

基于 DEA 模型的中国轿车企业 规模经济效益评估

胡洪力

(浙江工商大学 工商管理学院, 浙江 杭州 310035)

摘要:文章在数据包络分析的 CRS、VRS、NIRS 模型基础上, 建立了一个评价中国轿车企业规模经济的数学模型, 对 1992~2001 年中国轿车企业规模经济效益进行了实证分析, 发现其中的 5 年处于规模收益递减阶段, 其余的 5 年规模收益不变, 这说明我国轿车生产企业平均规模不是太小, 而是偏大了。这是由于我国轿车企业的投入产出效率太低, 加之市场需求有限, 致使我国轿车企业 10 年有一半的时间处于规模不经济的状态。

关键词:DEA; 轿车企业; CRS 模型; VRS 模型; NIRS 模型; 规模经济; 实证分析

中图分类号:F27 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2004)10-0025-06

当前, 对我国轿车企业规模经济问题的讨论, 国内学者一般都认为我国轿车企业没有达到最小有效规模, 存在着严重的规模不经济。张仁琪、高汉初(2001)的研究则认为我国轿车厂的最小经济规模(MES)为年产 20 万~30 万辆。那么, 到底我国轿车企业的规模经济状况如何呢? 到目前为止, 国内这方面的研究成果不少, 但是, 却鲜有通过建立数学模型的方法从实证的角度来研究我国轿车企业规模经济状况的文献。本文采用数据包络分析方法, 通过建立评价中国轿车企业规模经济的数学模型, 对 1992~2001 年我国轿车企业规模经济效益进行了实证分析。

一、中国轿车企业规模经济效益评估的 DEA 模型

数据包络分析(Data Envelopment Analysis, 简称 DEA)是由美国运筹学家 Charnes 和 Cooper 等学者于 1978 年发展起来的。它以相对效率概念为基础, 用于评价具有相同类型的多投入、多产出的决策单元是否技术有效和规模有效的一种非参数统计方法。基于 DEA 的基本原理, 我们先建立不变报酬

收稿日期:2004-06-30

基金项目:国家自然科学基金项目(70273009)

作者简介:胡洪力(1973—),男,河南永城人,浙江工商大学工商管理学院讲师,博士。

模型,首先测量综合效率 θ_c ——技术效率和规模效应的共同影响,然后建立可变报酬条件下测量纯技术效率 θ_v 的模型,最后再从中分离出规模效率 θ_s ,并与不变报酬模型下的效率指数 θ_n 相比较,从而得出决策单元的规模报酬类型。

(一)综合效率测量的不变报酬模型(CRS)

假设有 n 个决策单元(Decision Making Units,简称DMU),每个决策单元都有 m 种类型的输入指标和 g 种类型的输出指标。设 X_{ij} 是第 j 个决策单元对第 i 种输入的投入量, Y_{rj} 是第 j 个决策单元对第 r 种输出的产出量,其输入、输出向量分别为: $X_j = (X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})^T, Y_j = (Y_{1j}, Y_{2j}, \dots, Y_{gj})^T, i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, g; x_j \in R_m^+, y_j \in R_g^+, j = 1, 2, \dots, n$,则由输入输出指标 X_j, Y_j 组成的生产可能集为: $T_c = \{(x, y) \mid x \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j, y \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n\}$,建立在 T_c 上,从投入角度测算一决策单元 $DMU_0(X_0, Y_0)$ 综合效率 θ_c 的线性规划模型为:

$$D_c \begin{cases} \min \theta_c \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta_c x_0, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases} \quad \text{(CRS)}$$

s 为松弛变量。

其中, X_0, Y_0 表示被评价决策单元 DMU_0 的投入和产出向量。 $s^- (s_1^-, s_2^-, \dots, s_m^-)^T, s^+ (s_1^+, s_2^+, \dots, s_g^+)^T$ 分别表示对 DMU_0 进行结构调整的松弛变量。对于 CRS 模型,设 D_c 的最优解为 $\lambda^*, s^{*-}, s^{*+}, \theta_c^*$,有:

- (1)若 $\theta_c^* = 1$,则 DMU_0 为弱 DEA 有效;
- (2)若 $\theta_c^* = 1$,并且 $s^{*-} = 0, s^{*+} = 0$,则 DMU_0 为 DEA 有效。

可以看出,这一规划问题是在生产可能集 T_c 中,既保持生产可行和产出不小于 Y_0 的条件下,尽量让投入按统一比例缩小。当规划 D_c 的最优解表明 DMU_0 为 DEA 有效时,说明在不减少产出的情况下,既无法按比例减少各种投入,也不能个别地减少某种投入或产出。当 DMU_0 弱 DEA 有效时,说明某些投入量已处在最小状态,所有投入不能按统一比例减少,但仍有可能对投入或产出进行结构性调整。这时生产规模是适当的,但存在结构问题。当 $\theta_c < 1$ 时,表明决策单元处于技术无效状态,在产出不小于 Y_0 的条件下,可使得各种投入同时缩小 θ_c 倍,若是 $s^- \neq 0, s^+ \neq 0$,还存在结构问题。我们令 $\begin{cases} \hat{x}_0 = \theta_c^* x_0 - s^{*-} \\ \hat{y}_0 = y_0 + s^{*+} \end{cases}$,则称 (\hat{x}_0, \hat{y}_0) 为 DMU_0 对应的 (x_0, y_0) 在 DEA 相对有效面上的“投影”,以此我们可以找到改善 DMU_0 投入产出效率的途径。

(二)测量纯技术效率 θ_v 的可变报酬模型(VRS)

$$\begin{cases} \min \theta_v \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta_v x_0, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_0, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases}, (\text{VRS})$$

对于 VRS 模型,设其最优解为 $\lambda^*, s^{*-}, s^{*+}, \theta_v^*$,我们可以得出与 CRS 模型同样的结论。

(三)非增规模报酬 DEA 模型(NIRS)

$$\begin{cases} \min \theta_n \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta_n x_0, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_0, \sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases}, (\text{NIRS})$$

根据以上三个 DEA 模型,我们定义:规模效率指数 $\theta_s = \frac{\theta_c}{\theta_v}$,有以下的结论:

- (1)当 $\theta_s = 1$ 时,当且仅当 DMU_0 为规模收益不变;
- (2)当决策单元处于规模无效 $\theta_s < 1$ 时,若 $\theta_c = \theta_n$,当且仅当 DMU_0 为规模收益递增;
- (3)当决策单元处于规模无效 $\theta_s < 1$ 时,若 $\theta_v = \theta_n$,当且仅当 DMU_0 为规模收益递减。

二、我国轿车企业规模经济效益实证分析

(一)选择 DMU

选择 DMU 是确定参考集。这里的我国轿车规模经济效率评价模型,是评价我国轿车生产企业 1992~2001 年的资产配置即资产运营的相对效果,因此选择 10 个 DMU,对它们进行规模经济的相对有效性分析。

(二)评价指标体系的选取

把每一年份的轿车企业作为一个决策单元,投入指标有:年末职工人数(人),年能源消耗总量(标准煤,千吨),设备拥有量(台),企业生产建筑面积(百平方米),销售成本(亿元)。对于资本投入 K ,按照生产函数理论要求,资本投入应按生产过程中资本的“实际贡献”计量,所以,这里我们选择资本投入 $K = \text{固定资产折旧} + \text{流动资产}$ (亿元)。产出指标有轿车生产企业产值(亿元,1990 年不变价),利润总额(亿元),产品销售收入(亿元)。需要说明的是,由于我们无法获得每一家轿车生产企业具体的投入产出数据,所以我们采用了《中国汽车工业年鉴》中关于轿车生产企业的经济指标“合计数”,然后除以当年的轿车生产企业数,这就得到每年一个轿车生产企业平均的投入产出指标。表 1 给出的都是平均后的数据。故此,我们研究的相当于我国轿车生产企业这 10 年的平均规模的相对规模经济效率状况。

表1 1992~2001年我国轿车生产企业投入产出状况表

年份	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
企业个数(个)	9	9	8	10	12	12	12	11	13	11
亏损企业数(个)							8	6	4	5
年产量(辆)	18081	25521	31292	32546	32592	40641	42259	51464	46727	63957
职工人数(人)	1622	3181	9358	8077	6363	7657	3790	3237	2742	3765
能源消耗 (标准煤,千吨)	8.305	9.800	20.886	38.949	34.866	43.196	27.952	33.971	32.056	63.638
设备拥有量(台)	332	661	2153	2129	1972	2594	1431	1564	1520	2146
建筑面积(百平方米)	472.67	898.11	2658.11	2410.7	2001.5	2655	1809.08	1888.36	1696.08	2649.09
销售成本(亿元)	11.268	13.137	21.478	26.779	26.528	34.730	27.513	37.080	37.413	56.329
资本投入(亿元)	4.593	7.250	17.50	18.086	18.632	35.835	28.443	34.611	37.627	52.038
企业产值(亿元, 1990年不变价)	12.771	19.162	25.302	32.248	36.692	50.957	42.883	55.494	57.689	86.682
利润总额(亿元)	1.349	1.492	1.801	2.678	3.151	2.882	1.825	4.731	5.687	9.716
销售收入(亿元)	13.948	20.450	26.228	32.755	33.263	43.772	34.197	49.682	51.828	77.396

资料来源:《中国汽车工业年鉴》1992~2002年。

(三) 数据输入及计算结果

依据我们所建立的 DEA 线性规划模型,对表 1 的数据进行运算,结果见表 2 和表 3。从表 2 可知,在 1992~2001 年的 10 年中 1992 年、1993 年、1998 年、2000 年、2001 年这 5 年的生产样本点落在了 CRS 模型的相对有效面上,它们不仅在投入产出规模上达到了较优的水平,而且轿车生产企业内部管理技术潜力也都较好地得到了发挥和挖掘。由 VRS 模型的计算结果也验证了上述结论,这 5 年的轿车企业的技术有效性达到了最优。由表 1 可以看出,1992 年、1993 年、1998 年、2000 年、2001 年的我国轿车企业的 MES 分别为 18081 辆、25521 辆、42259 辆、46727 辆、63957 辆。这表明我国轿车企业规模经济是存在的, MES 随我国轿车工业的技术进步和市场需求的增加不断增长。但是,我国轿车企业的 MES 小于我国学者所估计的年产 20 万~30 万辆的规模。

从表 2 可以看出,对于不在 CRS 和 VRS 模型确定的上产前沿面上的年份进一步分析表明,虽然这些年份的轿车生产企业的平均规模效益和技术效益两方面都不高,但是 1994~1999 年 CRS 模型下的评价结果(除 1998 年的值为 1)基本上处于递增阶段;同时我们发现,这些年份的轿车规模收益皆处于递减阶段(1998 年规模收益不变),10 年中没有 1 年处于规模递增阶段,这说明我国平均的轿车生产企业规模不是太小,而是偏大了,原因就在于我国轿车生产企业的投入产出效率太低。

表 2 1992~2001 年轿车生产企业的相对规模效率

年份 效率指数	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
θ_c	1	1	0.79973	0.81229	0.92760	0.94756	1	0.98123	1	1
θ_v	1	1	0.81573	0.93599	1	0.94759	1	0.99027	1	1
θ_s	1	1	0.98038	0.86784	0.92760	0.99997	1	0.99087	1	1
θ_n	1	1	0.81573	0.93599	1	0.94759	1	0.99027	1	1
规模收益	不变	不变	递减	递减	递减	递减	不变	递减	不变	不变

依据 DEA 的“投影”理论,我们通过分析模型中的松弛变量可以发现我国轿车企业的投入产出效率低的原因。由表 3 中各个年份我国轿车企业的 6 个投入和 3 个产出指标的松弛变量结果可以看出,在 1992~2001 年的 10 年中 1994 年、1995 年、1996 年、1997 年、1999 年这 5 年的生产样本点没有落在了 CRS 模型的相对有效面上。从投入的角度看,这 5 年除了“产品销售成本”一项的投入比较合理,其余 5 项资源投入均存在投入过大(相对于最有效率生产年份的投入而言);从产出的角度看,这 5 年的三项产出指标:企业产值、利润总额、销售收入数值均偏小(相对于最有效率生产年份的产出而言),尤其是“利润总额”在 5 年中皆小于理论的“利润总额”,这表明我国轿车企业的盈利能力太差了。而从表 1 中我们也可看出从 1998~2001 年的 4 年中,每年亏损的企业数比较多,有时甚至占一半以上。

表 3 1992~2001 年中国轿车企业的输入、输出松弛变量测算结果(CRS)

年份	输入指标的松弛变量						输出指标松弛变量			θ_c
	s_1^-	s_2^-	s_3^-	s_4^-	s_5^-	s_6^-	s_1^+	s_2^+	s_3^+	
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1994	3824	3555.36	886	1019.28	0	31698.51	0	2614.42	0	0.79973
1995	2370	14122.97	701	612.06	0	0	0	765.20	0	0.81229
1996	1684	10172.31	712	385.71	0	0	0	2255.33	32240.53	0.92760
1997	4022	10677.90	976	763.27	0	5084.04	0	10296.24	52484.01	0.94756
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1999	2	0	60	120.21	0	26.16	0	8517.18	10162.92	0.98123
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

三、结 论

本文对 1992~2001 年中国轿车生产企业规模经济效益进行实证分析后,发现我国轿车企业规模经济是存在的,并且我国轿车企业的 MES 随我国轿车工业的技术进步和市场需求的增加不断增长。但是,我国轿车企业的 MES 小于我国学者所估计的年产 20 万~30 万辆的规模。同时本文还发现,在 1992~2001 年这 10 年中我国轿车企业规模收益皆是非增的,这充分说明,我

国轿车生产企业的平均规模不是太小了,而是偏大了,这是由于我国轿车生产企业的投入产出效率太低,尤其是企业的盈利能力太低所造成的。

参考文献:

- [1]Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429~444.
- [2]Baker R D. Estimating most productive scale size using data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 1984, 17(1): 35~44.
- [3]Roll Y, B Golany. Alternative methods of treating factor weights in DEA[J]. Omega, 1993, 21, (1): 99~109.
- [4]Golany B, Roll Y. An application procedure for DEA[J]. Omega, 1988, 17, (3): 237~250.
- [5]盛昭瀚,朱乔,吴广谋. DEA 理论、方法与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [6]张仁琪,高汉初. 世界汽车工业——道路、趋势、矛盾、对策[M]. 北京: 中国经济出版社, 2001

Evaluation of Scale Economy Benefits of Chinese Car Enterprises Based on DEA Model

HU Hong-li

(School of Business Administration, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035, China)

Abstract: Based on the CRS, VRS, and NIRS data analyzing models, the paper establishes a mathematic model to evaluate the scale economy of Chinese car enterprises. Making an empirical analysis of the scale economy of Chinese car enterprises from 1992 to 2001, it finds that in five years the scale economy is decreasing, while in the rest five years the scale benefits remain the same. It indicates the average scale of Chinese car enterprises is not too small, but big. Owing to the low output efficiency of Chinese car enterprises and limited market demand, Chinese car enterprises have been in the scale but not economic state for five years during the ten years.

Key words: DEA; car enterprises; CRS model; VRS model; NIRS model; scale economy; empirical analysis