



灰色系统研究 新进展

名誉主编 邓聚龙 吴汉雄
主 编 刘思峰 徐忠祥



华中理工大学出版社

灰色系统研究 新进展

名 誉 主 编	邓聚龙	吴汉雄
主 编	刘思峰	徐忠祥
执行副主编	王子亮	王仲东
副 主 编	温坤礼	吕安林

华中理工大学出版社

(鄂)新登字第 10 号

图书在版编目(CIP)数据

灰色系统研究新进展/刘思峰等主编
武汉:华中理工大学出版社,1996年10月
ISBN 7-5609-1384-9
I. 灰…
II. ①刘… ②徐…
III. 灰色系统—理论—应用—论文集
IV. N94

灰色系统研究新进展

名誉主编:邓聚龙 吴汉雄
主 编:刘思峰 徐忠祥
责任编辑:姜新祺 沈旭日
叶见欣 黄牧涛

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编:430074)

武汉市联建印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:24.5 插页:2 字数:619 000

1996年10月第1版 1996年10月第1次印刷

印数:1—700

ISBN 7-5609-1384-9/N·13

定价:58.00元

(本书若有印装质量问题,请向承印厂调换)

目 录

灰色系统理论与应用进展的若干问题	邓聚龙(1)
应用灰关联分析评估弹性制造系统之影响因素	王国雄等(11)
权重因子灰关联评估机械元件之易制性	王国雄等(15)
油气圈闭灰色预测系统观	徐忠祥等(20)
On Grey Prediction of Gas Pool	Lin Changrong Deng Julong(25)
气体绝缘放电预测中辨识系数之最佳值研究	温坤礼等(32)
以统计学显著检定技术探讨灰色关联分析序	连信仲等(37)
应用灰色关联分析做 ACURAD 压铸法制程最佳化的研究	张士行 吴汉雄(41)
灰色系统理论在公路桥梁规划之应用	李俊宪等(47)
中坜测站空气品质预测模式之初步研究	林碧亮等(54)
灰色力学层次空间	吕万长(60)
Grey Prediction Adaptive Controller Design	Jen-Yang Chen(63)
Tuning of Prediction Step in Grey Prediction Controllers Using Stochastic Learning	Jen-Yang Chen(73)
地震信号的灰色分频补偿因子确定法	韩世勤 彭 放(84)
大港油田可采储量标定灰色模型	姜海江等(88)
探明未动用储量开发可行性评价的灰色综合模型	马建国等(90)
灰色系统理论在黄河口预测研究中的应用	范兆木等(93)
聚合物驱技术效果灰色综合评价	贺长胜等(96)
选矿方案的多目标灰色局势决策	李学全等(99)
环境地质问题灰色系统理论预测与决策	晏同珍 晏 磊(102)
几种钢轨伤损预测理论的分析与比较	张耀平 颜秉善(105)
均匀设计实验因素灰色关联分析方法	国振双 潘为森(109)
灰色连续系统稳定性的代数判据	罗 党 史成堂(112)
工程方案灰元优选法及其应用研究	肖芳淳(115)
灰色系统应用软件的有关问题	郭 洪(118)
灰色关联分析在家畜生态研究中的应用	徐夕水等(120)
灰色系统应用软件的研制	胡诗国 徐夕水(123)
地球物理测井煤质分析灰色解释模型	潘和平(126)
遍历性灰关联空间简纲及医学应用	谭学瑞等(130)
GRA on Plasma ET-1, PAP, PaO ₂ and PaCO ₂ in the Elderly Patients with PHD	Tan Xuerui et al. (133)
头孢氨苄药品质量的灰关联评价	黄文德 谭学瑞(136)
乳腺增生相关因素的灰关联分析	石 瑛(138)

中国人群急性心肌梗塞发病趋势灰色预测·····	徐尚忠等(140)
脑功能障碍的灰认识及心理健康评价·····	刘思峰 邓聚龙(143)
灾变预测在流行性乙型肝炎流行趋势预测中的应用·····	陈耀凯(147)
疑难病会诊灰模式·····	吕安林 邵 勇(149)
GM(1,1)模型在卫生管理中的应用 ·····	陈耀凯等(151)
消化系统生理研究的灰方案·····	吕安林(153)
医疗效果的灰色模型遴选·····	赵引棉等(156)
灰色预测在医疗管理中的应用·····	赵引棉等(158)
医学的灰朦胧剖析·····	许玉春 谭学瑞(161)
云南疟疾流行态势灰色建模分析·····	赵天顺 李学忠(163)
用灰色局势决策确定农药最佳用量·····	封光华等(166)
灰色系统理论在谷子亲本分类中的应用·····	郭瑞林等(169)
地膜玉米的增产效果与产量构成因素变化的关联分析·····	张荣达等(172)
农作物病虫害的灰色分析与预测·····	陈贵省 申国明(174)
二代棉铃虫发生程度与影响因子的关系评判·····	韩 丽等(176)
间作物产量与小气候因子的关联分析·····	薛建辉等(178)
应用灰色聚类法综合评价芝麻新品种·····	玉莲花等(181)
麦蚜防治适期的季节灾变预测·····	李润需 甄荣俊(183)
棉铃虫发生趋势的灰色残差周期预测分析·····	甄荣俊等(185)
一代玉米螟发生期的灰色预测·····	李润需等(188)
向日葵菌核病菌核累积净化系统 SSAEGM5(1)仿真模型研制 ·····	鲁光球等(190)
山西粮食生产灰色预警调控模型·····	罗建军等(194)
灰色拓扑预测在森林火灾预警系统中的应用·····	高兆蔚(196)
灰色系统理论在林场管理中的应用·····	张槐安(199)
二元坳果园第五投产年产量模拟研究·····	张保贵 曹李兴(202)
农业害虫的分类区划研究·····	姜京宇等(204)
灰色系统理论在新疆大农业规划模型中的研究与应用·····	戴 健 赵利新(207)
灰色关联度与土地利用评价·····	崔凤军(211)
全国农机结构发展趋势的灰色系统分析·····	刘铁成 刘爱珍(213)
张掖市“九五”人口、水稻面积和产量系统动态模型预测及对策 ·····	徐存才等(216)
造林树种选择中的灰色综合局势决策·····	王应刚等(218)
农村经济聚类评估分析·····	党耀国 王莲花(221)
徐州市农业经济发展的灰色分析·····	张世福等(224)
灰色预测在农村经济总收入中的效验·····	周 赤(226)
灰色系统理论在科学发展中的作用和地位·····	刘思峰(230)
数据列变换与 GM(1,1)模型精度 ·····	寇进忠(233)
GM(1,1)模型参数估计的函数变换法 ·····	唐五湘(236)
GM(1,1)误差分析 ·····	彭 放 韩世勤(240)

商品住宅价格的灰色预测·····	左红心 周 震(244)
有界灰数的序·····	韩金舫(247)
GAM 建模与变换方法的结合·····	黄福勇 林 琦(251)
马斯京根模型灰色参数识别与灰色预测·····	翟国静(254)
影响城市大气质量的主要因素分析·····	张明棣(259)
灰色局势决策用于登陆破障方案选优·····	施卫国等(262)
相似流域选择的灰色优选法·····	陈意平等(265)
局部地区降水序列的 FMG 预报·····	张信昌 陈胤华(268)
沙、澧河年径流变化的灰色预测·····	张海峰等(271)
多阶段多目标灰色关联分析优选及应用·····	代保礼(274)
灰色系统方法在泥石流变化趋势预测中的应用·····	蒋忠信(277)
灰色聚类法在水质综合评价中的应用·····	李 涛等(281)
理想值灰贴近函数与聚类方法研究·····	金新政(284)
臭气强度的灰色评价·····	方 满(287)
灰色系统参数辨识中的剩余因子技术·····	鲁光球 徐利敏(290)
灰色整数规划在情报管理中的应用·····	孟庆湖等(292)
灰色关联分析在部队管理中的应用·····	卢绍华(294)
灰色关联分析用于中学课程间的关系评估·····	匡 毅(297)
三好学生优选的灰关联分析方法·····	谭学焦 范秋景(299)
洪水预测灰色模型的研究·····	许时芬等(301)
对灰关联度的进一步探讨·····	王 卓(304)
灰关联度的性质·····	王 卓(307)
国民收入灰关联分析·····	董新明等(309)
灰色关联分析在教师教学技能评价中的应用·····	谈 华 刘欣芳(311)
灰色层次分类方法·····	刘希强(313)
灰色系统模型还原算法与模型精度关系·····	舒怀林 李 柱(317)
年径流序列趋势分析及周期灰色预测模型·····	陈意平等(320)
横截面数据的相关分析·····	罗余才 刘 群(323)
多因素评价有效性的变权排序法·····	杨家荣 刘家业(325)
一项灰色预测的追踪·····	陈熙贤(327)
灰色季节灾变预测的珠算解·····	曾扬际等(328)
六盘水市 2000 年工业结构优化研究·····	方一平(331)
灰色灾变预测的珠算解·····	曾扬际等(334)
目标航路预测中灰色模型预测误差补偿·····	孟庆湖等(336)
灰色关联分析在风险型多指标决策中的应用·····	肖新平等(339)
灰集的多元扩张原理及其应用·····	邓旅成等(342)
数字与信息的对立解·····	陈旭峰(346)
灰信息及其运算·····	杨建华 刘金禄(348)
回归模型与灰色模型在经济分析应用中的比较研究·····	寇进忠(351)
灰色理论在高校德育工作评估中的应用·····	张则增(355)

我国高等教育规模增长速度的灰色分析.....	叶 平(357)
灰信息度.....	杨建华 王子亮(360)
灰色曲线与灰度的关系.....	杨建华 刘金禄(362)
灰数排序和灰数不等式.....	王子亮 李孝忠(364)
Direct Product of Grey Subgroups	Ke Hua(367)
随机灰色决策.....	高峰记 肖丽平(370)
灰色多目标规划研究及应用.....	林 文 候云先(373)
灰色系统理论在银行管理决策中的应用.....	陈旭峰(376)
灰色系统的基本原理及其哲学思想.....	谭学强 李 贵(380)
淮河洪水灰色预测模型及应用.....	刘正才(382)
GM(1,1)的几种派生模型及其在环境系统中的应用	向跃霖(384)

灰色系统理论与应用进展的若干问题

邓聚龙

(华中理工大学自控系, 武汉 430074)

1 灰色系统与概率及模糊集的区别

1.1 灰色系统的特点

灰色系统(Grey System)以研究“少数据不确定(即由于数据少而导致不确定)”为己任. 它不同于研究“大样本不确定”的概率论与数理统计(Probability & Statistics), 也不同于研究“认知不确定”的模糊集理论(Fuzzy Sets Theory). 它们之间的区别可归纳为表 1.

下面再举一个例子来说明三者的区别.

1.2 这杯水可喝吗?

a. 概率与数理统计

有一杯水, 这杯水可喝吗? 面对这杯水是否可喝的问题, 作为追求大样本量的“概率统计”, 将去搜集无数杯水, 从这些资料中去判断: 用什么样的杯子, 装什么样的水, 可喝的可能性(概率)是多少?

总之, 它给出的是“能喝的可能程度(概率)”, 立足点是“无数杯水”.

b. 模糊集

面对这杯水是否可喝的问题, 作为追求认知经验的“模糊集”, 会这样作: 请 A 君看看, A 君说: “这杯水可喝的可能性(隶属度)是 70%”; 再请 B 君看看, B 君说: “这杯水可喝的可能性(隶属度)是 80%”; C 君说: “这杯水可喝的可能性(隶属度)是 90%”. 然后, 将三人的经验加以综合, 得到一个判断这杯水是否可喝的隶属度函数.

总之, 它给出的是一个“可喝的隶属度函数”. 立足点是“人的经验”.

c. 灰色系统

面对这杯水是否可喝的问题, 作为处理少数据不确定的“灰色系统理论”, 将按灰朦胧集从胚胎集→发育集→成熟集→实证集的思路, 首先仔细观察这杯水, 以获得直觉认知(明确命题); 不够!, 则带回去进行化验(发育态), 进而凭化验结果作分析、研究, 以得出结论: 可喝或不可喝(成熟态).

总之, 它给出的是有待实证的确切结论. 立足点是“小样本”.

d. 三者概括

概率与数理统计是: 对比、统计的回答.

模糊集是: 经验的回答.

灰色系统理论是: 从实验、理论到研究的回答.

表 1 “灰”、“概率”、“模糊”的区别

	灰色系统	概率论	模糊集
内涵	小样本不确定	大样本不确定	认知不确定
基础	灰朦胧集	康托集	模糊集
依据	信息覆盖	概率分布	隶属度函数
手段	生成	统计	边界取值
特点	少数据	多数据	经验(数据)
要求	允许任意分布	要求典型分布	函数
目标	现实规律	历史统计规律	认知表达
思维方式	多角度	重复再现	外延量化
信息准则	最少信息	无限信息	经验信息

1.3 灰色系统特征的简释

a. 灰色系统的内涵:小样本不确定.

灰色系统面向:由于数据少所引起的不确定.

概率与统计面向:数据无限多但无规律的不确定.

模糊集面向:由于认知不足所引起的不确定.

b. 灰色系统理论的基础:灰朦胧集.

定义 属于某集合 A 的元素其特征值记为 1. 不属于某集合 A 的元素其特征值记为 0.

概率与统计的基础:康托集(Cantor Set).

康托集是“1 与 0”的集. 元素具有“是”或“非”的性质.

模糊集理论基础:模糊集(Fuzzy Set).

模糊集是处于 1 与 0 之间的集. 元素的特征值可以取 0 到 1 间的任意值.

灰色系统理论基础:灰朦胧集(Grey Hazy Set).

灰朦胧集是一个在确定命题下,元素由不明确到明确的集合;信息由少到多的集合;信息可以不断补充的集合;由灰变白的集合;由抽象到具体的集合;可以演化的集合;有“生命”有“时效”的集合;可以兼容 0,1 性,康托集,以及 $[0,1]$ 性的集合;有四种形态(子集)(即胚胎(embryo)、发育(growing)、成熟(mature)、与实证(evidence))的集合.

c. 灰色系统理论的依据:信息覆盖

灰色系统理论的依据是信息覆盖(Information Cover),即灰色系统理论依靠信息覆盖去描述、分析、综合、处置信息不完全、不确定的灰对象. 信息覆盖的内涵是指用一组信息去包容、覆盖给定命题(的信息). 比如:

- 用童年、少年、中年、老年来概括人的一生,则集合{童年、少年、中年、老年}是人的一生的信息覆盖.

- 用工作能力强、知识丰富、身体健康、性格开朗...来描述 A 君,则集合{工作能力强,知识丰富,身体健康,性格开朗...}是 A 的信息覆盖.

- 某人手里握了一球形物. 人们猜测它是玻璃球、钢珠、弹子、珍珠... 若该球形物是这几种中的一种,则集合{玻璃球、钢珠、弹子、珍珠...}是手中球形物的信息覆盖.

- 一篇论文的关键词,是该内容综览的信息覆盖.

- 一群盲者 A、B、C、D... 去摸象,结论各不同: A 认为大象象柱子, B 认为大象象墙, C 认为大象象绳子, D 认为大象象扇子, 则集合{柱子、墙、绳子、扇子...}是大象的信息覆盖.

显然,信息覆盖体现:

不完全信息的汇集;不确定信息的综合;解的非唯一性,即解的集合;认知的灰性;白化的意义;灰推理的信息基;认知的多视角;有限信息空间的架构.

d. 灰色系统理论的手段:灰生成

灰色系统理论的基本手段:生成(Grey Generating).

灰生成或生成是指数据的加工、处理(包括累加、累减、变换、剔除、插补...). 灰色系统理论中灰生成的目的是:为分析提供可比数据;为建模提供合理的数据基;为决策提供极性一致的样本.

概率与统计的手段:统计(Statistics).

模糊集理论的手段:边界取值(Boundary Operation).

模糊集运算的“取大”,符号为 $\vee$;“取小”,符号为 $\wedge$,即为边界取值. 边界取值意味着非边

界值的忽视,兆示着信息的损失.

e. 灰色系统理论的特点:少数据

灰色系统特点:少数据(Less Data).

灰色系统理论解决“少数据不确定”问题的途径是少数据. 包括少数据建模、分析、预测与决策. 比如:

- 灰色动态模型的建立,少到只需 4 个数据.
- 灰关联分析模型的构造,每一序列(少到)只需 3 个数据.
- 灰局势决策,每一目标(少到)只需 3 个样本.

概率与数理统计特点:多数据(More Data).

概率与数理统计解决“大样本不确定”问题的途径必然是大样本量的追求. 事实上,只有在无穷多次实验下,才能定义概率.

模糊集理论特点:凭经验(Experience).

模糊集理论解决“认知不确定”问题的基础是经验,即隶属函数需凭经验给出. 既然隶属度函数的值是凭经验给出,所以模糊集理论需要经验数据. 构造一个连续函数需要无穷多数据,因此当隶属度函数是连续的曲线时,模糊集理论要求有无穷多经验数据,属无穷信息空间.

f. 灰色系统理论的数据要求:任意分布

灰色系统理论允许数据为任意分布(Arbitrary Distribution).

灰色系统理论处理问题只需少量数据,少量数据不可能构成某种分布,所以说灰色系统理论允许数据为任意分布.

概率与统计要求数据为典型分布(Typical Distribution).

概率统计中常用的分布:离散型如二项分布、泊松分布…等;连续型如均匀分布、正态分布…等. 这些均为典型分布.

模糊集理论要求隶属度按函数(Function)分布.

隶属度(Membership Grade)作为函数出现是模糊集理论的特点. 按灰色系统理论的差异信息原理,函数属无穷信息空间.

g. 灰色系统理论的目标:现实规律

灰色系统理论的目标是现实规律(Reality Law).

灰色系统研究的“少数据”是分布在现实时区的数据. 这些数据体现的是现实规律.

概率与统计的目标是历史的统计规律(Historical & Statistical Law).

概率统计通过统计去获得规律. 它所研究的“大样本”应该是包含现实与非现实时区的所有数据. 现实时区相对于非现实时区是短暂的. 所以全体数据通过统计体现的是历史的统计规律.

模糊集理论的目标是认知表达(Representation of Kenning).

模糊集的初衷是用一定的数字关系来描述人们对概念的认知,所以它的目标是认知表达.

h. 灰色系统理论的思维方式:多角度

灰色系统理论的思维方式是多视角(Multi-angle of View).

灰色系统理论以信息覆盖为依据. 信息覆盖体现多视角.

概率与统计的思维是重复再现(Repetition & Reappearance).

概率与统计的目标是历史统计规律,决定了它的思维方式必然是重复再现.

模糊集理论的思维方式是外延量化(Quantifying Extension).

模糊集的特征是外延不确定,因此它的思维方式将是使不确定的外延用隶属度加以表达,也就是外延量化.

i. 灰色系统理论的信息准则:最少信息

灰色系统理论的信息准则是最少信息(Least Information).

灰色系统理论立足于“少数据不确定”,只能获得少量信息;灰色系统理论不能超出“有限信息空间”.从灰色系统理论的差异信息原理知,(连续)函数属于无穷信息空间,因此,“非函数观”(即序列观)在灰色系统的方法论中具有特殊重要的意义.有时,灰色系统理论也涉及函数,但一般是出于下述几种情况:(1)“借用的”,如GM(1,1)的白化响应式;(2)只需少量构造信息就可构造出来的,如连续直线,只需“斜率”与“截距”就可构造;(3)由直线联成的对称图,如灰聚类中的白化函数.“对称”相对于“非对称”是最少信息.“对称”是最小信息灰推理(Grey Inference)的结果.

概率与统计的信息准则是无穷信息(Infinite Information).

概率与统计立足于“大样本不确定”,只能在无穷信息空间处理问题.

模糊集理论的信息准则是经验信息(Experienced Information).

模糊集理论的依据是隶属度函数.隶属度函数凭经验给出,所以模糊集理论的信息准则是经验信息,即立足于经验来判断信息的效用与意义.当凭经验给出的是隶属度函数时,由于函数属无穷信息空间,这时模糊集理论所涉及的是经验的无穷信息空间.

2 灰色系统理论的基本原理

灰色系统理论中常用的公理(Axiom)称为原理(Rationale).比如:差异信息原理,解的非唯一性原理,最少信息原理,信息根据认知原理,新息优先原理,灰性不灭原理.

2.1 差异信息原理

公理1 “差异”是信息;凡信息必有差异.

本公理有下述意义

a. 差异代表信息

从概念看, a 比 b 高(大、小;深、浅;多、少…)为信息.

从数字关系看, $a < b, a > b; a \leq b, a \geq b, \dots$ 为信息.

从构造看, $a - b, |x_0(k) - x_i(k)|, x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1), \dots$ 为信息.

从几何关系看,实数轴上的点 x 与 $y, x \neq y$; 函数值 $f(x), f(y), x \neq y$ 或 $f(x) \neq f(y) \dots$ 是不同视角下的信息.

从思维看,事物从有到无,或反之;事物有变化(增减)…为信息.

b. 凡信息必有差异

从灰推理看, a 为信息, b 为另一信息,则 a 不是(不同于) b .

从序次看,第一次宣布(发现、认知、获得…) a 与 b 有差异,是信息;第二次再宣布(“发现”…) a 与 b 有差异,则不再是信息.

c. 资料是信息的归宿

第一次宣布的“信息”是信息(Information).

第二次(第一次以后)宣布的有效“信息”为资料(Document).

信息与资料统称为资讯(Message).

新鲜的资讯是信息,非新鲜的资讯是资料.

信息是暂时的,资料是永久的.

信息的价值一般高于资料.比如专利、首创权…等均体现这种性质.

是信息还是资料,不是因内容而异,而是因人(认知者)而异.同一种资讯,若对 a 来说是“新鲜”的,是信息;而对 b 来说由于是“已知”的,“熟悉”的则不再是信息,而是资料.

得到实证的、有效的信息,具有保留价值,最终转化为资料;虚假的、无效的信息,最终化为乌有.

差异信息原理是探矿的机理(Mechanism).

2.2 解的非唯一性原理

公理 2 资讯不完全、不确定的解是非唯一的.

本公理有下述意义:

资讯不完全、不确定的前题下,不可能有唯一解.

有唯一解的对象(问题),其资讯是完全、确定的;是白的;对象(问题)非灰.

灰色系统理论力求开拓获得多解的途径.

灰色系统理论不排斥,而是欢迎非唯一解;解越多则资讯越多.

解的共性构成空间(Space),称灰解空间.

不确定的灰解,靠补充资讯获得白化解.

例

- 同一疾病,中医、西医均可治,是疾病治疗的非唯一解.
- 同为西医,对同一病人,其治疗方案因医生而异,是治疗的多解性.
- 瞎子摸象,结论各异,是认知的多解性.
- 灰关联分析中,因数据预处理方法不同,分辨系数不同…,而导致灰关联序不同,是灰关联分析的多解性.

• 灰模型的计算值,因模型而异,比如通过

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right)e^{-ak} + \frac{b}{a}, \quad \hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k)$$

与通过

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \left(\frac{1-0.5a}{1+0.5a}\right)^{(k-2)} \frac{b-ax^{(0)}(1)}{1+0.5a}$$

所获得的计算值略有差异,是灰模型的非唯一性.

• 同一灰模型 GM(1,1)

$$x^{(0)}(k) = \frac{1-0.5a}{1+0.5a}x^{(0)}(k-1), k=3,4,$$

$$x^{(0)}(2) = \beta - \alpha x^{(0)}(1)$$

在初始时区不具有等级比性;而在其他时区具有等级比性,是模型性质的非唯一性.

2.3 最少信息(资讯)原理

公理 3 灰色系统理论以“最少资讯”为准则.

本公理有下述意义:

灰色系统理论处理问题的范围,尽可能不超出,或尽可能纳入“有限资讯空间”.

灰色系统理论解决问题的方针是充分利用已有的“最少资讯”.

判断“灰”与“非灰”的准则是资讯的“量”.

信息覆盖是“最少资讯”的载体(Carrier).

“最少信息”在灰朦胧集内演化、增补、实证。

离散到连续是“最少资讯”的淹没,从连续到离散则是“最少资讯”的显化,是从灰到白。

例

灰聚类中白化函数(Whitening Function)的对称性,是“最少资讯”灰推理的结果。

离散的点或序列用直线联成图,是最少构造资讯(或信息)在灰朦胧集上演化的结果。

直线是最少(构造)资讯图。

有限序列是最少资讯(或有限资讯)的体现,而连续函数、无限序列则不然。

离散灰数的取值域为有限离散时,是灰度较小的、显化的“有限资讯”灰数;离散灰数取值域为无限离散或连续时,是灰度大的、非显化的“有限资讯”灰数。

连续灰数是灰度很大的、资讯被淹没的灰数。连续灰数的灰度一般在点集拓扑空间上定义。

2.4 信息(资讯)根据认知原理

公理4 灰色系统理论承认信息(资讯)是认知的根据。

本公理有下述意义:

认知只能而且必须以信息(资讯)作为根据;或者说,没有信息(资讯)作根据,不可能获得认知。

凡是作为认知的根据的,均为信息(资讯)。

不同根据有不同认知,认知非唯一源于根据非唯一。

信息(资讯)完全、确定的依据,导致完全确定的认知,否则认知非完全、非确定。

灰推理以信息(资讯)为依据,灰推理是认知。

命题信息域,是命题所含有的信息的全体。命题信息域中信息是评估命题在灰朦胧集上所处状况的依据,评估是一种认知。

例

· 灰建模中,通过数据 $x^{(0)}(k)$, $x^{(1)}(k)$, $z^{(1)}(k)$ 可以评估灰建模可行性、精度,表明这些数据是灰建模中的依据性资讯。

· 令 $\mathcal{D}(\theta)$ 为命题 $\mathcal{D}$ 的信息域,评估命题 $\mathcal{D}$, 则评估的依据必在 $\mathcal{D}(\theta)$ 中。

· 灰色系统理论思维方式“多视角”,源于多根据。

· 灰色系统回答“这杯水是否可喝”,是通过寻找判断依据来完成的。

2.5 新息优先原理

公理5 灰色系统理论认为新息优于(强于)老息。

本公理有下述意义:

新息为必要信息(资讯)。

新息的权(Weight)大于老息。

新息应该优先考虑、使用。

千方百计寻找更新的信息(资讯)是为了更有效的处置。

新息优先是灰色系统理论追求现实规律的根据。

新息是灰朦胧集演化的动力。

数据不在多而在新。

例

· 灰建模中的新陈代谢建模是“新息优先”的体现。

- 序拓扑序列在 $GM(1,1)$ 群体建模中,新息 $x^{(0)}(n)$ 是公共资讯,必备资讯.
- 新息优先是灰预测控制的根据.
- 舍弃老息是为了强调和突出新息.
- 作为灰建模的 4 数据序列中,必有新息(包括相对的与渐进的新息).
- 含新息的 4 数据 $GM(1,1)$ 比含大量历史数据的 $GM(1,1)$ 更能反映现实规律.
- $GM(1,1)$ 或灰关联分析探矿中,残差大的数据,探矿价值更高,权更大,为新息.
- 新息加权可提高灰建模、灰分析、灰评估的有效性.
- 新息优先是灰色系统理论的信息观.
- 准确可靠的决断,只能依靠“最新鲜”、“最有代表性”的资讯作出.

2.6 灰性不灭原理

公理 6 灰色系统理论认为“灰”是绝对的,“白”是相对的(称灰色不灭).

本公理有下述意义:

人类认知是无穷尽的.

信息覆盖可以无限延拓.

人类认知按层次(Layer)进行.

命题可不断发展,灰朦胧集的存在具有层次性.

信息(资讯)层次无限可分.

确定认知是相对的.

人类思维有灰特征,具阶段性.

3 灰色系统理论进展中的几个问题

3.1 灰数与区间数的区别

从定义看

灰数:只有一个真值.

区间数:整个区间均为真值.

区间灰数:信息覆盖为区间,白化值非唯一并布满整个区间,但真值唯一.

从表达式看

记 $\text{Int}(a, b)$ 为区间(包括全开、全闭、半开半闭…等).

灰数表达: $\forall \tilde{\otimes} \in \tilde{\otimes} \Rightarrow \tilde{\otimes} \in \text{Int}(a, b)$.

区间数表达: 区间数 $= \text{Int}(a, b)$.

表达附注: $\text{Int}(a, b)$ 是灰数 $\tilde{\otimes}$ (即其白化值 $\tilde{\otimes}$) 的信息覆盖. $\tilde{\otimes}$ 在 $\text{Int}(a, b)$ 内取值的变化,实际上是 4-IN 性质的白化值在灰朦胧集内的演化.

从性质看

灰数: $\tilde{\otimes} - \tilde{\otimes} = 0$ (自差为零).

区间数: $\text{Int}(a, b) - \text{Int}(a, b) = \text{Int}(a - b, b - a)$, $\text{Int}(a - b, b - a)$ 为区间. (自差非零,而为含零区间).

从信息看

灰数:构造灰数 $\tilde{\otimes}$ 的信息覆盖 $\text{Int}(a, b)$ 只需 a, b 两个数(资讯),所以灰数的研究,没有超出“有限信息空间”,信息是不完全的.

区间数:区间数 $\text{Int}(a, b)$ 中任意一个值均为真值,表明区间数属无穷信息空间,信息是完

全的.

3.2 灰数的序

灰数的真值有序,且唯一,但非显化.

灰数的白化值无序;指定白化值有序,但指定值非唯一,故白化值的序非唯一.

将灰数信息覆盖中某个白化值(如中值、终值…)构成序,必需明确这种序化(序化认知)的根据,否则无意义.

3.3 两个隶属度定义的“灰数”

隶属度函数属无穷信息空间.

用两个隶属度函数定义“灰数”,表明要有比一个隶属度函数更多的信息;表明这类“灰数”比“模糊集”所要求的信息量还要大.显然这不符合灰色系统理论的“最少信息准则”.

两个隶属度定义的数,可以是非确定数.

3.4 GM(1,1)白化模型的有关问题

GM(1,1)的定义型为 $x^{(0)}(k) + aZ^{(1)}(k) = b$

GM(1,1)的白化型为.

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$$

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} + \frac{b}{a}$$

白化型是一个被借用的模型,不是从定义型推导得到的,而

$$x^{(0)}(k) = \left(\frac{1-0.5a}{1+0.5a} \right)^{k-2} \frac{b - ax^{(0)}(1)}{1+0.5a}$$

等是从定义型推导得到的.

白化型不能延伸,否则将超出灰色系统理论的命题信息域.正如唐国强在《三国演义》电视剧中演诸葛亮,因此,唐国强是诸葛亮的白化.显然人们不能从唐国强身上去研究诸葛亮.

3.5 灰关联分析问题

灰关联分析具有非唯一解,其解因分辨系数、数据预处理途径参考环境…而变.

灰关联分析的灰解可以白化,但是白化解必阉于已有资讯.

灰关联分析是有参考系的比较,是点集拓扑与距离空间结合的产物.在下式中

$$\gamma(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \zeta \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \zeta \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}$$

$(\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)|, \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|)$,体现点集拓扑的邻域. $|x_0(k) - x_i(k)|$ 体现距离(测度).

4 灰色系统应用成果

应用领域的开拓,是灰色系统理论进展的依据与标志.近年来台湾学者在技术科学与管理科学…等众多方面作出了许许多多出色的工作,发展了灰色系统.根据现有的资料,灰色系统在技术科学方面的进展可概括为下列几个方面.

4.1 一般技术应用成果

灰色预测控制成功地用于硫酸生产、石英晶体成形.

灰色图像压缩技术,在技术实现与理论分析方面有新进展(台湾大学吴家麟教授,台湾大同工学院黄有评教授)。

灰色系统理论成功地用于机床故障检测、诊断与预测(澳大利亚 Monash 大学博士论文, Mingfei Luo 博士)。

中西医灰色诊断系统(北京系统工程研究所,邱学军研究员)

4.2 探矿及石油技术应用成果

黄河入海口地型演变灰预测(中国石油天然气总公司遥感所范兆木高工)。

原油粘度灰预测(中国石油天然气总公司管道科学院李建波工程师等)。

河南某油田 38# 油井岩层灰聚类分析(中国地质大学潘和平教授,国家自然科学基金课题 49474215)。

南海油田钻前灰色预测(中国海洋石油南海西部公司研究院林昌荣高工)。

·灰色预测:预测东方 1—1—1 井在时间剖面上 1.31s 处有一气层,往两侧加厚变二层,厚度可达 40~80m。

实钻:在井深 1320~1326.5m 见有 6.5m 气层。

·灰色预测:预测东方 1—1—2 井在时间剖面上 0.95s 和 1.28s 处有目的层。

实钻:在井深 1284~1296m(1.28s)见有 $33 \times 10^4 \text{m}^3/\text{天}$ 气层。

·灰色预测:预测乐东 15—1—1 井在 1.38s 和 1.48s 处有气层。

实钻:井深 1418.9~1429.3m 和 1547~1553.2m 处有厚达 16.8m 气层。

新疆塔里木盆地北部库车地区油气灰预测分析(中国地质大学徐忠祥教授,国家八·五重点科技攻关项目 No. 85~101)。

·本成果通过灰关联分析划定了三个圈闭区提出了钻探验证孔位。实钻:在 13 测线 73 测点处,已获工业油气流。

新疆塔里木盆地北部托库地区油气灰预测分析(中国地质大学徐忠祥教授,西北石油地质局,85—101—06—02—01)。

·利用灰分析圈定了 4 个油气综合灰关联度异常,预测为油气圈闭靶区。其中①号异常与已知油气井——沙 4 井对应。②号异常已实钻获工业油气流。③号异常已部署了勘探井。

新疆香山铜镍矿区隐伏铜镍矿灰预测分析(中国地质大学徐忠祥教授等,地矿部八·五科技攻关项目 85—01—011)。

·本成果提出了钻探验证孔位。其中设计的 ZKY-1 孔位,经新疆有色矿产地质勘查院 704 队实钻,在离地表 110~190 米,实钻遇 50 多米铜镍矿。

5 灰色系统应用软件进展有关问题

参看郭洪“灰色系统应用软件有关问题”。

参 考 文 献

- 1 Mingfei Luo. Fault Detection, Diagnosis and Prognosis Using Grey System Theory. [Thesis for Ph. D.]. Australia; Monash University, 1995.
- 2 Ho-Chao Huang, Ja-Ling Wu. Grey System Theory on Image Processing and Lossless Data Compression for HD-Media. 1993 HD-MEDIA Technology & Applications Workshop, October 8~9, Taipei, Taiwan.

1993.

- 3 Deng Julong. Multisolution (Nonunique Solution) Rationale. The Journal of Grey System, 1996, (1): 336
- 4 Deng Julong. Difference Rationale in Grey System Theory. The Journal of Grey System, 1996, (1): 72
- 5 Deng Julong. A Form for Contrasting Grey to Probability & Fuzzy. The Journal of Grey System, 1996, (1): 92
- 6 Deng Julong. Idioms of Grey System Theory, The Journal of Grey System, 1995, (4): 314
- 7 Deng Julong. Greyness and Uncertainty. The Journal of Grey System, 1995, (3): 236
- 8 Deng Julong. Difference among Grey, Probability & Fuzzy (I , II). The Journal of Grey System, 1995, (3): 256, 262
- 9 D. Ng and J. Deng. Contrasting Grey System Theory to Probability and Fuzzy. SIGICE Bulletin, 1995, (3): 3~9