

灰色DEA 组合方法及应用

王洁方 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

灰色 DEA 组合方法及应用

王洁方 著

國防工業出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书对灰色系统理论和数据包络分析理论进行综合、升华和开拓。对变量为区间灰数的 DEA 模型、变量为三参数区间灰数的 DEA 模型和变量为区间灰数的逆 DEA 模型及它们的求解算法进行了研究;建立了灰色 GM 预测和 DEA 有效性理论的新型组合预测模型,以及灰色关联决策和 DEA 交叉评价理论的新型组合决策模型;并将上述灰色 DEA 组合模型应用于投资项目决策、供应商选择和销售额预测等实际问题,取得了预期的效果。

本书可作为高等院校经济、管理、系统工程与应用数学等相关专业研究生的参考用书,也可供政府部门、企事业单位的科技工作者和管理干部参考。

图书在版编目(CIP)数据

灰色 DEA 组合方法及应用 / 王洁方著. —北京:
国防工业出版社, 2016. 4
ISBN 978 - 7 - 118 - 10821 - 7
I. ①灰… II. ①王… III. ①灰色系统理论—研究
IV. ①N941. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 082416 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 8 字数 134 千字
2016 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1000 册 定价 68.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777
发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776
发行业务:(010)88540717

序

灰色系统理论以“小数据”“贫信息”不确定系统为研究对象,经过三十多年的发展,逐步形成了较为完善的理论体系、方法体系和模型体系。数据包络分析理论以效率分析为出发点,以非参数方法为特色,以规划模型为研究工具,是管理科学研究中常用的系统分析方法之一。在决策、预测、不确定系统评价等方面,灰色系统理论和数据包络分析理论存在一些共同的应用领域但研究视角不同。

本书结合灰色系统建模技术和数据包络分析方法的“独到之处”,对灰色系统理论和数据包络分析理论进行综合、升华和开拓。对变量为区间灰数的 DEA 模型和逆 DEA 模型进行了研究;建立了基于 GM 和 DEA 有效性理论的多元组合预测模型,以及基于灰色关联决策和 DEA 交叉评价理论的组合决策模型;并将灰色 DEA 组合方法应用于供应商选择和销售额预测、总量控制下水权配置等实际问题,取得了较好的效果。

本书以理论研究和方法研究为基础,同时注重理论联系实践。该书由作者近年来在国内外重要期刊上发表的十余篇学术论文,以及作者承担的若干项重要课题的应用研究成果提炼而成,凝聚了作者多年从事灰色系统理论和资源优化决策研究的主要成果。

刘思峰

南京航空航天大学、英国 De Montfort 大学特聘教授

欧盟玛丽·居里国际人才引进计划 Fellow (Senior)

国际灰色系统与不确定分析学会主席

资助基金 国家自然科学基金(71503080、71271086)
教育部人文社会科学基金青年项目(14YJC630121)
河南省高等学校哲学社会科学创新团队支持计划(2014 - CXTD - 10)
河南省高校科技创新团队支持计划(16IRTSTHN025)
国家社会科学基金(14BGL010)

前 言

本书结合灰色系统建模技术和数据包络分析方法的“独到之处”,对灰色系统理论和数据包络分析理论进行综合、升华和开拓。对变量为区间灰数的 DEA 模型、变量为三参数区间灰数的 DEA 模型和变量为区间灰数的逆 DEA 模型及它们的求解算法进行了研究;建立了灰色 GM 预测和 DEA 有效性理论的新型组合预测模型,以及灰色关联决策和 DEA 交叉评价理论的新型组合决策模型;并将上述灰色 DEA 组合模型应用于投资项目决策、供应商选择和销售额预测等实际问题,取得了预期的效果。主要成果和结论如下:

(1)从新的角度研究了灰信息的类型,分类给出了灰信息的提取方法;将区间灰数比较的可信度定义推广到离散灰数和三参数区间灰数;证明了区间灰数比较及三参数区间灰数比较的可信度满足互补关系,基于灰数比较可信度的互补判断矩阵,可以实现灰数排序。

(2)进一步探讨了灰区间变量 DEA 模型(变量为区间灰数的 DEA 模型)的求解方法。构建了求解决策单元效率区间及其漂移值上、下界的线性规划模型;研究了决策群体的变量之间存在位置系数一致约束式或位置系数区间一致约束式时,决策单元的效率区间及漂移值的修正方法;将传统 DEA 模型扩展到变量为三参数区间灰数的情形。

(3)初步研究了变量为区间灰数的逆 DEA 模型。变量为区间灰数时,决策单元效率水平保持不变表达为:对决策单元的输入输出值改变前后对应的灰区间效率进行比较,前者大于等于后者与小于等于后者的可信度相等。给出了决策单元非 DEA 有效时,灰区间变量逆 DEA 模型解存在的充要条件及一般表达式,以及决策单元弱 DEA 有效时,灰变量逆 DEA 模型的部分解。

(4)构建了权重不确定条件下基于交叉评价的灰色关联决策模型。将决策对象的效果评价值与理想效果评价值的灰色关联度作为 DEA 模型中的输入或输出变量,借鉴 DEA 交叉评价思想,通过各决策对象在一定目标下的互评和自评实现权重分配和决策。

(5)建立了 GM 与 DEA 的组合模型用于 DEA 有效输出的预测。用 GM 预测的输出值加上一定的增量表达决策单元的有效输出,并将 GM 模型的预测结果作为有效输出预测模型的新样本,利用 DEA 有效性理论求解增量值。

限于作者水平,疏漏或不妥之处在所难免,敬请读者批评指正!

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 文献综述	3
1.3 主要研究内容及关键问题	8
1.4 研究方法与技术路线	10
1.5 本章小结	12
第 2 章 灰信息的提取及灰数比较	13
2.1 命题及命题信息分类	13
2.2 灰信息的提取	15
2.3 灰数的数值覆盖运算	22
2.4 灰数比较的可信度	23
2.5 本章小结	28
第 3 章 灰区间变量 DEA 模型及求解	29
3.1 灰区间变量 DEA 模型求解方法回顾及分析	29
3.2 基于灰数比较可信度的灰区间变量 DEA 模型求解	33
3.3 位置系数约束下的灰区间变量 DEA 模型	40
3.4 决策单元的 DEA 效率区间及其漂移值的修正	48
3.5 三参数灰区间变量 DEA 模型及其效率区间排序	56
3.6 案例分析	58
3.7 本章小结	62
第 4 章 灰变量逆 DEA 模型的初步研究	63
4.1 逆 DEA 模型回顾	63
4.2 灰区间变量逆 DEA 问题及模型求解	66
4.3 本章小结	74

第 5 章 基于 DEA 交叉评价思想的灰色关联决策模型	75
5.1 DEA 交叉评价方法分析	75
5.2 基于 DEA 交叉评价思想的灰色关联决策步骤	76
5.3 案例分析	88
5.4 本章小结	98
第 6 章 GM 与 DEA 的组合预测方法	99
6.1 GM 与 DEA 的组合预测模型的建模思路对比	99
6.2 基于 GM 与 DEA 组合模型的 DEA 有效输出预测方法	101
6.3 案例分析	106
6.4 本章小结	107
参考文献	109

第1章 绪 论

1.1 引言

1957年, Farrell 提出了包络思想^[1]用于单输入/单输出决策单元的有效性度量。此后,在包络思想的基础上,主要依赖于规划技术的非参数分析方法逐渐形成,研究对象也扩展到多输入/多输出的决策单元,经过运筹学家 Acherons 和 Cooper 等人^[2]的推动,数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)的理论基础逐步完善,成为运筹学的一个重要分支,并得到广泛应用^[3,4]。20世纪末,随着人们对不确定问题研究的深化和不确定性研究方法的涌现^[5-6],不确定性 DEA 方法^[8-10]成为 DEA 理论研究的前沿。

1982年,邓聚龙教授开创了灰色系统理论研究的先河^[11,12],自此之后,灰色系统理论的发展日新月异,显示出旺盛的生命力^[13];在以灰数理论、灰色关联分析、灰预测、灰控制等为代表的基础理论体系逐步完善的同时,以灰色博弈^[14,15]、灰色投入产出^[16,17]等为代表的灰色系统边缘学科和以灰色计量经济学模型^[18]、灰色粗糙集模型^[19]、灰色神经网络模型^[20,21]等为代表的相关组合模型不断形成。这些交叉理论产生的主要原因在于:灰色系统理论专注于研究“少数据”“贫信息”的灰色系统,而灰色系统是普遍存在的,是系统分析方法在实际应用中难以回避的问题。作为研究多输入/多输出的决策单元的效率评价问题(如产业效率、环境效率及企业经营绩效的评估和评价^[22-24])的数据包络分析亦是如此:由于系统的复杂性以及人们认知水平有限,在 DEA 评价系统中,决策单元的输入/输出变量往往具有一定灰性,将灰色系统理论中的灰数理论与传统 DEA 模型有机结合,才能更好地解决“贫信息”下的 DEA 效率评价问题。

以杨印生教授为代表的学者研究了变量为灰数的 DEA 模型^[25,26],取得了一定成果^[27,28],但此项工作没有进一步深入。变量为灰数的 DEA 模型实际上是一类特殊的灰色规划方程,灰色规划的研究结论对其有很大的参考价值。但现有研究成果中,灰色线性规划的最优目标值的求解方法主要分为两类:一类是转化为确定性规划方程,求得白化的最优值^[29-31];另一类是求得覆盖所有可能最优值的区间^[30,32,33]。前者丢失了大量信息,而后者常常因区间范围过大而导

致包含的有用信息变得很少。区间线性规划模型^[34-36]亦是如此。将灰色线性规划或区间线性规划的研究结果直接套用于灰变量 DEA 模型,也必然导致灰变量 DEA 模型的评价结果或丢失大量信息而表现为确定值,或因不确定性过高而大大降低在决策单元有效性评估中的分辨力,这正是现有灰变量(包括区间变量)DEA 模型中存在的两大弊端。从 DEA 决策单元效率评价的背景出发,挖掘更多的数据信息,深入研究灰变量 DEA 模型这类特殊的灰色规划模型的求解算法,得到尽可能多包含背景信息且不确定性较小的评价结果具有很强的实践意义。反过来,灰变量 DEA 模型的相关研究成果对灰色线性规划模型的研究具有理论借鉴意义。

给定如资金、劳动等变量或参数,求取目标最优值的数学模型称为优化模型。在最优目标满足一定条件下求取变量或参数的数学模型称为逆优化模型^[37-39]。根据实际背景提炼出逆优化问题并建立逆优化模型^[40-42]是系统分析方法研究的一个重要组成部分。DEA 研究的是给出决策群体的输入/输出变量时各评价决策单元的最大相对效率,其对应的逆优化问题即在使被评价决策单元的最大相对效率不变的前提下,探讨决策群体输入/输出值的变化情况。相关学者将逆 DEA 模型扩展到随机数、模糊数等,但逆 DEA 问题的灰区间扩展尚存在研究空白。当被评价决策单元的输入/输出及效率区间均为灰数时,如何刻画效率水平不变这个事实,在效率水平不变的约束下,输入/输出变量如何改变等逆优化问题的解决,一方面可以完善 DEA 的理论体系,另一方面有助于对灰数比较理论有深入认识。

除了上述灰变量 DEA 模型和逆 DEA 模型之外,DEA 模型和灰色系统理论在决策^[43-45]和预测^[46]方面存在共同研究领域,也使得结合 DEA 模型和灰色系统理论有着“独到之处”,建立灰色 DEA 组合决策、预测模型成为可能。

(1) 灰色 DEA 组合决策模型方面。很多学者都对自上而下的决策机制提出质疑,决策机制的公正性、公平性倍受关注。但现有多属性决策方法中,自上而下、由决策者强势主导的决策模型依旧是主流,从评价对象的视角出发,能体现决策对象“发言权”以及考虑决策对象对决策结果的“接受程度”的决策方法却很少^[47]。DEA 的交叉效率评价方法为权重不确定条件下在决策模型中体现决策对象的“参与性”和能动性提供了借鉴:DEA 交叉评价方法中,指标权重获取是通过决策单元“自评”和其他决策单元的“它评”之间的竞争实现的,评价过程考虑到了决策单元的自利性和参与性。灰色关联决策模型^[48-50]中,决策对象在某一目标下的效果评价价值和理想效果评价值的灰色关联系数越大,则从该目标的角度讲,评价对象越优;决策对象在某一目标下的效果评价价值和临界效果评价值的灰色关联系数越小,则从该目标的角度讲,评价对象越优。因此,将评价

对象的效果评价值和理想效果评价值的灰色关联系数作为评价对象的输出,将评价对象的效果评价值和临界效果评价值的灰色关联系数作为评价对象的输入,建立 DEA 模型,运用 DEA 交叉评价理论进行决策,可以提供一种全新的通过决策对象公平竞争实现权重分配的决策模式。值得注意的是,DEA 模型本身对权重没有要求,但是,在实际应用中,若对权重无限制会导致评价结果的不真实或与实际情况不符。尽管文献[51-54]给出了 DEA 模型中的几种权重约束方法,但在 DEA 交叉评价与灰色关联决策的组合模型中,依旧强调由专家经验得到权重约束以反映在对决策对象优劣进行评价时各目标的客观重要程度,决策对象的自由竞争是有约束的自由竞争。

(2) 灰色 DEA 组合预测模型方面。DEA 有效输出预测是一类特殊的逆 DEA 问题,主要研究在给定输入的条件下,使决策单元的效率等于 1 时的输出情况。从建模机理上看,DEA 有效性预测模型本身存在一定弱点:预测结果对初始值——有效输出向量的“比例结构”的依赖程度很高,可是却很难给出;无法反映达到有效输出的难度和路径的信息。灰色 GM 预测模型是对平均趋势模拟预测^[55,63],将 DEA 有效输出用 GM 预测结果加上一定的增量表示,一方面可以回避给出有效输出向量的“比例结构”的困难;另一方面,增量值提供了以现有投入产出效率的变化趋势实现有效输出的难易程度和路径的相关信息。

将 DEA 和灰色系统理论相结合,建立灰色 DEA 组合模型,无论从学科渗透、理论开拓的角度,还是从实际应用的角度,都具有重要意义。

1.2 文献综述

1.2.1 灰数及其运算、比较的研究综述

灰数是取值外延清晰、内涵不清晰的不确定数^[56],灰度用以表示灰数的不确定程度。从灰色系统诞生之日起,关于灰数的概念和灰度的测度的相关研究就没有间断过。邓聚龙教授最早提出了实测灰数、默认灰数、形态灰数等概念,给出了各种类型灰数的数学表达形式,同时,开创性地展开了形态灰数的认知模式和灰信息的测度(灰度)的相关讨论^[57]。文献[58]将灰数的定义分为信息性定义、范畴性定义和实数域特性的定义,从信息熵的角度研究了灰色朦胧集中差异信息的测度。文献[59]提出了一种灰数灰度的公理化定义,认为灰数的灰度反映了人们对灰色系统认知的不确定程度,灰数灰度的测度应该与灰数产生的背景或论域有不可分割的联系。

灰运算方面,区间灰数的表征方法主要包括三种:用数值覆盖(外延)表

征^[56,60],用单位区间灰数^[61]表征,用“核”和灰度共同表征^[62,63]。文献[56]基于数值覆盖的运算,给出连续灰数、离散灰数和混合灰数较为详尽的运算法则,并指出:在进行灰色代数式的运算时,应先进行灰数计算,再进行数值覆盖计算;文献[61]将区间灰数转化为其等价形式——标准区间灰数。基于标准区间灰数的运算从一定程度上减少了灰数运算过程中的“信息”丢失,在一些运算中能得到满意的结果。上述两种方法虽然一定程度上克服了灰运算结果的灰度“不正常”变大的情况,但由于各灰数的不完全信息的“累积”而造成灰运算结果的灰度过大的问题仍然没有解决。文献[62,63]设计了灰度运算的简明法则,提出基于“核”和“灰度”运算的灰色代数运算体系,第一次将灰度运算纳入灰数运算的范畴,为获取低灰度的灰色代数方程、灰色微分方程、灰色矩阵运算结果提出了解决方法。但是,基于“核”和“灰度”运算的灰色代数运算准则很难运用到灰色线性规划和灰色投入/产出模型之中,灰色线性规划和灰色投入/产出等运算结果不确定性过大,应用性差的问题尚待解决。

灰数的比较方面,文献[64]给出了灰数比较的可能度定义,该定义的形式十分简明,但是在具体运算中显得较为复杂,区间灰数、离散灰数以及三参数区间灰数等的灰数比较方法需进一步研究。区间数比较的理论^[65,66]和方法^[67-69],特别是文献[70,71]提出的区间数比较的可能度定义以及文献[72]给出的区间数排序方法,对灰数比较的研究十分有借鉴意义。

1.2.2 变量为区间(灰)数的 DEA 模型研究综述

DEA 是一种实践性很强的系统效率分析理论,传统 DEA 针对的是确定性系统^[73],而在实际应用中,“贫信息”或“少信息”的灰色系统是往往是 DEA 模型不可回避的问题。最常见的情况是:评价者不能获得决策群体输入/输出变量的确定值,变量只能用灰数,往往是区间灰数来表示。区间灰数可以理解为数值覆盖为区间数的灰数,区间 DEA 模型(特指变量为区间数的 DEA 模型)的理论研究成果对灰区间变量 DEA 模型的求解具有借鉴意义。

在国外,文献[74,75]建立了变量包括区间数和序数的 IDEA (Imprecise DEA)模型,并将其运用于韩国移动通信公司的评价;文献[76]提出了求解区间 DEA 技术效率的算法;文献[77]研究了决策单元的区间效率的提高路径;文献[78]研究了变量为区间数时,决策单元的总效率(Overall Efficiency)求解算法;文献[79,80]研究了变量为区间数时,决策单元的成本效率和 Malmquis 指数,并应用于银行分支机构效率的排序,从而使区间 DEA 和动态 DEA 相结合;文献[81]用区间 DEA 的方法处理数据缺失条件下的效率评估问题;文献[82,83]等将不确定性变量值转化为精确值,进而求解效率指数;文献[84-86]等提出对

变量为区间数的决策单元进行排序的理想点法、随机模拟(Monte Carlo)方法。

国内对变量为区间(灰)数的 DEA 模型的研究略早于国外,杨印生教授(1995)最早提出的灰色 DEA 模型,探讨变量为区间灰数的 DEA 效率区间求解算法^[25];文献[26]研究了灰色 DEA 模型的白化解法,将灰色线性规划的研究成果应用于灰区间 DEA 模型的求解;文献[87,88]等提出了基于决策者满意度的区间 DEA 求解算法,给定的区间数比较满意值的条件下,区间 DEA 模型转化为确定型规划问题;文献[89]等将超效率 DEA 模型扩展到变量为区间数的情况;文献[90,91]提出求解变量为区间数的 DEA 模型的双层线性规划模型,并转化为单层线性规划问题求解;文献[92]等提出了带偏好的区间 DEA 模型及求解算法;文献[93,94]基于模糊数变换解决不确定性 DEA 问题。文献[95,96]分别构造了新的效率区间排序的可能度方法和区间交叉效率排序方法;文献[97]等从悲观和乐观两个角度求得决策单元的效率区间(变量是确定的),进而给出了排序方法;文献[98]等将决策单元的效率区间的重心作为决策单元效率排序的基准;文献[99]提出区间 DR/DEA 方法,实现了决策单元的完全排序。文献[100]针对快速路规划中数据的不准确性问题,利用区间 DEA 方法对城市快速路运输有效性进行了评价;文献[101]对超效率 CCR 模型进行了扩展,并应用于工程伪装方案评估;文献[102]针对航空武器装备项目常用评价方法的局限性,提出了航空武器项目评价的区间 DEA 方法。

变量为区间(灰)数的 DEA 求解算法可以划分为两大类,一类称为主观求解法,通过一定方法,将区间 DEA 模型转换为确定性 DEA 模型^[26,87,88],求得点效率^[103-105],从而实现对决策单元的有效性的判断和效率排序,如灰色 DEA 模型的灰色定位解、基于决策者满意度的区间 DEA 算法等;另一类是客观求解法,致力于求出覆盖被评价决策单元所有可能 DEA 效率指数的效率区间。两类方法形成两个极端,主观求解法通过对原始数据进行“预处理”,用确定值代替输入/输出变量区间,求解结果便于对决策群体进行有效性判断和效率比较,但计算结果过分依赖于数据转换的技术手段,难免有主观性太强,丢失了大量“已知信息”的缺点。这种在决策群体所有可能变量值中单选择一组作为代表参与评价的做法本身,由于舍去了过多的信息,往往难以客观、科学地反映决策单元的有效性。客观求解法在实际分析中的缺陷是:当输入/输出变量的区间范围较大时,客观求解法得到的效率区间长度也会比较大,从而大大降低评价结果对决策单元有效性的分辨力,具体分析见 3.1 节。

1.2.3 逆 DEA 模型研究综述

自 1978 年以来,DEA 逐步成为管理科学中的常用研究方法之一。根据文

献[8],1978—1992年,超过400篇期刊论文、书籍和学位论文等文献涉及DEA,100多处涉及DEA方法的应用。但是,到1998年为止,还没有文献将DEA模型应用于预测和资源配置等问题。逆DEA模型是DEA模型的反问题,它讨论的问题是:在决策单元的效率评价指数不变的情况下,当输入水平给定时,估计输出值;当输出水平给定时,估计输入值。逆DEA模型可以进行短期预测和处理当前效率水平下的资源配置问题,在资源配置优化方面有一定的应用价值。

在建立中国经济信息系统中的相对效率评价子系统时^[106,107],Zhang提出了逆DEA问题;文献[108]正式提出了逆DEA模型的概念,并建立了多目标线性规划模型(MLP)和单目标线性规划模型(LP)分别求解被评价决策单元非DEA有效和弱DEA有效时的逆DEA模型;文献[109]将逆DEA模型推广到具有锥结构的情况;文献[110]在文献[108]的基础上研究了更一般化的逆DEA模型;文献[111]专门对用于资源配置的DEA问题进行了研究;文献[112]探讨了两类特殊的逆DEA模型的求解算法;文献[113]在扩展有效的DEA模型的基础上,对输出减少时的逆DEA问题进行了讨论,建立了基于扩展有效的逆DEA模型;文献[114]研究了 r -逆DEA问题的一种算法;文献[115]给出求解原始CCR模型中最优权重的简便方法,可以运用到逆DEA模型求解;文献[116]用修正的逆DEA模型研究有效决策单元区分的敏感度问题;文献[117]采用逆DEA模型来确定决策单元的多余输入;文献[118]讨论了逆DEA模型中输入/输出变量的选择问题;文献[119,120]分别用逆DEA方法对洪涝灾害损失进行了短期预测和评估;文献[121]建立了逆DEA模型分析导弹有效值不变的条件下性能指标值波动对导弹采购费用的影响。

随着逆DEA问题相关理论研究的逐步深入和应用范围的日益扩大,一些学者开始关注不确定性逆DEA问题。文献[122]研究了带随机因素的逆DEA问题:若某一决策单元的输入发生变化,其改变量为随机变量,且分布已知,以置信度 C 保持效率水平不变,该DMU的输出水平应如何变化。文中将该问题转化成多目标的机会约束规划模型求解,并进一步讨论了置信度 C 与输出改变量的关系,以及目标函数的单调性等问题。

1.2.4 灰色关联决策模型研究综述

灰色关联决策是以评价对象的效果评价向量与理想效果评价向量或临界效果评价向量的灰色关联度的大小作为决策依据的决策方法,是多属性决策方法的重要组成部分,在信息安全评估、投资决策、供应商选择等许多领域都有广泛应用^[123-125]。经典灰色关联决策模型中,各目标被看作是等权或定权的,效果评价值也是确定值。但在实际应用中,一方面,专家思维的模糊性和决策问题的

复杂特点往往导致权重信息是不完全的,即知道部分权重信息;另一方面,效果评价值也不总是确定的,可能表现为区间数、序关系等情形。当前灰色关联决策模型的研究主要集中于效果评价值不确定时理想效果评价向量的求解和灰色关联度的构造、以及权重不确定条件下权重的处理方式的选择。理想效果评价向量的求解和灰色关联度的构造方面,相关文献分别用分析技巧给出了区间灰色关联系数的定义^[126,127]和区间理想效果向量^[128,129]的构造方法,将灰色关联决策模型应用于区间数(属性值为区间数)多属性决策问题。

在权重不确定条件下,文献[130,131]以各决策对象的效果评价向量和理想效果评价向量之间的灰色关联度的代数和作为目标方程,基于目标规划研究权重不确定时的灰色关联决策方法;文献[132]将决策者的主观偏好区间向量、区间权重向量和决策矩阵相乘,构造新的决策矩阵,进而进行等权决策;文献[133]将各决策对象的客观偏好和主观偏好的灰色关联度的代数和最大化作为优化目标,建立线性规划方程,求解部分权重信息条件下的最优权重向量(排序准则合理与否尚需探讨)。

文献[134,135]利用灰色关联系数的熵确定权重,熵权完全利用决策矩阵数据本身为依据获取权重,评价对象的效果评价值差别越大,则权重越大,效果评价值差别越小,则权重越小,这与文献[136]中以“属性对所有决策方案的总离差最大化”为赋权目标的权重求解方法异曲同工,均仅强调使评价对象的评价值离散化,以便于排序,而忽略了权重是为了反映某一属性(或目标)在评价对象优劣中的重要程度这一事实。另外,当评价者对方案有偏好时,相关文献^[137-139]或以评价结果与决策者的主观偏好的偏差最小化(或关联度最大化)^[140-142]为目标,或强调评价值对决策者的期望值的达成度和综合度最优化^[143],进而求解权重,均追求评价结果最大程度地满足决策者的“偏好”或“期望”;文献[47]尝试从评价对象竞争的角度探讨多属性决策问题,但仅针对权重信息完全未知的情况;文献[144,145]初步探讨了权重信息完全未知和权重“非独裁”条件下,通过评价对象的公平竞争获取权重的决策模型。

1.2.5 DEA 有效输出预测研究综述

文献[146,147]探讨了将弱 DEA 有效性用于有效输出预测的方法;文献[148]研究了 DEA 有效输出预测法中输入向量应满足的条件及 C^2GS^2 模型用于预测的外推法。DEA 有效输出反映了生产活动的最优性特点,对企业生产经营目标和社会经济运行目标的制定具有很大的参考价值。但上述预测模型在实际应用中存在两个缺点:①模型的初始条件为“输出分量的比例结构”,其取值是否合理直接影响预测结果的可信度,但是,由于输出分量的内在联系复杂且量纲不一定

一致,往往难以给出科学合理的初始值;②预测结果只能反映预测期的理想输出,但不能提供达到有效输出的难易程度的信息,而后者对决策同样至关重要。

文献[149]提出了一种改进的有效输出预测方法,文献[150]给出有效输出区间的预测方法,文献[151]采用新的建模工具——神经网络求解有效输出,但都不能从根本上弥补上述不足。

1.3 主要研究内容及关键问题

1.3.1 研究内容

本书分6章。第1章是绪论,主要介绍本书产生的背景、意义、研究方法和研究内容等。其余5章是主体部分,各章的主要研究内容如下。

第2章主要研究灰信息的提取和灰数的比较方法。灰色系统理论的创始人邓聚龙教授提出的最少信息原理^[63,152]指出,所能获得的信息量是判别“灰”与“非灰”的分水岭,充分开发利用已占有“最少信息”是灰色系统理论解决问题的基本思路。在灰色系统理论的实际应用中,人们对尽量精确的系统分析结果的需要也要求研究者积极充分地挖掘整理命题的每一条信息,并尽可能地将其反映在定量分析过程中。本章首先探讨了灰命题信息的分类,将灰命题信息划分为覆盖信息、分布信息和比较信息,并分别讨论了三种信息的提取方法以及信息的量的定义。其次,给出了灰数的数值覆盖的运算方法。最后,将区间灰数比较的可信度的概念推广到离散灰数和三参数区间灰数,给出了适用性更广的灰数比较的可信度定义,并证明了其若干性质。

第3章进一步探讨了变量为区间灰数的DEA模型求解算法。首先,将第2章中的灰数比较可信度的概念应用于DEA效率区间求解,给出了基于灰数比较可信度的决策单元效率区间的求解算法。其次,在对决策单元的多输入/多输出数据进行分析的基础上,提出位置系数约束下的基于灰数比较可信度的灰区间变量DEA模型。再次,给出了灰区间变量DEA模型中两类典型的位置系数约束式:位置系数一致约束式和位置系数区间一致约束式,并研究了两种约束式下灰数比较的可信度。此外,给出了位置系数一致约束式和位置系数区间一致约束式下,基于灰数比较可信度的决策单元效率区间及其漂移值的修正方法。最后,研究了变量为三参数区间灰数的DEA模型及决策单元有效性的分类,基于决策单元效率区间比较的可信度矩阵,对决策单元的效率进行排序;将上述算法应用于某市9个物流园区投资方案的评估,并对评估结果进行了对比分析。

第4章主要研究变量为区间灰数时的逆DEA模型。首先,用决策单元变量

改变前对应的效率区间大于等于变量改变后对应的效率区间的可信度等于 0.5 (此时决策单元变量改变前对应的灰区间效率小于等于变量改变后对应的灰区间效率的可信度也等于 0.5) 来反映决策单元效率水平保持不变这个事实。其次,给出了决策单元非 DEA 有效时,灰区间变量 DEA 模型可逆的充分必要条件和解的一般表达式;同时,给出了决策单元弱 DEA 有效时,灰区间变量逆 DEA 模型的部分解。最后,用算例对模型和求解算法进行了验证

第 5 章借鉴 DEA 交叉评价的思想,给出权重不确定条件下基于交叉评价的灰色关联决策模型。首先,从相关文献中总结了不完全信息下常见的 8 类专家权重集合,并证明了其均为凸集。其次,将灰色关联系数作为输入或输出变量,构造 DEA 效率评价问题,用 DEA 交叉评价的方法对各决策对象进行评估。当评价者无偏好时,DEA 模型中的变量值为决策对象的效果评价值与理想效果评价值的灰色关联系数或决策对象的效果评价值与临界效果评价值的灰色关联系数;当评价者有偏好时,输出值为决策对象的客观偏好与主观偏好的灰色关联系数。在评价过程中,若决策对象最优权重不唯一,被评价决策对象采用对应的最小评价值以反映在“它评”过程中被评价决策对象的被动性。再次,建立了评价对象的目标为在竞争视野中“自身评价值最大化,竞争对手评价值最小化”的基于交叉评价的灰色关联决策模型,以更加反映决策对象在决策过程中的“能动性”。最后,将本书的灰色关联决策模型与现有权重不确定条件下的灰色关联决策模型进行了对比,并将模型应用于供应商的选择。

权重不确定条件下,基于交叉评价的灰色关联决策方法的建模流程如图 1.1 所示。

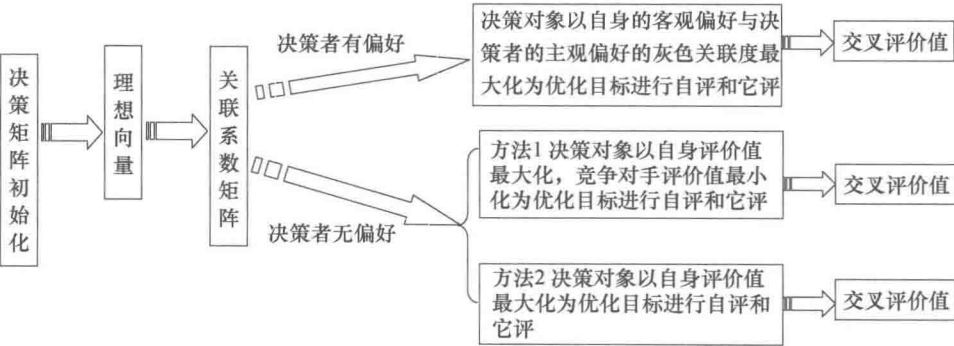


图 1.1 权重不确定条件下的灰色关联决策方法

第 6 章主要研究基于 GM 与 DEA 组合模型的有效输出预测方法。首先,将各输出变量对应的时间序列分别作为系统特征序列,输入变量对应的时间序列