

# 基于 DEA 分析的辽宁省建筑业生产效率评价研究

任家强,张志豪,楚国威

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168)

**摘要:**采用辽宁省2015年的面板数据,运用DEA分析法的C<sup>2</sup>R模型和BC<sup>2</sup>模型,从综合效率、技术效率以及规模效率3个方面对辽宁省14个城市建筑业效率进行了分析评价。结果显示:抚顺、本溪、阜新3个城市存在产出不足情况;抚顺、本溪、锦州等7个城市存在投入冗余情况,特别是建筑业从业人数投入冗余尤为严重。指出要合理减少DEA无效的城市从业人数和总资产投入并提高投入资源的利用效率,以提高辽宁省建筑业整体生产效率,促进辽宁省建筑业健康发展。

**关键词:**建筑业;DEA;综合效率;技术效率;规模效率

**中图分类号:**TU-9;F406

**文献标志码:**A

在辽宁省的生产总值构成中,建筑业一直处于较高的地位。2000—2013年,建筑业产值保持年平均18.72%的增速,达到8629.19亿元。虽然自2013年有所下滑,但在2015年,全省建筑业仍有5413.76亿元的总产值,占全省生产总值的18.88%,建筑业依旧是辽宁经济的重要支柱产业。而建筑业生产效率是决定其发展的重要因素,在与全国其他地区省份及直辖市比较后发现,辽宁省建筑业的生产效率仅处于中等偏下水平,生产效率较低。笔者选取数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)方法分析研究辽宁省内14个城市建筑业的生产效率,发现问题和不足,以期对辽宁省建筑业的健康发展提出合理建议。

通过对现有国内建筑业生产效率相关文献的整理,发现有部分学者运用DEA方法分析全国以及省域范围建筑业的生产效率,如李忠福等<sup>[1]</sup>采用DEA方法分别从产业自身

发展的纵向角度和产业竞争的横向角度对我国建筑业产业内部效率和外部效率进行了实证分析;徐建等<sup>[2]</sup>运用DEA方法对我国31个地区2012年的建筑业效率进行了数据分析;王旭等<sup>[3]</sup>运用PP-DEA模型综合评价了我国区域建筑业竞争力;李钰等<sup>[4]</sup>从省域方向对辽宁省建筑业产能效率进行了Multi-stage和Malmquist分析。而以省内城市为研究对象的文献较少。因此,笔者在相关研究的基础上,以辽宁省内14个城市建筑业生产效率为研究对象,丰富国内有关省辖城市建筑业生产效率的评价研究的同时,为辽宁省建筑业健康高效发展提出合理建议。

## 一、研究方法

### 1. DEA 模型

DEA是数据包络分析的英文缩写,于1978年作为一种分析评价部门之间相对有效性的方法被运筹学家Charnes等人首次提出,

收稿日期:2017-08-20

基金项目:辽宁省教育厅人文社会科学研究项目(W2015326);沈阳建筑大学哲学社会科学研究项目(2017102)

作者简介:任家强(1980—),男,辽宁沈阳人,副教授,博士。

区别于参数分析法,DEA 分析法中不需要提前设置参数和权重,只需确定指标系统和构建模型就可进行多组对象之间相对效率的分析评价,目前 DEA 已被国内外学者广泛应用于不同行业领域<sup>[5]</sup>。在所有的 DEA 模型中,C<sup>2</sup>R、BC<sup>2</sup> 模型是最经典的两种模型,笔者通过构建 C<sup>2</sup>R、BC<sup>2</sup> 模型和指标系统,基于 2015 年《辽宁统计年鉴》中建筑业数据,对辽宁省内 14 个城市建筑业效率进行分析评价。

(1)C<sup>2</sup>R 模型。其  $\min V_D = \theta$  公式为

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = \theta y_0 \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0 \end{cases}$$

其中,  $s^+$  为松弛变量,  $s^-$  为剩余变量,  $\lambda^*$ 、 $s^{*-}$ 、 $s^{*+}$ 、 $\theta^*$  分别表示模型中评价单元、松弛变量、剩余变量、综合效率的最优解。

模型分析结果  $\theta^* = 1$ , 且  $s^{*-} = 0$ 、 $s^{*+} = 0$ , 称评价单元 DEA 有效;模型分析结果仅有  $\theta^* = 1$ , 而  $s^{*-}$ 、 $s^{*+}$  不全为 0 时, 则称评价单元为弱 DEA 有效;模型分析结果  $\theta^* < 1$ , 则称评价单元 DEA 无效<sup>[6]</sup>。

(2)BC<sup>2</sup> 模型。其  $\min V_D = \sigma$  公式为

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \sigma x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = \sigma y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0 \end{cases}$$

其中,  $\lambda^*$ 、 $s^{*-}$ 、 $s^{*+}$ 、 $\sigma^*$  分别表示模型中评价单元、松弛变量、剩余变量、技术效率的最优解, 当仅有  $\sigma^* = 1$ , 而  $s^{*-}$ 、 $s^{*+}$  不全为 0 时, 即评价

$$Y = 352\ 499.527 + 1\ 174\ 945.912X_1 + 0.371X_2 + 8\ 841.329X_3 + 5.955X_4 + 1\ 832.657X_5 \quad (4.216) \quad (3.397)$$

可以看出, 只有  $X_3$  的  $t$  值较小, 其余自变量的  $t$  值都较大。根据回归系数显著性分析结果可知, 只有  $X_3$  的显著性较小, 因此删除自变量  $X_3$ 。将剩余自变量和因变量再次进行多元线性回归分析。

$$Y = 170\ 148.882 + 1\ 154\ 857.794X_1 + 0.384X_2 + 6.467X_4 + 1\ 928.288X_5$$

单元存在松弛变量或剩余变量, 则称评价单元为弱 DEA 有效; 当  $\sigma^* = 1$ , 且  $s^{*-} = 0$ 、 $s^{*+} = 0$ , 则评价单元为 DEA 有效<sup>[7]</sup>。

(3) 规模效率评价。评价单元(DMU)的规模效率即综合效率与纯技术效率的比值, 将评价单元的规模效率用  $s$  表示,  $\theta$ 、 $\sigma$  分别表示综合效率与纯技术效率, 其数学模型为  $s = \frac{\theta}{\sigma}$ 。

## 2. 效率评价指标体系的建立

(1) 评价指标的初选。通过阅读相关文献, 总结目前国内专家研究成果, 得出建筑业指标共有 6 个: 建筑业产值、从业人员数、建筑业企业总资产、年末自有机械设备总功率、房屋建筑施工面积、利税总额<sup>[8]</sup>。笔者从这 6 个指标中选取适合辽宁省建筑业生产效率评价的指标。

(2) 初选评价指标的回归分析。选取建筑业产值作为因变量( $Y$ ), 不再作为自变量; 拟定投入指标: 从业人数( $X_1$ )、建筑业企业总资产( $X_2$ )、年末自有机械设备总功率( $X_3$ ); 拟定产出指标: 利税总额( $X_4$ )、房屋建筑施工面积( $X_5$ )<sup>[9]</sup>。

为确定拟定评价指标是否符合要求, 需对其相关性进行回归分析验证, 设多元线性回归模型为

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_5 X_5$$

其中,  $\beta_0$  是回归常数;  $\beta_k$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) 是回归参数。

通过查阅 2012—2015 年辽宁省统计年鉴收集到 56 组相关数据, 代入 SPSS 统计分析软件进行回归分析, 得到:

$$(0.248) \quad (2.396) \quad (2.582)$$

回归分析结果如表 1 所示。

(3) 评价指标的统计检验及确定。t 检验: 由表 1 可以看出, 自变量  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_4$ 、 $X_5$  的  $t$  统计量分别为 4.577、4.244、4.948、3.422,  $t$  值均较大, 说明这 4 个指标的变化均可明显地影响到建筑业总产值; D-W 检验: 通过 SPSS 软件分析结果可知以上 4 个指标的 D-

表1 投入产出指标回归分析结果(系数 a)

模型	非标准化系数		标准系数	t	Sig.
	B	标准误差			
(常量)	170 148.882	1 976 355.893		0.086	0.933
从业人数	1 154 857.794	252 322.663	0.337	4.577	0.001
建筑业企业总资产	0.384	0.090	0.333	4.244	0.002
利税总额	6.467	1.307	0.245	4.948	0.001
房屋建筑施工面积	1 928.288	563.572	0.135	3.422	0.008

W 统计量值为 1.969,接近于 2,证明该回归模型序列无关; $R^2$  检验:该回归模型的  $R^2$  的值为 0.995,接近 1,说明该回归方程有很好的拟合性<sup>[10]</sup>。以上检验表明自变量  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_4$ 、 $X_5$  能够很好地反映因变量的变化,可以作为建筑业生产效率的评价指标。

从统计检验结果可以确定所选的指标系统完全适用于建筑业相对效率的分析评价,因此,确定研究指标系统的投入指标为从业人数和建筑业企业总资产,产出指标为利税总额和房屋建筑施工面积。

## 二、辽宁省建筑业生产效率分析

### 1. 生产效率分析

通过采集 2016 年辽宁省统计年鉴中的面板数据,得出研究指标系统所需的 2015 年辽宁省建筑业投入产出指标数据(见表 2)。

表2 2015 年辽宁省建筑行业投入产出数据

评价单元	投入指标		产出指标	
	从业人数/万人	建筑业企业总资产/亿元	利税总额/亿元	房屋建筑施工面积/km <sup>2</sup>
沈阳	64.438	2 022.104	103.590	127.380
大连	55.933	2 087.731	150.434	105.430
鞍山	13.411	596.490	32.142	115.990
抚顺	11.900	308.590	23.038	10.650
本溪	8.104	296.799	21.140	11.090
丹东	7.232	403.314	26.114	12.450
锦州	11.857	289.793	14.128	13.140
营口	9.018	334.201	38.519	18.340
阜新	6.434	230.257	10.623	10.590
辽阳	10.064	214.622	11.162	7.700
盘锦	6.588	200.504	8.401	4.840
铁岭	6.244	223.971	13.232	12.230
朝阳	22.786	381.655	22.138	19.420
葫芦岛	8.434	261.096	12.116	9.330

以  $C^2R$  模型和  $BC^2$  模型为基础,运用 DEAP2.1 软件处理表 2 中数据,对数据处理结果进行规模效益分析,得出以投入指标为

导向的分析结果(见表 3)。

表3 2015 年辽宁省建筑业生产效率评价结果

评价单元	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模效益情况
沈阳	0.687	1.000	0.687	drs
大连	0.676	1.000	0.676	drs
鞍山	1.000	1.000	1.000	—
抚顺	0.648	0.860	0.753	irs
本溪	0.629	0.877	0.717	irs
丹东	0.845	1.000	0.845	irs
锦州	0.493	0.793	0.621	irs
营口	1.000	1.000	1.000	—
阜新	0.476	0.971	0.490	irs
辽阳	0.486	0.994	0.489	irs
盘锦	0.377	1.000	0.377	irs
铁岭	0.596	1.000	0.596	irs
朝阳	0.577	0.727	0.793	irs
葫芦岛	0.446	0.835	0.534	irs

表 3 中,“—”表示规模效益不变;“drs”表示规模效益递减;“irs”表示规模效益递增。

由表 3 中综合效率的数据可知,综合效率达到有效的城市仅有 2 个,分别为鞍山和营口,共同构成了辽宁省建筑业生产效率的前沿面。其中,纯技术效率数值为 1 而规模效率不为 1 的城市有沈阳、大连、丹东、盘锦、铁岭,表示这些城市相较其余辽宁省城市,技术有效而规模无效。技术有效表明这些城市在技术方面处于辽宁省建筑业的前沿面,属于技术领先的城市。在其他条件均等的前提下,处于技术领先的城市能够获得更多收益。但是这些城市的规模效率却不高,影响了综合效率的对比。规模效率无效主要是由于投入产出大小不合理造成的,若要使规模效率有效,则需要准确地计算出该城市与效率前

沿城市相比到达有效所需减少或增加投入产出的规模,依此作出合理的投入配置决策;抚顺、本溪、锦州、阜新、辽阳、朝阳和葫芦岛7个城市的建筑业效率与其他城市相比,不仅技术效率无效,其规模效率也都无效。表明这些城市不仅生产技术较低,其投入配置也存在为题,需要从这两方面同时进行改进。

鞍山、营口建筑业的规模效率为1,表明这2个城市相较于辽宁省其他城市,投入配置方面最为合理。规模收益情况不变;抚顺、本溪、铁岭等10个城市的建筑业效率的规模效益情况为“ins”,表明这10个城市建筑业效率的增长可由增加投入来实现。沈阳、大连2个城市建筑业效率的规模效益情况为“drs”,表明其投入规模已经过大,若再增大投入规模,反而会使建筑业效率降低。

## 2. 投影分析

由表3可以看出,抚顺、本溪、锦州、阜新、辽阳、朝阳和葫芦岛的建筑业生产效率都为技术无效,因此,需对这7个城市建筑业的投入和产出作投影分析,得出实际值和目标值,找出造成技术无效的原因,这7个城市的投入和产出的投影分析如表4、表5所示。

表4 建筑业投入投影分析

评价单元	从业人数/万人		建筑业企业总资产/亿元	
	目标值	实际值	目标值	实际值
抚顺	7.769	11.900	265.481	308.590
本溪	7.105	8.104	260.214	296.799
锦州	6.378	11.857	229.892	289.793
阜新	6.249	6.434	223.636	230.257
辽阳	6.583	10.063	213.390	214.622
朝阳	7.479	22.785	277.526	381.655
葫芦岛	6.491	8.434	261.096	218.088

从表4可以看出,这些城市建筑业的从业人数和建筑业企业总资产存在不同程度的投入过剩现象,投入冗余率分别为65.60%、12.05%,其中,从业人数冗余最为明显。尤其是朝阳市,若其从业人数DEA有效只需7.479万人即可,但朝阳市的实际值却达到了22.785万人,投入过剩高达204.65%,说明该

城市建筑业存在严重的人力资源浪费现象。

表5 建筑业产出投影分析

评价单元	利税总额/亿元		房屋建筑施工面积/km <sup>2</sup>	
	目标值	实际值	目标值	实际值
抚顺	23.038	23.038	11.402	10.655
本溪	21.140	21.140	14.101	11.088
锦州	14.128	14.128	13.139	13.140
阜新	13.163	10.623	12.128	10.594
辽阳	11.162	11.162	7.702	7.702
朝阳	22.138	22.138	19.422	19.422
葫芦岛	12.116	12.116	9.331	9.331

由表5可以看出,虽然存在产出不足的情况,但较表4中投入冗余程度轻微。经表5数据计算可得利税总额产出不足率为2.17%,房屋建筑施工面积产出不足率为6.07%。相较于其他城市,产出不足最为严重的是本溪市房屋建筑施工面积,其目标值应为14.101 km<sup>2</sup>,而实际值仅为11.088 km<sup>2</sup>,存在21.37%的产出不足。房屋建筑施工面积是一个城市建筑业生产经营成果的实物体现,房屋建筑施工面积产出的不足说明该城市建筑业的投入资源没有得到有效利用。

## 三、结论与建议

鞍山和营口2个城市的建筑业生产效率综合有效,在辽宁省14个城市中构成了生产前沿面;沈阳、大连、丹东、盘锦、铁岭5个城市技术有效而规模无效;而抚顺、本溪、锦州、阜新、辽阳、朝阳和葫芦岛这7个城市技术和规模都无效。通过DEA效率分析和投影分析,得出辽宁省各城市建筑业生产效率无效的原因,并为政府提高建筑业生产效率提出合理建议。

(1) 城市建筑业生产规模无效城市较多。抚顺、本溪、铁岭等10个城市处于规模效益递增态势,而沈阳、大连2个城市处于规模效益递减阶段,但是其建筑业生产效率都不能达到最佳规模,不能形成规模效益。针对此种情况,可从建筑业供给侧的角度出发,对已供应和未开发的土地进行合理的用途转换,以提高或抑制建筑业的规模。

(2) 部分城市投入过剩。以朝阳市为

例,朝阳市建筑业从业人数的投入冗余率达到 204.65%,远超平均水平,投入过剩情况十分严重。针对这种情况,可通过加强员工技能培训、加大岗位准入监督力度等措施达到精简从业人员的目的。

(3)存在一定数量产出不足的城市。在投入严重过剩的情况下,辽宁省仍有部分城市的建筑业产出不足。以本溪市为例,房屋建筑施工面积产出不足达到 21.37%。原因在于本溪市与其他城市相比生产技术较为落后,应从改进现有生产技术入手,通过更换先进的生产设备、改善生产制度来提高生产效率。

#### 参考文献:

- [1] 李忠富,王汇墨. 基于 DEA 的中国建筑业生产效率实证研究[J]. 系统管理学报, 2011(3):307-313.
- [2] 徐健,曹俊荣. 基于 DEA 模型的我国区域建筑业效率评价[J]. 建筑经济, 2015(2):116-119.
- [3] 王旭,李林,邓鸿星. 我国区域建筑业竞争力

- 综合评价研究:基于 PP-DEA 模型[J]. 技术经济与管理研究, 2013(8):23-28.
- [4] 李钰,李金瑶,李梦楠. 基于 DEA 的辽宁省建筑业产能效率分析[J]. 大连交通大学学报, 2014(6):97-101.
  - [5] 刘蕊,袁可佳. 基于 DEA 模型的河南省建筑业生产效率评价[J]. 管理工程师, 2015(6):52-56.
  - [6] 曹泽,任阳军,沈圆,等. 基于 SFA 和 Malmquist 方法的建筑业技术效率研究[J]. 唐山学院学报, 2015(6):96-100.
  - [7] 张智慧,刘睿劼. 基于 DEA 方法的建筑业效率评价实证研究[J]. 工程管理学报, 2011(3):252-255.
  - [8] 李伟,李光辉,李月娟,等. 基于 DEA 模型的我国各省区建筑业生产效率评价实证研究[J]. 科技进步与对策, 2009(21):153-155.
  - [9] 翁清,马骏,袁军. 基于三阶段 DEA-Malmquist 的华东地区建筑业效率研究[J]. 工程管理学报, 2016(3):42-47.
  - [10] 张跃威. 中国建筑业发展评价方法综述[J]. 经济研究导刊, 2010(17):54-56.

## Research on Production Efficiency Evaluation of Construction Industry in Liaoning Province Based on DEA Analysis

REN Jiaqiang, ZHANG Zhihao, CHU Guowei

(School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** Based on the panel data of Liaoning Province in 2015, this paper analyzes and evaluates the efficiency of 14 cities of Liaoning Province by using the  $C^2R$  model and  $BC^2$  model of DEA analysis method from the three aspects: comprehensive efficiency, technical efficiency and scale efficiency. The results show that three cities such as Fushun, Benxi and Fuxin are insufficient outputs. There are 7 cities including Fushun, Benxi, Jinzhou, etc, which have invested in redundant situation. Particularly, the number of redundant inputs of the construction industry is particularly serious. The paper reasonably proposes invalid urban number of employees of DEA, total asset investment and improves utilization efficiency of input resources in order to improve overall production efficiency in construction industry of Liaoning province and promote healthy development of construction industry in Liaoning province.

**Key words:** construction industry; DEA; comprehensive efficiency; technical efficiency; scale efficiency