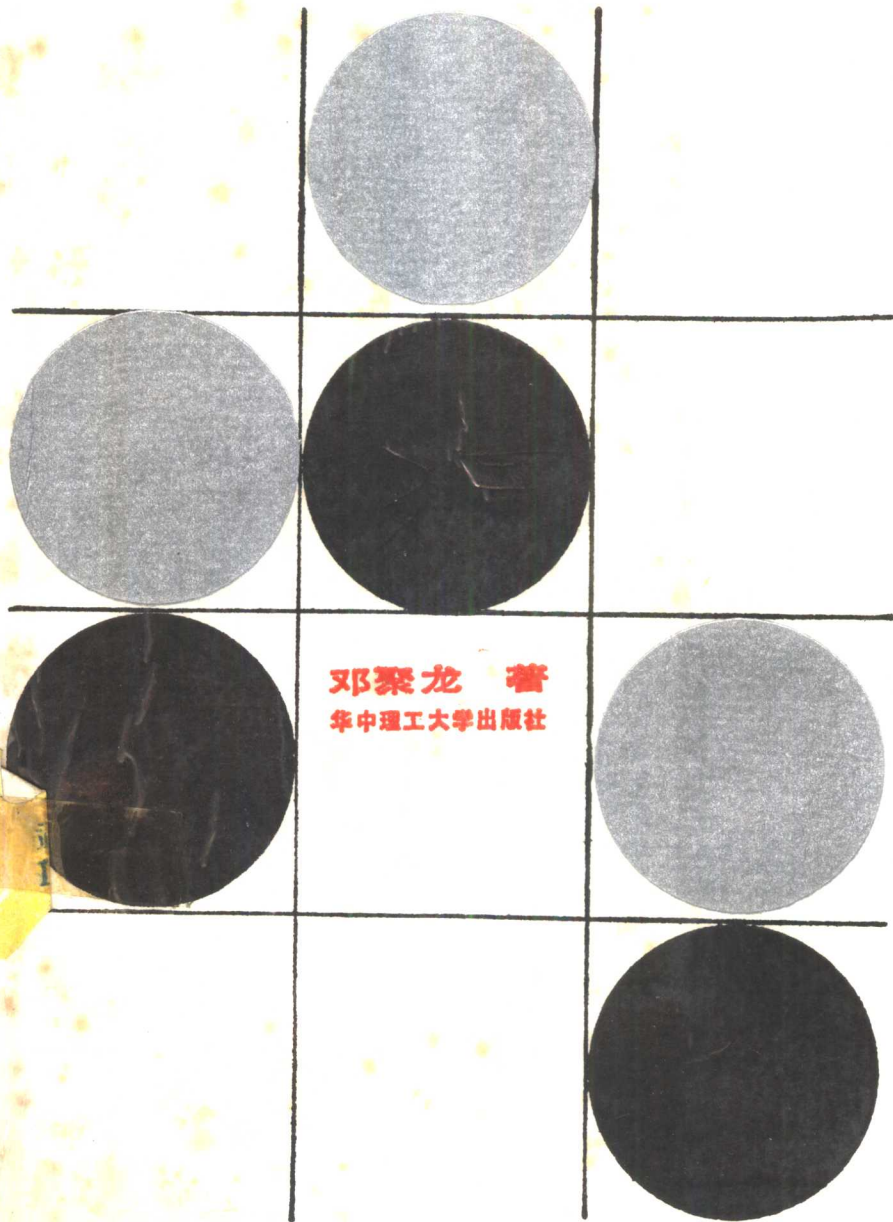
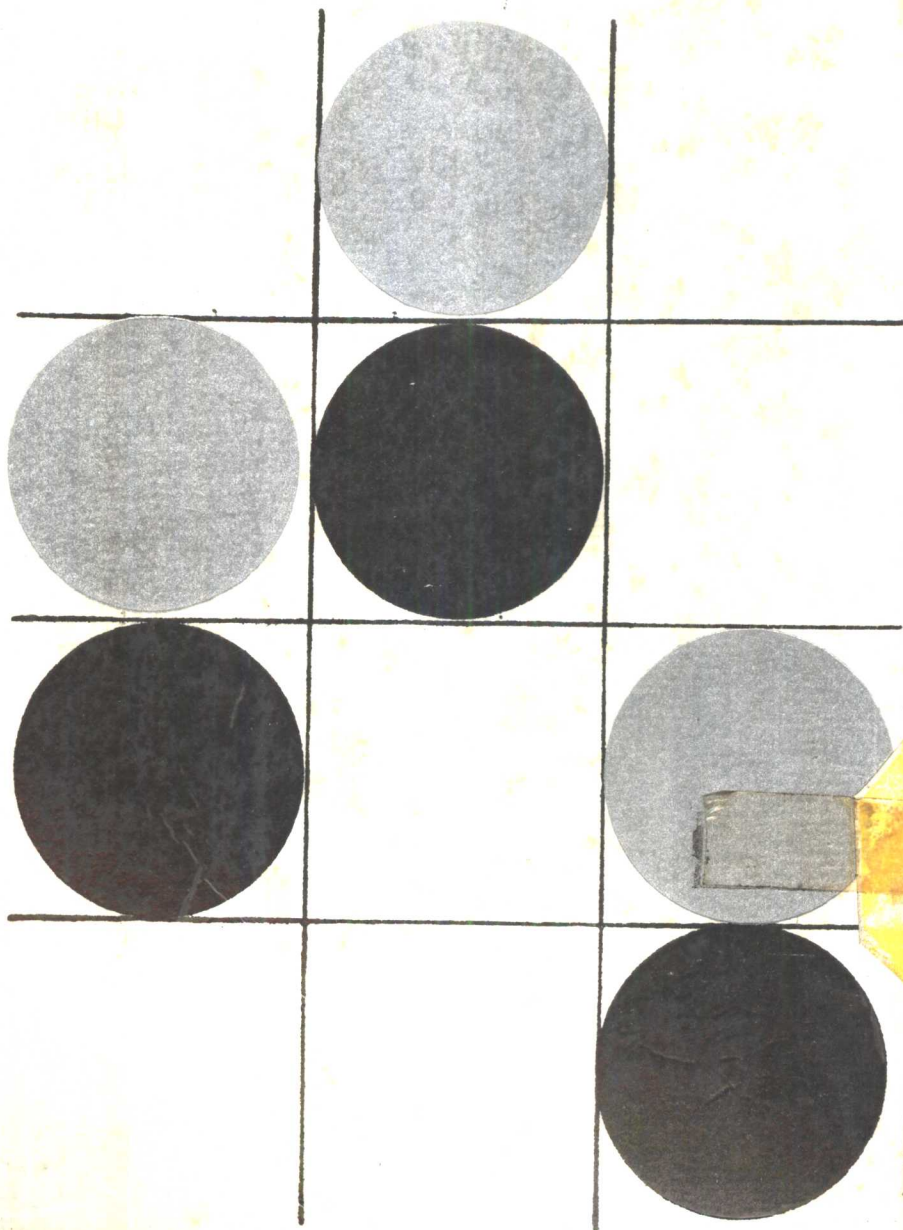


灰色预测与决策



邓聚龙 著
华中理工大学出版社

2
1



5081

— 873038

1710.2

灰色预测与决策

邓聚龙著

华中理工大学出版社

灰色预测与决策

邓聚龙 著

责任编辑 殷伯明

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社沔阳印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 10.5 插开2 字数: 256,000

1986年8月第1版 1988年8月第2次印刷

印数: 3 C01—8000

ISBN 7-5609-0269-3/TP·23

定价: 3.20 元

前 言

为了经济能稳健、高效、协调地发展，研究分析现有经济状态，明确社会的各种客观条件与环境，考虑各种必要的效益目标，然后进行恰当的决策是必要的。决策以预测为依据与前题，所以预测与决策是经济工作中作近期安排、中期计划、远期规划的学术基础和指南。

其实不仅对社会，经济等本征性灰色系统的发展需要预测与决策，而且工程技术系统的研究、设计和开拓也可从预测与决策中得到新的启示。以控制技术的开拓与更新为例，已往的控制思想，是根据已有行为进行控制的思想，即在观测了系统输出后，分析输出值是否偏离目标值，再进行控制。这是一种事后的控制，是面向已发生的行为的一种“补救”控制。但过去发生了的行为，未来的时刻并不一定发生，所以这种“朝后看”的控制并不是一种理想的控制。反之，如果以现有信息为基础，对系统未来的状态进行预测，然后按预测值制订控制决策，则可防患于未然，并可预先安排一种比较理想的前景，这是一种事前的控制，或者说是提前的控制。显然，这是一种有实际意义的新颖控制，是今后控制技术发展的方向。

本书既阐述了一般的（或者说白色的）预测与决策的思想、机理和方法，也阐述了灰色预测与决策的原理、途径和方法。因为白色仅仅是灰色的特例，或者说一般的预测与决策在某种意义上讲是灰色预测与决策的特例，所以本书定名为“灰色预测与决策”。

本书力求对预测与决策的内容作尽可能全面的介绍，同时为了给读者增加感性认识，加深对内容的理解，掌握计算方法，每章每个专题都有联系实际的计算示例。本书共分四章，第一章、第三章为一般的预测与决策，第二章与第四章为灰色的预测与决

策。这两部分具有相对独立性，自成体系。灰色系统的预测与决策内容基本上都是最新的成果，如果读者事前阅读过《灰色系统（社会经济）》、《灰色控制系统》或《模糊数学》杂志1985年第2期（灰色系统专辑），则对于本书有关灰色系统部分的理解是有帮助的。

邓聚龙

一九八六年一月

内 容 提 要

“灰色系统”理论，是我国学者邓聚龙教授继六十年代发表“去余控制”理论后，在八十年代初正式发表的又一新型理论。

“灰色预测与决策”是“灰色系统”理论的重要组成部分，它利用连续的灰色微分模型，可对系统的发展变化进行全面的观察分析，并作出长期预测。传统的预测方法，建立的是离散的递推模型，不能对系统作长期预测。利用灰色预测的方法，目前已完成了多项重大科研项目，其预测精度之高是其他方法无法比拟的。

本书系邓聚龙教授的专著。书中全面阐述了“灰色预测与决策”的理论基础和具体方法，而且还介绍了在各个领域中具体应用的丰富实例。

本书适合于社会、经济、气象、生态、环境、工程技术等领域从事系统分析、预测决策、区划管理工作的科技工作者以及大专院校有关专业的师生参考。

目 录

第一章 一般预测

第一节 预测的意义及要点	(1)
1.1 预测的意义	(1)
1.2 预测的大意及要点	(1)
1.3 什么样的模型可用来预测呢?	(2)
1.4 预测方法	(4)
第二节 德尔菲法	(4)
2.1 德尔菲法大意	(4)
2.2 德尔菲法要点	(5)
第三节 趋势预测法	(7)
3.1 曲线趋势预测	(7)
3.2 统计趋势预测	(8)
第四节 回归分析方法	(12)
4.1 回归分析大意	(12)
4.2 单元回归	(13)
4.3 多元回归模型	(21)
4.4 逐步回归分析	(30)
4.5 相关检验	(31)
第五节 指数平滑	(33)
5.1 指数平滑大意	(33)
5.2 例子	(35)
第六节 模型法	(38)
6.1 费尔哈斯模型的来历	(39)
6.2 费尔哈斯模型的应用	(40)
6.3 其他预测模型	(47)
第七节 残差辨识预测	(49)

7.1	单序列预测方法	(49)
7.2	矩阵的有关知识	(57)
7.3	多序列残差辨识模型	(60)
第八节	马尔柯夫模型预测	(71)
8.1	马尔柯夫过程与状态	(71)
8.2	马尔柯夫预测模型	(75)
8.3	极限概率的计算	(79)
第九节	最小方差预测	(87)
9.1	最小方差一步预测	(87)
9.2	最小方差二步预测	(93)
9.3	递推预测	(94)

第二章 灰色预测

第一节	灰色预测概言	(97)
1.1	什么是灰色预测	(97)
1.2	灰色预测模型的类型	(97)
1.3	$GM(1, N)$ 模型机理	(101)
1.4	关联度	(103)
1.5	生成数	(108)
1.6	$GM(1, N)$ 模型	(112)
1.7	$GM(1, 1)$ 模型	(125)
1.8	$GM(1, 1)$ 模型的拓扑选择	(134)
1.9	残差 $GM(1, 1)$ 模型	(144)
1.10	包络 $GM(1, 1)$ 模型	(148)
第二节	数列预测	(150)
2.1	灰区间	(151)
2.2	包络区间	(154)
2.3	邻域区间	(155)
第三节	灾变预测	(159)
第四节	季节灾变预测	(164)
第五节	拓扑预测	(179)

第六节	系统预测	(185)
第七节	五步建模	(190)

第三章 一般决策

第一节	决策的有关知识	(191)
1.1	决策的基本内容	(191)
1.2	关系	(194)
第二节	树形决策	(198)
2.1	确定型树形决策	(198)
2.2	随机型决策	(200)
第三节	多目标决策	(202)
3.1	多目标问题	(202)
3.2	非劣解的优化解	(206)
第四节	最小最大(min-max)决策	(210)
第五节	马尔柯夫过程的序贯决策	(211)
5.1	有报酬的马尔柯夫过程	(211)
5.2	有报酬的马尔柯夫过程的 z 变换	(218)
5.3	序贯决策	(222)
第六节	确定型决策	(229)
6.1	图上作业(物流问题)	(229)
6.2	工作安排决策(人流问题)	(239)
6.3	线性规划	(246)
6.4	库存问题	(251)

第四章 灰色决策

第一节	灰色局势决策	(257)
1.1	概言	(257)
1.2	灰靶决策	(259)
1.3	单目标化局势决策	(261)
第二节	灰色线性规划	(274)

2.1	概言	(274)
2.2	预测型线性规划	(275)
2.3	漂移型线性规划	(280)
2.4	灰线性规划的伪解(广义解)	(306)
第三节	灰色整数规划	(308)
第四节	灰色层次决策	(315)
4.1	灰色层次决策大意	(315)
4.2	灰色层次决策实例	(317)
	参考文献	(325)

第一章 一般预测

第一节 预测的意义及要点

1.1 预测的意义

“凡事预则立，不预则废”，预测是决策的依据。

本世纪60年代初，日本对石英式电子手表的发展作了预测，70年代初，日本又对彩色电视机的市场需求作了预测。据此，决定大力发展实用电子工业，正确的决策给日本带来了经济的繁荣，生产的发展。目前，日本实用电子产品，充满国际市场。日本手表在国际市场上的占有率，超过瑞士而居首位。武汉某厂在70年代初，预测“高音喇叭”将走“下坡”，而多功能高音质电声产品将“抬头”，于是决定发展多用收音、放音、录音组体，终于打开了市场，振兴了生产。

1.2 预测的大意及要点

什么叫预测？

比如某县粮食产量1981年为8亿斤，1982年为8.9亿斤，这两年产量比为

$$\frac{1982\text{年产量}}{1981\text{年产量}} = \frac{8.9}{8} \approx 1.1.$$

若记1982年粮食产量为 y ，1981年粮食产量为 x ，便有

$$y = 1.1 x. \quad (1.1)$$

如果说预测1983年该县粮食产量（比1982年）仍然会按1.1

的比例增长，并记 \hat{y}_{k+1} 为1983年粮食产量预测值， x_k 为1982年粮食产量，便有

$$\hat{y}_{k+1} = 1.1x_k. \quad (1.2)$$

这里，(1.1)与(1.2)两式形式相似，但意义不同。(1.1)式中 y 与 x 均为已知数，所以它仅代表过去这两年的数据关系；(1.2)式中 x_k 是已知的， \hat{y}_{k+1} 则是待预测的，因此它为预测模型。

1.3 什么样的模型可用来预测呢？

只有具有外推性的模型，才能用来预测。那么，什么叫外推性呢？若按照已有数据所得到的关系、模型，具有时间外延的可能性，即从时间发展来看，具有某种规律性，则称此种规律性为外推性。

外推性一般有下述几种：

- 概率外推

根据过去发生的情况得到的统计规律，去预测未来，称概率外推。

比如某篮球队，要根据其1980、1981、1982三年分别得分 z_1 、 z_2 、 z_3 预测1984年得分。倘使其统计规律已知，且令 x_{k+1} 为1984年得分的符号（项目）， \hat{x}_{k+1} 为其预测值，则上述统计规律可表示为

$$\hat{x}_{k+1} = E(x_{k+1} | z_1, z_2, z_3),$$

用概率论的术语来说就是，在给定 z_1 、 z_2 、 z_3 的条件下，对 x_{k+1} 所作的条件期望值。在这里 $k \geq 3$ ，此条件期望值即预测值。

- 后验差外推

在图1.1中， x_1, x_2, \dots, x_4 为已知数据， $\hat{x}_2, \dots, \hat{x}_4, \hat{x}_5$ 为预测（推算）数据，其中 \hat{x}_5 为最终预测值。并且， \hat{x}_2 是由 x_1 推

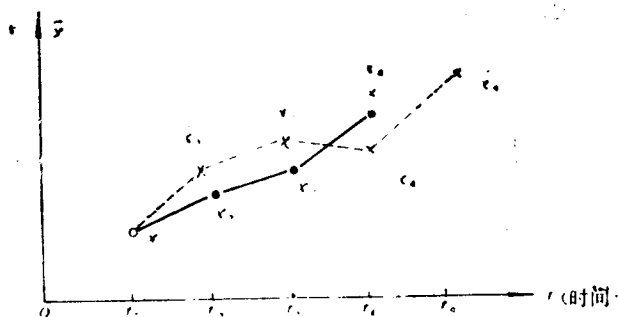


图1.1

算得到的, \hat{x}_4 是由 x_1 、 x_2 、 x_3 推算得到的。若 t_5 时刻的 x_5 未知, 要求根据 t_4 时刻及 t_4 时刻以前的 t_3 、 t_2 、 t_1 、时刻的数据预测 t_5 时刻的值 \hat{x}_5 。那么, 对 \hat{x}_5 的信赖度, 可根据 t_4 以前的推算是否准确来判断。如果说, t_4 以前的推算与实际数据都吻合, 即

$$\Delta x_2 = \hat{x}_2 - x_2 = 0,$$

$$\Delta x_3 = \hat{x}_3 - x_3 = 0,$$

$$\Delta x_4 = \hat{x}_4 - x_4 = 0.$$

这就可以认为未来的 \hat{x}_5 也会是准确 (无差) 的。这就是后验差外推的大意。

• 时间函数的延续性外推

如果预测量与时间 t 之间的函数关系, 可以不受时间限制地延续到未来任一时刻, 则称这种外推为时间连续外延或外推。比如, 生物繁殖模型

$$p(t) = \frac{375}{1 + 74e^{-2.219t}}, \quad (1.3)$$

式中, t 为时间, $p(t)$ 为生物繁殖量。

按式(1.3)作图, 得图1.2。

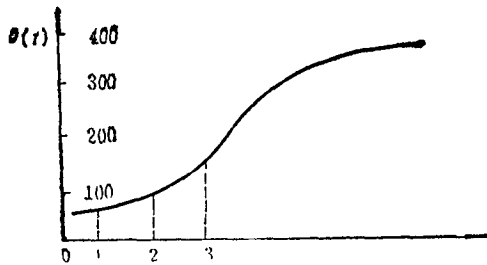


图1.2

按照图1.2可以预测生物繁殖量 $p(t)$ 在未来任一时刻的值。

1.4 预测方法

据说现有预测方法将近300种。通常采用的有回归分析法、德尔菲法、趋势外推法、最小方差预测法、马尔柯夫预测法、模型法、指数平滑法、残差辨识方法等。现在，我们又提出了灰色预测方法。

上述方法可分成三种类型：从回归分析到马尔柯夫预测等五种是统计型的；灰色预测与模型法属于连续型；指数平滑与残差辨识则属递推型。

第二节 德尔菲法 (Delphi)

2.1 德尔菲法大意

德尔菲法亦称专家经验统计判断法，是美国兰德公司40年代末期制定的。其大意是向专家发调查表，然后统计专家的意见并作出结论。专家之间彼此不“通气”，以免相互干扰，避免专家意见的独立性、“客观”性受到影响。比较粗糙的作法是：由主持单位提出被调查事件有几种可能的情况、后果、意见、结论，

然后由专家根据自己的经验作判断和评定，一般采取“打分”和“可能性的百分比”给出这种评定。“可能性的百分比”往往亦称为主观概率。

比如调查能源问题，某专家的意见如表1.1所示。表中， a_1 为

表 1.1

项 目	分 数 (%)
未来十年煤炭取代石油的程度 a_1	80(80%)
未来十年石油降价的可能性 a_2	40(40%)
未来十年空气、水源质量改善的可能性 a_3	30(30%)

80%，即认为未来十年有80%的石油消耗将被煤炭取代； a_2 为40%，表示未来十年石油降价的可能性有40%； a_3 为30%，表示未来十年空气、水等质量改善的可能性有30%，或者说环境改善的把握只有30%。

2.2 德尔菲法要点

德尔菲法有下述要点：

(1) 专家意见应是无矛盾的，否则不用。

比如，表1.1中， $a_1 = 80\%$ ， $a_3 = 30\%$ 便是无矛盾的；如果 $a_1 > 50\%$ ， $a_3 > 50\%$ 这就可以说是矛盾的。因为未来十年煤炭取代石油的比例超过一半以上，必然会加剧环境污染。因此， $a_1 > 50\%$ ，环境改善的把握就不会大于50%了。

(2) 主观概率合理性

上述调查表1.1不是对同一事项的几种可能性进行询问，而是对不同性质的事项作调查。如果被调查的是同一事项的几种可能情况，要确定究竟属哪一种可能时，就要考虑主观概率是否合理的问题。

比如，估计某地区明年的农业收成，其调查如表 1.2 所示。

表 1.2

1984 年 农业 收成 情况			百 分 数
丰	收	a_1	$P(a_1)=40\%$
平	收	a_2	$P(a_2)=50\%$
欠	收	a_3	$P(a_3)=10\%$

其相应的主观概率分别为

$$p(a_1) = 0.4, \quad p(a_2) = 0.5, \quad p(a_3) = 0.1,$$

则三种概率之和应为100%，即

$$p(a_1) + p(a_2) + p(a_3) = 1,$$

或记为

$$\sum_{i=1}^3 p(a_i) = 1,$$

因为农业收成只可能是这三种中的任意一种。

(3) 相互影响分析

由于调查表必须简明扼要，内容不能太多，调查表并不能明确地指出未来各种事件间的相互关系，所以，得到调查表后往往还要“加工”。以能源调查(表1.1)为例，其相互影响可用表1.3表示。

表 1.3

事 件	概 率	相 互 影 响		
		a_1	a_2	a_3
a_1	0.8	—	↑	↓
a_2	0.4	↓	—	↑
a_3	0.3	↓	↑	—