

灰色系统理论
系 列 书

汉英对照

灰色系统基本方法

(第2版)

The Primary Methods of Grey System Theory

■ 邓聚龙 著



汉英对照

灰色系统基本方法

(第2版)

The Primary Methods of Grey System Theory

■ 邓聚龙 著

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

灰色系统基本方法(第2版)/邓聚龙 著
武汉:华中科技大学出版社,2005年8月
ISBN 7-5609-3436-6

I 灰…

II 邓…

III 灰色系统-基本方法

IV N941.5

灰色系统基本方法(第2版)

邓聚龙 著

责任编辑:姜新祺

封面设计:潘 群

责任校对:朱 霞

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)87557437

印 刷:武汉中远印务有限公司

开本:850×1168 1/32

印张:5.5 插页:2

字数:130 000

版次:2005年8月第1版

印次:2005年8月第1次印刷

定价:11.00元

ISBN 7-5609-3436-6/N·23

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)



《灰色系统基本方法》(第一版)1987年问世,它对灰色系统理论学术基地(中国大陆、中国台湾;海内外)的建设、应用领域的开拓、灰理论与方法的普及功不可没。

1989年英国科技情报中心(SCI—TECH information services, UK)出于灰色系统在概念、理论、方法上的新颖性,出于对其前景与潜在科技经济价值的考虑,创办了以邓聚龙为主编、由英国发行的灰色系统国际期刊“The Journal of Grey System”(JGS),为灰色系统的发展提供了广阔的空间。

为了JGS的发展,为了规范灰色系统理论的英文术语,为了总结灰色系统理论与方法发展的最新成果,华中科技大学出版社作出了出版《灰色系统基本方法》汉英对照修订版的决策,这无疑是对新学科灰色系统、对国际期刊JGS莫大的支持。

一本汉英对照的书,在文字上的多样性,在编排上汉英对照的困难性,耗费了出版社很多的精力,趁本书出版之际,作者对出版社及有关同志的辛勤劳动表示衷心的感谢。

借此再版的机会,本书对第一版作了改写、删减与增补,力求反映灰色系统理论与方法的最新最重要的成果,其中增补成分较大。比如灰建模从单调平滑数据建模发展到非单调非平滑(陡变摆动)建模;比如灰理论的差异信息从个体特征的认知发展到领域特征的认知进而到其点集拓朴素质的认识;比如21世纪是知识经济时代,要求管理和决策科学从定性决策转化到定量决策,从大样本多数据的经验型决策转化到小样本少数据的客观科学化决策,

从少目标决策到多目标严谨型决策,从资源消耗型决策发展到资源(科学)分配型决策,本书首次提出了“灰管理”,它就是一种小样本多目标资源分配型决策.此外,在“灰建模基础”一章中加入了作者最新的研究成果——“GM(1,1)4数据(至少)建模的证明”.

作者深信:在知识经济时代,灰色系统理论必将获得更大和更多的发展机遇与空间,它是值得我们倾注毕生精力去研究、发展与延伸的.

为此,谨以此书抛砖引玉,和广大厚爱与支持灰色系统理论这一新学科的读者共勉.

邓聚龙

谨识于武汉华中科技大学自控系

2004年12月1日

目 录

第 1 章 灰色系统理论入门	(2)
1.1 灰色系统理论概述	(2)
1.2 灰色系统理论应用实例	(12)
1.3 “中式烹调”——少数据灰控制的比喻	(22)
第 2 章 灰生成	(26)
2.1 灰生成概述	(26)
2.2 累加生成	(28)
2.3 逆累加生成	(30)
2.4 均值生成	(32)
2.5 效果测度	(34)
第 3 章 灰建模基础	(38)
3.1 灰建模概述	(38)
3.2 灰建模类型	(40)
3.3 灰模型全部算式	(42)
3.4 $GM(1,1)$ 4 数据(至少)建模的证明	(42)
第 4 章 灰建模数字计算示例	(56)
4.1 平滑型 $GM(1,1)$ 建模	(56)
4.2 陡型 $GM(1,1)$ 建模	(62)
4.3 摆动型 $GM(1,1)$ 建模	(68)
第 5 章 灰关联分析	(74)
5.1 灰关联分析的目的	(74)

5.2	灰关联分析的比较机理	(76)
5.3	灰关联公理及差异信息空间的比喻	(76)
5.4	灰关联分析算式	(82)
5.5	灰关联分析类型	(82)
5.6	灰关联序的可信度	(84)
5.7	灰关联分析实例	(86)
5.8	自关联矩阵	(106)
第 6 章	灰决策	(112)
6.1	灰决策概述	(112)
6.2	关于多目标决策的代表性文献	(114)
6.3	灰决策要点	(114)
6.4	灰决策实例	(118)
第 7 章	灰评估	(130)
7.1	灰评估概述	(130)
7.2	灰统计	(130)
7.3	灰聚类	(138)
第 8 章	灰管理	(156)
8.1	灰管理预备性内容(Ⅰ)	(156)
8.2	灰管理预备性内容(Ⅱ)	(158)
8.3	灰管理概述	(160)
8.4	机构管理	(160)
8.5	人才管理	(162)

Contents

Chapter 1	Introduction to the Theory of Grey System	(3)
1.1	Outline on GST	(3)
1.2	Applications on GST	(13)
1.3	“Chinese Cooking”—Figure on Less Data Grey Controlling	(23)
Chapter 2	Grey Generating	(27)
2.1	Outline on Grey Generating	(27)
2.2	AGO	(29)
2.3	IAGO	(31)
2.4	MEAN	(33)
2.5	Effect Measure	(35)
Chapter 3	Elements on GM	(39)
3.1	Outline on GM	(39)
3.2	Sorts on GM	(41)
3.3	Utter Algorithms on GM	(43)
3.4	Proving GM(1,1) Modeling via Four Data (at Least)	(43)
Chapter 4	Numerical Examples on GM	(57)
4.1	Modeling SmoGM(1,1)	(57)
4.2	Modeling Steep GM(1,1)	(63)
4.3	Modeling Undulating GM(1,1)	(69)
Chapter 5	Grey Relational Analysis(GRA)	(75)
5.1	Aims on GRA	(75)

· IV · The Primary Methods of Grey System Theory

5.2	Contrasting Mechanism on GRA	(77)
5.3	GR Axioms and Figure on Difference Information Space in GRA	(77)
5.4	Algorithm on GRA	(83)
5.5	Sorts of Calculation on GRA	(83)
5.6	Credit Degree of GR Ranking	(85)
5.7	Instance	(87)
5.8	Self-GR Matrix	(107)
Chapter 6	Grey Decision Making(GDM)	(113)
6.1	Outline on GDM	(113)
6.2	The Representative Papers on MADM	(115)
6.3	Essentials on GDM	(115)
6.4	Example on GDM	(119)
Chapter 7	Grey Assessment	(131)
7.1	Outline on Grey Assessment	(131)
7.2	Grey Statistics(GS)	(131)
7.3	Grey Clustering(GC)	(139)
Chapter 8	Grey Management	(157)
8.1	Prerequisite Contents on Grey Management(I)	(157)
8.2	Prerequisite Contents on Grey Management(II)	(159)
8.3	Outline on Grey Management	(161)
8.4	Organ Management	(161)
8.5	Talent Management	(163)

老
驥
伏
枥

志
在
千
里

第 1 章 灰色系统理论入门

1.1 灰色系统理论概述

1. 灰色系统理论创始人——邓聚龙

灰色系统理论,英文缩写为 GST 或 GS.灰色系统理论是 1982 年邓聚龙原创的.国际上灰色系统理论的首创性论文《灰色系统的控制问题》发表在国际杂志《系统与控制通讯》(北荷兰出版公司) 1982 年, No. 5, p288 ~ 294. 在此之前, 1979 年在北京召开的军事系统工程学术会议上, 邓聚龙宣读的论文“参数不完全大系统的最少信息镇定”, 可以说是灰色系统理论的雏形.(参见《中国大百科全书·控制与系统工程卷》, p187, “灰色系统理论”词条, 以及《系统科学大辞典》, p239 及 p72, “灰色系统理论”与“邓聚龙”两词条)所以说, 灰色系统理论的原创者是邓聚龙.

GST: Grey System
Theory 的缩写
GS: Grey System
的缩写

2. 小样本不确定

在自然界和思维领域, 不确定性问题普遍存在, 大样本多数据的不确定性问题的不确定性问题, 可以用概率论

Chapter 1 Introduction to the Theory of Grey System

1.1 Outline on GST

1. Pioneer

Grey system theory, abbreviated to GST or GS, was pioneered by Deng Julong in 1982. The original paper on GS, in international, by Deng Julong, titled “**The Control Problems of Grey Systems**” was published in the international *Journal Systems & control Letters*, 1982, No.5, p 288 ~ 294. Before this, Paper titled “**Stability of Large Scale System Having Incomplete Parameters via Minimum Information**” published by Deng Julong in 1979, at the conference on Military System Engineering in Beijing, which might connotes the original edition on GST. There thus is Grey System Theory Pioneer: Deng Julong (refers to *Chinese Great Encyclopedic · Volume on Control & System Engineering* p187, term “grey system theory”, and the *Great Dictionary on System Sciences* both p239 and p72 in both terms “grey system theory” and “Deng Julong”).

2. Uncertainty in Less Sample

The problems on uncertainty existing commonly in nature and thinking, the ones in myriad sample can be solved by probability and

和数理统计解决;认识不确定性问题,可以用模糊数学解决.然而,还有另外一类不确定性问题,即少数据、小样本、信息不完全和经验缺乏的不确定性问题的理论.灰色系统理论是处置少数据不确定性问题的理论.少数据不确定性亦称灰性.具有灰性的系统称为灰色系统.相应地,还有白色系统:信息完全.黑色系统:信息缺乏.人体是灰色系统,因为尽管人体的部分外部参数,如身高、体重……以及部分内部参数,如体温、血压……是已知的,但有更多的参数是未知的.除人体之外,工业、农业、社会经济等领域,由于运行机制不清晰,环境变化,条件复杂,处理手段有限等,有许多的系统呈现灰性.

3. 灰理论基本内容

(1) 灰生成

“生成”,即数据处理、信息加工.其中累加生成 AGO 可以将杂乱的数列加工成单调增的数列,为灰建模提供合适的数据基.比如,图 1.1 的摆动序列,

$$x^{(0)} = (1, 2, 1.5, 3)$$

通过 AGO 可以加工成图 1.2 的单调增序列

$$x^{(1)} = (1, 3, 4.5, 7.5)$$

AGO: Accumulated Generating Operation 的缩写

statistics ways, the ones in kenning uncertainty can be dealt with by fuzzy mathematics. However, there also exists another category on uncertainty in less data little sample, incomplete information and devoid of experience, which is just suitable to be dealt with by grey system theory. In general terms, the uncertainty in less data, incomplete information is designated as greyness. Thus, the systems of what having greyness is said to be **grey system**; such that, there are **whitening system**: complete information. **black system**: devoid of information. Human body connotes a grey system, due to partial external parameters, such as height, weights are in known and partial inner parameters such as body temperature, blood pressure are in known too, however, there are still more parameters in known nothing. Besides these, agriculture, industry, social economic fields owing to exists vague operation mechanism, the myriad of changes in environment, devoid of conditioning status, and limited in operating means wherewith to observe these they also behave as greyness ones.

3. Essential Contents on GST

(1) *Grey Generating*

“Generating” implies data processing, information polishing, among where, the **accumulated generating operation (AGO)** functions as transferring the disordering series into monotone raising ones, which provided grey modeling with reasonable data base. For example, a undulating series

$$x^{(0)} = (1, 2, 1.5, 3)$$

plotted in Fig.1.1, can be converted into a raising one

$$x^{(1)} = (1, 3, 4.5, 7.5)$$

as plotting in Fig.1.2 by AGO.

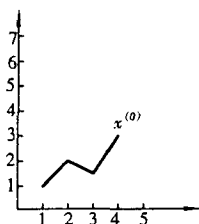


图 1.1

$$x^{(0)} = (1, 2, 1.5, 3)$$

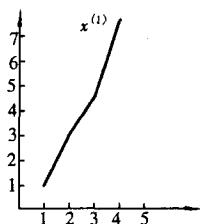


图 1.2

$$x^{(1)} = (1, 3, 4.5, 7.5)$$

在灰生成中所谓效果测度,可以用来统一不同极性的样本,比如将“成本”极性转换为“效益”极性,以便为灰决策提供极性一致的样本空间.在灰生成中,还有初值化、均值化……生成方法,可以用来将不同量纲、不同数量级的序列转换为无量纲、同数量级的序列,为灰关联分析提供可比的邻域.

(2) 灰关联分析(GRA)

少数据不确定一般表现为有限数列.在灰色系统理论中,每一数列代表一个因子、一个模式、一个方案、一种行为……人们为了了解灰色系统的边界,分析因子主次,识别模式,优选方案,处置行为,有必要对数列关系建模分析,这就是灰关联分析.

GRA: Grey
Relational
Analysis 的缩写

事实上,灰关联分析是有参考系有数字测度

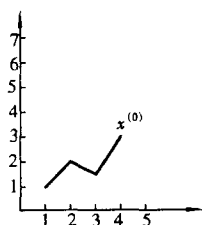


Fig. 1.1

$$x^{(0)} = (1, 2, 1.5, 3)$$

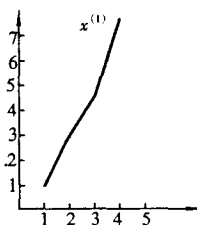


Fig. 1.2

$$x^{(1)} = (1, 3, 4.5, 7.5)$$

The so-called effect measure, as a grey generating way among where, can be utilized to unify the distinct polarities of samples such as to convert the polarity “cost” into polarity “benefit”, so as to provided grey decision making with uniformly polarity sample space. The grey generating ways such as initializing, mean generating ... can be utilized to invert the series with distinct scale, dimension into ones having consistent scale and nil-dimension, so as to provided grey relational analysis with comparable neighborhood of series.

(2) Grey Relational Analysis (GRA)

The less data uncertainty, usually, behave as a limited series. In grey system theory, every series stands for one of factors or one of patterns or one of schemes, one of behaviours ... In order to know the boundary of grey systems, to analyze the status of factors, recognize pattern, to optimally determine scheme, decorously dealing with behaviour, it is necessary to model the relationship among behaviours. Namely, the so-called **grey relational analysis**(GRA).

In fact, we reckon GRA as a contrasting way in whole sale which

的整体比较.距离空间有数字测度,但只是两点的比较,缺乏参考系.点集拓扑空间有邻域性(整体性),但无数字测度.因此,在少数据不确定原理与灰关联公理的基础上,将距离空间与点集拓扑空间结合,升华而得到灰关联空间.

灰关联分析具有下述特点:

- 少数据(每一序列可以少到 3 个数据);
- 不必考虑数据的分布;
- 计算简便.

20 世纪 80 年代中期,灰关联分析已成功地用于城市(上海市)干道改造方案优选;90 年代在石油、探矿、医学等方面得到成功应用.(参见由邓聚龙主编、英国发行的灰色系统英文期刊 JCS 上有关论文).

(3) 灰建模

灰建模的初衷是对数列建立近似的微分方程模型.由于微分方程只适合连续可微函数,而数列非连续,更谈不上可微性,为此,灰色系统理论以差异信息原理、灰因果律平射为手段,剖析一般微分方程以了解其构成条件.

JCS: The Journal
of Grey System 的
缩写