

# On the DEA Model of Sustainable Development Evaluation of Modern Industrial Enterprise

Shulin Li

Hunan Vocational College of Modern Logistics, Changsha  
Email: 1308640506@qq.com

Received: Oct. 30<sup>th</sup>, 2012; revised: Dec. 5<sup>th</sup>, 2012; accepted: Dec. 16<sup>th</sup>, 2012

Copyright © 2013 Shulin Li. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** Industrial production is an important process in social reproduction. Its production process covers not only material recycling, energy conversion, and but also covers value transformation and value realization, involved in the two systems of economic and ecological environment. With resource and the environment problem becoming more and more serious, the sustainable development of the modern industrial enterprise has become the focus of the academic community. This paper builds a sustainable development evaluation index system for modern industrial enterprise based on the analysis of the concept of sustainable development and data envelopment analysis model (DEA model). According to the characteristics of the modern industrial enterprise, the application process of model is made clear.

**Keywords:** Modern Industrial Enterprise; The Evaluation of Sustainable Development;  
Data Envelopment Analysis Model

## 现代工业企业可持续发展评价的 DEA 模型分析

李蕊林

湖南现代物流职业技术学院, 长沙  
Email: 1308640506@qq.com

收稿日期: 2012 年 10 月 30 日; 修回日期: 2012 年 12 月 5 日; 录用日期: 2012 年 12 月 16 日

**摘要:** 工业生产是社会再生产中的重要一环, 其生产过程中不仅有物质循环利用、能源转化, 而且有价值的转移和价值的实现, 故涉及了经济与生态环境两大系统。在资源约束、环境问题日趋严重的情况下, 现代工业企业的可持续发展已经成为学术界的焦点之一。论文在分析可持续发展理念的基础上, 基于数据包络分析模型(DEA 模型), 构建了现代工业企业的可持续发展评价的指标体系, 并针对其现代工业企业之特征, 明确了模型的应用流程。

**关键词:** 现代工业企业; 可持续发展评价; DEA 模型

### 1. 引言

随着全球变暖与环境污染问题日益严重, 各国政府与广大民众对于现代工业企业的可持续发展越来越重视。因此, 现代工业企业的可持续发展问题已成

为目前学术界研究的热点和难点之一<sup>[1-6]</sup>。

目前国家、区域或行业的可持续发展评价的研究文献较多, 例如周志宏对长株潭城市群旅游可持续发展进行了评价研究<sup>[7]</sup>, 马海玲构建了区域可持续发展

评价指标体系,并提出了区域可持续发展的评价方法<sup>[8]</sup>,戴蓉等结合黔东南州的农业、社会 and 经济发展特点,构建了该地区农业可持续发展评价指标体系,并运用主成分分析方法(PCA)对该地区农业可持续发展状态进行定量分析<sup>[9]</sup>;也有不少文献采用各种方法来研究可持续发展评价,例如黄益强,张稳成针对广东农业发展情况,通过采用层次分析法(AHP)获得各个指标的权重,从而得出一套综合的农业可持续发展评价指标体系<sup>[10]</sup>;刘志颐,马亚圣采用生态足迹模型对阴山北麓典型的农牧交错带—化德县的生态经济系统可持续发展进行了分析评价<sup>[11]</sup>,朱璐平等采用能值分析方法对内蒙古的可持续发展进行了综合评价<sup>[12]</sup>。但是,企业微观层面的可持续发展评价相对较少,而采用较为科学或精确的方法来评价的文献更少,因此本文采用 DEA 方法对现代工业企业的可持续发展评价进行探讨。

## 2. 现代工业企业的可持续发展评价

工业(industry)是指采集原料,并把它们在工厂中生产成产品的工作和过程,是国民经济中最重要的物质生产部门之一。同时也是社会分工发展的产物,经过手工业、机器大工业、现代工业几个发展阶段。工业生产主要是对自然资源以及原材料进行加工或装配的过程。工业还为自身和国民经济其他各个部门提供原材料、燃料和动力,为人民物质文化生活提供工业消费品;同时,它还是国家财政收入的主要源泉,是国家经济自主、政治独立、国防现代化的根本保证。工业企业是最早出现的企业,它是指为满足社会需要并获得盈利从事工业性生产经营活动或工业性劳务活动、自主经营、自负盈亏、独立核算并且有法人资格的经济组织。它是国民经济发展的微观主体和基础,在国民经济发展中起着十分重要的作用。其可持续发展十分重要,目前国内尚未对现代工业企业的可持续性发展评价进行过专门研究。

现代工业企业可持续发展是一个国家或地区产业(经济)可持续发展的微观基础,其评价处于核心地位。目前,现代工业企业可持续发展的模型和方法较多。主要有:

第一种方法为比率法,即用产出与投入的简单比例关系来表示投入产出绝对效率的高低,该方法简单

易用,但是它仅适用于单指标的投入产出效率分析。

第二种方法为参数法,该方法主要适用于单产出和多投入的相对效率测算,其最大优点是通过估计产出函数对投入产出的过程进行描述,从而使对投入产出的效率估计得到控制,其中随机前沿分析(SFA)是较为常用的一种方法。

第三种为非参数法。相比较参数方法,非参数方法无须估计投入产出的生产函数,从而可以避免因错误的函数形式所带来的问题。数据包络分析(DEA)就是最常用的一种非参数方法。DEA 是数据包络分析(Data Envelopment Analysis)的简称,是由美国著名运筹学家 A. Charnes 与 W. W. Cooper 等于 1978 年在“相对效率评价”基础上发展起来的一种系统评价方法。该方法在处理具有相同性质的决策单元进行多输入、多输出的比较方面存在很大的优势,它可以用线性规划的方法来判断决策单元间的相对有效性,所对应的点是否位于生产前沿面上,并确定有效部门与非有效部门的差距。

现代工业企业可持续发展系统是一个多环节多层次复杂系统输入和输出之间存在某些复杂的关系,各子系统之间相关性强,整个系统很难统一描述。采用传统的评价方法如统计法、层次分析法、模糊评价法等,都会受到诸如缺乏连续性的数据、主观偏好过强等问题的制约,无法得出科学的结论。与上述方法相比,数据包络分析方法,避开了对这些交互作用与关系影响的显性表示,避免了主观因素,它通过确定“有效前沿面”中被评价对象的相对有效性对其定位,保证以最小的投入获得最大的产出水平。因此,本文尝试采用 DEA 方法,从经济效率、社会效率、环境效率三个方面综合系统化的对现代工业企业可持续发展能力进行实证研究。

## 3. 基于 DEA 的现代工业企业之可持续发展评价

### 3.1. 评价原则与评价指标构建

评价现代工业企业的可持续发展,一般应坚持的原则有:

1) 科学性原则。现代工业企业可持续发展能力评价指标体系要建立在科学基础之上,评价指标体系结构的安排要科学合理,指标元素的选取、指标数据来

源以及评价方法都必须建立在科学基础之上,以客观性、综合性指标准确反映其可持续发展能力。

2) 代表性原则。现代工业企业可持续发展涉及领域广泛、内容丰富,如果能让评价指标囊括全部,这并不现实。因此,在设计评价指标体系过程中,应尽量选取那些具有代表性科技投入产出活动作为入选指标。

3) 可操作性原则。首先,评价指标体系结构要具有相对稳定性,资料获取的公开性、可比性,数据整理间变化,高清晰性。其次,评价指标所涉及到的数据资料应易于获取,获取的数据资料要易于处理。

4) 完备性原则。现代工业企业可持续发展是一个复杂的体系,因此投入产出指标的设计要尽量体现现代工业企业可持续发展的特点,使其能够全面、系统、客观地反映现代工业企业可持续发展的全貌。

一般说来,可持续发展问题的内容不仅局限于技术方面,同时还涉及到经济环境、社会环境、生态环境、自然环境等,更进一步地还可能涉及到区域的富裕程度和文化价值观念等区域问题。本文认为现代工业企业可持续发展,可以从经济效益、社会效益以及生态环境效应三个方面进行综合评价。即把现代工业企业投资、成本费用、从业人数和专业技术投入等成本性指标作为系统输入,将经济效益发展、社会效益发展、生态环境保护三项反映效用性的指标作为系统输出,在此基础上构建现代工业企业可持续发展评价的指标体系。

1) 经济效益发展系统。输入指标:现代工业企业从业人数、现代工业企业固定资产投资。物出指标:现代工业企业产值、现代工业企业税前利润。

2) 社会效益发展系统。输入指标:工业行业固定资产投资、现代工业企业从业人数。输出指标:企业提供就业比率(企业提供就业比率 = 现代工业企业就业人数/区域就业人数)。

3) 生态环境改善系统。输入指标:现代工业企业环保科技比率(现代工业企业科技比率 = 现代工业企业环保专业技术人员数/现代工业企业从业人数)、区域政府科技扶持政策力度(区域政府科技扶持力度 = 地区科技三项费用 + 企业挖潜改造资金/地区财政总支出)、现代工业企业人力资本投入水平(现代工业企业人力资本投入水平 = 现代工业企业人均劳动报酬/

地区就业人均劳动报酬)。输出指标:排污达标率、环境负荷比率。

## 3.2. 评价模型与方法构建

### 3.2.1. 数据包络分析(DEA)概念及优缺点

1) 基本概念。数据包络分析法(Data Envelopment Analysis, 简称 DEA)为一种生产前沿的非参数估计方法,是使用数学规划模型评价具有多个输入和多个输出的部门或单位间的相对有效性。在 DEA 方法中,每个部门或单位称为一个决策单元(Decision Making Unit, 简记为 DMU),同一评价群体中的 DMU 有相同的输入、输出指标。最初的 DEA 模型只有 C R 模型一种,后期人们对 DEA 方法又进行了丰富和发展,目前 DEA 模型已有数百种。该方法具有以下特点:对处理多输入、特别是多输出的复杂系统问题的能力具有优势方法并不直接对指标数据进行综合,因而建立模型前无须对数据进行无纲化处理,方法无需任何权重假设,每一输入输出的权重不是根据评价者的主观认定,而是由决策单元的实际数据求得最优权重,具有很强的客观性<sup>[13,14]</sup>。

2) DEA 模型的优缺点。优点主要有四个方面: a) DEA 方法可用于评价多投入、多产出的决策单位之生产(经营)绩效。DEA 方法无需指定投入产出的生产函数形态,因此可评价具有较复杂生产关系的决策单位的效率; b) 它具有单位不变性的特点,即 DEA 衡量的 DMU 的结果不受投入产出数据所选择单位的影响。只要投入、产出数据的单位是统一的,那么任何一个投入、产出数据的单位发生变化,都不会影响效率结果; c) DEA 中模型的权重由数学规划根据数据产生,不需要事前设定投入与产出的权重,因此不受人为主观因素的影响。而事前设定权重的方法,如专家评估法,容易受到人为主观因素的影响; d) DEA 可以进行目标值与实际值的比较分析、敏感度分析和效率分析。可以进一步了解决策单位资源使用的情况,以供管理者的经营决策参考。

DEA 方法的缺点在于它衡量的生产函数边界是确定性的。因此,所有随机干扰项都被看成是效率因素。同时,该方法的评价容易受到极值的影响。

### 3.2.2. 数据包络分析的基本模型

1) CCR 模式。Charnes, Cooper 及 Rhodes(CCR)

(1978), 将 Farrell 单一产出的测量, 扩展为多产出的衡量, 且将 DEA 之分数规划, 转为线性规划模式, 再配合对偶定理(Duality Theory)之应用, 使得模式得到许多具有经济意义的指标, 致使 CCR 之 DEA 方法广泛应用于实证研究<sup>[15-17]</sup>。

CCR 的 DEA 方法叙述如下: 假设有  $m$  个投入 ( $i = 1, \dots, m$ ),  $s$  个产出 ( $r = 1, \dots, s$ ), 及  $n$  个决策单位 (Decision Making Unit, DMU), 第  $j$  个 DMU 的效率值, 可由下式算出:

$$h_j^* = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad \text{s.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (1)$$

其中,  $0 < \varepsilon \leq u_i, i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s; j = 1, \dots, n$ ;  $x_{ij}$  代表第  $j$  个 DMU 在第  $i$  项之投入量;  $y_{rj}$  代表第  $j$  个 DMU 之第  $r$  项产出值;  $u_r$ 、 $v_i$  代表第  $r$  个产出项与第  $i$  个投入项之权数;  $h_j^*$  表示第  $j$  个厂商之相对效率值;  $\varepsilon$  为极小的正数(一般设定为  $10^{-6}$ )。

因此, DEA 模式, 求取第  $j$  个 DMU 效率之极大。因效率值最大值为 1, 所以限制各个 DMU 之效率 ( $h_j^*$ ) 在 0 与 1 之间。根据各个 DMU 之可行解集中, 寻找对 DMU 最有利的加权值, 尽量使该 DMU 最有利的指标 ( $h_j^*$ ) 最大, 而  $h_j^*$  之最大值为 1 表示有效率;  $h_j^*$ 、 $u_r^*$ 、 $v_i^*$  分别为产出与投入总合之权数, 由于每个 DMU 均有机会进入目标及限制函数中, 此将产生  $n$  个线性规划模式 ( $n$  个 DMU), 而所有的限制条件均相同; 因此, DEA 方法所得到的各 DMU 之效率值可互相比较, 即所得到的的是相对效率。

2) BCC 模型。投入最小化形式是:

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } \theta \\ & \text{Subject to } \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta X_0; \quad \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y_0; \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1; \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

整个模型的经济含义是: 在现有制度、结构和技术水平下, 得到目前的产出水平(观察值), 投入要素是否可以减少, 若可以(模型最优值小于 1), 则认为生产缺乏效率, 存在浪费, 亦即: 可以用比现有投入更小的投入获得当前产出, 因而生产活动处于低效率状态; 反之(模型最优值等于 1)则认为生产有效率, 现有

投入得到的产出已是最大产出。所有有效观测点形成包络就是生产前沿面。

### 3.2.3. 数据包络分析的应用步骤

1) 选择合适的决策单元(DMU)。参考集包含的 DMU 的个数并非越多越好, 虽然这样会使生产前沿面的构成曲面更加光滑, 但过多的要求会使 DMU 的评价准确度受到影响, 所以通常认为参考集元素的个数至少为输入、输出指标总数的二倍。在实践中, 选择 DMU 就是确定参考集。要求各 DMU 的投入和产出要素必须相同, 所处的外部环境应该一致。

2) 建立投入产出指标体系。建立合理的投入产出指标体系是 DEA 方法的最基本的工作, 评价指标体系要能完整系统地反映评价目标, 对对象的评价应做到客观、公正。一个指标必须来自于实际, 具有普遍性, 样才是有意义的, 才能起到鉴别评价对象优劣的作用。

3) 选择合适的 DEA 模型。一般 DEA 由 CCR 模式开始, 先假设为固定规模报酬, 求其总体效率, 然后再运用 BCC 模型, 考虑变动规模报酬, 得到纯技术效率和规模效益。DEA 模型还包括基于输入和基于输出两类模型, 如何选择要视具体情况而定。一般输入指标不易有较大变动时倾向选用基于输出的 DEA 模型; 当输出指标不易有较大变动时则倾向选用基于输入的 DEA 模型。

## 4. 结论

本文基于数据包络分析方法, 针对现代工业企业, 构建了现代工业企业的可持续发展评价指标体系及评价分析模型, 其模型可广泛应用于工业行业, 对其他相关企业和行业也有很好的借鉴意义。但需要指出的是, DEA 以能够评价部门间相对有效性为优点, 在多种领域受到追捧和广泛采用, 但也存在很多不足之处, 故本文所得结论仅供参考和借鉴。

## 参考文献 (References)

- [1] United Nations. Report of the world commission on environment and development. General Assembly Resolution 42/187, 11 December 1987.
- [2] C. Smith, G. Rees. Economic development. 2nd Edition, Basingstoke: Macmillan, 1998.
- [3] K. Ott. The case for strong sustainability. In: K. Ott, P. Thapa, Eds., Greifswald's Environmental Ethics. Greifswald: Stein-

- becker Verlag Ulrich Rose, 2003.
- [4] W. M. Adams. The future of sustainability: Re-thinking environment and development in the twenty-first century. Report of the IUCN Renowned Thinkers Meeting, 29-31 January 2006.
- [5] UCN. The future of sustainability: Re-thinking Environment and development in the twenty-first century. Report of the IUCN Renowned Thinkers Meeting, 29-31 January 2006. <http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucnfutureofsustainability.pdf>
- [6] A. M. Hasna. Dimensions of sustainability. Journal of Engineering for Sustainable Development: Energy, Environment, and Health, 2007, 2(1): 47-57.
- [7] 周志宏. 长株潭城市群旅游可持续发展进行了评价研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(26): 140-145.
- [8] 马海玲. 区域可持续发展评价指标体系的构建[J]. 商场现代化, 2012, 9: 95-96.
- [9] 戴蓉. 黔东南地区农业可持续发展评价及预测分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(32): 138-146.
- [10] 黄益强, 张稳成. 基于 AHP 法的广东省农业可持续发展评价[J]. 现代农业科技, 2012, 19(10): 308-310.
- [11] 刘志颐, 马亚圣. 基于生态足迹模型的农牧交错带生态经济系统可持续发展评价——以化德县为例[J]. 2012, 162(5): 115-118.
- [12] L. P. Zhu, et al. Energy-based sustainability assessment of Inner Mongolia. Journal of Geographical Sciences, 2012, 22(5): 843-858.
- [13] 王波, 张群. 考虑环境因素的企业 DEA 有效性分析[J]. 控制与决策, 2002, 16(1): 24-28.
- [14] 魏权龄. 评价相对有效性的 DEA 方法——运筹学的新领域[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1988.
- [15] B. Wang, Q. Zhang. The DEA effectiveness analysis of the enterprise considering environmental factors. Control and Decision, 2002, 16(1): 24-28.
- [16] A. Emrouznejad, B. R. Parker and G. Tavares. Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. Socio-Economic Planning Sciences, 2008, 42(3): 151-157.
- [17] R. Ramanathan. An introduction to data envelopment analysis: A tool for performance measurement. Thousand Oaks: Sage Publishing, 2003.