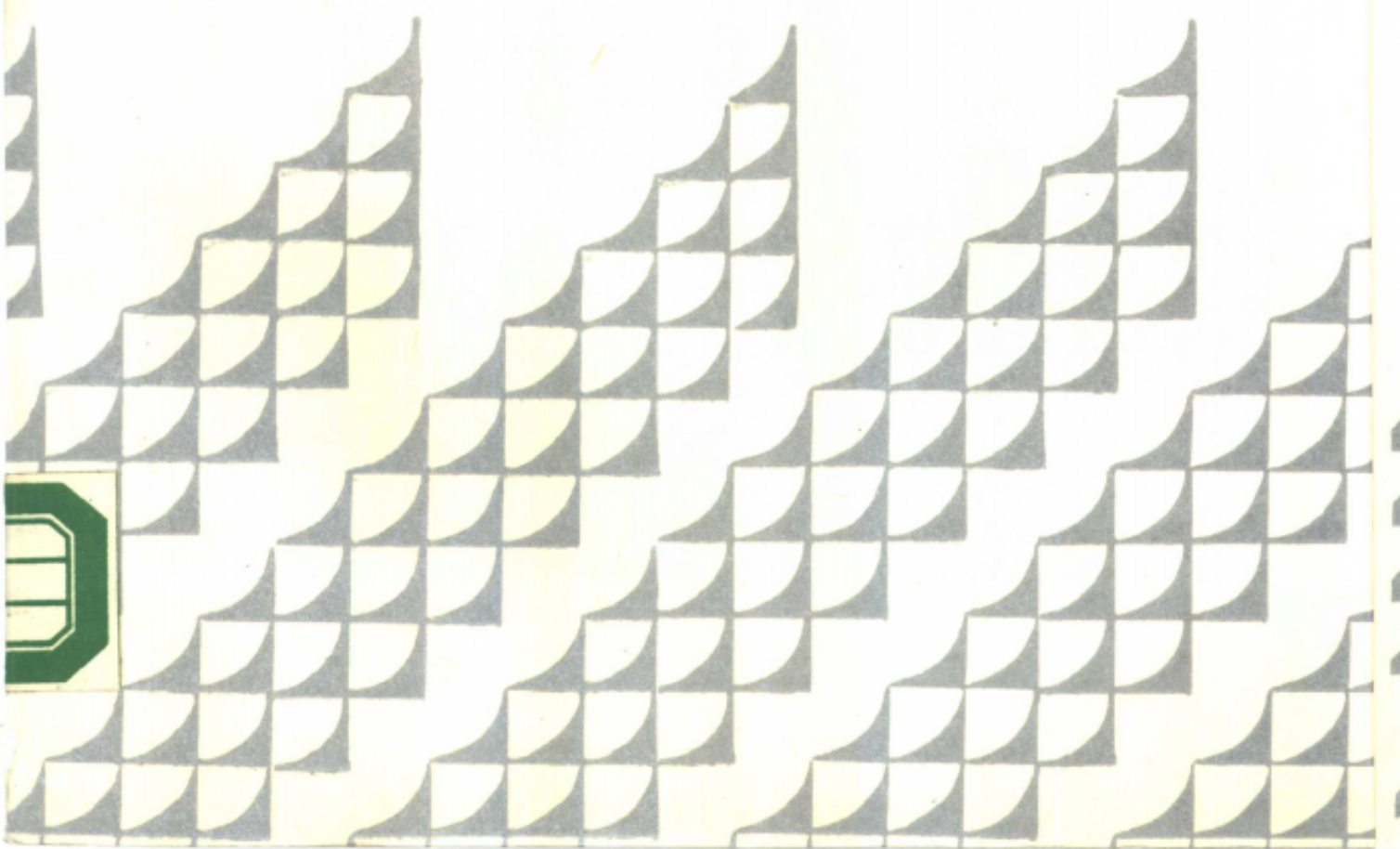


邓聚龙 主编

灰色系统

论文集

ISBN 7-5609-0235-9/T·P·21



灰色系统论文集

邓聚龙 主编

华中理工大学出版社

内 容 提 要

灰色系统是指部分信息清楚、部分信息不清楚的系统。

1982年,北荷兰出版公司(North-Holland Co.)的《系统与控制通讯》(Systems & Control Letters)杂志发表了邓聚龙教授的第一篇灰色系统的论文“灰色系统的控制问题”(The Control Problems of Grey Sestems),宣告了灰色系统理论的诞生。

几年来,在广大理论和应用工作者的开拓努力下,灰色系统理论已跨出控制领域而迅速渗透到农业、经济、气象、社会、生态、水利、生物等众多领域。有关灰色系统理论研究和具体应用的论文在国内外学术杂志上大量涌现,在各种学术会议上被宣读。本论文集特选编了其中的一部分论文,以奉献给广大科技研究工作者和灰色系统理论的爱好者。通过本论文集,读者可了解灰色系统理论的发展近况,丰富多彩的应用实例,以及应用灰色系统理论的各种技巧。

本书适宜于社会、经济、气象、生态、生物、水利等部门的科研技术人员以及大专院校自动控制专业的师生阅读,也适合于对灰色系统理论和应用感兴趣的初学者阅读。

灰色系统论文集

邓聚龙 主编

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: 787×1092 1/16 印张: 23.25 字数: 496 000

1989年4月第一版 1989年4月第一次印刷

印数: 1-1 200

ISBN 7-5609-0235-9/TP·21

定价: 7.95元

前 言

灰色系统理论自1982年诞生以来,理论研究有了新的进展,应用研究也有了很大开拓。

以前研究领域主要是农业以及与农业有关的学科,如农业经济、农业气象、农业水利、农业生态等。现在,除农业方面仍是队伍最大,课题最多、工作最活跃的领域外,医学、史学、金融、教育、政法、石油开采、过程控制、水电能源、交通运输、城市生态、材料科学、科技管理等方面也已经有不少研究成果。

以前理论研究的论文,比较少。现在已有“灰色规划”、“灰色函数”、“灰色控制理论”等一批理论与方法结合的理论成果。过去人们较多地注意局部的,具体的课题。一年来已有了“系统宏观分析”、“系统预测”、“系统生态”、“系统水文”…等一批层次较高的论文与成果。

过去开展灰色系统研究的主要是山西、湖北、江西、河南等省,现在已分布到包括北京、上海、天津、新疆、内蒙、黑龙江、吉林、浙江、江苏、云南、贵州等20多个省市。日、美等国也时有学者来函要求对灰色系统理论作进一步的了解,或要求邓聚龙教授前去讲学。

1984年以前在其他全国性的学术会议上,还没有灰色系统方面的论文,1985年后就有不少全国性学术会议上采用了灰色系统论文。如中国系统工程学会、中国自动化学会、中国农业系统工程学会、中国模糊数学学会、中国生态学会,中国自然辩证法研究会等。此外,接受与宣读灰色系统论文和介绍灰色系统理论的国际会议有:国际生态建模学会、国际自控联与国际运筹学区域会议,国际模糊数学地震科学应用学术会议,中美双方电力系统现代决策会议,国际自控联的社会决策会议。国际运筹模型学术会议等。

1984年以前只有华中工学院学报、中国社会科学、大自然探索等少数几家杂志刊登有关灰色系统的论文,现在已有系统工程、水电能源科学、自动化学报、武汉水电学院学报、武汉工学院学报、系统工程理论与实践、湖北计量工作、郑州水利、山西农业科学、农业系统科学与综合研究、农业区划、农业资源与区划、模糊数学等几十家杂志正在组织和发表有关灰色系统的稿件。从国外来看1984年以前只有北荷兰出版公司的“系统与控制通信”(Systems & Control Letters)发表了灰色系统的论文,现在除这家杂志外,还有“国际控制杂志”(International Journal of Control)、国际系统分析与应用研究所的论文集”、“美国洛伊斯威廉(Louisville)大学论文集”,以及中国科协的英文杂志SFS Necosletter等在发表和收集灰色系统的论文。

1984年还没有一本灰色系统的专著,1985年以来在国防工业出版社、华中工学院出版社和科学普及出版社的支持下,已出版了四本专著,其中有两本参加了香港书展,国防工业出版社出版的还参加了德国法兰克福国际书展。现在,还有几家出版社正在出版灰色系统方面的著作。

这说明,五年来,灰色系统理论与应用研究,在大家的努力下,学术队伍壮大了,研究工作深化了,灰色系统成果增多了,学术环境改善了,学术园地扩大了。

灰色系统理论其所以有较快发展,一方面是与灰色系统理论与应用研究注重实际,面向

经济建设，普及与提高兼顾，理论与应用结合分不开的，另一方面也是与党的领导，兄弟学科科学家们对灰色系统的关怀，学术界长者们的支持分不开的。著名科学家钱学森教授，多次远见卓识地鼓励灰色系统、扶持灰色系统。1984年第一次灰色系统与农业学术会议以后，钱老写信给山西农村经济发展中心主任张沁文说：“灰色系统很有意义，值得注意，今后还会有更大的发展”。1985年8月钱老在北京一次学术会议上又高度地评价了灰色系统理论。自动化学科两位学部委员上海交大张钟俊教授与清华大学常迥教授也给予灰色系统理论以高度的评价和多次热情鼓励。我的老师陈雪廷、何文蛟教授等热情教导谆谆告诫。

在领导的支持、长者的鼓励、兄弟学科的协调下，广大灰色系统理论与应用的研究工作者，正在更加兢兢业业、踏踏实实、不骄不躁地继续前进。预计在领域开拓与创新性应用方面，灰色系统理论体系的完善与巩固方面，灰色系统方法的改进与提高方面，规模大、因素多、层次高、意义广的大型综合课题的研究方面。必将有新的突破。

但是，新兴学科的开拓和研究是需要具有坚韧不拔的精神和作出加倍的努力的。而灰色系统的开拓和研究，其艰难的程度是可想而知的。因为灰色系统理论研究的是信息不完全的对象，内涵不确定的概念。关系不明确的机制。显然，信息不完全会比信息完全的研究难度大，关系不明确比关系明确的研究遇到的问题更多，内涵不确定的概念比内涵确定的研究更为困难。当然并不是说信息不完全，内涵不确定，关系不明确的课题是我们特别宠爱、特别追求的。相反的，它是客观存在的，它是客观现实强加给我们的。如果认为信息不完全，就打入冷宫，认为关系不明确难以量化，就划为禁区，内涵不明就视为畏途。这样就会有一大批问题得不到回答，就会有一大批课题被禁锢，就会有许许多多有用信息被丢掉，就会有许多规律得不到发现，就会有许多本来可以得到的精神与物质财富被埋没。一句话，这样就限制了人类的作为，遮掩了人们的视线，缩小了人类活动的范围，束缚了人类的发展。而灰色系统理论研究工作，则与这种无所作为的态度刚好相反，大家有决心，有信心，有勇气，冲入禁区，开放冷宫，面对畏途，去深化人类的认识，开拓人类的活动领域，扩大我们的世界，增强人类的能力。

事实上，在人类的活动领域内，绝对的准确、绝对的严格，绝对的清晰都是没有的。或者说纯之又纯，白之又白的事物是不存在的，比如人们一向认为“严格”清晰明确的经典数学，也不是白之又白纯之又纯的。经典数学立论有据、推导严谨、逻辑严密，可是不能不看到它也仍然带有“不严格”不确定、不明确的烙印。比如，无穷小、无穷大、原点、极限，究竟是什么又有谁能说得很清楚又有谁能确切切地说出来无穷小是多小的数，无穷大又是多大的数，原点究竟是一个点还是一个点的邻域呢？我们认为“无穷小”、“无穷大”、“原点”都是灰数，而极限则可看作是灰数的一个最大权白化值。从某种意义上说，现有的数学分析就是建立在灰色的基石上的。可不是吗？数学分析以微分、导数为主要内容，微分导数来源于极限与收敛，而极限收敛又是以无穷小作为基础的，这不就说明了数学分析与灰数的关系吗？

又比如说，物理学的欧姆定律，该是严格的确定的吧！可是一个导电体认为带有纯电阻，这仅仅适合电源的频率为严格的零。力学的基本关系 $F=ma$ 该是严格的确定的吧！可是它仅仅适合光速下的运动。

事实上，我们日常接触的许多事物是灰的，我们的许多思维方式是灰的。一句话，我们自觉不自觉地生活在灰的世界里，谁想摆脱也是摆脱不了的。此外，我们还会看到灰色系统理论得到的解，追求的解经常是非唯一的。这是由于研究对象信息不完全，准则的多样

性，从信息到结果往往是多—多映射，是灰映射，所以灰色系统理论的解不止一个，而是多个，是一个集合、集合代表全体，全体体现整体性。这反映灰色系统理论具有从多个方面、多个角度来考察问题的特点，有从全局从整体来分析问题的长处。

另外，灰色系统理论所研究的内容，常常是一些数。那末这会不会导致人们走上纯数学抽象数学的研究道路呢？不会的，因为灰色系统研究的数，不是抽象的数而是一些与时间有关的数，是一些表示系统行为的数，是一些彼此有联系的数，是一些有内在规律的数，是一些可以补充的数，是一些具有可塑性的数，是一些包含有多种因素的数。一句话，这是一些实际背景很强的数，研究这样的数正是为了进一步认识客观世界，以期进一步改造客观世界。

我们期望通过本论文集的正式出版来交流成果，沟通思想，丰富今后的研究，深化我们的认识。

本论文集由邓聚龙教授主编，徐绍焱、郭洪同志参加了部分撰稿工作，殷伯明同志统一了论文集的计量单位并对涉及的数学模型作了相应的换算。

由于篇幅限制，在编写论文集的过程中，作了较多的删节甚至作了部分改写，一些很有价值的论文（例如易德生同志的“灰色模型（GM）与人才预测”，胡斌武同志的“灰色预测在新乡地区粮食产量等长期预测中的应用”等）也因此而割爱。有些论文涉及GM(1,1)建模及灰色关联分析的内容都作了简略，读者可分别参阅本论文集中“灰色数列预测”（易德生）和“灰色系统理论和未来学研究”（徐绍焱）二文。

我们深信，生长在实践土壤上的灰色系统理论是具有生命力的，是值得我们倾注毕生精力去研究它、发展它的。“西塞山前白鹭飞，桃花流水鳜鱼肥。青斗笠，绿蓑衣，斜风细雨不须归。”愿灰色系统理论的广大爱好者、研究者、支持者获得更大更多的成果。

邓聚龙

1987年12月

目 录

第一部分 灰色系统综述、控制和程序

管理决策中的灰色系统理论	邓聚龙	(3)
灰色聚类的医学诊断	马淑惠 郭洪	(16)
胆症灰色诊治工程实例	曹仲和 曹大川	(22)
灰色系统理论与未来学研究	徐绍焱	(27)
工业过程的灰色预测控制	程 颢	(32)
灰色预测控制	邓聚龙	(41)
灰色离散系统的稳定性充分判据	邓聚龙 周朝顺 阙泰林	(52)
灰色预测比例控制方案	陈绵云 阙泰林 乐 科	(61)
灰色模态控制	陈绵云	(66)
一类经济系统灰色模型的白化处理	吴少华 陈绵云	(73)
灰色控制矩阵与可控性	陈绵云 吴少华	(76)
灰色数列预测、突变预测、季节突变预测BASIC程序	朱天准	(79)
灰色系统软件编制思想	曹尔辰	(86)

第二部分 灰色理论

离散函数光滑比的研究	邓聚龙	(99)
灰色局势决策的多目标变换及某些拓扑性质	邓聚龙	(107)
灰色层次决策	邓聚龙	(112)
灰映射	邓聚龙	(116)
灰色残差的两种模型	邓聚龙	(120)
关联分析——对关联度计算的一个新设想	张绮帆	(125)
灰色预测的因子问题	邓聚龙	(127)
多目标灰色局势决策的定向漂移问题	邓聚龙	(130)
弱灰色参数线性规划的解法	杨亚光	(134)
灰线性规划	邓聚龙	(142)
灰色摆动模型的研究	谢远涛	(147)
一种新模型的建立及应用	张 骏	(152)
函数的灰延拓与周期性灰函数	李恩忠等	(155)
灰色概念的数学描述及其量度	李 覃	(161)
灰色概念的灰色度	张型岱	(162)
权函数法灰色动态模型及其优化	唐五湘	(167)
灰色动态模型(GM)及其周期分析	王学萌 罗建军	(174)
灰色二次规划的研究	蒙万融	(176)
建立灰色系统层次结构模型实用方法初探	郭 斌	(180)

第三部分 灰色预测

煤炭产量灰色预测	王清印 周杰仁等	(185)
邯郸市机械工业灰色动态预测势态研究和比重分析	王清印 周林平	(188)
老河口市1986年夏粮产量的灰色预测	张宏庆 徐绍众	(192)
灰色数列预测	易德生	(195)
灰色系统理论在历史研究中的应用	霍俊江	(198)
铁路装车灰色预测	李先煜	(202)
宏观系统技术经济灰色预测	于宏义 孙顺庚	(204)
应用灰色系统理论对犯罪的预测与分析	胡希平	(207)
水文系统DHGM模型识别与实时灰色预测	夏 军	(211)
低合金钢铸件蠕变性能的预测	李健萍 马咸尧	(223)
我国汽车产量的灰色预测	李良义	(225)
饮料酒销售量灰色预测	刘玉芬	(227)
粮食产量长期预测的两种方法	易允文 李洪心	(229)
江西省粮食产量灰色预测	黄际民	(234)
河北保定地区粮食总产灰色预测	张庆增	(237)
青海省粮油总产量的灰色长期预测	张青民等	(240)
山西省粮食产量的灰色预测和控制分析	罗建军 张炳祥	(243)
初霜灰色突变超长期预测的再次论证	王明星等	(247)
应县初终霜灰色预测	杨 满	(250)
郑州山丘区干旱原因分析及灰色预测	周 强	(253)
一类广义增长曲线预测模块在农作物产量预报中的应用	肖庭延等	(257)
洛阳地区1985至2000年干旱趋势灰色预测	张惠敏	(261)
城市生活废弃物成分灰色预测初探	于黎耘	(264)
苏联经济发展趋势的灰色预测	易德生	(269)
灰色动态模型与气象钟预测	吴寿梁	(274)

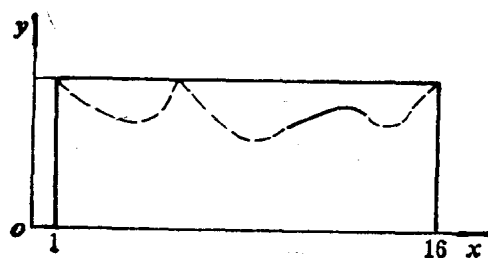
第四部分 灰色关联、聚类与决策

灰色系统理论与国土开发整治研究	王学萌 聂宏声	(286)
太谷县区域经济优势决策分析	武友林等	(292)
灰色决策分析在农业结构研究中的应用	支戈彪	(304)
灰色理论在石油地球物理测井中的应用	沈建国	(306)
试用关联度分析工业结构的优化	孙丽文	(310)
区域经济优势因素分析与经济模型优化	阎文琛 罗建军	(313)
潭头水电站经济模型探讨	胡斌武	(317)
某省2000年宏观经济发展趋势分析	邓聚龙等	(320)
益阳县农业经济的灰色关联分析及预测	文剑平	(328)
运动生理学与心理学的关联初探	徐 明	(332)
运用灰色系统理论分析犯罪	邹启松	(336)
土壤微量元素与有关因子的关联分析	王明星 赵明毅	(340)
灰色系统理论在水文研究中的应用	汪秉仁 邓 琦	(342)

中小學生生長發育的關聯分析·····	張殿卿	(346)
灰色聚类预测山西省小麦丰欠年·····	王华兰 周志香	(349)
用灰色理论研究铁素体球墨铸铁冲击韧性·····	马咸亮 李健萍	(357)

第一部分

灰色系统综述、控制和程序



管理决策中的灰色系统理论

邓聚龙 (华中理工大学)

【提 要】 本文介绍了灰色系统的基本概念及其在经济管理决策中的各种作用。

一、什么是灰色系统

信息不完全的系统称灰色系统。人体就是一个灰色系统。因为人的身高、体重等外部参数与呼吸、脉搏等内部参数虽然是知道的,但整个人体的生物机制,各部分的功能,特性等更多的信息不知道,所以说人体是灰色系统,而医生就是在缺乏信息的条件下根据人体已知的少量信息对疾病进行诊断与治疗的,这其实就是对灰色关系的判断与处置。社会经济系统,我们虽然说它是系统,但是既没有物理原型,又很难弄清楚所包括的全部因素,更不知道因素间的作用机制,我们对它的认识也只能说是某个层次的,某种概念基础上的,我们对它建立的模型,也只能说是这些系统的代表,而并不真正就是这些系统,所以也是灰色系统。此外,部分信息非确知的元素是灰元,部分信息非确知的数是灰数,部分信息非确知的关系是灰关系。

比如,经济建设中,投资问题是很重要的。如果将经济当作母系统,则投资是子系统。所谓投资是子系统,是指

(1) 投资项目很多:如固定资产投资,工业投资,农业投资,科技投资等;

(2) 各项投资的作用有某种内在的联系:这个部门的投资,可能对其他部门的收入有某种间接的推动作用,如交通对商业、工业等;

(3) 合理的投资有维系经济体制的作用,是经济结构、行业结构、企业结构、产品结构、技术结构的支柱。所以投资是子系统。在投资系统中,便含有灰元、灰数、灰关系。

货币是灰元。货币起码有两种功能:一是价值尺度,二是流通手段。然而无论哪种功能,都不是完全确定的,比如5元钱是代表1天的工资还是两天的工资,很难确定,因为因人而异,因地而异,因时而异。5元钱代表多少商品,很难确定,同样因为商品的价格因时而异,因地而异,因人而异。

投资系统中经常遇到灰数。比如国际复兴开发银行(IBRD)向人均国民生产总值为2,500美元以下的成员国,提供利率为8.5%的贷款,借款期为10~15年。这里的2,500美元以下,10~15年都不是确定的数而是灰数。又比如称年产值5,000万元以上,利税为1,000万元以上的企业为大中型企业,这里的5,000万元以上,1,000万元以上均为灰数。

投资系统中还含有灰关系。比如对某个项目进行投资,一般说,只要投资的决策合理,资金使用得当,就会取得一定效益,然而有哪些因素影响投资效益,因素之间有何种关系,这些关系的数量表现如何,都不容易说清楚,这便是灰关系。

既然灰色系统中包括灰数,那么灰色系统的量化研究是否只能用灰数研究呢?或者说,

如果系统的统计数字不是灰数而是确定的数，是否可以研究呢？

灰色系统的量化研究一般都是用确定的数字。当然，如果获得的确实是区间数，即多少到多少的数，也可直接用灰数进行处理，不过这种处理工作量很大，有时甚至无法进行。那么，用确定的数进行研究，如何体现灰色的特点呢？或者说用确定的数所得的结果，能说明灰色系统的特征吗？能够作到符合实际吗？灰色系统与其说是一种计算方法，技术方法，还不如说是一种思想方法。比如交通运输是灰色系统，它没有物理原型，但是系统输出或者说系统效果是具体的，即每天、每月、每年的运输量都不是灰数。如果有了几个年份的运输量数据，那就可以对交通运输系统作“灰色”的研究了。以汉阳火车站为例，已知1981到1985年装车数(辆)如下：

$$x = (11213, 12116, 12955, 13739, 14600)。$$

从此数据列可看出：

(1) 历年来数据都不同，是变化的，那么引起数据变化的原因有哪些，可以举一些，但很难举完全，比如车辆数、调度安排、人员、工农业生产情况、商业贸易情况等。此外即使是已经举出的这些因素，它们之间在数量上有怎样的配合，能得到什么样的结果，能引起数据有什么变化，也是无法讲清楚的。因此说，每年装车数是系统的行为效果，这是白的。而导致这一效果的原因却是灰的，我们对这一白效果灰原因的系统进行预测、分析，这便是灰的研究。

(2) 原因是灰的。那么灰原因是否可以比较大呢？是否可以作量化研究呢？可以的。通过灰色模型可以用一个具体的数字来代表这种灰输入(灰作用)，比如按1981至1984年的四个数据建立的模型，灰作用量 $u = 11051.9$ ；按1982至1985年的数据建立模型，灰作用量 $u = 11806$ 。这表明往后推移一步，灰色的外作用增强了；工农业生产，商业贸易等对运输要求加强了；铁路工作改进了。那么，可不可以说得更明确些，比如说灰作用增大究竟主要代表铁路工作的改善，还是代表商业贸易与工农业的发展呢？显然不补充一些铁路工作的情况，或运输要求的情况，则灰作用很难作进一步的解释。总之一灰的情况，在不可能补充新的信息，以增强信息的完备性的情况下，只宜作笼统的解释，而不宜作毫无根据的发挥和推测。

(3) 灰作用的量化值不同，模型也是不同的。比如

$$1981\text{至}1984\text{年的模型是 } \hat{x}^{(1)}(k+1) = 187582.51e^{0.06266k} - 176369.51,$$

$$1982\text{至}1985\text{年的模型是 } \hat{x}^{(1)}(k+1) = 205093.051e^{0.08118k} - 192977.051。$$

严格说来，这五年汉阳火车站的运输情况应该用两个模型(甚至更多)来说明，这表明模型的不确定性。

(4) 预测值也是不同的。1981至1984年模型预测1986年装车数为15,586，1982至1985年模型预测1986年装车数为15,532，1981至1985年模型预测1986年装车数为15,516，综合起来1986年装车数量是灰数，即15,516~15,586之间。

上面说明，通过五个数据，可以得到好几个模型，好几个预测值，好几种灰作用量，这表明研究是灰的。那么灰的研究究竟是好还是不好呢？我们认为好的，因为：

(1) 这体现了灰色系统理论的一个基本思想即白信息充分发挥利用的思想。因为，一个灰系统信息很少，只有充分发挥少量信息的作用，充分挖掘信息的内涵，通过灰方法的加工处理使少量信息得到充分的增值和利用，才能使潜在问题显化，才能够为多方面的考虑提

供多种信息,才可能使人们对灰系统的认识尽可能全面些,才有可能对灰系统的决策尽可能符合实际一些。一句话信息多总比少好。

(2) 灰色的结论不是一个死板的数,而是一个范围。范围,体现灰;灰,体现灵活,体现有回旋余地,体现有可塑性、可调整性。灰的数给人们以鼓励、希望和宽容。

(3) 灰色的数不是一个数,而是一群数,只有一群数才可能进行比较分析,才可能从比较分析中,找到准确的结果,灰色系统有的预测精度高达百分之九十九以上,这归功于灰数中含有多个白化数可供比较的原因。

二、灰色系统的作用

灰色系统理论和方法有可能在行政和企业管理、银行、交通、商业、政法、统计、医学、气象、水文、体育、外贸、教育、工业过程控制等多个方面发挥作用。从具体内容来看,有可能在产业结构调整;社会、经济、科技协调的量化分析;经济因素分析;投资分析;政法量化分析;产值月预报、季预报;经济动态研究;发展指标论证;经济类型划分;新型工业控制器的开发;工业过程效果的改进等方面发挥作用。

1. 三种产业结构的优化分析与合理调整

第一产业、第二产业、第三产业合适的比例关系是经济发展的大局与基础。三种产业结构优化的目的是:根据现有的人力、物力、财力、资源、技术等条件,在保证三种产业总效益最大的前提下,对三种产业确定一个合适的比例(经济因素的比例关系也就是经济结构)。采用灰色系统理论,不但可以确定现在条件下的合适比例,而且还可以分析,随着时间的推移和条件的变化(即人力增加、物力、财力更为雄厚、技术进步、资源消耗增加等),未来三种产业的优化关系,1990年的关系,2000年的关系。此外还可确定,随着优化结构的发展变化,人力、物力、财力、资源、技术等需求和消耗的比例如何发展的关系。

2. 社会、经济、科技协调发展的量化研究

社会、经济、科技应该协调发展。那么从定量的关系看,如何体现这种协调性,如何评价和衡量其协调性,这可以采用灰色系统解决。

灰色系统理论认为尽管社会、经济、科技都是抽象的系统,其相互作用并不是显见的,是灰的,但只要能找到某个中间量,并用这个中间量来映射和代表社会、经济、科技间的相互影响和相互作用,那就可以作量化研究,这是一个灰因素的白化问题。

社会对科技和经济的贡献与影响,可以用每人平均受教育的年限来反映,受教育的年限长,则发展经济有了更好的文化基础,更好的文化基础又为生产技术的提高提供了条件。受教育的年限长,还直接为科技的进步提供了良好的社会基础。

经济对社会和科技的作用可以用人均国民收入的大小来代表。人均收入多了,就意味着有更多的就业机会,就意味着社会闲散人员的减少,就有可能带来社会的稳定,秩序的改善。人均收入多了,除了对物质生活提出更高的要求外,同时也会对文化生活提出更高的要求,也就有可能为受教育提供更好的支持,也就有可能给科技发展创造环境与条件。

科技对经济的作用,可以用新产品的产值占新增产值的百分比来表示。

总之,社会、经济、科技协调发展的量化研究,归根到底,是一个系统几种映射量间量化关系的研究。

3. 经济因素分析

宏观经济学的经济因素分析是 ①国民生产等总值、国民收入；②总投资和总消费支出；③银行信贷总额、货币发行量；④一般物价水平等的分析。

灰色系统理论的经济因素分析是指：①投资增加对收入增加影响的分析；②消费与储蓄，收入与就业之间制约关系的分析。③货币供应增长率与国民收入增长率间比例关系的分析。通过这些分析发现经济发展的优势因素、制约因素等，并制定相应的政策与决策。

4. 投资分析

合理的投资决策是国民经济发展的前提和保证，而投资的量化研究分析，又是投资决策的依据。应用灰色理论的量化分析，可以判断投资方向，评估投资效益，制定投资政策，进行投资决策，调整投资结构，从而使建设重点得到保证，非生产性投资与生产性投资的比例得到合理分配，在原材料、能源、交通等方面的投资与加工工业投资的合适关系得到确立，新技术、新产品投资相对于一般性改造的投资比例得到合理制定。

湖北省的投资与收入灰色分析表明，近几年交通与商业都对经济发展影响很大，交通应是投资的重点而商业则不是，反之商业是积累资金的重点。

投资效益的评估也是很重要的。因为列入投资方案的项目，只有作效益的预估，投资决策才有依据。已投资的建设项目，只有作监督性的效益评估，才能保证资金得到合理使用。山西省曾对农业投资效益作过评估，取得了满意的结果。

在投资需求与供应的发展变化方面，可以用灰色系统理论进行预测。具体的微观的投资需求涉及到市场、生产、销售、管理、体制等众多因素；而宏观的投资需求，则涉及到更多、层次更高、关系更复杂的因素。然而，宏观的程度越大，灰度就越大，互补作用就越强，越便于用灰色系统理论进行预测，武汉灰色系统咨询部肖克军等曾对武汉市货币投放与回笼作过预测。投资体制担负着所有制的组织和执行的作用。投资决策的方式是投资体制的具体体现。

在1983年波兰召开的大系统理论国际会议上，我曾提出了多层次协调决策的论文。这种协调决策可以用于投资决策方面。1984年北京召开的“中国-北美电力系统现代决策”会议上，我与河南邓琦将上述多层次灰色决策用于河南人民胜利渠道砌衬的投资决策中。我也希望多层次投资决策方法能在武汉市得到应用。

5. 政法量化分析

政法量化分析，包括犯罪原因分析、犯罪预测、公检法承办能力分析、综合治理的协调分析。过去政法战线的同志很少作量化分析。现在中国政法大学、中央政法管理干部学院、司法部、中山大学法律系都有人在用灰色系统理论作政法量化分析。

湖北省高级人民法院邹启松同志对湖北省历年来的一般犯罪、强奸、杀人、抢劫，与文化程度、年龄、职业等因素的关系运用灰色系统理论作了多方面的量化分析，其一般结果与定性分析符合，不过也得到了一些超出一般常识的结论。量化犯罪分析的作用是：一方面可以得到新的结果，为犯罪成因的深化分析提供课题，另一方面，为确定法制教育的方式、方法，为社会治安的管理提供数学依据。

随着社会与经济的发展，立法工作也有相应的发展，法律种类增加了，案件增加了，那么公检法承办能力是否能适应，人员数量是否合适。这涉及到法治的效果、质量、速度。反过来又反射到社会和经济的发展。犯罪预测就是对未来将发生的犯罪数进行预测。美国、日本在这方面的工作作得比较早。犯罪预测的目的一方面是为预防犯罪提供依据，另一方面

为协调各方面的工作作数量上的准备。

社会治安的综合治理，是一个涉及到公安、教育、社会管理、经济发达程度等多种因素协调配合的问题。正如前面提到的社会、经济、科技协调一样，只要找到有关的映射量，则治安综合治理，也是可以用灰色系统理论进行量化分析的。

6. 经委、计委工业产值的月预报和季预报

应用灰色预测模型，有可能在过去几年的各个月、各个季度产量产值的基础上，对全年各个月、各个季度的数字进行预测。有时这种预测可以提前一年，至少也可以提前一个月。

7. 经济动态研究

经济动态研究，主要指宏观经济发展态势的研究，消费基金与积累基金合适比例随时间变化的研究，经济主因素发展态势的研究。

如对交通进行投资，那么交通将影响到工农业；工农业影响到商业。在交通以某种速度发展的带动下，工农业发展速度如何，商业发展速度如何，在进一步发展的过程中，交通、工农业、商业在产值方面应保持何种定量关系，投资的合适比例应是多少。

又比如三种产业的结构、产业内部各部门的结构，都是经济发展的基点。事实上，结构带来效益，效益引起投资分配，投资分配保证了一定的发展速度，一定发展速度需要各种因子的合理配合和协调，从协调中可以暴露出限制因子，在一定条件下靠政策的作用，可以在一定程度上克服因子的限制，这都是经济动态研究的内容。

8. 指标论证

武汉市已制订了经济发展的“七五”计划以及未来2000年的远景规划。那么，这些指标是否合理，指标的调整范围应该是多少比较合适，指标与指标之间宜有何种关系等，可以用灰色系统理论进行论证。也就是说，通过灰色预测模型，可以对指标进行预测，在预测的基础上进行分析，在分析的基础上作可行性的论证。

9. 经济类型划分

经济类型划分，包括农业经济区域划分、综合经济区域划分。

农业区划是根据各农业区自然条件、生态环境、自然资源、经济状况进行划分的。进行农业区划的目的，是为了针对不同地区，提出不同目标，制定不同的开发方案，选择不同的发展途径，确定不同的突破点，分别论证现状与后劲的辩证关系，作到有的放矢地进行管理。

综合经济区划，则是考虑经济环境、地理资源贸易条件、发展战略，所作的区划。将区域按照资源型、加工型、服务型、综合型等进行规划，以便发挥各自的经济优势，以便协调各种关系，以便组织区域性的经济辐射圈和便于形成地区的经济分工与经济联合，便于互补互荣。

灰色系统理论已在农业区划中得到应用。也希望今后在综合经济区划中发挥作用。

10. 新型工业控制器开发

前面谈的都是灰色系统理论在软科学方面的应用，现在再介绍灰色系统在硬科学方面的应用。应用灰色系统的预测理论可以制成新型的灰色预测控制器。这种控制器的原理，是将测量得到的系统输出送入控制器，在控制器内根据灰色预测模型GM(1, 1)预测输出的发展变化，根据系统输出下一步（或下几步）的预测值进行预控制，因此这是一种防患于未然的新颖控制。而现有的控制，从原理上说属于事后控制，因为它没有预测功能（预测装置），它只能根据已观测到的输出进行控制，而观测到的输出，是系统已发生的行为，所以这是一

种事后补救式的控制。灰色预测控制器的理论问题已经解决，其技术可行性也已经得到证实。武汉工学院黄石分院程颀等已成功地研制出第一个灰色预测控制器，已经黄石电厂300吨高温高压锅炉的给水系统运行的考验。湖北省科委1986年4月主持的技术鉴定表明：该控制器性能好、效果优，提高了工业过程控制的质量，是一种技术突破，与1985年湖北全省质量评比第一名的现有PID系统比较，各方面的性能指标都优于PID，至少不比PID差。在苏联的经济发展规划中，将生产过程自动化程度的提高当作重点。我个人认为，生产过程素质的改善，生产过程自动化程度的提高，是涉及到全局的，带长远的，大范围的技术进步，所以灰色预测控制器开发，将是一项带来普遍经济效益的宏观高新技术，值得注意。现在黄石已有几家企业正在进行这种开发研究，并准备在工业窑、炉、罐上推广，只是由于横向经济联合的政策措施还不落实，暂时还各自为政，没有形成一股力量。

三、灰色系统的研究内容

归纳起来，灰色系统研究的内容包括系统因素的关联分析，数据的生成处理，建模，预测，决策与控制。

1. 系统因素分析

系统因素分析，是根据某因素历年来的数据，按时间顺序排列，得到因素的时间序列（简称因素列），再根据因素列之间发展变化相似或相异程度来判断子因素对母因素的影响程度，以确定该因素在系统中的地位，进而可判断哪是优势因素，哪是劣势因素。

在产业结构调整中，可以用因素的关联分析法，寻找影响产业结构的主要因素，然后用主要因素，构成结构调整的约束条件。

在社会、经济、科技协调量化分析中，关联分析法也是主要方法。关联分析可以得到某个时期内三种因素的定量关系，从定量关系中找关联序，根据关联序判断该时期三种因素的适应性、协调性。

在经济分析中，可以用效益评估来判断优势与劣势因素，也可以用关联分析，来分析子因素对母因素影响的大小，然后判断因素的优劣。

在投资分析中，投资方向的判断，也就是子因素对母因素关联度大小的判断。在犯罪分析中文化程度、年龄、职业与不同类型犯罪的分析，用的也是关联分析。

下面以湖北省投资对收入的关联分析为例，阐明灰色系统的关联度分析方法。

以湖北省1950至1983年六项收入、，即国民收入、工业收入、农业收入、商业收入、交通收入、建筑业收入、与五项投资，即固定资产投资、工业投资、农业投资、科技投资、交通投资等数据，按照灰色系统理论的关联系数与关联度的计算公式进行计算，以六项收入分别为六个母因素，以五项投资作为五个子因素，分析各项投资对同一项收入的关联程度，得到下述矩阵。

	国民收入	工业收入	农业收入	商业收入	交通收入	建筑业收入
固定资产投资	0.8113	0.6417	0.8386	0.5629	0.819	0.7949
工业投资	0.7698	0.6243	0.8279	0.551	0.779	0.8125
农业投资	0.6482	0.5782	0.71945	0.54277	0.6486	0.7139
科技投资	0.7434	0.809	0.588	0.616	0.707	0.584
交通投资	0.93	0.6799	0.7346	0.5356	0.875	0.613