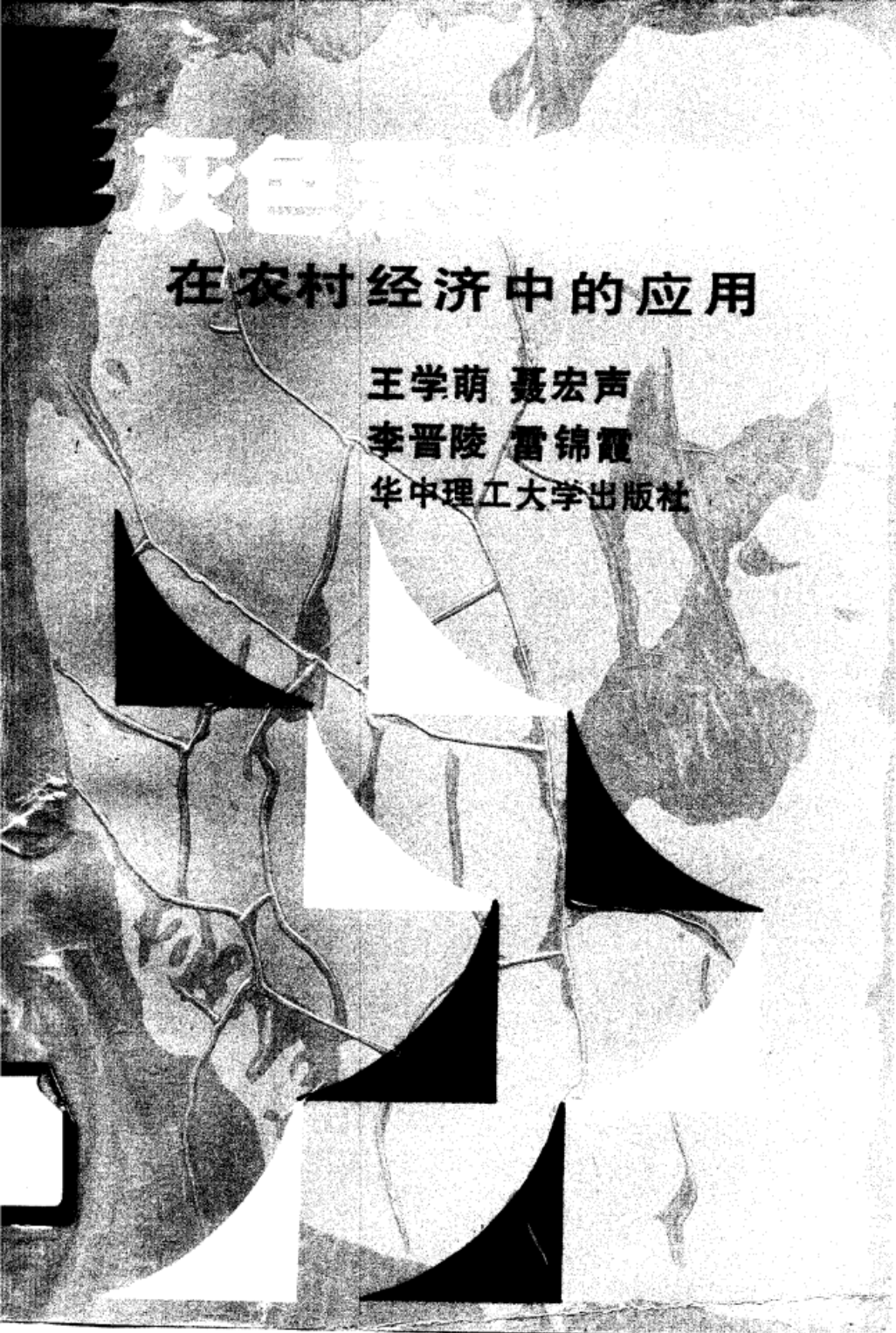




灰色经济

在农村经济中的应用

王学萌 聂宏声
李晋陵 雷锦霞
华中理工大学出版社

内 容 提 要

山西是最早研究和应用灰色系统理论的省份之一,很多灰色系统的理论成果曾在该省的农村经济中获得精彩应用和理论充实。本书作者曾主持或参与了其中很多项目的研究工作,书中的大部分模型与应用实例就是他们取得的累累硕果。无疑,这些成果对灰色系统理论的进一步发展,对各行各业正在应用灰色系统理论解决实际问题的研究人员来说,都具有重要的作用。

本书层次清晰,内容丰富,举例具体,可供自动控制、经济管理、农业系统工程类专业师生阅读,以及全国广大农业区划、农村经济研究等科研人员参考。

灰色系统模型在农村经济中的应用

王学萌 聂宏声 编著
李晋陵 雷锦霞
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

国防科技大学印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 11 字数: 245 000

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

印数: 1—1 000

ISBN7-5609-0382-7/F·21

定价: 4.50元

序

党的十一届三中全会以来，经过十年改革，我国农村社会经济发生了历史性的深刻变化，农业生产正由传统农业向现代化农业转化，农村经济正由自给半自给经济向商品经济转化。这一切都昭示着我国农村发展的新时期已经到来，随此已有层出不穷的新问题摆在人们面前，并亟待我们去研究、解决。农村经济发展的趋势如何，农村经济将沿着什么样的轨迹前进，就是当前有待我们研究解答的突出问题之一。

农村经济是一个多因素、多层次、多目标的复杂系统。系统中既有很多已被人们认识清楚的白色信息，也有不少还未被人们发现的黑色信息，而更多的则是人们既知道一些，又不很清楚的灰色信息。它具有明显的模糊性、随机性和信息不完全性，亦即灰色性。所以，农村经济是一个典型的灰色系统。这样的抽象系统，没有物理原型，但如同整个国民经济系统一样，它的经济活动也遵循最基本的原则——自组织原则，即在一定的社会动力下，经济活动将形成某种新的组织格局，以利于新形势下的稳定增长。要探索这一过程的运行机制，采用传统的归纳、比较和分析方法，对经济活动的历史演变加以描述，对经济发展趋势进行推测是远远不够的，而必须依靠严谨的数学逻辑描述，即系统的分析，并需有一套完整的数学工具。本书应用灰色系统理论和方法，对农村经济进行了全面的系统分析研究，形成了有自己特色的农村经济灰色系统分析方法，并有一套较完整的应用软件支持。这些方法主要有：灰色关联度

态分析、基于灰色动态 (GM) 模型的各种灰色预测、单目标与多目标灰色局势决策、灰色规划、灰色投入产出、灰色动态优化及控制等, 为农村经济系统的深入分析研究, 探索了一条行之有效的新途径, 建立了一些新方法。

方法本身就是科学研究的一个重要内容。解决问题的方法, 在科学的意义上就不亚于提出问题本身。方法好比雕刻用的刀子, 可以是多用的, 也可以是专用的。要想刻出精美的艺术珍品, 必须有全方位的、多角度的各种刀子。在经济工作者的“工具箱”中, 也应该有多种多样的“刀子”, 以便在系统分析研究时综合使用, 发挥各种工具之长, 达到精工良效之目的。

钱学森教授1985年在给我的一封信中谈到, 建立系统科学体系时, 要深入研究系统学的基本原理, 切实重视各种系统工程方法的研究应用, 其中包括灰色系统的研究和应用。

这几年, 我和山西农业科技部门从事灰色系统研究和应用的同志, 经常一起讨论灰色系统理论的应用问题, 并共同做了若干专题的研究。山西省 (以省农业科学院资源综合考察所为主) 学习和应用灰色系统理论较早, 在邓聚龙教授的指导下, 曾举办了全国第一个灰色系统培训班, 召开了第一次灰色系统与农业学术讨论会, 因而打下了较好的基础, 研究工作开展得比较扎实, 注重联系实际, 选题逐步深入, 应用成果较为突出。这本书中的实例, 集中反映了近几年灰色系统理论在山西农村经济研究应用中的新成果。这些成果在理论与实践、定性与定量、自然科学与社会科学的结合上, 都提供了有益的借鉴, 思路新颖、内容丰富、通俗易懂, 在学术与应用上都有一定的价值。衷心希望本书能为读者提供有益的贡献。

张沁文

1988年10月20日于太原

前 言

近百年来,数学与系统控制理论的方法不断渗入到经济学,而经济学日益发展成一门依靠数学和依靠逻辑的科学。为此,一向被认为属于社会科学的经济学,在其理论框架的逻辑化上,在数学工具的模型化上,在其假定前提的简明化上,越来越多地带上了传统上被认为只有自然科学才具有的特色,从而促进并形成了自然科学和社会科学的融合,为数学和系统控制理论在经济中的应用开拓了广阔的前景。没有经济数量分析,就谈不上现代化的经济管理,这说明经济学之借重于数学确已成为时代的趋势。

在这种形势下,农村经济灰色系统分析的方法应运而生。灰色系统理论是一门系统论的新学科,但在很短的时间里,以异常的速度几乎渗透到了社会经济系统的各个领域,它提供了系统研究的新方法与新途径,尤其对农村经济这个复杂多变的、信息不完全确知的大系统更为适用。

近几年,我们应用灰色系统理论和方法,对山西农村经济系统作了比较全面的系统研究,本书中的大部分模型与应用实例就是已取得的初步成果。通过这些研究和应用,我们有以下几点粗浅的认识:

(1) 由于数学方法的客观性和严密性,当将它应用于农村经济问题的研究时,一切先入为主的偏见都会被检验并暴露出来。有些问题人们认为是理所当然的,其实却是应当加以认真检验的概念。在此,数学将会帮助人们摆脱其影响,数学推理

具有巨大的说服力，它能给人们以信心。

(2) 应用灰色系统分析方法研究农村经济系统中的复杂现象，不论其数学推演过程如何冗长，也不会丧失其可靠性。若利用常识来推理，常常会变得牵强附会，使人将信将疑。用数学的方法，万一出现意见分歧，可沿着推理的思路逆流追溯，也很容易找出分歧所在，能够明确什么是需要进一步深入研究与解决的问题，以求在新的更高层次上的统一。

(3) 由于灰色系统分析着眼于动态的分析研究，因而引入了多变量微积分的数学方法，这更适合于研究以复杂事物为对象的农村经济系统。实践证明，一个量的确切定义，往往对于一些事物的发展带有革命性的意义，很多数学与系统控制理论概念与参数，如状态方程、传递函数、反馈环节、输入输出等，一旦赋予农村经济的含义时，复杂的事物就变得非常清晰可辨，以至用不着任何多余的文字说明。

任何科学研究方法都是在解决实际问题中提出来，然后推广应用中不断修正、完善起来的。灰色系统分析方法也是这样，目前从体系到内容都还不成熟，我们的研究仅仅是一些探索和实践，期望能起到抛砖引玉的作用。

为尽可能地反映灰色系统分析方法的应用，尽量充实其内容，不断完善其体系，书中还编入了几篇会议交流或杂志发表的有关论文，特向这些论文的作者表示感谢。

全书共分九章，前三章为灰色系统理论及其模型综述，四~八章为应用研究，最后一章为常用的计算程序。全书由王学萌主编，聂宏声编写第一章第二节、第四章第四节和第五节，李晋陵编写第四章第三节、第七章第一节和第二节、第八章第五节，雷锦霞编写第三章第一节、第五章第五节和第七章第四节，其余章节均系王学萌编写，最后由王学萌、聂宏声进行全书统稿。

灰色系统理论的创始人，华中理工大学邓聚龙教授，对灰色系统理论在山西农业中的应用研究，一开始就全力支持，精心培养，不仅在他的两本专著前言中，一再给予鼓励，并不远千里多次来山西亲自指导工作，所以我们的每项科研成果，都洒有他辛勤培植的汗水，在这里我们向他表示衷心的感谢。

在本书编写过程中，自始至终得到了张沁文研究员的热情指导。他在百忙中详细审阅了重要章节，提出宝贵意见，并为本书写了序，在此谨致谢意。

灰色系统理论是诞生在祖国大地上的一棵科学幼苗，尚在茁壮成长，加之编者水平有限，书中错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

作 者

1988.12

目 录

前言

第一章 灰色系统与农村经济

- 1.1 灰色系统理论概述 1
- 1.2 农村经济系统的灰色特征 5
- 1.3 灰色模型简介 8

第二章 灰色系统模型技术 (一)

- 2.1 灰色数据处理 11
- 2.2 灰色关联模型 13
- 2.3 灰色动态 (GM) 模型 21
- 2.4 灰色局势决策模型 36

第三章 灰色系统模型技术 (二)

- 3.1 灰色线性规划模型 46
- 3.2 五步建模与动态优化模型 54
- 3.3 灰色去余控制模型 68
- 3.4 其它灰色模型 75

第四章 灰色关联动态分析

- 4.1 农村经济系统灰色关联树 79
- 4.2 农村经济发展的灰色关联动态分析 83
- 4.3 农业经济结构灰色关联分析 87
- 4.4 农业系统投资-效益灰色关联分析 94
- 4.5 粮食生产因素灰色关联分析 105

第五章 灰色动态模型的预测技术

- 5.1 灰色预测概述 114
- 5.2 灰色数列预测 116
- 5.3 序列移动预测技术 122

5.4	残差修正预测技术·····	126
5.5	等维灰数递补预测技术·····	135
5.6	系统预测技术·····	140
第六章 灰色模型决策技术		
6.1	灰色决策概述·····	152
6.2	农业区划单目标局势决策·····	153
6.3	农业生产优序化矩阵局势决策·····	156
6.4	农村产业归一化矩阵局势决策·····	163
6.5	农村经济效益评估灰色决策·····	174
第七章 灰色规划模型技术		
7.1	农村土地利用灰色线性规划模型·····	180
7.2	农村经济漂移型线性规划模型·····	193
7.3	农村水电工程多目标开发灰色非线性规划技术·····	200
7.4	农村经济灰色投入产出优化模型·····	208
第八章 灰色系统动态模型的优化与控制		
8.1	农村经济系统的动态模型及其优化·····	228
8.2	农民消费积累系统的优化与控制·····	239
8.3	农业生产结构灰色最优控制·····	247
8.4	粮食产量系统预测及控制分析·····	260
8.5	灰色总体模型动态仿真技术·····	264
第九章 灰色系统分析常用BASIC语言程序		
9.1	灰色关联矩阵计算程序·····	274
9.2	灰色关联动态计算程序·····	279
9.3	序列移动灰色预测计算程序·····	284
9.4	等维灰数递补预测计算程序·····	290
9.5	残差周期修正预测计算程序·····	297
9.6	灰色状态GM(1, N)模型计算程序·····	314
9.7	灰色状态矩阵Runger-Kutta法求解计算程序·····	321
9.8	多目标灰色局势决策计算程序·····	325

参考文献

第一章 灰色系统与农村经济

1.1 灰色系统理论概述

一、什么是灰色系统

在系统论与控制论中，常用颜色深浅来形容信息完备程度。一般情况下，“白”指信息完全，“黑”指信息一无所知，“灰”则指信息不完全或不确知。因而，一个信息不完全的数，称为灰数；一个信息不完全的元素，称为灰元；系统间、因素间信息不完全的关系，称为灰关系；若系统中有信息不完全或不确知的现象，则称为系统的灰色性。这种具有灰色性的系统，称为灰色系统，简称灰系统。

在客观世界中，有很多抽象系统没有物理原型，系统的作用机制不太清楚，系统的边界关系、状态、结构等难以精确描述，以致无法定量判断信息的完备性，人们只能凭逻辑推理，运用某些观念意识、某些判别准则，对系统的结构特性进行论证，然后用各种模型加以表达。这类抽象系统，统称为本征性灰色系统。诸如社会系统、经济系统、生态系统、农业系统、军事系统以及人体系统等均为本征性灰色系统。

事物是客观存在的，而人类的认识是逐步发展、深化的，人们不可能一下子认识事物的客观规律，只能通过实践来修正主观认识并不断提高客观事物的透明度。所以，客观事物对人类来说，并不是白的（系统中的全部信息确定或确知），也不是

黑的（全部信息不确定），而是灰的（系统的信息部分确定，部分不确定）。因此，人类的思维是灰的，行动依据是灰的，人们不得不在灰的环境里思考、决策和行动。只是由于人们对一些不确知因素忽略不计，才把某些灰色系统当作白色系统来认识和处理。

可见，严格说来，灰色系统是绝对的，而白色系统与黑色系统是相对的。

随着科学技术的发展，描述和设计系统的理论和方法层出不穷，而突出的焦点是系统描述和分析的精确性与系统的复杂性的矛盾。信息论与控制论试图用统计方法与随机理论来研究与描述系统信息的不确定性，指出了事物的随机性；模糊集合论试图利用精确数学描述模糊现象来解决系统复杂性与精确性的矛盾，指出了事物的模糊性。然而系统除了随机性与模糊性外，还存在着一种范围更为广泛，内容更为深刻的特性，这就是系统的灰色性，即信息不完全和不确知现象。

灰色系统理论认为，系统的随机性和模糊性是灰色性的两个不同方面的不确定性。系统的灰色性不但包含了随机性和模糊性，而且还包含了这两种不确定性以外的许多特性。诸如社会系统的人为干预、经济系统的浮夸虚报、军事系统的伪假情报等都是经常发生的现象。这正是灰色系统理论能够广泛应用于各个领域的基础。

在短短的几年里，灰色系统理论得到了迅猛的发展，它新颖的系统思想和独树一帜的建模方法及有效手段，已成功地应用于社会、经济、水利、气象、地质、工程、技术、生态、环境、生物、医学、军事、政法、历史、地理、文教、卫生、农业生产等部门，并取得了引人瞩目的成果。这些科学方法和科学思想如此迅速地渗透到广泛的科学领域，是它成功地运用唯物辩证法思想的结果。因此，对灰色系统理论作深入的研究，

并从哲学的角度去发掘它的方法原理是具有十分重要的意义的。

二、灰色系统分析与建模原理

由于系统具有广泛的灰色性，科学技术的发展迫使人们必须采用崭新的科学方法来进行信息处理和系统分析，灰色系统分析与建模方法就是在这种形势下应运而生的。

灰色系统理论将随机过程看作为一种灰色过程，认为一切随机量都可以看作是在一定范围内变化的灰色量并加以处理。通过对灰色过程的生成方法，将具有随机性的数据列，转化为一个具有较强规律性的数据列，从而可以建立连续微分方程模型。这种方法同样适用于存在灰色信息的情况。作为系统行为特征的时间序列出现离乱，是环境对系统干扰的结果。灰色系统分析用生成的方法对原始数据进行处理，可以弱化不确定性，强化规律性，因而可以用少量数据及存在灰色信息的情况下，建立系统的连续微分方程模型。与传统的模型相比，灰色建模不存在误差累积问题，因而可以用于长期的高精度的预测。灰色系统分析与建模方法，吸收了传统系统控制论方法的优点，并具有以下几个鲜明的特点：

第一，灰色建模可以是系统输出的单序列模型，如常用的GM(1, 1)，且可以通过数据变化的潜在关系，寻找或发现灰输入量。而传统的方法只能是输入到输出的双序列建模。

第二，不回避灰色信息（简称灰信息）的存在，而是开创了一套新的方法来处理和运用灰信息，并可以用灰度量化灰色信息的不确定程度，将灰信息纳入系统的研究范围，而传统的方法（如统计方法）对灰色数据（信息）却显得无力。

第三，充分利用了已知信息。对本征性灰系统，它的系统边界难以确定，系统状态不易判断，作用机制认识不清，系统的输入信息也难以辨别，因而试图以输入-输出关系去建立系

统模型是很困难的。但系统的最后结果即总输出的资料和信息或多或少可以得到，灰色理论将这些信息加以充分利用，通过处理灰信息来同构系统模型，来揭示事物内部的特征和规律，而不是依赖于可能永远得不到的“输入-输出关系”的信息。

第四，十分重视关联度分析。关联度是指系统内部主要因素随时间而变化的同步程度，它定量地刻划了系统内部结构之间的联系。从时间序列找到灰信息间的关联性的度量方法，是灰色系统分析的精华。

第五，深刻揭示了认识系统从“黑”到“白”的过渡过程。人类对事物的认识一开始面对的就是灰系统，黑箱是相对的，白箱是只可能无限接近而不能达到的目的，人们对事物的认识过程，是使事物对人类来说灰度不断降低的过程。

三、灰色预测、决策、控制原理

灰色预测、决策、控制紧紧扣住了系统的复杂性与精确性、定性分析与定量分析、信息的灰与白的辩证关系，独创性地选用了灰靶作为目标，从而成功地解决了它们之间的矛盾。所谓灰靶，简单地说就是一个区域或范围，即是灰色目标集。

灰色系统理论认为系统的复杂性与精确性之间的矛盾往往会由于目标的要求过分精确而激化，导致预测、决策失败。灰色预测是在关联分析、灰色建模的基础上，通过建立灰色模块，确定预测在条件最优与最劣的情况下未来发展的可能值边界，即灰平面来实现的。灰靶是未来事物发展的可能区域，并以可信度作为灰靶上预测信息真实程度的度量方法。

人类认识世界，改造世界时，总不可能等到彻底认识客观事物后再去改造它，而是在基本认识或部分认识之后就着手去改造它，并在改造过程中对它进行再认识，认识世界和改造世界总是相互交替、逐步深入的。灰色控制方法的灰靶原理正好体现了这一点。

近来，人们分析事物时越来越注重定性定量相结合的方法，科学的发展一方面要求定量化，另一方面因为系统的复杂而使得定量分析越来越困难，因此定性分析方法还是不可缺少的手段。定性分析是定量的基础，为定量分析提供了思路；定量分析是定性的深化，使定性分析的结果精确化。灰靶是定性与定量的综合，它具有定性与定量两方面的特征，灰靶方法是定性分析方法与定量分析方法的有机结合，它所得的数量结果不会出现与定性分析相矛盾的现象。

辩证的灰靶原理，造就了全新的灰色控制思想。灰色控制充分利用系统已经发生的行为信息（包括灰信息），通过预测揭示系统的发展规律，预测系统未来发展的灰靶，将预测值与系统未来要求值相比较，进行灰色决策而产生控制规律。由于灰色预测能长期、高精度地提供未来发展的数据，快速而简单地给出未来发展的趋势，就使灰色控制的实现成为可能。灰色系统控制的目标是灰靶，预测目标是灰靶，决策结果也是灰靶，它们是在灰中求白，在灰靶中求得精确而实现高性能的控制。

灰色系统理论认为，将系统复杂性与精确性之间矛盾的统一就在于灰靶，灰靶是灰与白的高度统一，灰靶方法是定性分析与定量分析的有机综合。

1.2 农村经济系统的灰色特征

农村经济是一个多因素、多层次、多目标的相互联系、相互制约的庞大系统，它的运行过程是由许多错综复杂的关系所组成的灰色动态过程。它包括了自然资源、技术条件、地理环境、流通交换、政策观念、人际行为等等浩如烟海的信息网络，是一项由生态系统、经济系统和技术系统在特定的时间与空间上组合结构而成的复杂的社会经济系统工程。它具有明

显的灰色性质的特点，是一个典型的灰色系统。

一、系统层次的复杂性

农村经济系统作为一个有机的整体，从横向划分，有很多大大小小的灰色子系统和亚子系统，如农业、农村工业、农村商业等为子系统，而农业子系统中又含有农、林、牧、副、渔亚子系统等等，此外还可以有更细的划分；从纵向划分，有很多灰色层次，每一层次又有很多灰元或灰因素构成，如全国可分省、地、县、乡等不同隶属范围管理，在各自的范围内又是由农、工、商等不同的生产部门或行业来经营，再加上农村经济正在由传统的封闭格局向开放的商品性转化，因而又形成了多种成分并存的经济体系。这样，农村经济系统就组成了一个众多因素在多层环节中具有多种功能的、纵横交叉的灰色立体系统。

二、结构关系的模糊性

在农村经济系统中，各因素与因素之间、子系统与子系统之间、上下层次之间以及它们与整个系统之间，相互交错的种种关系是非常复杂的。有些关系比较清楚，有些则并不很清楚，甚至完全不清楚。特别是这些关系被一些表面现象所掩盖时，人们就看不清事物的本来面目，得不到足够真实可靠的信息，难以形成明确的概念，因而在分析、预测、决策时，搞不清哪些因素关系密切，哪些因素关系不密切，找不到系统发展的主要矛盾与主要特征，分不清哪些是主导因素，哪些是制约因素。同时，农村经济系统没有物理原型，系统的结构、状态、边界等都难以精确描述，对系统的运行机制人们更不会一目了然且也不能通过外加试验信号进行观测，来建立输入输出的数学模型。因此它只能给人们一个似是而非的模糊的概念。如人们常讲，无农不稳，无工不富，无商不活，这概括反映了在农村经济发展中不同产业对系统的作用与影响，以及它们之间

的某种制约关系，但要对“稳”、“富”、“活”确定一个数量界限，并用数学模型来表示它们的动态关系，却不是容易做到的。由于系统具有这种模糊性，人们对它的认识也只能是灰色的。

三、动态变化的随机性

农村经济是个不断发展的动态系统，正在日新月异地变化着，各种因素也在随时改变各自的状态，且多数因素的变化是随机的，特别是自然因素是人们不可能控制的。农业生产在很大程度上仍然是靠天吃饭，粮食产量的多少人们也难以预测和控制。一些社会因素，如人口增长、劳力转移、资金投放、市场流通等的变化，更有着明显的随机性。这种动态变化的随机性，增加了人们对农村经济系统认识上的灰色度，这就难以有足够的信息来描述与掌握系统的发展规律性。

四、指标数据的不确定性

农村经济是一个抽象系统，要对它的内容、性质、功能等特征加以描述和评价，常用由一组能反映各类因素特性的数量指标所组成的指标体系来进行。鉴于以上所述系统的灰色性质，这些指标中精确数据很少，绝大多数是这个指标灰色区间值的白化值，如经常采用的多年平均值等。同时，收集来的各种统计、观测数据，也由于技术方法、人为因素、自然环境等的变化和影响，造成各种误差、虚假、短缺等现象，也在所难免。因而这些数据资料有明显的不确切性。此外，无论是自然因素还是社会因素，其中有很多因素，诸如生态环境、资源条件、技术水平、政策作用、经营管理等，都缺乏或无法用精确的数据来作定量的描述。由此可见，农村经济系统中那些数不胜数的数据，尽管有的还精确到小数点以后，但它所表示的仍然是个信息不完全的灰色量。

上述特点，给农村经济系统蒙上了一层灰色的“面纱”，

使人们对农村经济的研究长期停留在定性分析和静态描述的水平上，难以对系统作较全面的定量分析和动态研究。由于缺乏系统的理论和数学手段，加上传统习惯的束缚，因此对整个农村经济系统总是凭经验预测，靠想当然决策。随着科学技术的进步，系统理论的渗透，农村经济的研究，已进入了一个新的阶段。

1.3 灰色模型简介

一、模型

所谓模型，就是指通过适当的数学方程、图象表格、程序语言以及物理形式等，来说明与表达系统的构成和行为的一种抽象的科学方法。根据不同的目的，可选择不同类型的模型。在进行社会经济系统分析时，人们最感兴趣的是研究事物之间的数量关系，因此，数学模型应用得较为普遍。但不论采用何种模型，一般要求有如下特点：

(1) 现实性。能够在一定程度上确切反应系统的客观实际特征。

(2) 简洁性。尽量使模型简单明了，以节约建模和计算时间。

(3) 适应性。随着建模具体条件的变化，模型要有一定的适应能力。

二、数学模型的要素

数学模型一般由以下四部分组成：

(1) 常数。指数值已确定的量，在运算过程中一直保持不变，如 e 、 π 等。

(2) 参数。也是常数的一种，但参数在每次运算后可以改变数值，重新计算，如初始值等。