

基于 DEA 模型的建筑业环境行为效率评价研究

李晶洁, 郭昭铭

(天津商业大学 理学院, 天津 300134)

摘要:对建筑企业进行环境行为效率评价是促进我国建筑行业健康可持续发展的重要手段。根据建筑行业特点及我国现有的企业环境信用标准,构建了建筑企业环境行为评价的投入产出指标体系,将改进的数据包络分析方法模型运用到企业环境行为效率评价领域,解决了现有企业评价研究主观性突出的问题,得出建筑企业评价分析方法。在此基础上对某代表性建筑企业 2010—2017 年环境行为数据进行了评价分析。分析结果表明该企业环境行为总体效率良好,但鉴于出现了奇数年和偶数年的效率波动情况,仍需提高环境行为效率。

关键词:DEA 模型;指标体系;建筑企业;效率评价;环境信用

中图分类号:F273 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2019)10-0049-06

1 研究背景

随着我国经济的高速发展,环境污染问题日益突出,逐渐成为制约我国经济可持续发展的瓶颈。2019 年两会期间李克强总理的政府工作报告对企业践行社会责任、实现可持续发展提出了新的要求,报告中指出企业作为污染防治的主体,必须依法履行环保责任,同时报告将加强污染防治和生态建设,推动绿色发展作为 2019 年的政府工作任务。在当前我国环境污染状况日益严峻、企业缺乏完善的环境管理方法的现状下,如何对企业环境行为效率进行准确评价,进而对企业进行科学的环境管理成为我国有效治理环境污染的核心问题。

目前,我国的一些相关研究虽然已经逐渐建立起企业环境行为评价体系,但缺乏对不同行业的具体企业的研究。近年来,经过专家调查研究发现,工业部门是各类主要污染排放的源头,其中建筑业污染排放量占总排放量的较大比例。在此背景下,本文运用数据包络分析方法(DEA),建立了建筑企业环境行为效率评价模型,并选取该行业代表性企业的投入产出情况进行实证分析,有助于完善我国的企业环境行为评价体系,进而帮助环境监管部门对不同建筑企业环境行为进行有效监督管理,同时也为其他类型企业的环境行为效率评价提供了理论基础和实践依据。

本文的创新之处有两点:一是对企业环境行为效

率评价的对象具体到建筑行业,从国家标准出发,根据建筑企业的特点,研究投入与产出之间的关系,对不同建筑企业的环境行为效率进行评价研究;二是我国目前企业环境评价研究中在各因素权重的确定上以主观评价方法为主,易出现与实际生产脱节的情况,针对这一问题,本文采用了改进的数据包络分析方法,在对评价指标进行筛选量化的基础上,得出建筑企业环境行为的效率评价,进而对具体企业的评价结果进行了分析研究,在避免主观因素影响、简化算法、减少误差等方面有着重要意义。

2 文献综述

在企业规模不断扩大的背景下,如何解决日益突出的企业污染问题受到国内外学术界的关注,实证文献众多,部分学者对企业环境行为评价进行了卓有成效的研究,并取得了一定的进展。

国际上,关于企业环境行为评价系统性的研究始于 1969 年美国发布的环境影响评价条款的环境政策法案,随后更多组织也在不断探索着环境行为评价的问题,并制定了相应的评价标准,逐步形成了完善的企业环境评价体系。如国际标准化组织(ISO)提出的 ISO 14031 环境行为评价指南。我国对环境信用评价的研究起步较晚,张连华等基于 DPSIR 模型对企业环境行为评价体系进行了研究并提出了相关建议^[1];张建平等于 PSR—ANP 设计了完整的煤炭

收稿日期:2019-06-13

基金项目:天津市企业科技特派员项目(18JCTPJC67000);天津市教委科研计划项目(161082)。

作者简介:李晶洁(1985—),男,天津人,天津商业大学理学院,讲师,博士研究生,研究方向:环境信用,随机微分方程参数估计理论;郭昭铭(1998—),女,山西人,天津商业大学理学院,数学与应用数学专业本科生。

行业环境绩效审计体系^[2]。然而针对建筑行业的环境信用评价的研究很少,杨凌志等在借鉴金融企业的信用评价体系的基础上,用模糊数学的方法对建筑企业环境信用作出评价并得到简单的信用评价模型^[3];吴育萍以博弈分析理论和德尔菲法为理论基础,分析得出影响建筑企业环境行为评价体系的主要因素^[4];李晶洁等运用层次分析,定量分析和对比分析等方法,构建了建筑企业目标项目的环境评价指标体系^[5];周喜君运用了极大不相关法进行指标选取,构建了创业环境评价指标体系,并根据改进的层次分析法对山西省创业环境进行了评价^[6]。许皓分析了企业信用评价基本原则和主要影响因素,建立了企业信用评价指标体系,并将主成分分析与模糊理论引入信用评价中,构建基于 PCA/FCM 的企业信用评价模型^[7]。

在研究方法上,DEA 方法是由美国著名运筹学家 CHARNES 和 COOPER 于 1978 年创建的一种新统计分析方法。目前,该方法较活跃的应用领域是对效率和效益方面的研究。魏权龄等应用 DEA 方法对中国纺织工业系统内的 177 个大中型棉纺织企业的经济效益进行了评价^[8];马占新分析了数据包络分析在应用方面的研究进展,并提出了 DEA 方法在研究中值得关注的几个问题^[9];张琰明等基于 DEA 方法,构建了适合家电制造企业的决策模型^[10];史玉莹等基于 DEA 模型,利用 Malmquist 方法研究了 2006—2016 年间不同注册类型建筑企业生产效率^[11];郭子雪等基于 DEA 模型对京津冀区域物流效率进行了评价研究,并根据实证结果对其提出了相关建议对策^[12];许士林等基于 DEA 模型对中国 2012 年—2016 年对水效率进行了评价^[13]。

从现有文献来看,企业环境行为评价研究方法是多样的,但大多是定性分析,指标的选取和权重的分配具有很大的模糊性和人为主观性,可衡量的指标不易被量化。在上述研究基础上,本文创新的应用改进的 DEA 模型,根据建筑行业特点,构建企业环境行为效率评价指标体系,并依据具体企业数据进行了实证分析总结。

3 研究方法和指标体系

3.1 DEA 模型的构建

DEA 是多种学科研究的一个新领域,同时也是相对效率评价的一种方法,根据多指标投入及多指标产出对同类型的单位或企业进行相对有效性或效益评价。 C^2R 模型是 DEA 中最基本的模型,该模型的主要功能是评价决策单元的“技术有效”及“规模有

效”。由于本文评价的是企业的环境行为,侧重于多投入、多产出的环境系统评价,而根据 C^2R 模型的对偶规划与生产可能相联系来判断 DMU 是否有效,是具有经济意义。

构建 DEA 模型需要假设具有可比性的 n 个部门或单位为决策单元,每个决策单元都有表示对资源耗费的 m 种投入和成效的 s 种类型的产出。然后对每一个效率评价指标赋予一定的权重,如投入指标的权重向量为 v_i ,产出指标的权重向量为 μ_i ,表 1 为各决策单元的输入输出数据:

表 1 决策单元的投入和产出数据

投入量 权重	投入	决策单元(1,2,j,...,n)	产出	产出量 权重
v_1	1	$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1j}, \dots, x_{1n}$		
v_2	2	$x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2j}, \dots, x_{2n}$		
...	...	...		
v_r	r	$x_{r1}, x_{r2}, \dots, x_{rj}, \dots, x_{rn}$		
		$y_{11}, y_{12}, \dots, y_{1j}, \dots, y_{1n}$	1	μ_1
		$y_{21}, y_{22}, \dots, y_{2j}, \dots, y_{2n}$	2	μ_2
		...	...	...
		$y_{s1}, y_{s2}, \dots, y_{sj}, \dots, y_{sn}$	s	μ_s

表 1 中 x_{rj}, y_{sj} 为已知的投入和产出数据, v_r 和 μ_s 投入产出相对应的权重值, $v = (v_1, v_2, \dots, v_r)^T \geq 0, v \neq 0, \mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s)^T \geq 0, \mu \neq 0$, 记 $x_0 = x_{j_0}, y_0 = y_{j_0}$ 为对应目标的投入产出值, $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{rj})^T, y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$ 为投入和产出对应的向量。

此时,化为一个具有投入和产出的场合,如表 2 所示。

表 2 投入和产出场合

1	2	...	j_0	...	n
$v^T x_1$	$v^T x_2$	...	$v^T x_{j_0}$	...	$v^T x_n$
$\mu^T y_1$	$\mu^T y_2$	...	$\mu^T y_{j_0}$	...	$\mu^T y_n$

第 j 个单位的综合效率评价指标定义为,表达如下:

$$h_j = \frac{\mu^T y_j}{v^T x_j} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中 $x_j > 0, \mu \geq 0, v \neq 0, v^T x_j > 0$ 。

由式(1)可知,对于这 n 个决策单元的任何一一个,总能选取合适的权系数 v 和 u ,使得其满足 $h_j \leq 1, j = 1, 2, \dots, n$ 。现在对第 j_0 个决策单元进行绩效评价,以构成如下的 C^2R 模型:

$$\begin{cases} \max h_{j_0} = \frac{\mu^T y_0}{v^T x_0} \\ s. t. \frac{\mu^T y_j}{v^T x_j} \leq 1 \\ \mu \geq 0, v \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

使用 Charnes-Cooper 变换为等价的线性规划:

$$\begin{cases} \max u^T y_0, \\ \omega^T x_j - \mu^T y_j \geq 0, \\ \omega^T x_0 = 1, \\ \omega \geq 0, \mu \geq 0, \omega, \mu \neq 0 \end{cases} \quad (3)$$

其对偶规划模型为:

$$\begin{cases} \min \theta, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq \theta x_0, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \geq y_0, \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中 θ 为该决策单元的有效值,即投入相对于产出是否有效利用, λ_j 为组合比例,由线性规划对偶理论中的“松紧定理”,引入松弛变量

$\begin{cases} S^+ = (S1, S2, \dots, Sm) \\ S^- = (S1p, S2p, \dots, Snp) \end{cases}$ 后,求解对偶规划得到:

$$\begin{cases} \min \theta, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + S^- = \theta x_0, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - S^+ = y_0, \\ \lambda_j \geq 0, S^-, S^+ \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \end{cases} \quad (5)$$

若直接通过式(4)或式(5)判断决策单元的相对有效性是不容易的,为了降低求解难度。引入非阿基米德无穷小变量 ϵ , $\forall \epsilon > 0$ 且小于任何正数,得到修正的线性规划模型:

$$\begin{cases} \min [\theta - \epsilon(e^T S^- + e^T S^+)] \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + S^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - S^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0, S^-, S^+ \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \end{cases} \quad (6)$$

由于本文将 DEA 模型应用到环境行为效率评价领域,因此区别于一般的效率评价分析,当企业投入成本较少,废弃物排放较少的情况下,反映出企业具有较好的环境行为效率,故我们对模型进行修正,取产出指标的倒数,得到实际可以运用的模型:

$$\begin{cases} \min [\theta - \epsilon(e^T S^- + e^T S^+)] \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + S^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j \frac{1}{y_j} - S^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0, S^-, S^+ \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \end{cases} \quad (7)$$

3.2 DEA 模型评价分析

假设式(7)的最优解为 $\lambda^*, S^{*-}, S^{*+}, \theta^*$, 则依据以下的定理可以判断建筑企业环境行为是否 DEA 有效:

1)第 j 家公司为 DEA 有效,充要条件是 $\theta^* = 1, S^{*+} = 0, S^{*-} = 0$, 说明 DMU 中投入 x 时,得到最大产出 y , 则此时该企业的环境行为已达到最优水平,资源得到有效利用且废弃物排放达标。

2)第 j 家公司为弱 DEA 有效,充要条件是 $\theta^* = 1, S^{*+}, S^{*-} \neq 0$, 说明减少现有的投入也能够得到相同的产出,则此时存在资源浪费的现象,或者污染物的排放不达标,这可能是由于企业管理不到位出现的问题,需要继续改进。

3)第 j 家公司为 DEA 无效,充要条件是 $\theta^* < 1$, 说明在环境行为评价中,企业的环境行为是最差的,还需加强管理。

3.3 指标体系的构建

根据建筑行业特点和国家环境保护总局发布的《企业环境信用评价办法(试行)》,本文构建了如表 3 所示的建筑企业环境行为效率评价指标体系:

表 3 投入产出指标体系

投入指标	原材料	水泥综合能耗
	能源	煤炭、电力、天然气
	水资源	单位产值新鲜水耗
	资金	环保资金投入
产出指标	废气	化学需氧量排放、二氧化硫排放、氮氧化物排放
	固体废物	污泥、危险固体废弃物、自由固体废物
	其他	城市垃圾

4 实证分析

4.1 企业简介及数据来源

中国建材集团有限公司(简称中国建材集团)是经国务院批准,由中国建筑材料集团有限公司与中国中材集团有限公司重组而成的中央企业。中国建材集团集科研、制造、流通为一体,是全球最大的建材制造商和世界领先的综合服务商,连续八年荣登《财富》世界五百强企业榜单。资产总额近 6 000 亿元,员工

总数 25 万人,年营业收入超过 3 000 亿元,是建筑行业具有代表性的大型企业。

本文数据来源于中国建材集团有限公司 2010—2017 年的企业责任报告书内容,原始数据如表 4、表 5。

表 4 中国建材集团有限公司历年投入指标

年份		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
原材料	水泥综合能耗	76.73	61.33	62.06	63.53	64.45	66.55	74.04	72.91
能源	煤炭	3 019.43	2 890.67	2 548.54	2 467.51	2 349.45	2 463.42	2 213.51	2 098.83
	电力	3 482 644	3 346 105	2 983 651	2 579 457	2 567 326	2 518 922	2 461 283	2 273 402
	天然气	36 095.1	34 123.7	30 971.3	28 379.6	28 532.6	25 613.7	24 375.5	24 789.1
水资源	新鲜水耗	5.1	5.5	5	8	6.2	7.2	6.2	7.1
资金	环保资金投入	8.4	7.2	10.8	14.5	17.8	19.3	19.8	23.6

表 5 中国建材集团有限公司历年产出指标

年份		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
废气	化学需氧量排放(千克/万元)	0.12	0.12	0.78	0.89	0.76	0.69	0.7	0.65
	二氧化硫排放(千克/万元)	2.33	1.6	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.03
	氮氧化物排放量	1.45	0.92	0.97	0.88	0.85	0.79	0.81	0.76
固体废物	污泥	10.32	10.98	9.74	9.66	9.03	9.58	8.43	8.76
	危险固体废弃物	101.91	98.77	100.95	97.66	94.67	91.24	90.62	92.41
	自由固体废弃物	99.17	97.07	97.81	94.34	93.17	93.78	92.71	89.06
	总	211.4	206.82	208.5	201.66	196.87	194.6	191.76	190.23
其他	城市垃圾	8.23	8.17	8.66	7.65	8.02	8.14	7.93	7.45

4.2 模型求解

本文假设企业责任报告书披露的环境情况为决策单元,采用 lingo 软件进行求解。其中 y 为决策单元的有效值,组合比例为 $j=1,2,3,4$, S^+ 、 S^- 为松弛

变量 $S^+ = (S1, S2, S3, S4, S5, S6)^T$, $S^- = (S1p, S2p, S3p, S4p, S5p)^T$, 取 $\epsilon = 0.000001$, 以中国建材集团有限公司 2013 年环境信息数据为例,投入产出有效性评价模型如下:

$$\begin{aligned}
 \min &= \theta - 0.000001 * (S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S1p + S2p + S3p + S4p + S5p); \\
 &76.73 * \lambda_1 + 61.33 * \lambda_2 + 62.06 * \lambda_3 + 63.53 * \lambda_4 + 64.45 * \lambda_5 + 66.55 * \lambda_6 + 74.04 * \lambda_7 + \\
 &72.91 * \lambda_8 + S1 = 63.53 * \theta; \\
 &3019.43 * \lambda_1 + 2890.67 * \lambda_2 + 2548.54 * \lambda_3 + 2467.51 * \lambda_4 + 2349.45 * \lambda_5 + 2463.42 * \lambda_6 + \\
 &2213.51 * \lambda_7 + 2098.83 * \lambda_8 + S2 = 2467.51 * \theta; \\
 &3482644 * \lambda_1 + 3346105 * \lambda_2 + 2983651 * \lambda_3 + 2579457 * \lambda_4 + 2567326 * \lambda_5 + 2518922 * \lambda_6 + \\
 &2461283 * \lambda_7 + 2273402 * \lambda_8 + S3 = 2579457 * \theta; \\
 &36095.1 * \lambda_1 + 34123.7 * \lambda_2 + 30971.3 * \lambda_3 + 28379.6 * \lambda_4 + 28532.6 * \lambda_5 + 25613.7 * \lambda_6 + \\
 &24375.5 * \lambda_7 + 24789.1 * \lambda_8 + S4 = 28379.6 * \theta; \\
 &5.1 * \lambda_1 + 5.5 * \lambda_2 + 5 * \lambda_3 + 8 * \lambda_4 + 6.2 * \lambda_5 + 7.2 * \lambda_6 + 6.2 * \lambda_7 + 7.1 * \lambda_8 + S5 = 8 * \theta; \\
 &8.4 * \lambda_1 + 7.2 * \lambda_2 + 10.8 * \lambda_3 + 14.5 * \lambda_4 + 17.8 * \lambda_5 + 19.3 * \lambda_6 + 19.8 * \lambda_7 + 23.6 * \lambda_8 + S6 = 14.5 * \theta; \\
 &1/0.12 * \lambda_1 + 1/0.12 * \lambda_2 + 1/0.78 * \lambda_3 + 1/0.89 * \lambda_4 + 1/0.76 * \lambda_5 + 1/0.69 * \lambda_6 + 1/0.7 * \lambda_7 + \\
 &1/0.65 * \lambda_8 - S1p = 1/0.89; \\
 &1/2.33 * \lambda_1 + 1/1.6 * \lambda_2 + 1/0.07 * \lambda_3 + 1/0.07 * \lambda_4 + 1/0.06 * \lambda_5 + 1/0.06 * \lambda_6 + 1/0.05 * \lambda_7 + \\
 &1/0.03 * \lambda_8 - S2p = 1/0.07; \\
 &1/1.45 * \lambda_1 + 1/0.92 * \lambda_2 + 1/0.97 * \lambda_3 + 1/0.88 * \lambda_4 + 1/0.85 * \lambda_5 + 1/0.79 * \lambda_6 + 1/0.81 * \lambda_7 + \\
 &1/0.76 * \lambda_8 - S3p = 1/0.88; \\
 &1/211.4 * \lambda_1 + 1/206.82 * \lambda_2 + 1/208.5 * \lambda_3 + 1/201.66 * \lambda_4 + 1/196.87 * \lambda_5 + 1/194.6 * \lambda_6 + \\
 &1/191.76 * \lambda_7 + 1/190.23 * \lambda_8 - S4p = 1/201.66; \\
 &1/8.23 * \lambda_1 + 1/8.17 * \lambda_2 + 1/8.66 * \lambda_3 + 1/7.65 * \lambda_4 + 1/8.02 * \lambda_5 + 1/8.14 * \lambda_6 + 1/7.93 * \lambda_7 + \\
 &1/7.45 * \lambda_8 - S5p = 1/7.65;
 \end{aligned}$$

运用 lingo 软件计算出模型的求解结果如表 6 所示:

表 6 模型计算结果

年份 变量	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
θ	1.000 000	1.000 000	0.952 287	1.000 000	0.894 726	1.000 000	0.970 376	1.000 000
S1	0.000 000	0.000 000	32.419 89	0.000 000	8.099 574	0.000 000	18.203 26	0.000 000
S2	0.000 000	0.750 000	150.064 3	0.000 000	265.287 3	0.000 000	0.000 091	0.000 000
S3	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	3.996 722	0.000 000	3.322 087	0.000 000
S4	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	7.427 893	0.000 000	0.280 327	0.000 000
S5	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000
S6	0.000 000	0.000 000	0.000 007	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000
S1p	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.121 269	0.000 000	0.000 180	0.000 000
S2p	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000
S3p	0.000 000	0.000 000	0.632 392	0.000 000	0.749 569	0.000 000	0.000 004	0.000 000
S4p	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000
S5p	0.000 000	5.759 96	0.376 233	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.008 759	0.000 000

4.3 项目评分结果汇总与分析

从表 6 可看出,中国建材集团有限公司 2010、2013、2015、2017 年的 $\theta=1$, S+, S- 为 0, 这几年的 DUM 为 DEA 有效,说明该企业的环境行为达到最优,即在尽量降低资源成本的情况下,废弃物的排放量也极大降低;2011 年的 $\theta=1$, S-, S+ 不为 0, 这一年的 DMU 为弱 DEA 有效,即 DMU 减少现有的投入也能够得到相同产出,在环境行为效率评价中,说明环境行为没有达到最优,可能存在浪费的现象,或者是由于企业管理不到位出现等原因,废弃物排放没有达到标准;2012、2014、2016 年的 $\theta<1$, 这几年的 DMU 为 DEA 无效,说明在环境行为评价中,企业的环境效率是最低的,投入的资源没有被充分利用,废气废水没有合理排放,需制定相关制度并采取措施提高环境行为效率。

5 研究结论

本文通过研究建筑业环境信用评价标准,初步建立起可客观反映建筑企业环境行为的环境信用评价体系,并选取该行业代表性企业——中国建材集团有限公司根据企业的投入产出情况,基于 DEA 方法对其环境行为进行了实证检验,得到以下结论:

企业在 2010、2013、2015、2017 年环境行为都达到效率最优,说明以上年份企业的投入成本及废弃物的排放均达到最优,较 2010 年,2011、2012 年环境行为效率逐年降低,从原始数据可以看出,随着企业生产规模的扩大,投入原材料较多,存在资源浪费现象且废弃物排放也在增加,2013 年企业环境行为效率又达到最优,说明企业在提高生产规模的同时也在不

断提高其生产效率,注重企业内部管理,且采用了先进的环保技术,减少了废弃物的排放量。整体上看,该企业的环境行为效率大致呈逐年交错状态,奇数年份环境行为效率较高,而偶数年份环境行为效率则差一些,说明当企业环境行为效率较好时,有疏忽对内部管理的倾向,放松了对环保技术的应用和生产效率的提高,由此表明企业存在监管力度松紧不一致、扩大生产规模而疏忽环境管理、经济效益与环境责任不能实时兼顾等问题,导致企业环境行为效率发生波动性现象。

总体上,该企业环境行为效率良好,企业在提高其生产规模的同时也注重自身环境行为的管理,但仍有些年份企业环境行为评价结果较差,应在原有的基础上不断改进完善,实现企业效益与社会责任的同步提升。本研究为建筑企业环境行为效率评价提供了理论基础和实践依据,有助于完善我国的建筑业企业环境行为评价体系建设。

参考文献

- [1] 张连华,王文波,邓泽辉,等. 基于 DPSIR 模型的企业环境行为评价体系研究[J]. 安全与环境学报,2018,18(1):342—348.
- [2] 张建平,冯舒祺. 基于 PSR-ANP 的煤炭企业环境绩效审计指标体系构建[J]. 会计之友,2019(3):131—135.
- [3] 杨凌志,张春霞,李淑华. 建筑企业信用评价模型研究[J]. 低温建筑技术,2009,31(8):127—129.
- [4] 吴育萍. 建筑企业信用评价及管理制度构建[D]. 杭州:浙江大学,2009.
- [5] 李晶洁,邵洁,孙丁川,等. 建筑行业环境信用评价等级研究[J]. 科技和产业,2017,17(12):7—12.

- [6] 周喜君,郭丕斌. 山西省创业环境评价——基于改进的层次分析法[J]. 技术经济, 2012, 3(2): 108—112.
- [7] 许皓,吴登生,谢阳群. 基于 PCA/FCM 的企业信用评价研究[J]. 技术经济, 2007(3): 1—5.
- [8] 魏权龄,卢刚,蒋一清,等. DEA 方法在企业经济效益评价中的应用[J]. 统计研究, 1990(2): 59—62.
- [9] 马占新. 数据包络分析方法的研究进展[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(3): 42—46.
- [10] 张琰明,卢静,袁龙霞. 基于 DEA 模型构建企业环境绩效评价指标体系[J]. 商业会计, 2014(18): 36—37.
- [11] 史玉莹,林昕,谈飞. 基于 DEA 的各注册类型建筑企业效率研究[J]. 武汉理工大学学报: 信息与管理工程版, 2018, 40(6): 639—643.
- [12] 郭子雪,张雅辉,黄新. 基于 DEA 模型的京津冀区域物流效率评价研究[J]. 数学的实践与认识, 2018, 48(24): 41—50.
- [13] 许士林,朱磊,张先杰,等. 基于 DEA 模型对中国用水效率的综合评价[J]. 齐齐哈尔大学学报: 自然科学版, 2019, 35(2): 78—81, 86.

Research on Environmental Behavior Efficiency Evaluation of Construction Industry Based on DEA Model

LI Jing-jie, GUO Zhao-ming

(School of Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

Abstract: Evaluating the efficiency of environmental behavior of construction enterprises is an important means to promote the healthy and sustainable development of China's construction industry. According to the characteristics of the construction industry and the existing environmental credit standards of enterprises in China, the input—output index system of environmental behavior evaluation of construction enterprises is constructed. The improved DEA model is innovatively applied to the field of environmental behavior efficiency evaluation of enterprises, which solves the outstanding subjectivity of existing enterprise evaluation research, and obtains the evaluation and analysis method of construction enterprises. On this basis, the environmental behavior datas of representative construction enterprises from 2010 to 2017 is evaluated and analyzed. The results show that the overall efficiency of environmental behavior is good, but in view of the fluctuation of efficiency in odd and even years, it is still necessary to improve the efficiency of environmental behavior.

Key words: DEA model; index system; construction enterprise; efficiency evaluation; environmental credit