

基于 DEA 的重庆建筑安全事故管理绩效分析

郑小晴,程文萍,吴美存

(重庆大学 建设管理与房地产学院,重庆 400045)

摘要:基于数据包络分析 DEA 的安全事故管理评价方法,不仅不需要事先设定评价指标权重,而且能够对投入冗余及产出不足进行定量分析。运用 DEA 模型对重庆直辖以来建筑业安全事故绩效进行评价分析,得出:重庆建筑业安全事故输入冗余量中事故发生起数的冗余度不高而死亡人数的冗余度相对较高,由此判断重庆建筑安全事故管理绩效有待提高。通过研究给出了建筑安全事故管理绩效一种定量评价方法,为评价建筑业安全事故绩效提供了新的方法和思路。

关键词:DEA;建筑业;安全事故管理绩效;有效性

中图分类号:TU714

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2013)05-0006-04

一、研究现状

自重庆 1997 年直辖市以来,重庆的经济实现了快速增长。2011 年,重庆实现地区生产总值(GDP)10 011.13 亿元,其中完成建筑业总产值 3 320.19 亿元,建筑业占地区生产总值的 33.16%。建筑业作为重庆经济的支柱产业之一,在重庆经济发展中发挥了重要作用,而建筑业和其他行业相比,事故率居高而且事故产生后果严重,是除矿业之外的第二高风险行业,建筑安全生产形势依然不容乐观。与其他产业相比,建筑安全管理水平相对较低,因此,如何提高安全事故绩效管理尤为重要。文章取重庆市直辖以来建筑业相关数据运用 DEA 模型对建筑安全事故管理绩效进行分析。

在安全事故管理中,中国对地区安全事故管理绩效的评价主要采用多指标控制体系^[1]。国家安全生产监督管理局制定了分省区的控制指标:各类事故死亡人数、亿元国内生产总值死亡率、10 万人死亡率、工矿企业死亡人数、工矿企业 10 万人死亡率、煤矿企业死亡人数、煤矿企业百万吨死亡率^[2]。笔者认为对于建筑业安全管理有效性的评价不仅需要宏观的定性评价,更需要科学的定量评价,定量分析能合理地量化安全投入、产出及功能分析等安全评价因素,进行该领域的有效性分析。但由于建筑安全投入和产出因素在货币量化方面存在较大的困难,利用建筑业安全管理投入产出分析来评价建筑安全管理有效性具有不可跨越的障碍。目前使用比较多的建筑安全事故管理绩效评价方法有《建筑施工安全检查标准》(JGJ59.2011)评价法、层次分析法、模糊评价法等,

收稿日期:2013-06-13

作者简介:郑小晴(1962-),男,重庆大学建设管理与房地产学院副教授,博士,主要从事区域经济、项目管理研究,(E-mail)xqzheng@163.com。

其中《建筑施工安全检查标准》评价法和层次分析法受评价者主观偏好的影响大,无法得出有效的评价,模糊评价法虽然将专家的感性认识进行了量化处理,但计算复杂且对指标权重向量的确定主观性较强。针对建筑业安全事故管理绩效多输入-多输出情况下的综合评价方法,运用 DEA 模型能发挥不受评价者主观偏好和无需事先确定评价指标权重的绝对优势。从国内目前相关研究文献看,只有少量文献采用数据包络分析(DEA)方法对建筑业安全事故有效性进行评价,而且研究所采用的数据基本以固定年份(一年)为主,不能及时反映建筑业在发展中安全事故管理绩效整体变化状况。文章采用 DEA 模型对重庆市 1998-2010 年直辖以来的这 13 年建筑业安全事故管理进行有效性评价,以期对重庆建筑业安全事故管理者提供参考。

二、研究方法

数据包络分析(DEI, Data Envelopment Analysis)由 A. Charnes、W. Cooper 等^[3]提出,该方法的原理主要是通过保持决策单元(DMU, Decision Making Units)的输入或者输入不变,借助数学规划和统计数据确定相对有效的生产前沿面,将各个决策单元投影到 DEA 的生产前沿面上,并通过比较决策单元偏离 DEA 前沿面的程度来评价其相对有效性。该模型可分为输入导向型和产出导向型两类。输入导向型是指在输出不变的情况下尽可能减少输入以提高效率,输出导向型是指在各输入量不变的情况下增加输出的效率评价。对于建筑业安全事故管理绩效而言,减少事故发生起数和事故死亡人数是安全事故管理绩效的明确目标,因此,文章研究将采用输入导向型的 BCC 模型。

假设有 n 个决策单元 DMU, 每个决策单元有相同 m 种类型输入和 s 种类型输出, 分别用输入变量 X_j 和输出变量 Y_j 表示。 $X_{ij}(i=1,2,\dots,m)$ 表示第 j 个决策单元的第 i 个的输出变量, $Y_{rj}(r=1,2,\dots,s)$ 表示第 j 个决策单元的第 r 个的输出变量。设评价的决策单元为 DMU_{j_0} , 则基于输入导向型具有非阿基米德无穷小量 ε 的 CCR 模型表示如下:

$$\begin{cases} \min[\theta - \varepsilon(\sum_{j=1}^m s^- + \sum_{j=1}^r s^+)] = v_d(\varepsilon) \\ s. t. \\ \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - s^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0 \\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中, θ 为决策单元的相对有效值, 松弛变量 s^+ , 剩余变量 s^- 。

CCR 模型是在规模报酬不变的情况下对输入指标和输出指标进行分析计算相对效率值, 这并不符合规模报酬可变的实际情况, 因此在式(1)中, 加入凸性约束条件 ($\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0$) 则可转变为 BCC 模型。将 CCR 模型中的技术效率(TE, Technical Efficiency)分解为纯技术效率(PTE, Pure Technical Efficiency)和规模效率(SE, Scale Efficiency), 并有 $TE = PTE \times SE$, 这样能更加准确的反映决策单元的经营管理水平。其中, 技术效率是指实现投入一定下输出最大或者输出一定下输入最小的能力; 规模效率表示与规模有效点相比规模经济性的发挥程度; 纯技术效率指的是剔除规模因素的效率^[4]。基于输入导向的 BCC 模型的经济含义是在保持产出 y_0 不变的前提下, 将输入 x_0 的各个分量按同一比例 $\theta(\theta \leq 1)$ 减少, 如果 $\theta < 1$, 则表明决策单元可以用比 DMU_{j_0} 更少的输入获得相同的输出, 这说明 DMU_{j_0} 并不是有效的生产活动^[5]。

因此, DEA 有效性有如下定义: 当 $\theta = 1$, 且 $s^+ = s^- = 0$, 则决策单元 j_0 为 DEA 有效, 决策单元的生产活动同时为技术有效和规模有效; 当 $\theta = 1$ 且 $s^+ \neq 0$ 或 $s^- \neq 0$, 则决策单元 j_0 为弱 DEA 有效, 决策单元的生产活动非同时为技术效率最佳和规模最佳; 当 $\theta < 1$, 决策单元 j_0 不是 DEA 有效, 生产活动既不是技术效率最佳, 也不是规模最佳。

三、变量选取和数据来源

(一) 输入输出指标的选取

建筑业安全生产是建筑业发展的永恒主题, 由于安全投入和产出因素货币量化存在一定的困难, 利用工程建设安全管理投入产出分析评价安全管理的有效性有时具有不可逾越的障碍^[6]。以中华人民共和国住房和城乡建设部公布的房屋市政工程生产安全事故情况通报中 4 个生产安全控制指标作为原始输入数据, 即全部安全事故起数、全部安全事故死亡人数、较大及以上事故发生起数、较大及以上事故死亡人数。鉴于较大及以上事故发生起数和较大及以上事故死亡人数在统计年鉴中无法获得, 文章取建筑业安全生产过程中每年事故发生起数和事故死亡人数作为输入指标。重庆市建筑施工安全事故发生起数和死亡人数 1998-2010 年情况如图 1。而在选择输出指标时, 考虑到建筑业增加值和房屋建筑竣工面积是衡量一个地区建筑业发展规模的重要指标, 建筑业规模和房屋竣工面积越大, 安全生产管理所涉及的范围越大, 发生建筑安全事故的风险和概率越大。因此, 将重庆市建筑业增加值和房屋建筑竣工面积作为输出指标。

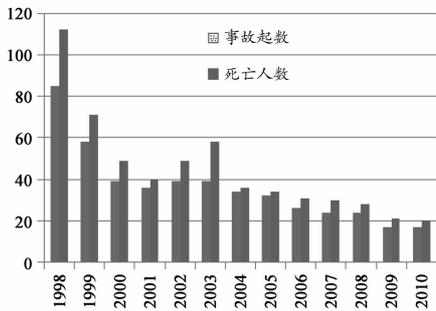


图1 1998—2010年重庆市建筑施工安全事故起数和死亡人数

利用DEA中的BCC模型,将重庆直辖以来的13个年度按时间序列进行相对效率计算,将每一年份作为一个决策单元(DMU)进行评价,该样本容量(13)大于输入和输出指标之积的2倍($2 \times 2 \times 2 = 8$),可以认为该DEA评价结果具有合理的区

分度。

(二)数据来源

结合输入输出指标的选取,研究数据范围为重庆直辖后1998—2010的数据。输入数据来源于中华人民共和国住房和城乡建设部和中国建筑业年鉴,输出数据来源于重庆市统计局网站上公布的统计年鉴中建筑业部分。

四、实证分析

(一)模型求解

利用DEAP2.1软件,运用输入导向型的BCC模型,得到重庆市1998—2010年历年建筑业安全管理的技术效率(TE)、纯技术效率(PTE)、规模效率(SE)和输入冗余量(s^-)、输出不足量(s^+),计算结果如表1。

表1 重庆市1998—2010年建筑业安全事故管理绩效相对有效性结果

年份	θ (TE)	PTE	SE	规模报酬	输入冗余量 s^-		产出不足量 s^+	
					事故起数	死亡人数	建筑业增加值	竣工面积
1998	0.086	0.200	0.428	irs	0	2.400	3 716 591	5 454.98
1999	0.105	0.293	0.359	irs	0	0.810	5 628 813	5 317.18
2000	0.162	0.436	0.372	irs	0	1.359	5 554 658	5 208.28
2001	0.262	0.500	0.524	irs	1	0	5 291 520	3 950.62
2002	0.248	0.436	0.568	irs	0	1.359	5 146 729	3 580.94
2003	0.260	0.436	0.596	irs	0	5.282	5 212 614	3 352.38
2004	0.346	0.556	0.623	irs	1.889	0	4 979 979	3 124.35
2005	0.366	0.588	0.622	irs	1.824	0	4 783 691	3 136.82
2006	0.419	0.654	0.640	irs	0	0.269	4 553 967	2 982.73
2007	0.491	0.708	0.694	irs	0	1.250	4 160 939	2 541.35
2008	0.559	0.714	0.782	irs	0.143	0	1 649 789	1 806.70
2009	0.901	1.000	0.901	irs	0	1	1 439 679	818.84
2010	1.000	1.000	1.000	—	0	0	0	0

注:irs表示规模报酬递增,—表示规模报酬不变。建筑业增加值单位:万元,竣工面积单位:万平方米。

(二)评价结果分析

(1)根据计算建筑安全事故管理绩效 θ 值的大小绘制 θ 柱形图,如图2。在13年 θ 值相对比较中,2010年的建筑安全事故管理综合技术效率 $\theta=1$ 且 $s^+ = s^- = 0$,达到DEA相对有效状态,2009年 θ 值达到了0.901,可见重庆直辖以来建筑安全事故管理绩效提高速度明显,在2010年达到峰值;但历年建筑业安全事故管理绩效 θ 的平均值只有0.4,数值较低,说明重庆市历年的建筑业安全事故绩效整体数值不高;纯技术效率(PTE)均值为0.579,规模效率(SE)均值为0.624,数值较高,说明在不断改进建筑安全管理方法的基础上安全状况有所改善。另外,历年规模报酬状态处于递增,说明建筑业规模在不断变大的重庆市建筑业安全事故管理纯技术效率和规模效率方面存在上升空间,即重庆市的整体安全事故管理绩效水平改善潜力大。

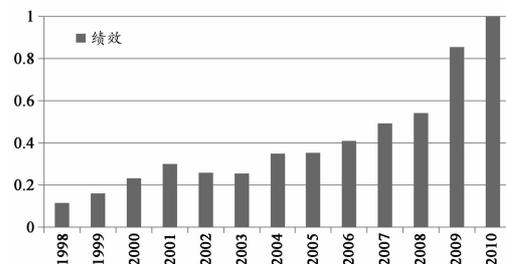


图2 重庆市1998—2010年建筑安全事故管理绩效水平

(2)对于非DEA有效的年份,先分析输入冗余量(s^-):其事故起数发生的冗余度不高,在13年份仅有4个年份(2001年、2004年、2005年和2008年)存在冗余度,分别是1、1.889、1.82、0.143,表明重庆市建筑业事故发生起数得到了有效控制;而在建筑安全事故死亡人数方面,12个非DEA有效的年份中,有8个年份存在冗余量,冗余度相对较高且冗余值比较大的年份有1998年、2000年、2002年、2003

年和 2007 年,分别达到 2.4、1.359、1.359、5.282 和 1.25,这表明重庆市建筑业事故死亡人数相对偏高,在今后的管理工作中要重点采取有效措施减少建筑安全事故死亡人数。分析产出不足量(s^+),除 2010 年处于 DEA 有效单元,不存在产出不足,其他年份建筑业增加值和房屋竣工面积都存在一定的产出不足。表明这些年份建筑业在发展的过程中,未能最大限度提高输出,降低建筑业安全事故风险和概率。

五、结论

建筑业安全事故绩效评价问题是一个多输入、多输出的复杂系统。笔者尝试利用输入导向型的 BCC 模型给出了评价同一地区不同时期的安全事故管理绩效定量评价方法,为评价建筑业安全事故绩效提供新的方法和思路。通过对重庆市 1998—2010 年建筑业安全事故管理绩效进行相对有效性评价,得出以下结论:(1)重庆市历年的建筑业安全事故管理绩效水平提高速度较快;(2)事故发生起数的冗余度不高而死亡人数的冗余度相对较高,说明重庆建筑安全管理上取得了一定的成绩,但面临的安全管理压力依然很大;(3)通过不同年份的相对比较可以给管理者提供相应的决策依据和激励、惩罚措施。

考虑到衡量建筑业安全事故绩效的某些指标并未全部引入分析体系中,所以对分析的结果可能会造成一定的影响,这也是需要进一步探讨的问题。

参考文献:

- [1]何学秋,等.安全工程学[M].徐州:中国矿业大学出版社,2002.
- [2]魏玖长,赵定涛.现代工业工程与管理研讨会(MIEM'2006)会议论文集[C].马鞍山,2006:109-112.
- [3]Charnes. A, W. Cooper, Rhodes. E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978(2):429-444.
- [4]蒋萍,王勇.全口径中国文化产业投入产出效率研究—基于三阶段 DEA 模型和超效率 DEA 模型的分析[J].数量经济技术经济研究,2011(12):69-81.
- [5]马立杰. DEA 理论及应用研究[D].济南:山东大学,2007.
- [6]王运波.基于数据包络法的工程建设安全管理有效性研究[D].天津:天津大学,2006:4-6.

On the safety accident management performance in Chongqing based on DEA

ZHENG Xiaoqing, CHENG Wenping, WU Meicun

(School of Construction Management and Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: The DEA safety accident management evaluation method need no prior stating of evaluation indexes weight and it can perform a quantitative analysis for input redundancy and output deficiency. We applied DEA model in the relative evaluation analysis of construction safety performance in Chongqing. The result shows that the redundancy of death number is comparatively higher than the redundancy of construction accident number. Therefore, the construction safety accident management performance of Chongqing needs to be improved. We proposed a quantitative evaluation method to measure the construction safety accident management performance and provided a new process and idea to evaluate the safety performance.

Keywords: DEA; construction industry; safety accident management performance; efficiency

(编辑 梁远华)