



华夏英才基金学术文库

马占新 著

数据包络分析 模型与方法



科学出版社

www.sciencep.com



华夏英才基金学术文库

数据包络分析模型与方法

马占新 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要介绍数据包络分析基础层面的工作, 主要包括作者的博士学位论文(1999)、博士后出站报告(2001)的核心内容, 并概括介绍了作者2001~2009年的主要工作. 第1章综述数据包络分析方法30年的主要研究进展. 第2、3章主要介绍数据包络分析的一些基础知识, 其中也对个别定理进行了重新证明. 第4、5章分别给出判断DEA有效性的算法及程序, 并研究了综合DEA模型及其软件系统的设计方法. 第6章针对 C^2R 模型、 BC^2 模型、FG模型、ST模型给出基于工程效率概念的DEA有效性含义. 第7章研究DEA方法的本质特征与数据变换性质. 第8章给出样本DEA方法. 第9、10章研究一种评价多层次复杂系统的DEA方法及作用条件与作用效果的相关性分析方法. 第11、12章探讨基于DEA方法的区域经济效益、效益、业绩和可持续发展评价方法及用于区域公路交通网络综合评价的方法. 第13、14章给出基于DEA方法的风险评估方法及组合效率评价方法. 第15、16章探讨DEA方法在实验室绩效评估及电场影响作物效果评估中的应用.

本书可供数学系、管理系、经济系的本科生、研究生和教师使用, 也适合经济、管理领域从事数据分析和评价的工作人员参考.

图书在版编目(CIP)数据

数据包络分析模型与方法/马占新著. —北京: 科学出版社, 2010
(华夏英才基金学术文库)

ISBN 978-7-03-027099-3

I. 数… II. 马… III. 包络-系统分析-数学模型 IV. N945.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第052963号

责任编辑: 王丽平 房 阳 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

骏 杰 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年4月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010年4月第一次印刷 印张: 21 3/4

印数: 1—2 500 字数: 423 000

定价: 68.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

数据包络分析 (data envelopment analysis, DEA) 是美国著名运筹学家 Charnes 等提出的一种效率评价方法, 经过 30 多年的发展现已成为管理科学、系统工程和决策分析、评价技术等领域中一种常用而且重要的分析工具和研究手段. 某些运筹学或经济学的主要刊物, 如 *Annals of Operations Research* (1985), *European Journal of Operational Research* (1992), *Journal of Productivity Analysis* (1992), *Journal of Econometrics* (1990) 等都先后出版了 DEA 研究的特刊. 本书第 1 章系统地介绍了 DEA 方法研究与应用的国内外现状. 从 DEA 30 年的发展历史来看, DEA 方法在经济管理学科中的应用十分广泛, 其中, 比较主要的方向有技术经济与技术管理、资源优化配置、绩效考评、人力资源测评、技术创新与技术进步、财务管理、银行管理、物流与供应链管理、组合与博弈、风险评估、产业结构分析、可持续发展评价等. 有关统计数据表明: 自 1978 年以来, DEA 方法的研究保持了持续、快速增长的趋势. 特别是在 2000 年以后, DEA 方法的应用迅速增长, 应用的范围也在不断扩大, 已经成为经济管理学科中的热点研究领域.

本书主要取材于作者的博士学位论文“关于若干 DEA 模型与方法研究”(大连理工大学, 1999) 和博士后出站报告“综合评价与安全评估中若干模型与方法研究”(哈尔滨工程大学, 2001), 同时概括介绍了作者 2001~2009 年的主要工作, 其中, 第 15 章与马占英老师合作完成, 第 16 章与包斯琴高娃老师合作完成.

作者开始对 DEA 的研究是在 1996 年, 当时作者考入大连理工大学管理学院攻读博士学位, 在导师唐焕文教授的指导下开始研读 DEA 方面的文章, 并把对 DEA 的研究作为博士论文的选题方向.

尽管当时关于 DEA 的研究已经取得了众多进展, 不论 DEA 理论还是应用都获得了空前发展, 但 DEA 方法本身仍然存在着不同程度的局限性. 例如, DEA 方法仅仅是一种效率评价方法, DEA 方法给出的结果只是一种相对结果, DEA 有效前沿面的构造仍未走出随机化的困境等. 由于作者硕士期间的研究方向是格论和模糊数学, 从专业直觉感到偏序集理论和 DEA 方法之间可能存在着某种必然联系, 在导师唐焕文教授和赵萃魁教授的鼓励下, 作者开始探讨数据包络分析与偏好理论之间的关系, 到 2003 年为止, 用了 8 年时间初步建立了基于偏好理论的 DEA 方法理论新体系. 通过研究发现: ① 从偏序集的理论出发不仅可以刻画 DEA 有效的本质特征, 给出不同于 Charnes 和 Cooper 等的原始解释, 还可能为离散型 DEA 模型的建立找到出路. ② 该理论打通了 DEA 方法与其他众多传统评价理论之间的

联系. 例如, 原有的模糊综合评判方法只能评价结果的好坏, 而不能说明无效的原因, 该结果的提出为这一问题的解决找到了出路. ③ 由于传统 DEA 方法产生的基础是经济系统的公理体系, 所以并不一定适合非经济领域的问题. 该项研究为 DEA 方法在非经济领域中的应用找到了根据.

同时, 作者开展的另一项工作是样本 DEA 方法的研究. 如果将效率评价问题比较的对象分为“群体内部单元”和“群体外部单元”两类, 那么, 传统 DEA 方法能够评价的也只是第一类中的一部分问题, 即它只能给出相对于“优秀”单元的信息. 从 1998 年起, 作者开始在国有企业战略重组中探索能够同时评价上述两种情况的 DEA 方法, 到 2009 年为止, 用了大约 10 年的时间基本上建立了这种广义 DEA 方法的完整理论和方法体系.

作者在哈尔滨工程大学博士后流动站期间 (1999~2001), 在戴仰山教授和任慧龙教授的鼓励和帮助下, 开始风险评估方面的研究, 完成了博士后出站报告“综合评价与安全评估中若干模型与方法研究”, 初步探讨了 DEA 方法在风险评估领域中的应用问题.

2001 年博士后出站后, 作者积极投身到祖国西部建设中, 分配到内蒙古大学从事教学科研工作, 有幸成为第一位到内蒙古大学从事经济管理学研究工作博士后出站人员. 2002~2009 年, 作者指导的博士研究生和硕士研究生先后有 22 人陆续加入 DEA 研究队伍中. 10 年间, 内蒙古大学 DEA 研究团队基本形成, DEA 的研究经历了从无到有的过程, 同时, 还有不少教师开始关注 DEA 方法研究, 陆续加入 DEA 研究队伍中, 进一步增强了内蒙古大学 DEA 研究团队的实力. 这段时间我们还对联合型、竞争型与重组型组合效率评价、DEA 软件系统开发、综合 DEA 模型、基于工程效率的 DEA 有效性含义、经济系统有效性评价、DEA 方法在生物物理领域中的应用等问题进行了研究. 在内蒙古大学工作的 9 年间, 整个 DEA 团队不仅给作者带来了学术研究与合作的快乐, 同时也培养了深厚的友谊. 特别是当大家热心于 DEA 的研究, 并不断取得新进展的时候, 作者的欣慰和快乐是无法言表的.

另外, 在指导研究生的过程中, 作者的学生来自许多不同的学科, 他们本科的专业分别是数学、物理、计算机、管理、土木工程、生物学、园艺等, 作者深深感到对 DEA 浅显易懂的介绍和一个方便灵活的软件系统对他们有多么重要. 同时, 考虑到 DEA 方法的应用特别广泛, 涉及的学科领域众多, 如何帮助众多非 DEA 专业人士更好地学习和使用 DEA 方法, 也是我们重点思考的问题. 鉴于此, 在内容安排上, 本书兼顾基础知识和理论方法研究, 对于基础知识部分尽量保持知识的简洁性、完整性和易读性, 几乎所有的定理证明都采用最简单、最直接的方式进行. 为了保证读者的顺利应用以及软件开发的延续性, 我们给出了全部程序源代码. 对初学者而言, 只学习前 3 章就可以入门了. 同时, 对后面的专题性内容, 也尽量保持

每个章节的独立性和完整性,其中,第1章综述了DEA方法30年的主要研究进展,让读者首先对DEA方法有一个宏观总体的认识.然后在第2,3章中主要介绍DEA的一些基础知识,包括DEA的基本模型及性质,为了简化也对个别定理进行了重新证明.为了便于应用,第4,5章分别给出了判断DEA有效性的算法及程序,综合DEA模型及其软件系统设计方法.第6章针对 C^2R 模型、 BC^2 模型、FG模型、ST模型给出了基于工程效率概念的有效性含义.第7章从偏序集理论出发研究了DEA方法的本质特征与数据变换性质.第8章给出了基于样本数据评价决策单元有效性的DEA方法.第9章研究了一种评价多层次复杂系统的DEA方法.第10章应用DEA方法给出了作用条件与作用效果的相关性分析方法.第11章探讨了基于DEA方法的区域经济效率、效益、业绩和可持续发展评价的系列方法.第12章给出了用于区域公路交通网络综合评价的方法.第13,14章给出了基于DEA方法的风险评估方法及组合效率评价方法.第15章探讨了DEA方法在计算机实验室综合绩效评估中的应用.第16章探讨了DEA方法在生物物理领域中的应用.

本书是对作者多年来在DEA领域研究工作的总结,其中许多工作才刚刚开始,我们准备以本书为起点,在未来10年内陆续出版有关DEA及管理决策方面的系列专著.

作者的研究得到了许多前辈和朋友的大力支持,美国著名管理运筹学家Cooper教授、中国人民大学魏权龄教授等给予作者许多指导和帮助,作者的研究生阅读了大部分书稿,在此表示深深的感谢!另外,还要特别感谢父母和家人几十年来默默的支持和无私的帮助.

本书的出版得到了华夏英才基金、国家自然科学基金(70501012, 70961005)、内蒙古大学“513人才工程基金”的资助,在此表示深深的谢意!

作 者

2009年12月于内蒙古大学

目 录

前言

第 1 章 数据包络分析方法的研究进展	1
1.1 DEA 方法的研究进展	3
1.2 DEA 方法的工作步骤	11
1.3 DEA 方法研究中值得关注的几个方向	12
参考文献	13
第 2 章 DEA 基本模型 —— C^2R 模型	20
2.1 基于工程效率概念的 DEA 模型及 DEA 有效性	21
2.2 DEA 有效性的判定方法	27
2.3 DEA 方法与生产函数理论	36
2.4 DEA 有效性与 Pareto 最优的关系	40
2.5 决策单元在 DEA 相对有效面上的“投影”	44
参考文献	49
第 3 章 评价相对有效性的其他几个重要 DEA 模型	50
3.1 评价技术有效性的 BC^2 模型	50
3.2 具有无穷多个决策单元的 C^2W 模型	61
3.3 锥比率的 DEA 模型 —— C^2WH 模型	64
参考文献	80
第 4 章 判断 DEA 有效性的算法及程序设计	82
4.1 DEA 软件开发的必要性	82
4.2 C^2R 模型与 BC^2 模型的算法设计	84
4.3 C^2R 模型与 BC^2 模型的计算机程序设计	91
4.4 判断 DEA 有效 (C^2R , BC^2) 的一个新算法	111
参考文献	117
第 5 章 综合 DEA 模型及其软件系统设计	119
5.1 DEA 模型中目标函数和约束条件的特征分析	119
5.2 综合 DEA 模型及其相关性质	123
5.3 基于目标规划的综合 DEA 模型及其性质	135

5.4 综合 DEA 模型的软件系统设计	140
参考文献	141
第 6 章 DEA 模型的工程效率含义研究	143
6.1 四个典型的 DEA 模型及 DEA 有效性概念	143
6.2 基于工程效率概念的综合 DEA 模型及性质	145
6.3 DEA 模型的工程效率含义	149
6.4 应用举例	152
6.5 结束语	153
参考文献	153
第 7 章 DEA 方法的本质特征与数据变换性质	155
7.1 DEA 有效性的本质特征	156
7.2 严格保序映射下的 DEA 有效性分析	162
7.3 应用偏序集理论研究数据变换的不变性	165
7.4 基于偏序集理论的 DEA 方法	169
7.5 P-DEA 方法在一类数据离散型评价问题中的应用	170
参考文献	172
第 8 章 样本数据包络面的研究与应用	173
8.1 基于样本单元评价的广义 DEA 模型	174
8.2 广义 DEA 模型 —— (Sam-Eva) 模型的含义分析	181
8.3 样本数据包络面整体移动的排序方法	188
8.4 广义 DEA 方法在 DEA 有效单元分析中的应用	189
8.5 广义 DEA 方法在单元组合问题中的应用	192
8.6 应用举例	193
参考文献	195
第 9 章 一种评价多层次复杂系统的 DEA 方法	196
9.1 应用 DEA 方法评价复杂系统问题的优点和不足	196
9.2 用于复杂系统指标分析的三维图形法	197
9.3 一种评价多层次复杂系统的 DEA 模型	199
9.4 中国城市经济社会整体发展效率的综合评价	203
参考文献	207
第 10 章 作用条件与作用效果的相关性分析方法	208
10.1 问题的描述和方法的适用范围	208
10.2 作用效果有效性的综合分析与度量	209

10.3	作用条件与作用效果有效性分析方法 (Con-Eff)	216
10.4	算例分析与比较	218
10.5	结束语	220
	参考文献	220
第 11 章	基于 DEA 的经济运行有效性分析方法	221
11.1	一种用于区域经济效益评价的非参数方法	221
11.2	一种用于区域经济业绩评价的非参数方法	232
11.3	一种用于区域经济发展可持续性评价的方法	243
11.4	用于区域经济整体效率评价的 DEA 方法	250
	参考文献	260
第 12 章	用于公路网络综合评价的 DEA 方法	261
12.1	用于交通网络整体水平评价的计量模型	262
12.2	基于 (HTNE) 模型的公路网整体有效性的含义	263
12.3	用于路网规划与设计分析的定量方法	267
12.4	应用举例	271
	参考文献	274
第 13 章	基于 DEA 的风险评估方法研究	276
13.1	一种基于 DEA 的多风险综合评价方法	276
13.2	降低风险措施有效性评价的一种非参数方法	288
	参考文献	300
第 14 章	一种评价组合有效性的非参数方法	301
14.1	评价联合型组合问题的 DEA 模型	301
14.2	评价竞争型组合问题的 DEA 模型	305
14.3	评价重组型组合问题的 DEA 模型	306
14.4	评价组合有效性模型的相关性质	308
14.5	生产可能集的构造及模型含义	311
14.6	评价组合有效性模型的求解方法	312
14.7	基于 DEA 方法的企业组合有效性分析	314
	参考文献	316
第 15 章	高等学校计算机实验室综合绩效评估方法	317
15.1	基于偏序集理论的绩效评估模型	317
15.2	权重受限的 (MaxE) 模型	319
15.3	用于计算机实验室绩效评价的定量方法	323

参考文献	325
第 16 章 基于 DEA 的生物信息评价方法	326
16.1 实验装置及实验设计	327
16.2 电场处理种子幼苗单项评价指标分析与计算	328
16.3 用于电场处理效果综合评价的 DEA 方法 (Elc-Pla)	329
16.4 电场对小麦种子影响的结果分析	332
16.5 结束语	335
参考文献	335

第 1 章 数据包络分析方法的研究进展

首先,对近年来 DEA 方法的主要成果进行了系统的分析和归纳,阐述了它的若干重要问题的主要研究进展.同时,在 DEA 应用方面,针对实际问题复杂多样、范围极其广泛以及 DEA 模型本身种类较多等特点,给出应用 DEA 方法的具体工作步骤,并明确了每个步骤上应该完成的任务.最后,提出 DEA 方法研究中值得关注的几个问题.本章内容主要取材于文献 [1].

数据包络分析 (data envelopment analysis, DEA) 是美国著名运筹学家 Charnes 等提出的一种效率评价方法^[2]. 它把单输入、单输出的工程效率概念推广到多输入、多输出同类决策单元 (decision making unit, DMU) 的有效性评价中,极大地丰富了微观经济中的生产函数理论及其应用技术,同时在避免主观因素、简化算法、减少误差等方面有着不可低估的优越性. DEA 方法一出现就以其独有的特点和优势受到了人们的关注,不论在理论研究还是在实际应用方面都得到了迅速发展,并取得了多方面的成果^[1,3],现已成为管理科学、系统工程和决策分析、评价技术等领域中一种常用而且重要的分析工具和研究手段^[4]. 目前,国内外可以检索到的有关 DEA 的学位论文有数百篇,学术论文近万篇,特别是最近几年,DEA 的研究呈现迅速上升的趋势.

从图 1.1 和表 1.1 (见文献 [5]) 可见,自 1978 年以来,DEA 方法的研究保持了持续、快速增长的趋势,许多重要的成果都发表在国际著名杂志上,在经济管理学领域具有重要的地位和影响.

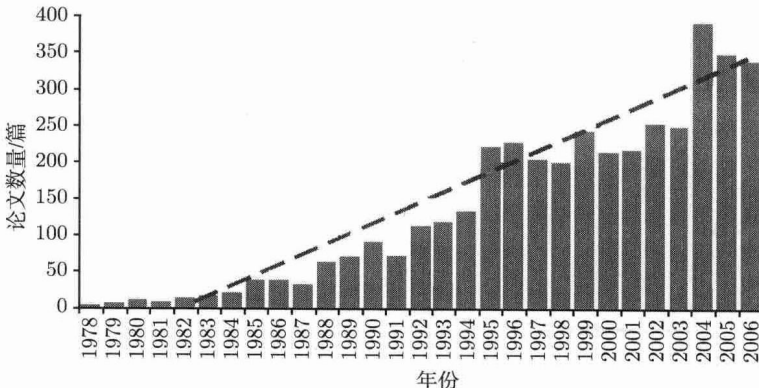


图 1.1 DEA 相关论文的发表情况

表 1.1 发表 DEA 论文数量最多的 20 种著名期刊

期刊	论文数量	占论文总量的比例/%
European Journal of Operational Research (EJOR)	373	23.0
JPA:Journal of Productivity Analysis	242	14.9
JORS:Journal of the Operational Research Society	164	10.1
Applied Economics	86	5.3
Annals of Operations Research	83	5.1
Management Science	83	5.1
OMEGA	73	4.5
Applied Mathematics and Computation	63	3.9
Socio-Economic Planning Sciences	63	3.9
International Journal of Production Economics	58	3.6
Computer and Operations Research	48	3.0
International Journal of Systems Science	41	2.5
Journal of Econometrics	37	2.3
Applied Economics Letters	35	2.2
Journal of Banking and Finance	35	2.2
Health care Management Science	29	1.8
Journal of Medical Systems	29	1.8
Journal of Operations Research Society of Japan	28	1.7
System Engineering Theory and Practice	26	1.6
Review of Economics and Statistics	25	1.5
合计	1621	100.00

DEA 方法在中国的发展十分迅速. 应用中国期刊全文数据库 (<http://www.cnki.net>) 检索发现: 1986~2007 年可以检索到和 DEA 有关的中文论文近 3000 篇. 从图 1.2 可以看出, 截止到 2009 年, 从第一篇 DEA 论文的发表到现在已经有 24 个年头, 如果以 8 年为一个阶段, 那么, DEA 方法在中国基本上经历了如下三个阶段: ① 起步阶段 (1986~1993); ② 发展阶段 (1994~2001); ③ 繁荣阶段 (2002~2009).

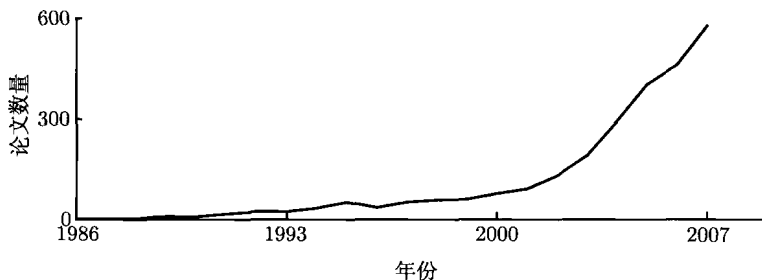


图 1.2 1986~2007 年与 DEA 有关的中文论文的发表情况

为了便于 DEA 方法的进一步研究和应用, 本章首先对 DEA 方法研究的主要成果进行了系统分析和归纳, 阐述了它的若干重要问题的主要研究进展. 然后, 在 DEA 应用方面, 由于实际问题复杂多样、范围极其广泛, DEA 模型本身又种类较多, 为了能够建立合理的指标体系、选择恰当的模型并作出客观的分析, 必须首先有一套正确的工作步骤, 这样才能最大限度地发挥 DEA 方法的优势, 并提供更加合理的信息. 以下在已有工作^[6]的基础上, 从系统工程^[7]的工作方法出发, 对这一问题进行了进一步分析. 最后, 由于 DEA 方法的快速发展带来了 DEA 研究的许多新趋势. 目前 DEA 的应用研究十分活跃, 而如何实现 DEA 方法的理论突破成为 DEA 研究的关键. 作者在总结近年来 DEA 研究的基础上, 提出了 DEA 理论研究中值得关注的几个重要方向.

1.1 DEA 方法的研究进展

自 1978 年以来, DEA 方法发展极其迅速, 在理论和应用上均获得了多方面的进展. 这主要表现在以下三个方面.

1.1.1 DEA 模型的进展

1978 年, Charnes 等以单输入、单输出的工程效率概念为基础提出了第一个 DEA 模型—— C^2R 模型. C^2R 模型从公理化的模式出发, 刻画了生产的规模与技术有效性. 这个模型的产生不仅扩大了人们对生产理论的认识, 而且也为评价多目标问题提供了有效的途径, 使得研究生产函数理论的主要技术手段由参数方法发展成为参数与非参数方法并重. 在此基础上, 又派生出一系列新的 DEA 模型, 主要有以下七种类型.

1. 适应不同规模收益的 DEA 模型

对具有不同规模收益条件下的 DEA 模型的研究是 DEA 研究的一项重要内容. C^2R 模型是一个刻画生产的规模与技术有效的 DEA 模型. 1984 年, Banker 和 Charnes 等针对生产可能集中的锥性假设不成立, 给出了另一个评价生产技术相对有效的 DEA 模型—— BC^2 模型^[8,9]. 同时, Färe 和 Grosskopf 也给出了满足规模收益非递增的 DEA 模型——FG 模型^[10]. 1990 年, Seiford 和 Thrall 给出了满足规模收益非递减的 DEA 模型——ST 模型^[11]. 上述模型是非常经典的 DEA 模型, 它们对经济学中的规模收益评价问题构成了一个完整的体系.

2. 对权重的改进

最初的 DEA 模型对权重没有任何限制, 它实际上是选取了对被估单元最有利的权重, 这样得出的结果可能不符合客观实际, 因而对权重加以研究是人们一直关

注的问题. 1989 年, Charnes 等给出了一个含有偏好的 DEA 模型—— C^2WH 模型^[12], 这一模型通过调整锥比率的方式能够反映决策者的偏好, 从而使决策更能反映人的意愿. 由于 C^2WH 模型本身并不直观和具体, 因此, 针对不同的情况又有许多特殊形式的模型被讨论. 例如, 文献 [13] 针对权重间具有强序关系或弱序关系的情况, 给出了权重弱排序和权重严排序的 DEA 模型. 文献 [14] 根据船型设计的具体特点, 给出了用于船型设计方案有效性评价的模型.

3. 对输入输出方面的改进

最初的 DEA 模型中对所有的输入输出指标没有任何限制, 但在实际问题中它们有时是不可控的. Banker 等于 1986 年提出并研究了能处理既含有可控输入(出)又含有不可控输入(出)的 DEA 模型^[15]. 1995 年, 刘永清等又给出了要素在有限范围内变化的 DEA 模型^[16]. 1995 年, 何静针对评价单元只有输入或输出的情况进行了研究, 给出了评价只有输出(入)指标的模型并讨论了其相关性质^[17]. 另外, 还有人研究过使用类别变量的 DEA 模型^[18]、以序数词作为输入输出变量的 DEA 模型^[19]等.

4. 对决策单元的改进

原始的 DEA 模型是针对决策单元有限的情况进行讨论的, 为了解决具有无限多个决策单元的评价问题, 1986 年, Charnes 等利用半无限规划理论将 C^2R 模型推广到具有无限多个决策单元的情况, 给出了 C^2W 模型^[20]. 实际上, C^2WY 模型^[21]和 Banach 空间中的 DEA 模型^[22]也是可处理具有无限多个决策单元的 DEA 模型.

5. 综合 DEA 模型的研究

由于适合于不同需要的 DEA 模型已提出多种, 一些新的模型还在不断涌现. 那么, 对每一模型的基本性质、求解方法等都分别进行讨论, 常常会出现一些重复的工作, 并且也给编程和使用带来不便. 1989 年, Charnes 等给出了一个综合的 DEA 模型—— C^2WY 模型, 这一模型除包含了两个最基本的 DEA 模型外, 还包含 C^2W 模型和 C^2WH 模型. 而后, 李树根等于 1996 年给出了 Banach 空间中的 DEA 模型, 证明了有限空间中的上述模型都是 Banach 空间中的 DEA 模型的特例. 这些模型的提出对研究 DEA 模型的一般性质具有重要意义, 但 C^2WY 模型不能直接进行编程计算. 因此, 文献 [23] 给出了一个综合的 DEA 模型 (ZHDEA), 并探讨了其求解方法. 这一模型不仅包含了多种常用的 DEA 模型, 而且还可以直接编程计算^[24], 通过确定一些参数就可以获得一些常用的模型, 给使用带来了方便.

6. DEA 模型应用空间的推广

某些系统用欧氏空间去表示和处理有时会遇到困难. 因此, 文献 [22] 引入了 Banach 空间的 DEA 模型. 文献 [25] 提出了基于 Fuzzy 集理论的 DEA 模型. 而后, 文献 [26]~[29] 又从偏序集的角度刻画了 DEA 有效单元的本质特征, 并推广了 DEA 有效性的概念, 给出了 SEA 方法. 这一模型不仅是应用偏序集理论对欧氏空间难以处理系统评价的一种尝试, 同时也为偏序集理论在决策分析中的应用找到一个有效途径.

7. 基于样本单元评价的 DEA 模型

如果将评价的参照集分成“决策单元集”和“非决策单元集”两类, 那么传统的 DEA 方法只能给出相对于决策单元集的信息, 而无法依据任何非决策单元集进行评价, 这使得 DEA 方法在众多评价问题中的应用受到限制. 针对传统数据包络分析方法无法依据指定参考集提供评价信息的弱点, 文献 [30]~[33] 探讨了依据样本评价决策单元有效性的 DEA 模型. 从该方法出发, 可以在择优排序^[34]、风险评估^[35]、评价组合效率^[36] 等许多方面给出更为有效的分析方法. 例如, 应用该方法不仅可以将传统的 $F-N$ 曲线分析方法推广到 n 维空间, 而且可以通过构造各种风险数据包络面来划分风险区域、预测风险大小以及给出风险状况综合排序等.

此外, 还有发展 DEA 模型^[37]、动态 DEA 模型^[38] 以及考虑随机因素的 DEA 模型^[39] 等. 总之, 自 1978 年以来, 多种派生和专用的 DEA 模型相继诞生, 它们随着 DEA 方法的不断发展, 显示出越来越重要的地位, 并成为系统分析的有力工具之一.

1.1.2 DEA 相关理论的进展

DEA 理论的发展使人们对 DEA 方法的认识上升到一个新的高度. DEA 理论的进展主要表现为以下几个方面.

1. 对 DEA 有效性的研究

DEA 有效是 DEA 理论中最重要、最基本的概念. 由于它在 DEA 理论中的重要地位, 对 DEA 有效性问题的研究成果很多. 首先是对 DEA 有效性的含义以及 DEA 有效单元的结构与特征的认识. 例如, 1991 年, 李树根等对 C^2R 模型和 C^2W 模型下的 DEA 有效决策单元集合的结构进行了探讨, 给出了一些理论上的结果^[40]. 而后, 文献 [41] 又把总体有效分解为规模有效、饱和有效和纯技术有效三类, 并分析了各种有效的含义. 1994 年, 冯俊文讨论了 C^2R 模型和 C^2GS^2 模型的 DEA 有效性问题^[42], 给出了 DEA 有效及弱有效的一个充要条件, 并讨论了一些相关性质. 另外, 文献 [29] 还从偏序集的角度刻画了 DEA 有效的本质特征, 证明了 DEA 有效单元的本质就是某一个偏序集的极大元.

DEA 有效性与指标及决策单元个数之间的关系密切. 文献 [43] 对指标特性与 DEA 有效性的关系进行了探讨, 分析了评价指标增加或指标中存在线性关系时决策单元 DEA 有效性变化的规律. 文献 [44], [45] 给出了决策单元如何只改变输出使其变为有效的计算方法. 魏权龄等分析了决策单元的变更对 DEA 有效性的影响^[46].

1989 年, 魏权龄等针对综合 DEA 模型给出了 DEA 有效决策单元集合的几个恒等式^[47], 从而使决策单元进行分组评价成为可能, 进而为大规模决策单元的评价问题找到了简化的方法. 1993 年, 吴文江等给出了寻找 DEA 有效单元的一种新方法^[48]. 针对以往对有效单元的分析较少, 赵勇等^[49]还对有效单元进行了进一步探讨. 这些工作不仅为应用 DEA 方法进行评价提供了理论依据, 同时也增强了 DEA 方法评价的能力.

2. 数据变换不变性的研究

关于数据变换不变性的研究是 DEA 理论中一个十分重要的课题, 它与决策单元的灵敏度分析、发展的 DEA 模型及改变输入输出使决策单元有效等问题有十分紧密的关系, 因而对这一问题的讨论具有十分重要的意义. 文献 [50] 指出当观测点较少时, 对生产函数作线性逼近显得比较粗糙. 为此, 对数据作了一些调整转换, 通过这种转换可将实际前沿生产函数的局部线性逼近改为 Cobb-Douglas 生产函数的局部逼近, 从而使得生产前沿面的逼近更能反映生产实际. 文献 [51] 探讨了文献 [50] 变换的理论依据, 得到了数据在正严格保序变换下保持 DEA 有效性不变. 在此基础上, 文献 [52] 对数据变换下 DEA 有效性问题进行了探讨, 给出了一些基于偏序集理论的变换性质. 这些结论将有助于 DEA 方法的进一步应用和拓展.

3. 灵敏度分析

DEA 方法的灵敏度分析一直是 DEA 理论中一个重要的研究课题. 尽管目前线性规划的灵敏度分析已经接近成熟, 但通常的线性规划的灵敏度分析不能直接应用于 DEA 方法的灵敏度分析中. 因此, 1985 年, Charnes 等从构造一个特殊的逆矩阵的角度出发, 研究了有效决策单元单个产出量变化时的灵敏度分析^[53]. 而后, Charnes 等又利用基础解系矩阵对加性 DEA 模型的灵敏度分析问题进行了探讨^[54]. 1994 年, 朱乔等还分析了 C^2R 模型的稳定性问题^[55]. 在这些工作的基础上, 1997 年, 何静等给出了有关决策单元为 DEA 有效 (C^2R 或 C^2GS^2) 的充要条件的两个定理, 并用它分析了 DEA 的灵敏度问题^[56]. 另外, 杨印生等还研究了带有参数的 C^2R 模型的灵敏度问题^[57].

4. DEA 方法与其他方法的比较研究

DEA 方法与其他评价方法的比较研究是一项十分引人注目的工作. 1993 年, 王应明等指出了 DEA 方法、层次分析法、模糊综合评价方法等用于评价工业经济效

益的不足^[58],在这些评价方法的基础上给出了一种新的基于权重的评价方法.1998年,王宗军对主要的综合评价方法进行了分析和比较研究^[59],分析了 DEA 方法的弱点在于应用范围仅限于一类多输入、多输出对象系统的评价,对有效决策单元所能给出的信息太少,同时还指出尝试将各种方法综合运用是综合评价的一个研究趋势.

5. DEA 有效的偏好性质

原有的 DEA 理论是以工程效率和生产函数理论为基础发展起来的,文献 [26]~[28] 的研究发现应用偏序集理论可以刻画 DEA 有效单元的本质特征,对 DEA 有效给出不同于 Charnes 等的原始解释,而且还可以深入到 DEA 理论研究的许多方面(如研究指标性质、讨论模型关系、分析数据变换等).文献 [29] 的研究表明:从偏序集理论出发研究 DEA 方法与以往的研究基础和研究手段不同,因而具有鲜明的特色和独特的优势,并为 DEA 方法的进一步拓展提供了新的理论基础.例如,用偏序集理论去解释 DEA 有效性,就不再需要输入输出指标间必须具有“投入”和“产出”关系,同时指标数据的运算空间也由实数空间扩展到只需满足偏序关系的任何空间.这些理论初步奠定了基于偏好关系的数据包络分析方法的理论基础.

另外,其他方面的成果还有很多,限于篇幅,不再一一列举.

1.1.3 DEA 方法的应用进展

DEA 方法是评价多输入、多输出同类部门(或单位)间相对有效性的一种重要方法.它的第一个成功应用的案例是对为弱智儿童开设的公立学校项目的评价,在评价过程中选取了如“父母的照顾”等一些不可公度的指标,同时也选取了如“自尊”等一些无形的指标^[4].DEA 方法不仅能对此问题进行评价,而且评价结果能够反映大规模社会实验的结果.DEA 方法在实践中的成功应用,越来越引起人们的重视,使其在许多领域得到了发展,特别是近年来 DEA 方法的应用呈现迅速增长的趋势,逐渐成为经济管理学的热点领域.

为了初步概括 DEA 方法在中国的应用状况,以下应用中国期刊全文数据库围绕经济学中与 DEA 相关的 14 个重要关键词进行了“主题”检索,得到的结果如图 1.3 所示.

从图 1.3 可以看出,DEA 方法的应用十分广泛,涉及了经济管理学科的众多研究领域.目前,DEA 方法的研究主要集中在经济系统评价与分析、人力资源管理、技术创新与技术进步、金融分析、财务管理、银行管理、物流与供应链管理等许多领域.下面将对几个主要应用领域进行概述和分析.