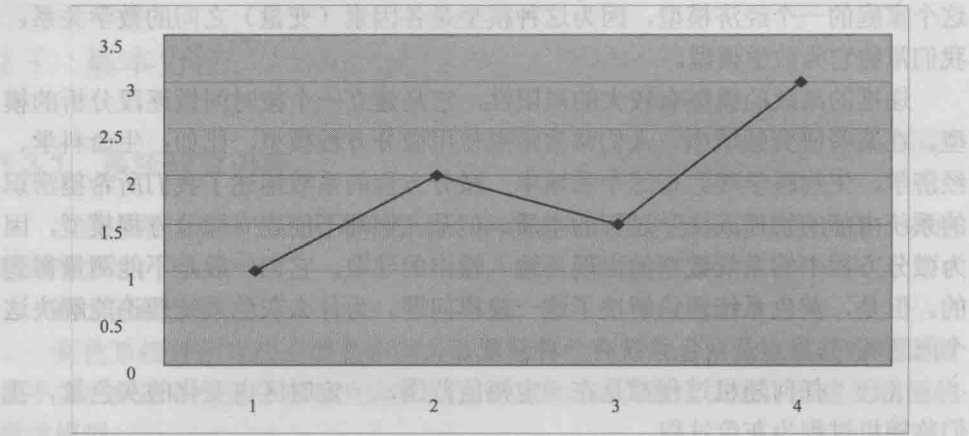


图 1-1 灰色序列举例图

图 1-1 表明原始数据 $X^{(0)}$ 没有明显的规律，其发展趋势是摆动的。如果将原始数据累加生成，记第 k 个累加生成数为 $X^{(1)}(k)$ 而且

$X^{(1)}(1) = X^{(0)}(1) = 1;$

$X^{(1)}(2) = X^{(0)}(1) + X^{(0)}(2) = 1 + 2 = 3;$

$X^{(1)}(3) = X^{(0)}(1) + X^{(0)}(2) + X^{(0)}(3) = 1 + 2 + 1.5 = 4.5;$

$X^{(1)}(4) = X^{(0)}(1) + X^{(0)}(2) + X^{(0)}(3) + X^{(0)}(4) = 1 + 2 + 1.5 + 3 = 7.5。$

这样生成后，得数据列 $X^{(1)}$ ，如表 1-4 所示，将上述数据作图，如图 1-2 所示。

表 1-4 原始数据累加序列表

序号	1	2	3	4
生成数据	1	3	4.5	7.5
	$X^{(1)}(1)$	$X^{(1)}(2)$	$X^{(1)}(3)$	$X^{(1)}(4)$

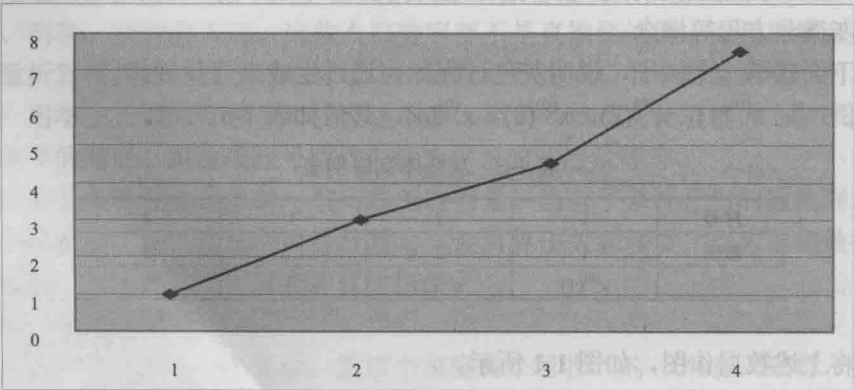


图 1-2 原始数据累加序列图

无规律的原始数据生成后,得到较规律的数据,即无摆动的递增规律数据。

在建立系统各要素的关联模型时,灰色理论是以五步建立的,分别是:语言模型、网络模型、量化模型、动态量化模型、优化模型。

五步建立模型的思路与模型的特点如下。

- (1) 定性分析是建立模型的前提。
- (2) 定量模型是定性分析的具体化、规格化、关系化、数量化。
- (3) 定性与定量紧密结合。
- (4) 明确系统潜在的显露的因素,弄清要素间的因果关系是系统研究的基本任务、建模的基础。
- (5) 要素间的关系:
 - ◆ 事理系统中,是“前因、后果”关系
 - ◆ 技术系统中,是“输入、输出”关系
 - ◆ 经济系统中,是“投入、产出”关系
- (6) 要素间的关系是相对的、多重的。
- (7) 要素分析和系统行为研究,不应该停留在一种关系上,而应该考虑其发展变化,即动态变化。
- (8) 为了将控制理论中卓有成效的方法、成果推广到社会、经济等系统,模型应控制化。
- (9) 要通过模型了解系统的基本控制性能,如是否可控,变化过程是否可以观测。
- (10) 应从模型获得尽可能多的信息,特别是发展变化的信息。
- (11) 建立模型要为使用先进的实验科学手段及自然科学方法研究社会、经济等系统提供基础,特别要为电子计算机对抽象系统进行数字仿真模拟提供条件。
- (12) 建立模型常用的数据:科学实验数据、统计数据、经验数据、生产数据(实验室化验分析)、决策数据。前三种数据有较大局限性,生产数据较易获得,包涵难以用语言文字描述的全部因素,有丰富的内涵。
- (13) 建模的目的不仅仅是为了认识世界,更重要的是为了改造世界。
- (14) 五步建模的基本任务,是沟通社会科学与自然科学,使社会科学研究做到数学化、计算机化、自然科学化。
- (15) 五步建模的灰色建模思路(如图 1-3 所示),用原始数据 $X^{(0)}$,经生成得到 $X^{(1)}$,对 $X^{(1)}$ 按 GM 建模,得模型计算值 $\hat{X}^{(1)}$,将计算值 $\hat{X}^{(1)}$ 与 $X^{(1)}$ 进行比较,得到差 $\Delta X^{(1)}$,用残差对模型 GM 作修正。

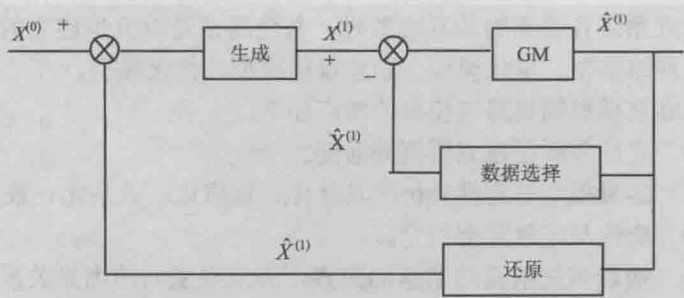


图 1-3 灰色建模思路图

(16) 所建立的模型是多要素的、关联的、整体的，决定系统发展态势的，不是某个因素，而是所有因素协调发展的结果。

3) 灰色预测

一般预测方法有 300 种，通常用回归分析法、德尔菲法、趋势外推法、最小方差预测法、马尔科夫预测法、模型法、指数平滑法、残差辨识方法等。三种类型：回归—马尔科夫（又称为统计型），灰色预测与模型法属于连续型，指数平滑与残差辨识则属于递推型。

灰色系统模型的预测，称为灰色预测。

灰色预测可分为如下五类。

(1) 数列预测。

对系统行为特征值大小的发展变化进行预测，称为系统行为数据列的变化预测，简称数列预测。如下预测都属于数列预测。

- ◆ 粮食产量的预测
- ◆ 商品销售量发展变化的预测
- ◆ 年平均降水量发展变化的预测
- ◆ 人口的预测
- ◆ 货运量的预测
- ◆ 外贸额发展变化的预测

这种预测的特点是：对行为特征量进行等时距的观测。预测的任务是：了解这些行为特征量在下一个时刻有多大。

(2) 灾变预测。

对系统行为特征量超出某个阈值（界限值）的异常值将在何时出现的预测称为灾变预测。所以说，灾变预测即对异常值出现时刻的预测。由于异常值往往会使人们的生活、生态环境、农业生产等的正常活动带来异常结果，造成灾害，所以也称这种预测为灾变预测。如下预测都属于灾变预测。

- ◆ 年平均降水量大于某个阈值(可容许值)便是涝灾
- ◆ 年平均降水量小于某个阈值是旱灾
- ◆ 年产量大于某个指定值,是丰年
- ◆ 年产量小于某个指定值,是欠年
- ◆ 环境中某种物质含量超出某个阈值,是污染
- ◆ 人体中某个参数(如体温、血压、血中成分)超出一定范围就发生病变
- ◆ 银行存款超出某个值是经济跃变

灾变预测的特点是:对异常值出现的时间进行预测。预测的任务不是确定异常值的大小(因为异常值的大小是指定的灰数),而是确定异常值出现的时间。灾变预测建模所用数据已不是行为特征量本身,而是异常行为特征值发生的时间,这对时间来说不是等间距的,或者说建模数据的序列是按序号给出的时间间隔。

(3) 季节灾变预测。

如果行为特征量异常值的出现,或者某种事件的发生是在一年中某个特定时区,则这种预测称为季节灾变预测。如下预测都属于季节灾变预测。

- ◆ 云南春雨是在春天出现
- ◆ 临西早霜是在秋末冬初的9、10、11月出现
- ◆ 洪水是在汛期出现

季节灾变预测,是一种特定时区内的灾变预测。其特点是:灾变一般仅仅发生在一年的某个特定时段。

(4) 拓扑预测(亦称波形预测、整体预测)。

拓扑预测是对一段时间内行为特征数据波形的预测。拓扑预测在不同的场合有不同的意义。

- ◆ 对水利方面年径流量曲线来说,拓扑预测意味着在对未来某段时间内总径流量的预测。
- ◆ 对气象方面年平均降水量曲线来说,拓扑预测是对某几年总降水量的预测。
- ◆ 对生产系统来说,拓扑预测可以是对几年内生产总产值、总产量的预测。

而从本质来看,拓扑预测则是对一个变化不规则的行为数据数列的整体发展进行预测。

(5) 系统综合预测。

将某一系统各种因素的动态关系找出,建立系统动态框图。系统的行为特征量是系统的输出。总系统行为特征量是系统总输出,系统中各环节的行为特征量是系统的中间输出。

系统综合预测,是控制系统动态研究的内容。其预测模型与前述数列预测、

灾变预测的预测模型不同。它不是一个孤立的 $GM(1, 1)$ 模型，而是一串相互关联的 $GM(1, N)$ 模型，即控制理论中的状态模型，或者传递函数模型，这是一种输出输入关系，不是单一数列的变化关系。它不但可以了解整个系统的变化，还可以了解系统中各个环节的发展变化，一般属于系统的综合研究，因此称为系统综合预测。做系统综合预测时，必须有某些量是自主的，是可以利用 $GM(1, 1)$ 表征的。

4) 灰色决策

决策就是指选定一个合适的对策，去对付某个事件的发生，以取得最佳效果。事件与对策的配合称为局势。例如：农业作物的合理布局问题、农业中的区划问题、运筹学中的整数规划问题。又例如：区域劳动力、资金、资源如何调配，使劳动力、资金、资源得到有效利用，得到最大效益，这也是局势。在农业上是产业结构调整的问题，在数学上是线性规划的问题，这些称为灰色决策，是因为规划模型都是按 GM 得到的。例如对局势决策作简要介绍：下雨是一个事件，为了对付下雨，可以带雨伞、穿雨衣、戴斗笠。三个目标：经济、美观、方便。

5) 灰色控制

决策的执行称为控制。所谓灰色控制是指本征性灰色系统的控制，或系统中含灰参数的控制，或用 $GM(1, 1)$ 模型构成的预测控制。

1.3.2 关联度分析

关联分析是动态过程发展态势的量化分析。说得确切一点，是动态发展态势的量化比较分析。

灰色关联分析，从其思想方法上来看，属于几何处理的范畴，其实质是对反映各因素变化特征的数据序列所进行的集合比较。用于度量因素之间关联程度的灰色关联度，就是通过对因素之间的关联曲线的比较而得到的。例如：某地区 1998—2004 年总收入、工业收入、农业收入如表 1-5 所示（单位：亿元）。

表 1-5 某地区 1998—2004 年收入表

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
总收入	18	20	22	40	44	48	60
工业收入	10	15	16	24	28	40	50
农业收入	3	2	5	10	12	8	10

用图来映应表 1-5，如图 1-4 所示。

由图 1-4 可以看出，工业收入的形状与总收入的形状相近，而农业收入与总收入相差较大。这说明，该地区对收入影响较直接的可以说是工业，而不是农业。在制定该地区经济发展规划时，显然应着重发展工业。