

基于 DEA 投影定理的电信业市场设计研究

顾成彦, 胡汉辉

(东南大学 集团经济与产业组织研究中心, 南京 210096)

摘要: 文章运用 DEA 模型分析了中国电信运营商的生产效率和规模收益状况, 而后使用投影定理指出了电信运营商改进效率的途径, 并对我国的电信市场作了初步的设计: 中国移动争取进入互联网业务市场; 中国联通更注意开发本地呼叫业务市场。

关键词: 电信业; 市场设计; DEA; 投影定理

中图分类号: F626.11 文献标识码: A 文章编号: 1002-6487(2008)03-0082-03

0 引言

中国电信业在过去的十几年中取得了长足的进步。在此过程中, 政府规制机构扮演了重要角色, 通过两次市场拆分直接外生的决定了我国电信业的市场结构。这一举措在一定程度上促进了电信市场的竞争并提高了效率, 但也带来了许多新的问题, 表现为区域运营商之间的恶性定价竞争、网间互联互通冲突、网络建设重复投资等时有发生。与此同时, 电信业的新技术不断快速涌现, 如 3G 移动技术的发展和牌照的发放向规制机构提出了新的挑战。在此背景下, 如何重组和调整我国现有的电信业资源以进一步增进效率, 成为了摆在业界和学界面前的迫切命题。

数据包络分析(DEA)方法已被应用于电信业规制效率评价的多个领域, 本文利用 2001-2005 年我国电信业四大基础运营商的数据及 DEA 模型计算运营商的(纯)技术效率、规模效率和规模收益状况, 并通过 DEA 投影定理来对我国电信市场的业务进行设计。

1 研究方法

Charnes, Cooper 和 Rhodes(1978)在 Farrell(1957)等人的研究基础上, 给出了评价决策单元相对有效性的数据包络分析方法。判断决策单元的有效性, 本质上是判断它是否位于生产可能集的生产前沿面上。如果决策单元不为 DEA 有效, 通过求解可以对原有的投入向量和产出向量进行调整, 使其成为 DEA 有效, 则称经过调整后的点为决策单元在生产前沿面上的“投影”。DEA 理论体系中存在着大量的改进型 DEA 模型, 但最基本的仍是 C²R 和 BC² 模型。本文主要应用 C²R 模型对中国四大电信运营商的效率进行比较分析, 而后使用投影定理对决策单元的投入产出变量进行分析。

1.1 C²R 模型

DEA 方法的核心在于估计生产可能集的生产前沿面。所谓生产前沿面, 是指观察到的决策单元的输入数据的包络面的有效部分。为说明 DEA 效率评价的思路, 设有 5 个决策单元, 每个决策都有 2 种投入和单一产出(如图 1), 其中 ABCD

为有效率的单元, 它们共同构成生产前沿面。E 为无效率单元, 它被生产前沿面 ABCD 所包络, B 和 C 构成其有效前沿面。设 B₁ 和 E₁ 分别为 OB、OE 在生产前沿面上的交点, 则 E 的效率值为: TE_E = OE₁/OE < 1; 处在生产前沿面上的 B 点, 其效率为 TE_B = OB₁/OB = 1。从而, 有效率的决策单元的效率值为 1, 无效率决策单元的效率值小于 1。

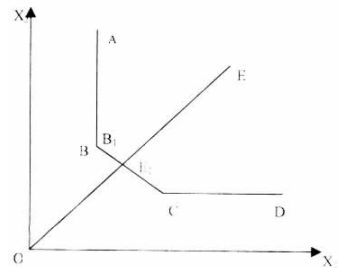


图 1 DEA 效率评价思路

一般的, 对于有 m 种投入 $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$, ($j=1, \dots, n$) 和 s 种产出 $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$ ($j=1, \dots, n$) 的 n 个决策单元, ω 和 μ 分别是对 m 种投入和 s 种产出所对应的权变量。则 (C²R)¹ 的线性规划形式可写为(省略其分式规划推导过程):

$$(P_{CR}^1) \begin{cases} \max \mu^T Y_0 = V_{CR}^1 \\ \omega^T X_j - \mu^T Y_j = 0, j=1, \dots, n \\ \omega^T X_0 = 0 \\ \omega \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases}$$

其对偶规划为:

$$(D_{CR}^1) \begin{cases} \min \theta \\ \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j = Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

其中, θ 为企业 $X_0 = X_{j_0}$ 的效率值; 对具有几个决策单元的规划, 只需将其投入、产出值分别代入便可得到每个企业的效率值 θ 。

1.2 投影定理

通过引入非阿基米德无穷小量来求解上述线性规划问题。令 $\varepsilon > 0$ 是一个非阿基米德无穷小量, ε 是一个小于任何正数且大于 0 的数, 则具有阿基米德无穷小量 ε 的 DEA 模型为:

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70473013)

$$(P_{CR}^1) \begin{cases} \max \mu^T Y_0 = V_{CR}^1 \\ \omega^T X_j - \mu^T Y_j = 0, j=1, \dots, n \\ \omega^T X_0 = 1 \\ \omega \in \hat{\epsilon}, \\ \mu \in \epsilon e. \end{cases}$$

对偶规划为:

$$(D_{\epsilon}^1) \begin{cases} \min [\theta - \epsilon(\hat{\epsilon}^T S + e^T S^0)] \\ \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + S = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - S^0 = Y_0 \\ \lambda_j = 0, j=1, 2, \dots, n \\ S \geq 0, S^0 \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中, $\hat{\epsilon} = (1, 1, \dots, 1)^T \in E^m$, 且 $\epsilon = (1, 1, \dots, 1) \in E^s$. 设 $\lambda^0, S^0, S^0, \theta^0$ 为 (D_{ϵ}^1) 的最优解 (或由两阶段方法求得), 令 $\hat{X}_0 = \theta^0 X_0 - S^0$, $\hat{Y}_0 = Y_0 + S^0$, 称 (\hat{X}_0, \hat{Y}_0) 为 DMU_0 在生产可能集 T_{CR} 的生产前沿面上的“投影”。投影定理为: 决策单元的投影 (\hat{X}_0, \hat{Y}_0) 为 DEA 有效, 其中:

$$\hat{X}_0 = \theta^0 X_0 - S^0 = \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j^0 \quad \hat{Y}_0 = Y_0 + S^0 = \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j^0$$

1 数据及变量

本文选取了 2001-2005 年的四大基础电信运营商的数据, 即: 中国电信、中国网通、中国移动和中国联通。四大运营商各年的市场份额之和均大于 80%, 因此选择四大运营商可以有效反映我国电信市场的状况。

投入变量: 包括员工数量、总资产、资本支出。

产出变量: 为有效区别四大运营商的业务范围差异, 本文选择了六个产出变量。包括运营利润、EBITDA (公司财务表现标准)、长途呼叫业务收入、本地呼叫业务收入、移动呼叫业务收入和其它收入, 该收入项具体包括: 网间互联接入收入、互联网业务收入、增值服务、线路租用和数据传输收入等, 对于移动运营商还包括无线数据收入。

网络外部性与 DEA 模型方向选择。Coelli(1996)指出, 在大多数的产业中, DEA 模型的方向选择不会对结果产生重大影响。但电信业具有典型的网络外部性特征, 消费者的效用既取决于电信服务本身, 同时还取决于连接到该网络的其他消费者的数量, 即网络规模影响消费者的需求。对于电信运营商而言, 网络规模 (升级/扩张) 是一种沉没成本, 决策者需考虑的是在现有网络规模 (投入) 的前提下尽可能多的增大业务量 (产出)。因此针对存在着网络外部性的产业应该选择产出方向的 DEA 模型。

本文数据来自于各公司年报: 中国电信 2001-2005 年各

年年报、中国网通 2004-2005 年年报 (其 2001-2003 年数据来自纽约证券交易所 (NYSE.Group))、中国移动 (香港) 2001-2005 年年报 和中国联通 2001-2005 年年报。

3 结果及讨论

3.1 运营商效率与规模收益

本文使用 EMS 软件进行线性规划求解。表 1 给出了产出方向的效率值及规模收益情况。其中生产效率 (EE) 可以分解为纯技术效率 (TE) 和规模效率 (SE)。另外, 为判断各个运营商逐年的规模收益状况, 又计算了非递增的规模报酬效率 (NIRS)。分解电信运营商的生产效率值, 可以判断是技术因素还是规模因素决定了运营商的效率差异。对规模收益的判断旨在验证电信业自然垄断属性中规模经济命题。

从表 1 中可以看出, 中国电信连续 5 年处于有效率的状态, 同时亦为技术有效率和规模有效率; 从其规模收益状态来看, 中国电信处于规模收益不变的区间。中国网通在大多年份均处于无效率状态 (2005 年除外), 技术效率 2004 年和 2005 年有效, 其余年份则无效率 (效率值大于 1), 同时其规模亦无效率; 从其规模收益来看, 2001-2004 年间其均呈现出递增的规模收益 (IRS), 2005 年实现了不变的规模收益。中国移动 2001、2003 和 2005 年为有效率年份, 2002 和 2004 年的生产无效率既源于技术无效率亦源于规模无效率, 2002 年出现了规模递增, 而 2004 年出现了规模收益递减 (DRS)。中国联通于 2001 年和 2003 年呈现出无效率, 但值得注意的是, 联通的无效率源于规模无效率, 其技术效率连年处于有效率状态。从其规模收益来看, 其 2001 年和 2003 年呈现出规模收益递增。

3.2 投影定理与市场设计

表 1 运营商效率及规模收益

企业名称	效率指标	2001	2002	2003	2004	2005	平均值
中国电信	EE(%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	TE(%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	SE(%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	NIRS(%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	规模收益	-	-	-	-	-	-
中国网通	EE(%)	140.36	127.32	115.13	101.51	100.00	116.87
	TE(%)	101.41	122.09	111.11	100.00	100.00	106.92
	SE(%)	138.41	104.29	103.62	101.51	100.00	109.57
	NIRS(%)	140.36	127.32	115.13	101.51	100.00	116.87
	规模收益	IRS	IRS	IRS	IRS	-	-
中国移动	EE(%)	100.00	101.73	100.00	107.02	100.00	101.75
	TE(%)	100.00	100.42	100.00	105.71	100.00	101.23
	SE(%)	100.00	101.30	100.00	101.24	100.00	100.51
	NIRS(%)	100.00	101.73	100.00	105.71	100.00	101.49
	规模收益	-	IRS	-	DRS	-	-
中国联通	EE(%)	199.28	100.00	109.00	100.00	100.00	121.66
	TE(%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	SE(%)	199.28	100.00	109.00	100.00	100.00	121.66
	NIRS(%)	199.28	100.00	109.00	100.00	100.00	121.66
	规模收益	IRS	-	IRS	-	-	-

注: 其中生产效率(EE)=(纯)技术效率(TE)×规模效率(SE)。

由于市场分拆的原因和上市时间的不同, 本文以 2001-2005 年为样本期间。

EBITDA 为扣除利息、税项、折旧及摊销前盈利, 是电信公司常用的衡量公司财务表现标准的指标。

理想的产出指标应主要包括三项业务收入, 即: 本地呼叫收入、长途呼叫收入和互联互通 (接入) 收入, 但由于部分上市公司年报并未提供互联互通 (接入) 收入数据, 为保证 DEA 模型对数据平衡 (Balance) 要求, 本文将互联收入归并至其它收入之中。

本文同时计算了投入方向的 DEA 效率, 结果表明: 投入和产出方向的效率值在排序方面存在差异。

其中, 中国移动上市时仅含有浙江、广东两家子公司, 后逐年并购各省子公司, 故其总资产等指标均以 2005 年重置数值为准。

对规模收益的讨论, 是讨论投入的规模状态, 必须在保持投入不变的情况下研究决策单元的收益状况。所以使用产出方向的 DEA 模型是合理的。

Fare 和 Grosskopf(1985)在使用非参数的费用方法研究规模收益时, 实际上是一种 DEA 模型, 被称为 FG 模型, 其被广泛的用于决策单元的规模收益判断。

McMillan(2003)指出,市场设计理论应用的最为成功的两个领域是频谱许可证的拍卖和电力市场的放松管制。拍卖理论所用的市场设计方法主要依赖于设计者的价格偏好。与上述方法不同,DEA模型可以直接计算出技术效率(比较生产效率),它反映的是一种相对最优(次优条件)状态而非绝对的经济最优(最优条件)状态。即在次优条件下,通过判断无效率决策单位的松弛变量来计算其在生产前沿面上的投影,从而指出无效率决策单元投入和产出变量的改进值。换言之,DEA模型同样可以进行市场设计:根据设计者效率偏好,以投入和产出变量反映市场差异,通过投影定理计算出的改进值来设计市场。结合我国电信业的规制的现状,可以看出我国政府对电信许可证政策以及对网络频谱资源的分配实际上就是一些可以广泛运用市场设计理论的领域。DEA模型所使用的市场设计方法则主要依赖于设计者效率偏好。本文假定四大基础电信运营商均为潜在的市场候选人,它们为获得业务许可证进行竞争。

从以上对于运营商效率的分析中可以看出,仅有中国电信一家在各年份均处于有效率的状态,其它三家运营商都在某些年份或多或少的出现了无效率的现象。以下由投影定理来判断投入和产出的目标改进值(产出方向),进而进行市场设计。表2为无效率运营商投入和产出变量的目标改进值。首先分析中国网通,其效率值年均大于1,其产出的松弛变量为 $S_1^+ = 505.97$ (运营利润), $S_2^+ = 60.16$ (EBIDTA), $S_4^+ = 232.63$ (长途呼叫收入), $S_6^+ = 6069.54$ (其它业务收入),这说明其运营利润、EBIDTA、长途呼叫收入、其它业务收入有改进的空间,其改进后目标值可达到。为说明可改进的幅度,本文同时计算了改进值占原业务数据的比例:运营利润为4.36%、EBIDTA为0.22%、长途呼叫收入为2.7%、其它业务收入为45.81%。同理可以计算出其它非DEA有效年份的目标改进值。从中可以发现:对于中国网通而言,其无效率年份中其它业务收入可改进的空间幅度最大。这说明以中国网通现有的投入规模,其网间互联收、互联网业务收和增值服务所组成的其它业务收入可以达到更高的水平。其次可以得出中国移动无效率年份的目标改进值,以其2002年为例,其产出的松弛变量为 $S_2^+ = 7327.18$ (EBIDTA), $S_5^+ = 10642.62$ (移动呼叫业务收入), $S_6^+ = 6303.16$ (其它业务收入),这说明其EBIDTA和移动呼叫收入以及其它业务收入可改进;相应的目标改进幅

表2 各运营商投影的目标改进值

年份	运营商	S_1^+	S_2^+	S_3^+	S_4^+	S_5^+	S_6^+
2001	中国网通	505.97	60.16	0	232.63	0	6069.54
2002	中国网通	7219.41	4914.94	0	0	0	9403.1
2003	中国网通	8509.5	5959.9	0	0	0	7458.32
2004	中国网通	3260.63	3665.52	0	0	0	5222.96
2005	中国网通						
2001	中国移动						
2002	中国移动	0	7327.18	0	0	10642.62	6303.16
2003	中国移动						
2004	中国移动	0.01	0	0	228.03	0	4242.08
2005	中国移动						
2001	中国联通	5061.36	4493.82	5477.92	0	0	0
2002	中国联通						
2003	中国联通	912.78	147.24	1554.85	0	0	0
2004	中国联通						
2005	中国联通						

注:中国电信各年份均处于DEA有效状态,是标杆企业,因此无需改进。

我国仅在电信频谱分配的部分领域实行过市场拍卖。

度:EBIDTA为9.48%,移动呼叫业务收入为9.66%,其它业务收入为34.27%,这说明中国移动的其它业务收入上升空间最大。同样,其2004年产出的松弛变量 $S_1^+ = 0.01$ (运营利润), $S_4^+ = 228.03$ (长途业务收入), $S_6^+ = 4242.08$ (其它业务收入)可以改进。最后是中国联通,其无效率年份中值得改进的产出项有运营利润、EBIDTA和本地呼叫收入。

综上所述,对于中国网通、中国移动而言,其无效率年份的其它业务收入可改进的空间较大,这说明其网间互联收入、互联网业务收入、增值服务、线路租用和(无线)数据传输业务收入有待提高;而中国联通无效率年份并未出现类似的情况,结合其财务报表,可以发现这主要得益于其互联网业务收入所带来的其它业务收入的增加。对于中国联通而言,其无效率年份需要提高的是本地呼叫收入。

4 结论

(1) 运营商效率。在次优条件下,中国电信是有效率的;中国网通和中国移动各年的效率值是存在差异的,其无效率年份中既存在技术无效率亦存在规模无效率。

(2) 规模收益。四大电信基础运营商大都呈现出非递减的规模收益,其中仅有中国移动一家在2004年出现了规模收益递减的情况。非递减的规模收益并不意味着我国的电信业呈现出自然垄断属性,只能说明若现有运营商扩大生产规模,将会获得至少等倍的收益。

(3) 市场设计。对于中国网通、中国移动,其无效率年份的其它业务收入可改进的上升空间较大,这说明其网间互联收入、互联网业务收入、增值服务、线路租用和(无线)数据传输业务收入有待提高。

(4) 全业务竞争。考虑到中国电信和中国网通早已在多年前通过小灵通业务边缘性进入了移动业务市场(固话进入移动),同时两者还拥有互联网业务的大部分的市场份额(固话进入互联网),若中国移动进入互联网业务市场(移动进入互联网),而中国联通进入本地呼叫业务市场(移动进入固话),同时结合移动电话对固定电话的强替代性,事实上每一家运营商都获得了经营全业务的资格,这将使中国的电信市场呈现出一种“全业务竞争”的态势。

参考文献:

[1] Resende M. Efficiency Measurement and Regulation in US Telecommunications: a Robustness Analysis. UFRJ. Working Paper, 2006.
 [2] Uri N D. Productivity Change, Technical Progress, and Efficiency Improvement in Tele- Communications [J]. Review of Industrial Organization 2001.
 [3] Bogetoft P. DEA-based Yardstick Competition: The Optimality of Best Practice Regulation[J]. Annals of Operations Research, 1997.
 [4] Agrell P J, Bogetoft P, Tind J. DEA and Dynamic Yardstick Competition in Scandinavian Electricity Distribution[J]. Journal of Productivity Analysis, 2005.
 [5] Farrell M J. The Measurement of Productive Efficiency[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1957, 120(3).
 [6] McMillan J. Market Design: The Policy Uses of Theory[J]. American Economic Review, 2003, 93(2).
 [7] 胡汉辉. 有效还是非有效—非参数的最佳效率前沿面估计[M]. 南京: 东南大学出版社, 1998.

(责任编辑/浩天)