

马占新 马生昀 包斯琴高娃 著

# 数据包络分析及其 应用案例



科学出版社

N945.12

26

. 013032887

# 数据包络分析及其应用案例

马占新 马生昀 包斯琴高娃 著



科学出版社

北京

N945.12

26



北航

C1640680

## 内 容 简 介

为了进一步推进数据包络分析(DEA)方法的应用研究,本书以数据包络分析应用为导向,主要探讨 DEA 模型及其应用问题.第 1 章综述 DEA 方法近 30 年的主要研究进展.第 2 章和第 3 章介绍基本 DEA 模型及其性质.第 4 章和第 5 章介绍广义 DEA 方法的构造思想、基本模型和灵敏度分析问题.第 6 ~ 9 章给出具有非期望输出广义 DEA 模型、基于交叉效率的广义 DEA 模型、基于面板数据的广义 DEA 模型和基于聚类分析的广义 DEA 模型及其应用.第 10 章和第 11 章分析中国商业银行效率与城市发展有效性问题.第 12 ~ 14 章对煤电联营企业的模式与效率、工业企业相对效益与总体增长状况、中国医药上市公司并购绩效进行分析.第 15 章探讨高等学校计算机实验室综合绩效评估方法.第 16 ~ 18 章探讨 DEA 方法在多指标生物信息综合分析中的应用问题.

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

数据包络分析及其应用案例/马占新等著. —北京:科学出版社, 2013. 3

ISBN 978-7-03-036776-1

I. ①数… II. ①马… III. ①包络-系统分析-数学模型 IV. ① N945.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013) 第 036513 号

责任编辑:王丽平/责任校对:钟 洋  
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>

**新科印刷厂** 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2013 年 3 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2013 年 3 月第一次印刷 印张: 21 1/4

字数: 410 000

定价: **88.00 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学、经济学、系统科学等领域中一种常用而且重要的分析工具. 某些运筹学和经济学的�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. 从 DEA 30 年的发展历史看, 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.

我开始对 DEA 的研究是在 1996 年, 当时我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.

由于我在硕士期间的研究方向是格论和模糊数学, 从专业直觉上感到偏序集理论和 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, 我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, 我用了 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, 而且, 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, 原有的模糊综合评价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, 我开展的另一项研究是广义 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,而广义 DEA 方法却可以依据任何单元集进行评价.从 1998 年起,随着对基于偏好理论的 DEA 有效性研究的深入,我逐渐发现传统 DEA 方法存在着许多局限性.例如,①在高考中,一般考生更关心自己的分数是否超过了录取线,而不是和优秀考生的差距.②在由计划经济向市场经济转型时,决策者不是看哪个企业更有效,而是要寻找按市场经济配置的改革样板进行学习.③和每个单元进行比较不仅浪费时间和资源,而且有些比较可能是没有意义的.为了解决这些问题,我在最近 10 年间将精力主要集中在广义 DEA 方法的研究,陆续提出了基于  $C^2R$  模型和  $BC^2$  模型的广义 DEA 模型(2002)、基于  $C^2WH$  模型的广义 DEA 模型(2006)、基于  $C^2W$  模型的广义 DEA 模型(2009)、基于  $C^2WY$  模型的广义 DEA 模型(2011)、基于面板数据的广义 DEA 模型(2010)、基于模糊综合评判的广义 DEA 模型(2001)、用于多属性决策单元评价的广义 DEA 模型(2011)等,初步建立了广义 DEA 方法的理论和方法体系.

1999~2001 年,我在哈尔滨工程大学博士后流动站期间,在戴仰山教授和任慧龙教授鼓励和帮助下,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”,初步探讨了广义 DEA 方法在风险评估领域中的应用问题.2001 年博士后出站后,我应内蒙古大学邀请,积极投身到祖国西部建设中,有幸成为第一位到内蒙古大学从事经济管理学研究工作的博士后出站人员.2001~2012 年,我指导的博士研究生和硕士研究生先后有 32 人陆续加入到 DEA 研究队伍中.12 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,陆续加入到 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 12 年间,整个 DEA 团队不仅给我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,我的欣慰和快乐是无法言表的.

本书以 DEA 模型和广义 DEA 模型的应用为主线,从我们以往的工作中遴选了一些和 DEA 应用有关的内容进行系统介绍,希望以此能为推动 DEA 方法的应用研究尽一份微薄之力.本书的编排和撰写主要由马占新、马生昀和包斯琴高娃完成,另外,马占英、孙娜、伊茹、贾晶莹、王丽、马雯璐、吴佳男、侯翔、李鹏等也参加了本书的工作.

第 1 章 马占新;

第 2 章 马占新,马占英;

- 第 3 章 马占新, 马生昀;  
第 4 章 马占新;  
第 5 章 孙娜, 马占新;  
第 6 章 马生昀, 马占新, 王丽;  
第 7 章 马占新, 侯翔, 包斯琴高娃;  
第 8 章 马占新, 温秀晶, 马雯璐;  
第 9 章 马生昀, 马占新;  
第 10 章 马占新, 马雯璐, 马生昀;  
第 11 章 马占新, 伊茹, 李鹏;  
第 12 章 马占新, 贾晶莹, 马生昀;  
第 13 章 马占英;  
第 14 章 马占新, 吴佳男;  
第 15 章 马占英;  
第 16 章 包斯琴高娃;  
第 17 章 包斯琴高娃;  
第 18 章 包斯琴高娃.

本书第 1 章综述 DEA 方法近 30 年的主要研究进展. 第 2 章介绍基本 DEA 模型及其性质. 第 3 章对一些常用 DEA 模型进行简要介绍, 以方便读者的应用. 第 4 章从应用的角度系统介绍广义 DEA 方法的构造思想和基本模型. 第 5 章对广义 DEA 有效性及其灵敏度分析问题进行研究. 第 6 章给出具有非期望输出广义 DEA 模型及其在经济发展评价中的应用. 第 7 章给出基于交叉效率的广义 DEA 模型及其应用. 第 8 章给出基于面板数据的广义 DEA 模型及其应用. 第 9 章给出基于聚类分析的广义 DEA 模型及其应用. 第 10 章应用 Malmquist 指数 DEA 模型分析中国商业银行效率问题. 第 11 章应用 DEA 方法分析城市发展有效性问题. 第 12 章对煤电联营企业的模式与效率进行分析. 第 13 章对工业企业相对效益与总体增长状况进行分析. 第 14 章对中国医药上市公司并购绩效进行分析. 第 15 章探讨高等学校计算机实验室综合绩效评估方法. 第 16 章给出基于 DEA 的生物信息评价方法. 第 17 章和第 18 章探讨广义 DEA 方法在多指标生物信息综合分析中的应用问题.

我在研究过程中, 得到了许多前辈和朋友的的大力支持. 美国著名管理运筹学家 Cooper 教授、中国人民大学魏权龄教授、内蒙古大学陈国庆教授给予我许多指导和帮助, 我在此表示深深的感谢! 同时, 也要深深感谢一直关心和支持我的同学、同事和朋友们, 他们的支持和帮助是我前进的动力. 最后, 我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.

本书的出版得到了国家自然科学基金 (71261017, 70961005, 70501012) 的资助, 在此表示诚挚的感谢!

马占新

2012年9月1日于内蒙古大学

# 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
1.1.1 DEA 模型的进展	3
1.1.2 DEA 相关理论的进展	5
1.1.3 DEA 方法的应用进展	7
1.2 DEA 方法的工作步骤	11
1.2.1 明确问题阶段	11
1.2.2 建模计算阶段	11
1.2.3 分析结果阶段	12
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 基本 DEA 模型 —— $C^2R$ 模型和 $BC^2$ 模型	20
2.1 $C^2R$ 模型及其性质	21
2.1.1 基于工程效率概念的 $C^2R$ 模型	21
2.1.2 基于生产函数理论的 $C^2R$ 模型	23
2.2 评价技术有效性的 $BC^2$ 模型	40
参考文献	46
第 3 章 DEA 模型及其拓展	47
3.1 基于不同规模收益的 DEA 模型	47
3.1.1 基于规模收益不变的 DEA 模型	47
3.1.2 基于规模收益可变的 DEA 模型	49
3.1.3 基于规模收益非递增的 DEA 模型	50
3.1.4 基于规模收益非递减的 DEA 模型	52
3.2 带有权重约束的 DEA 模型	53
3.2.1 带有偏好锥的 DEA 模型	53
3.2.2 含有偏好信息的 DEA 模型	55
3.3 具有无穷多个决策单元的 $C^2W$ 模型	56
3.4 综合 DEA 模型	58



3.5	超效率 DEA 模型	61
3.6	随机 DEA 模型	62
3.7	模糊 DEA 模型	63
	参考文献	64
<b>第 4 章</b>	<b>基本的广义 DEA 模型</b>	<b>65</b>
4.1	广义 DEA 方法提出的背景	65
4.1.1	问题提出的背景	65
4.1.2	广义 DEA 方法与传统 DEA 方法的关系	66
4.2	基本的广义 DEA 模型	67
4.2.1	满足规模收益不变的广义 DEA 模型	67
4.2.2	满足规模收益可变的广义 DEA 模型	71
4.2.3	一个综合的广义 DEA 模型	71
4.3	广义 DEA 有效性含义	76
4.4	广义 DEA 有效性的判定方法	79
4.5	基于广义数据包络面的排序方法	82
4.6	广义 DEA 方法在企业效率分析中的应用	83
	参考文献	85
<b>第 5 章</b>	<b>广义 DEA 有效性及其灵敏度分析</b>	<b>87</b>
5.1	广义 DEA 有效性分析	87
5.1.1	广义 DEA 有效性分类	87
5.1.2	多准则广义 DEA 有效性研究	97
5.1.3	决策单元在样本前沿面上的投影	102
5.1.4	实例分析	104
5.2	广义 DEA 有效的灵敏度分析	106
5.2.1	规模收益不变的广义 DEA 有效的灵敏度分析	106
5.2.2	规模收益可变的广义 DEA 有效的灵敏度分析	116
5.2.3	实例分析	118
	参考文献	122
<b>第 6 章</b>	<b>具有非期望输出的广义 DEA 模型</b>	<b>123</b>
6.1	具有非期望输出广义 DEA 模型及性质	123
6.1.1	模型的构造与有效性判定	123
6.1.2	广义 DEA 有效与 Pareto 有效的等价性分析	131
6.1.3	具有非期望输出 DEA 模型的含义与决策单元排序方法	135
6.2	内蒙古经济发展综合效率评价	135
6.2.1	内蒙古经济发展综合评价指标体系的构建	135

6.2.2 内蒙古经济发展水平的综合评价	136
参考文献	145
<b>第 7 章 基于交叉效率的广义 DEA 模型</b>	<b>146</b>
7.1 广义 DEA 交叉效率评价方法	146
7.1.1 平凡型广义 DEA 交叉效率分析方法	147
7.1.2 利众型广义 DEA 交叉效率分析方法	148
7.1.3 排他型广义 DEA 交叉效率分析方法	149
7.2 山西煤炭上市公司经济效益的实证分析	149
7.2.1 指标的选取与数据来源	150
7.2.2 山西省 2003~2008 年煤炭上市公司交叉效率的测度	150
7.2.3 山西省 2003~2008 年煤炭上市公司交叉效率分析	151
7.3 结束语	152
参考文献	152
<b>第 8 章 基于面板数据的广义 DEA 模型</b>	<b>154</b>
8.1 基于面板数据广义 DEA 模型及有效性分析	154
8.2 中国能源利用效率的测算与分析	156
8.2.1 中国能源利用效率综合指数的测评	157
8.2.2 中国各省份 1998~2007 年能源利用效率分析	159
8.3 基于面板数据的中国煤炭上市公司经济效率分析	161
8.3.1 中国煤炭上市公司经济效率测评	162
8.3.2 中国煤炭上市公司经济效率分析	163
8.4 基于面板数据的中国商业银行效率分析	165
8.4.1 中国商业银行评价指标体系的选取	165
8.4.2 中国商业银行的效率分析与比较	166
参考文献	173
<b>第 9 章 基于聚类分析的广义 DEA 模型</b>	<b>175</b>
9.1 基于聚类分析的广义 DEA 方法	176
9.2 基于模型 ( $DG_{cluster}$ ) 的中国各省经济发展状况评价	179
9.3 基于模型 ( $DG_{cluster}$ ) 的内蒙古盟市经济发展状况评价	183
参考文献	186
<b>第 10 章 基于 Malmquist 指数的中国商业银行效率分析</b>	<b>188</b>
10.1 基于 Malmquist 指数的银行效率研究现状	188
10.2 Malmquist 指数模型	190
10.2.1 Malmquist 指数的定义	190
10.2.2 Malmquist 指数的分解形式	192

10.2.3	Malmquist 指数及其相关概念的经济含义	193
10.3	中国商业银行全要素生产率分析	193
10.3.1	Malmquist 指数的 FGNZ 分解与 RD 分解的比较	194
10.3.2	中国商业银行全要素生产率及其相关指标的计算结果	195
10.3.3	中国商业银行 2002~2009 年全要素生产率分析	196
	参考文献	201
<b>第 11 章</b>	<b>基于 DEA 的城市发展有效性分析</b>	<b>203</b>
11.1	基于 DEA 的城市土地经济效率分析	203
11.1.1	用于城市土地经济效率分析的定量模型	203
11.1.2	中国城市 2007 年土地利用经济效率分析	205
11.2	基于 DEA 的小城镇发展可持续性评价	208
11.2.1	用于小城镇可持续发展综合评价的定量模型	209
11.2.2	呼和浩特市小城镇可持续发展综合分析	211
11.3	DEA 方法在城市竞争力评估中的应用	214
11.3.1	城市竞争力评价指标体系的确定与数据收集	214
11.3.2	基于主成分分析的山东省城市竞争力分析	215
11.3.3	基于 DEA 的山东省城市竞争力综合分析	218
	参考文献	222
<b>第 12 章</b>	<b>基于 DEA 的煤电联营企业生产绩效分析</b>	<b>224</b>
12.1	煤电联营企业运行状况的综合分析	224
12.1.1	煤电联营企业绩效评价指标体系的建立	224
12.1.2	用于煤电联营企业绩效评价的 DEA 方法	225
12.1.3	煤电联营企业运行状况的绩效分析	226
12.2	煤电联营企业机组运行效率分析	229
	参考文献	235
<b>第 13 章</b>	<b>广义 DEA 方法与经济系统分析</b>	<b>236</b>
13.1	工业企业相对效益与总体增长状况分析	236
13.1.1	用于工业企业经济效益有效性评估的非参数方法	236
13.1.2	中国西部地区工业企业经济效益分析	239
13.2	基于面板数据的中国省际经济运行效益研究	242
13.2.1	一种基于面板数据的地区经济效益评价方法	242
13.2.2	中国地区经济运行效益的实证分析	244
13.3	基于面板数据的中国省际经济业绩综合分析	248
13.3.1	应用面板数据分析地区经济业绩的非参数方法	248
13.3.2	用于地区经济业绩有效程度测评的计量模型	249

13.3.3 中国各省经济业绩的有效性分析 .....	251
参考文献 .....	254
<b>第 14 章 中国医药上市公司并购绩效分析 .....</b>	<b>255</b>
14.1 模型的建立与数据收集 .....	255
14.2 中国医药上市公司并购绩效分析 .....	257
14.2.1 中国医药上市公司并购的总体绩效分析 .....	258
14.2.2 中国医药上市公司并购的年度绩效对比分析 .....	260
14.2.3 关联并购对医药上市公司并购绩效的影响分析 .....	262
14.2.4 不同交易规模医药上市公司并购绩效的对比分析 .....	264
14.3 医药上市公司并购的结论与建议 .....	265
参考文献 .....	266
<b>第 15 章 高校计算机实验室综合评估与绩效管理 .....</b>	<b>267</b>
15.1 基于偏序集理论的绩效评估模型 .....	267
15.2 权重受限的绩效评估模型 .....	269
15.3 高等学校计算机实验室的作用与内部管理 .....	272
15.3.1 计算机实验室在高校整体建设中的目标与定位 .....	272
15.3.2 计算机实验室在高校教学、科研中的作用 .....	273
15.3.3 高校计算机实验室的内部管理 .....	274
15.4 用于计算机实验室绩效评价的定量方法 .....	277
参考文献 .....	279
<b>第 16 章 基于 DEA 的生物信息评价方法 .....</b>	<b>280</b>
16.1 实验装置及实验设计 .....	281
16.1.1 实验装置 .....	281
16.1.2 实验设计 .....	281
16.2 电场处理种子幼苗单项评价指标分析与计算 .....	282
16.2.1 幼苗形态指标的量取和测定 .....	282
16.2.2 幼苗生理生化指标的测定和计算 .....	282
16.3 用于电场处理效果综合评价的 DEA 方法 (Elc-Pla) .....	283
16.3.1 用于评价电场对幼苗形态指标影响的 DEA 模型 .....	283
16.3.2 用于评价电场对幼苗生理生化指标影响的 DEA 模型 .....	284
16.3.3 用于生物效应 —— 电场强度影响有效性分析的方法 .....	285
16.4 电场对小麦种子影响的结果分析 .....	286
16.4.1 电场对小麦种子影响的单指标分析 .....	287
16.4.2 电场对小麦种子影响的综合分析 .....	292
16.5 结束语 .....	294

---

参考文献	295
<b>第 17 章 广义 DEA 方法与多指标生物信息分析</b>	<b>296</b>
17.1 多指标生物信息非参数综合分析技术 (MIBI-T)	296
17.1.1 个体单元的有效性测度方法	297
17.1.2 处理组与对照组单元的比较和分析方法	299
17.2 MIBI-T 方法在电场处理种子有效性分析中的应用	300
17.2.1 实验装置与方法	300
17.2.2 计算结果与分析	301
17.3 结束语	309
参考文献	309
<b>第 18 章 基于 DEA 的电场对种子影响的时效性分析</b>	<b>312</b>
18.1 用于分析电场对作物种子影响时效性的定量方法	313
18.2 应用 E-Time 方法分析电场对小麦种子影响的时效性	315
18.2.1 实验装置和方法	315
18.2.2 电场处理小麦种子的形态指标的有效性分析	315
18.2.3 不同电场不同贮存时间处理小麦种子的中心位移分析	319
18.3 结束语	322
参考文献	322
<b>索引</b>	<b>325</b>

## 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系统的分析和归纳,阐述它的若干重要问题的主要研究进展.其次,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.

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<sup>[1,2]</sup>.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,无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<sup>[1,3]</sup>,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<sup>[4]</sup>.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<sup>[5]</sup>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.

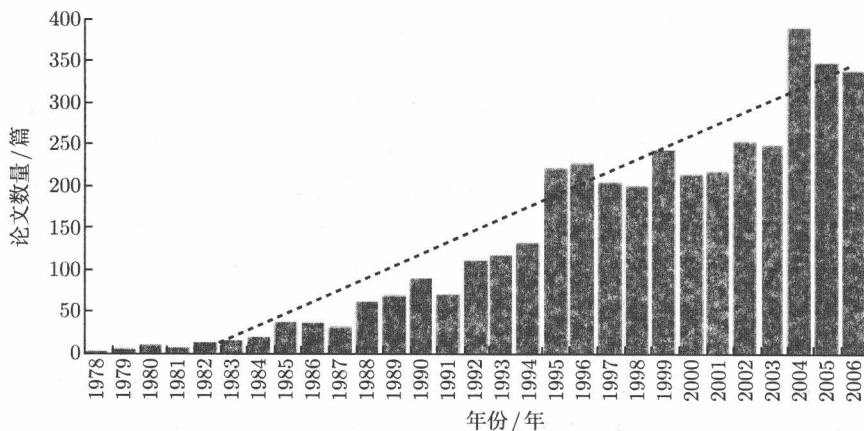


图 1.1 DEA 相关论文的发表情况

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
Journal of Productivity Analysis (JPA)	242	14.9
Journal of the Operational Research Society (JORS)	164	10.1
Applied Economics	86	5.3
Annals of Operations Research	83	5.1
Management Science	83	5.1
OMEGA-International Journal of Management Science	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
Computers 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	100.0

DEA 方法的研究与应用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, 1986~2010 年可以检索到与 DEA 有关的中文论文近 5000 篇. 从图 1.2 可以看出, 从第一篇 DEA 论文的发表到 2009 年已经有 24 年. 如果以 8 年为一个阶段, 那么, DEA 方法的研究在中国基本上经历了如下三个阶段: ①起步阶段 (1986~1993 年); ②发展阶段 (1994~2001 年); ③繁荣阶段 (2002~2009 年).

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系统分析和归纳, 阐述它的若干重要问题的主要研究进展. 其次, 在 DEA 应用方面, 由于实际问题复杂多样、范围极其广泛, DEA 模型本身种类又较多, 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<sup>[6]</sup>的基础上, 从系统工程<sup>[7]</sup>的工作方法出发, 对这一问题进行了进一步分析. 最后, 由 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.

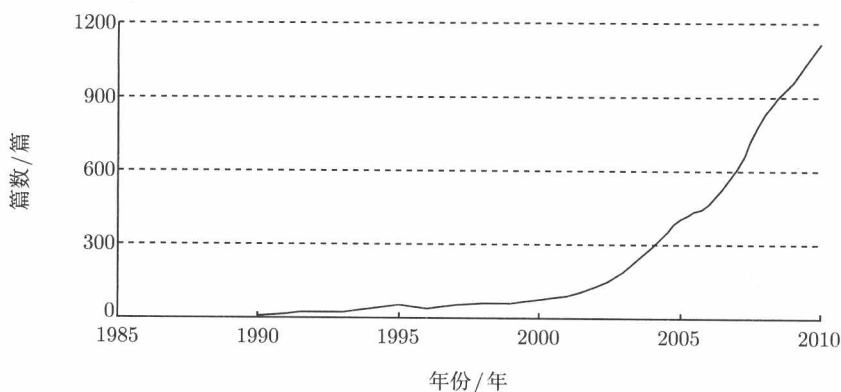


图 1.2 1986~2010 年与 DEA 有关的中文论文的发表情况

## 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方法与非参数方法并重. 在此基础上, 又衍生出一系列新的 DEA 模型, 主要有以下 7 种类型.

#### 1. 适应不同规模收益的 DEA 模型

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.  $C^2R$  模型是一个测算生产是否为规模有效与技术有效的 DEA 模型. 1984 年, Banker 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<sup>[8,9]</sup>. 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<sup>[10]</sup>. 1990 年, Seiford 和 Thrall 给出了满足规模收益非递减的 DEA 模型——ST 模型<sup>[11]</sup>. 上述四个模型是非常经典的 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评价单元最有利的权重, 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<sup>[12]</sup>, 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 等在 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<sup>[15]</sup>. 1995 年, 刘永清等又给出了要素在有限范围内变化的 DEA 模型<sup>[16]</sup>. 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<sup>[17]</sup>. 另外, 还有人研究过使用类别变量的 DEA 模型<sup>[18]</sup>、以序数词作为输入输出变量的 DEA 模型<sup>[19]</sup> 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<sup>[20]</sup>. 实际上,  $C^2WY$  模型<sup>[21]</sup> 和 Banach 空间中的 DEA 模型<sup>[22]</sup> 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, 所以对每一模型的基本性质、求解方法等都分别进行讨论, 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, 李树根等在 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