

Empirical Analysis of Regional Technological Progress Efficiency in Zhejiang Province

Ruiyue Lin¹

¹Dept. Mathematic and Information Science, Wenzhou University, Wenzhou, Zhejiang Province, China

Email: rachel@wzu.edu.cn

Abstract: With Data envelopment analysis approach, this paper constructed the economic efficiency indicators of technological progress, and then analyzed the relative efficiency of technological progress for all areas in Zhejiang during 2000-2008. The conclusions indicate that during this period, areas with high economic efficiency mainly are Ningbo and Huzhou, while areas with low economic efficiency mainly are Lishui and Quzhou. Also, the efficiency between eastern-northern Zhejiang and western-southern Zhejiang shows convergence; from the scale efficiency point of view, the efficiency of regional technological progress lacks a relevance to the scale of regional economy.

Keywords: efficiency evaluation; technological progress efficiency; DEA window analysis

浙江省区域科技进步贡献效益的实证研究

林瑞跃¹

¹温州大学 数学与信息科学学院, 浙江 温州, 中国, 325035

Email: rachel@wzu.edu.cn

摘要: 本文应用数据包络分析 (DEA) 方法, 构造科技进步贡献效益指标, 从时间序列角度分析了浙江省各地区 2000-2008 年间科技进步贡献效益的状况。分析结论表明, 历年来效率较高的地区主要为宁波及湖州, 较低的地区主要为丽水和衢州; 另外, 浙东浙北与浙西浙南地区的科技进步贡献效益呈现出一定的收敛趋势; 从规模效率的角度来看, 地区科技进步贡献效益和地区经济规模之间并没有明显的正相关性。

关键词: 效率评价; 科技进步效率; DEA 窗口分析

1 引言

浙江省是全国经济发达的地区之一, 自改革开放以来其经济发展一直保持较快的增长速度。据浙江省统计局数据, 浙江 2009 年 GDP 总量达 22832 亿元, 按可比价格计算, 1979 年至 2009 年年均增长 13%。科学技术是第一生产力, 加快科技进步是提高生产力水平, 促进经济发展方式转变的重要途径。不少研究认为: 最近十年左右, 科技发展进步对浙江省的经济增长的作用日益凸显。然而浙江省由 11 个地区构成, 不同地区的经济结构和经济发展水平在不同的时段存在很大差异, 使得科技进步在不同的地区和时段可能对经济增长存在着不同的贡献效率。因此, 有必要从时间序列角度分析浙江省各地区科技进步对经济增长

的贡献效率 (即科技进步贡献效益) 及其变化趋势, 这有利于探索和发现各地区由科技发展带来的经济增长中的经验和问题, 也可供其它省份借鉴。

作为衡量效率的重要工具, 数据包络分析^[1] (Data Envelopment Analysis, 简称 DEA) 自 1978 年由 A. Charnes 等人提出以来, 在随后的几十年中得到了广泛的应用^[2-6], 但是该方法主要用于横向数据分析, 在这种情形下任意一个决策单元 (简称 DMU) 与所有其他 DMU 相比较而忽略了时间因素, 但在动态的背景下, 这可能会造成误导^[7]。1985 年, Charnes 等提出的 DEA 的窗口分析^[8]是在传统的 DEA 模型基础上发展出来的, 从时间序列角度进行分析的方法, 它将每一时段内的同一 DMU 当作不同的 DMU 来处理, 主要用于评估 DMU 在不同时间段内的相对效率, 该方法不仅可以任意一个 DMU 和其它 DMU 相比较, 也可以在给定时期内考察 DMU 的效率, 因此能更真实的

基金项目: 由浙江省教育厅项目 (Y200906378); 温州市科技局项目 (R20090104); 国家自然科学基金项目 (10901121) 资助

反映 DMU 的效率。本文主要利用 DEA 窗口分析模型研究浙江省各地区 2000-2008 年间的科技进步贡献效益。

2 DEA 窗口分析模型

窗口分析首先确定窗口中包含的时间段数和每个时间段的长度,然后收集每个时间段内 DMU 的投入产出值并用于评估其相对效率,它能动态地评估一个单元的相对效率,监控其绩效,为管理者决策提供依据。

假设有 n 个 DMU, 每个 DMU 具有 r 个投入要素和 s 个产出要素。记 $DMU_j (1 \leq j \leq n)$ 的投入、产出向量分别为 $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{rj})' > 0$ (越小越好) 和 $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})' > 0$ (越大越好)。随着时间的推移和数据的积累,可以得到按时间顺序排列的投入产出向量, $x_j^t, y_j^t, 1 \leq t \leq T$ 。如果一个时间窗的长度为 w , 也就是一个时间窗覆盖相邻的 w 个时段, 则时段 1 至 w 的数据构成窗口 1, 时段 $w+1$ 的数据构成窗口 2, 窗口每滑动一次就将最早的一个时段从窗口去掉而增加一个新时段, 依此类推, 可组成共 $T-w+1$ 个时间窗^[9], 每个时间窗中的参考集包含 nw 个 DMU。其中, 第 k 个窗口的投入矩阵 X_k 为

$$\begin{pmatrix} x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k, x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, \dots, x_n^{k+1}, \dots, x_1^{k+w-1}, x_2^{k+w-1}, \dots, x_n^{k+w-1} \end{pmatrix},$$

产出矩阵 Y_k 为

$$\begin{pmatrix} y_1^k, y_2^k, \dots, y_n^k, y_1^{k+1}, y_2^{k+1}, \dots, y_n^{k+1}, \dots, y_1^{k+w-1}, y_2^{k+w-1}, \dots, y_n^{k+w-1} \end{pmatrix}.$$

这里, 一个时间窗的长度要适宜, 若过长, 会因时间背景的变化过大而影响 $n \times w$ 个 DMU 之间的同类性; 若过短, 则有可能使 DMU 之间显示不出差异, 所以确定时间窗的长度时, 应该向有关方面的专家咨询, 视具体情况加以判定。

窗口 k 中 $DMU_j^t (k \leq t \leq k+w-1)$ 的效率可以由以下 CCR^[1]窗口分析模型给出:

$$\begin{aligned} \theta_{kj}^t &= \min_{\theta, \lambda} \theta \\ \text{s.t.} \quad &-X_k \lambda + \theta x_j^t \geq 0, \\ &Y_k \lambda - y_j^t \geq 0, \\ &\lambda_i \geq 0 (i=1, \dots, n \times w), \end{aligned} \quad (1)$$

这里 $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{n \times w})'$ 。记规划 (1) 的最优解为 $(\theta_{kj}^t, \lambda^*)$, 当效率值 $\theta_{kj}^t = 1$ 且相应的松弛变量都等于零时, DMU_j^t 相对与同一窗口中的其它 DMU 是 DEA

有效的; 当效率值 $\theta_{kj}^t = 1$ 而相应的松弛变量不为零时, DMU_j^t 被称为是弱 DEA 有效的; 当效率值 $\theta_{kj}^t \neq 1$ 则为非 DEA 有效的。

3 实证分析

3.1 指标构造及数据

本文构造的 DEA 科技进步贡献效益测算指标由 2 个投入要素和 3 个产出要素构成。投入要素考虑人才投入和资本投入两个方面, 其中人才以每百万人口中人才资源数作为样本数据, 资本以科技经费占地区生产总值的比例值作为样本数据; 产出要素体现在高新技术产业、工业新产品和地区生产总值三个方面, 分别以高新技术产业增加值占工业增加值比重、工业新产品产值率和人均地区生产总值 (元/人) 作为样本数据。所有数据来源于浙江省统计局和浙江省科学技术厅联合公布的浙江省 2000-2008 年度市科技进步统计监测评价报告。

就本文而言, 用于分析的地区为浙江省 11 个地区, 因此 $n=11$, 同时数据涵盖了 2000-2008 年, 即 $p=9$, 为保证足够的自由度, 本文选取 3 年组成一个窗口, 也就是 $w=3$, 所以窗口 1 由 2000、2001 及 2002 年 3 年各地区的相应投入产出数据组成, 窗口 2 由 2001、2002 及 2003 年 3 年各地区的投入产出数据构成, 依此类推, 共有 $p-w+1=7$ 个时间窗, 对于每个时间窗中的 $n \times w=33$ 个决策单元应用 CCR 模型即得出计算结果。

3.2 各地区科技进步效率的比较分析

为了全面观察历年来各地区科技发展对经济增长的贡献, 表 1 列出各地区在各窗口中反映科技进步贡献效率的 DEA 平均效率值。限于篇幅, 本文没有列出各窗口分析的原始结果, 仅列出平均值。如窗口 1 中宁波地区的平均效率即为该地区在窗口 1 (2000-2002 年) 中 3 年效率的平均值, 其余各地区各窗口依此类推。总体来看, 宁波、湖州地区在所有窗口中均体现出了相对的高效率, 或者说在 2000-2008 年共 9 年中, 这 2 个地区的科技进步对经济发展的贡献效率均高于其他 9 个地区, 而丽水和衢州地区 9 年来, 在除第七窗口外的所有窗口中效率均比较低。这一点与现实浙江省科技进步投入和经济发展相吻合。根据浙江省统计局公布的数据, 丽水和衢州地区除了 2007 年和

2008年在相对最低的科技投入的情况下（投入排名分别为11、10名）获得了较高的地区生产总值增长速度（丽水地区位次分别是第2、3名，而衢州地区为3、2名），其它年度的表现都不理想。

表1最后一行的极差为每一窗口中平均效率最高的地区与平均效率最低的地区平均效率之差。据此，表1表明，窗口1-5和7平均效率最高的地区均为宁波，分别为1.0、0.9940、0.9709、0.9891、0.9915和0.8982，窗口6平均效率最高的地区为湖州（0.9526），其次便是宁波（0.9019）。而效率最低的地区从窗口

1-4均为丽水地区，平均效率分别为0.4939、0.4876、0.4938和0.5968，从窗口5-7，平均效率最低的地区分别为衢州、金华和绍兴，其平均效率分别为0.6010、0.6280和0.5033。窗口1-7的极差实际上从一个侧面反映了9年来，浙江省各地区科技进步贡献效益的差异，这一差异从窗口1的0.5061367降低到窗口6及7的0.32461及0.39499，分别降低了55.92%和28.14%，说明10年间浙江省各地区科技进步贡献效益的差距在减小。

Table 1. The average technological progress efficiencies of each region in all windows

表 1. 各地区各窗口科技进步贡献效益的平均值

地区	窗口 1 2000-2002	窗口 2 2001-2003	窗口 3 2002-2004	窗口 4 2003-2005	窗口 5 2004-2006	窗口 6 2005-2007	窗口 7 2006-2008	窗口 1-8 变化/%
杭州	0.7801	0.8181	0.8769	0.8979	0.7988	0.6864	0.5200	-50.03%
宁波	1.0000	0.9940	0.9709	0.9891	0.9915	0.9019	0.8982	-11.33%
温州	0.9377	0.8226	0.731	0.7073	0.7399	0.7370	0.6812	-37.65%
嘉兴	0.9628	0.9157	0.8792	0.9556	0.8543	0.7680	0.5524	-74.30%
湖州	0.9977	0.9919	0.9795	0.9883	0.9389	0.9526	0.7374	-35.30%
绍兴	0.9966	0.8768	0.7354	0.7542	0.6937	0.6712	0.5033	-98.03%
金华	0.8687	0.8623	0.9207	0.8994	0.8983	0.6280	0.5958	-45.80%
衢州	0.5358	0.5873	0.6142	0.6907	0.6010	0.7351	0.8190	34.58%
舟山	0.6279	0.6546	0.6978	0.7792	0.8855	0.8934	0.8716	27.96%
台州	0.9290	0.9636	1.0000	0.9880	0.9524	0.7860	0.6068	-53.10%
丽水	0.4939	0.4876	0.4938	0.5968	0.6400	0.6571	0.6851	27.91%
平均值	0.8300	0.8159	0.809	0.8406	0.8176	0.7652	0.6792	
极差	0.5061	0.5063	0.5063	0.3923	0.3905	0.3246	0.3950	

表1的最后一列反映了各地区平均效率从窗口1-7的发展变化情况，可以看出2000-2008共9年间，效率改进最大的地区为衢州，增长34.58%，其次是舟山，增长27.96%，而绍兴、嘉兴及杭州地区出现了明显的下降，分别为98.03%、74.30%及50.03%。这导致了浙北和浙东地区的平均效率有较大幅度的下降。这里，我们将杭嘉湖视作浙北地区，宁波、绍兴和舟山视作浙东，金华和衢州视为浙西，温州、丽水及台州视作浙南。将这4个大地区在各窗口中平均效率相比较（见图1），可以发现：窗口1-4中浙北地区的平均效率远高于其它地区，窗口5中该地区的平均效率有所下降，只略高于浙东地区，窗口6和7中浙北地区的平均效率就出现了明显下降，在窗口7中与其他地区相比平均效率处于最低；浙东地区的平均效率在所有窗口中的表现良好，变化幅度较小，均高于浙西和浙南地区；浙西和浙南地区平均效率的优劣呈现交

替变换趋势，如窗口1、2及窗口5、6中浙南的平均效率高于浙西，而窗口3、4及窗口7中浙西的平均效率却高于浙南；地区间平均效率的差距呈现一定的缩小趋势，如窗口1中最优的浙北地区的平均效率和最差的浙西地区的平均效率差为0.2113，而窗口7中最优的浙东地区的平均效率和最差的浙北地区的平均效率差为0.1544。并且虽然浙东与浙北各地区的平均效率值之和历年来都高于浙西与浙南各地区的平均效率值之和，但两者之间的差距在逐渐的减小，出现一定的收敛趋势。

表2为2000-2008年间所有地区科技进步贡献效益的描述统计，反映了各地区在整个期间科技进步贡献效益的相对稳定性情况。如对于宁波地区，整个期间平均效率为0.9636，为所有地区中平均效率最高，其标准差为0.0668，亦是标准差最低的地区，这一结果表明该地区在整个期间由科技进步转化的经济发展

状况十分良好。同样的，整个期间效率发展状况一直较稳定的地区还有湖州；而其他地区效率发展波动较大。其中，舟山地区效率的较高标准差是因为在窗口 5-7 其相对效率呈现较明显的改善所致，而衢州及丽水地区在窗口 7 中其相对效率得到了飞速提升导致了较高的标准差；温州和绍兴地区较高的标准差是因为在整个期间相对效率不断下降所致；对于杭州、嘉兴、金华及台州 4 个地区而言，其较高的标准差是由于其在窗口 6-7 表现出效率的急剧下降所致。

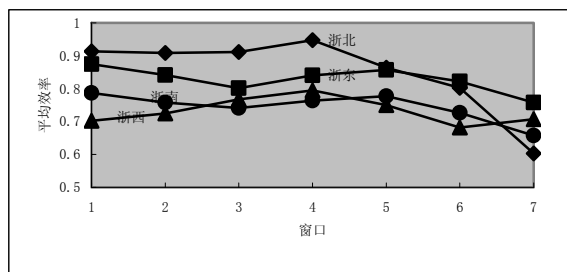


Figure 1. The trend line of technological progress efficiencies

图 1. 科技进步贡献效益趋势图

Table 2. Descriptive Statistics of technological progress efficiencies in all windows

表 2. 所有窗口科技进步贡献效益的描述统计

地区	平均效率	最大值	最小值	极差	标准差
杭州	0.7683	1.0000	0.4402	0.5598	0.1485
宁波	0.9636	1.0000	0.7453	0.2547	0.0668
温州	0.7653	1.0000	0.7453	0.2547	0.1434
嘉兴	0.8411	1.0000	0.4931	0.5069	0.1533
湖州	0.9409	1.0000	0.7163	0.2837	0.0985
绍兴	0.7473	1.0000	0.4793	0.5207	0.1553
金华	0.8104	1.0000	0.4834	0.5166	0.1482
衢州	0.6547	1.0000	0.4570	0.5430	0.1639
舟山	0.7729	1.0000	0.5550	0.4450	0.1441
台州	0.8894	1.0000	0.5502	0.4498	0.1486
丽水	0.5792	0.8854	0.3459	0.5395	0.137

如果以地区生产总值衡量地区经济发展规模，地区科技进步贡献效益与地区经济规模之间的关系可以简单地从反映地区科技进步贡献效益的 DEA 效率值与地区生产总值之间的关联进行分析，两者之间的相关系数为 0.0700，正相关性非常微弱，可以说，浙江省地区科技进步效率并不受到经济发展规模的影响。

4 结论

本文应用 DEA 模型构造了科技进步贡献效益指标，并采用窗口分析的方法对 2000-2008 年间浙江省各地区的科技进步相对贡献效益进行动态分析。主要结论有，在样本期间宁波及湖州地区由科技进步推动的经济发展状况一直较稳定，波动比较大的地区有衢州、绍兴、嘉兴等。另外，历年来科技贡献效益较高的地区主要体现在浙东地区的宁波和浙北地区的湖州；而效率较低的地区主要还是浙南的丽水地区和浙西的衢州地区，但这两个地区在 2006-2008 年间效率明显改善。从样本期间来看，浙东浙北地区和浙西浙南地区的差距正在逐步缩小，呈现出一定的收敛趋势。从规模经济的角度来看，地区科技进步贡献效益和地区经济规模之间并不存在明显的正相关关系。由于篇幅限制，本文仅对各地区在各窗口中的科技进步贡献效益的平均值稍加探讨，而没有对其相应原始结果进行综合分析，这在一定程度上影响了结论的精确性，这一点应是将来的研究方向。

References (参考文献)

- [1] A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes, Measuring the Efficiency of Decision Making Units[J], *European Journal of Operational Research*, 1978, 2, P429-444.
- [2] A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes, Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through[J], *Management Science*, 1981, 27, P668-697..
- [3] R. D. Banker, R. C. Morey, The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis[J], *Management Science*, 1986, 32(12), P1613-1627.
- [4] C. Tomkins, R. Green, An Experiment in the Use of Data Envelopment Analysis for Evaluating the Efficiency of UK University Departments of Accounting[J], *Financial Accountability and Management*, 1988, 4(2), P147-164.
- [5] P. Smith, Data Envelopment Analysis Applied to Financial Statements[J], *OMEGA*, 1990, 18(2), P131-138.
- [6] L. Drake, B. Howcroft, Relative Efficiency in the Branch Network of a UK Bank: An Empirical Study[J], *OMEGA*, 1994, 22(1), P83-90.
- [7] C. Kevin, J. Ping, W.Teng-Fei, An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency[J], *Review of Network Economics*, 2004, 3(2), P184-206.
- [8] A. Charnes, W.W. Cooper, B. Golany, A Developmental Study of Data Development Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the US Air Force[J], *Annals of Operation Research*, 1985, 2, P95-112.
- [9] A. Charnes, W.W. Cooper, A. Lewin, Seiford, Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications[M]. Boston: Kluwer Academic Publisher, 1994.