

江苏绿色发展转型:基于绿色效率 与环境全要素生产率研究^{*1}

华学成 王惠 仇桂且

【内容提要】:随着中国经济步入新常态,环境和资源的约束压力不断增加。该文构建 SBM—undesirable 非期望产出模型,综合分析了江苏省 13 个城市的绿色效率,并利用 DEA—Malmquist 模型,从规模可变角度将环境全要素生产率分解为规模效率指数、纯技术效率指数和技术进步指数,通过环境全要素生产率演变轨迹,分析各个城市环境全要素生产率具体情况以及变化。结果表明:从不同区域绿色效率和经济效率变化趋势来看,绿色效率出现上升趋势;江苏绿色转型经历是先升后降再升的过程,且区域绿色转型出现明显差异,苏南绿色转型程度最高、苏中次之、苏北较低;苏南、苏中绿色转型态势基本与江苏同步,而苏北绿色转型强度由弱变强,显示转型潜力。本文旨在通过绿色效率与环境全要素生产率研究,为苏北环境保护和绿色发展提供建议。

【关键词】:苏北发展 绿色效率 绿色转型 资源环境约束 环境全要素生产率

【中图分类号】:F403. 3 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1009—2382(2018)07—0018—08

一、引言

习近平总书记在十九大报告中提出加快生态文明体制改革,建设美丽中国,加快建立绿色消费和生产的政策导向和法律制度,建立健全绿色低碳循环发展的经济体系。随着资源约束问题的突出和环境污染加剧,绿色发展问题成为国内外学者关注的焦点。近些年来,江苏把加快转变经济发展方式作为推进绿色转型,从源头探寻经济发展和环境保护双赢路径,大力推动经济绿色转型。随着江苏城镇化和工业化进程加速推进,生态压力日益增大,制约了江苏绿色发展。江苏的资源与环境条件先天不足,后续的经济发展与资源、环境承载力之间的矛盾凸显。在新时代环境下,追求在绿色发展中实现转型就显得尤为重要。本文将环境全要素生产率和绿色效率纳入绿色转型评价框架中,有助于客观评价江苏绿色转型绩效,对推动江苏绿色发展具有现实的指导意义。

本文发现关于绿色效率和环境全要素生产率文献中,少有针对特定区域为测度的研究。因此,文中研究的价值在考虑能源投入过程中“非期望”产出的基础上,基于 SBM—Undesirable 和 DEA—Malmquist 模型测度江苏省 13 个城市的绿色效率和环境全要素生产率。鉴于 SBM—Undesirable 模型具有非角度非径向的优势,可以充分考虑到“坏”产出指标带来的偏误;而 DEA—Malmquist 模型是一种径向的 DEA 测度方法,这里为了将“坏”产出最小化,将“坏”产出作为投入指标进行效率测度,同时将环境全要素生产率分解为技术效率指数和技术进步指数,并从规模可变角度分解技术效率指数为规模效率指数和纯技术效率指数,探究环境资源约束下影响全要素生产率的关键点,为地方环境部门提供数据支持和决策依据。

¹***基金项目**:江苏省高校哲学社会科学研究重大项目“苏北生态优先绿色发展的路径与对策研究”(编号:2017ZDAXM018);2017 年度江苏省社会科学基金项目“新发展理念下苏北绿色发展的路径与对策研究”(编号:17MLB010);江苏高校哲学社会科学优秀创新团队“苏北发展与社会治理研究”(编号:2017STD018)。

作者简介:华学成,淮阴工学院社会科学处处长,江苏省重点培育智库苏北发展研究院常务副院长、教授;王惠,淮阴工学院图书馆馆员、博士;仇桂且,淮阴工学院社会科学处讲师(淮安 223003)。

二、绿色经济效率界定与计算方法

1. 绿色经济效率内涵

国内学者杨龙和胡晓珍(2010)在经济效率测度模型中引入综合环境污染指数,提出了绿色经济效率的概念,但并未对何为绿色经济效率进行解析,对其内涵也没有涉及。基于现有的绿色经济效率相关文献,笔者认为绿色经济效率是一种考虑环境与资源代价后的综合经济效率,即考虑资源投入和环境代价的条件下,评价一个地区或者国家经济绩效的指标。第一,绿色经济效率将资源利用和环境付出考虑到了生产过程中,全面考虑“好”产出和资源代价;第二,从投入产出角度来看,绿色经济效率是一种评价决策单元经济效率的指标体系,即生产过程中投入资源的利用效率,衡量了该决策单元在限定的单位资源投入获取“好”产出的能力,所得效率值是在原本经济效率基础上综合了资源利用和环境损失值后,获得的“绿色”经济效率值。简而言之,绿色经济效率是考虑了环境代价和资源投入的综合经济效率,其值越低,表明综合经济效率越差,反之亦然。

Tone 自 2001 年将松弛变量引入目标函数,构建用于处理投入产出变量松弛性问题的 DEA—SBM 模型,有效解决了角度和镜像问题带来的测量误差,在此模型的基础上,Tone 在 2004 年提出了 SBM—Undesirable 模型,它保留了原来 DEA—SBM 模型的既有优势,兼顾“坏产出”给模型计算时带来的偏误。据此,本研究采用“坏产出”的 SBM 模型求解江苏省绿色经济效率。

将江苏省每一个城市看作一个生产决策单元(DMU),假定每个城市都拥有如下投入产出向量:“坏”产出、“好”产出和投入(包含物质投入和人力投入),分别表示为 $Y^b \in R^{S_2}, Y^g \in R^{S_1}$ 和 $X \in R^n$, 定义矩阵 Y^b, Y^g, X 如下: $Y^b = [y_1^b, \dots, y_n^b] \in R^{S_2 \times n}, Y^g = [y_1^g, \dots, y_n^g] \in R^{S_1 \times n}, X = [x_1, \dots, x_n] \in R^{m \times n}$, 其中, $y_i^b > 0, y_i^g > 0, x_i > 0$ 。

生产可能集合为 $P = \{x, y^g, y^b \mid x \geq X\lambda, y^g \geq Y^g\lambda, y^b \geq Y^b\lambda, \lambda \geq 0\}$, 其中, $\lambda \in R^n$ 为权重向量,其和为 1 表示生产技术和规模报酬不变(CRS), 否则,表示规模报酬可变(VRS)。

根据定义,考虑非期望产出时度量决策单元效率的 SBM—Undesirable 模型,可写成:

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{r0}^b} \right)} \quad (1)$$

$$s, t \left\{ \begin{array}{l} x_0 = X\lambda + s^- \\ y_0^g = Y^g\lambda - s^g \\ y_0^b = Y^b\lambda + s^b \\ s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0, \lambda \geq 0 \end{array} \right.$$

其中, s 表示产出、投入的松弛量;目标函数 ρ^* 关于 s^b 、 s^g 、 s^- 严格递减, 取值范围在 $[0, 1]$ (何枫等, 2016)。对于某一特定的 DMU, 当且仅当 $\rho^*=1$, 即 $s^-=s^g=s^b$ 时达到技术有效; 如果 $\rho^*<0$, 则表明 DMU 技术无效, 存在产出投入上改进的空间。上述模型是非线性规划, 可以通过 Cooper 和 Charnels (1962) 的方法转换为式 (2) 的线性规划问题 (吴昊玥等, 2017):

$$\tau^* = \min \left(t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}} \right) \quad (2)$$

$$s, t \left\{ \begin{array}{l} 1 = t + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{r0}^b} \right) \\ x_0 t = X\Lambda + s^- \\ y_0^g t = Y^g\Lambda - s^g \\ y_0^b t = Y^b\Lambda + s^b \\ s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0, \Lambda \geq 0 \end{array} \right.$$

3. DEA—Malmquist 指数

1994 年, Fare 等人通过对数据包络分析 (DEA) 方法的改进, 建立了用来考察两个不同时期全要素生产率的 Malmquist 生产力指数, Malmquist 指数可以分解为技术进步指数 (TPCH) 和技术效率指数 (TECH); 假如规模效率可变, 技术效率指数 (TECH) 还可以进一步分解为规模效率指数 (SECH) 和纯技术效率 (PECH), 这种细化可以深刻地追溯到影响配置效率的深层次原因 (薛思蒙等, 2017)。

TECH 表示跨期前沿技术相对使用效率的变动, 表示技术效率改善; PECH 表示生产前沿的变动, 表示纯技术创新效应, 如设备更新、技术改造、采用新工艺等; 当环境全要素生产率 (TFP) 小于 (大于) 1, 表明决策单元 (DMU) 从 t 期到 $t+1$ 期内的全要素生产率降低 (提高); 当 TPCH 小于 (大于) 1, 表明 DMU 从 t 期到 $t+1$ 期内的技术退步 (进步), 对 TFP 的增长阻碍 (贡献); TECH 小于 (大于) 1, 表明 DMU 的技术效率恶化 (改善)。鉴于篇幅所限, 具体方法请见参考文献 (蔡晓春等, 2017)。

4. 变量选择与数据来源

本文需要的数据来源于《中国城市统计年鉴》、《中国城市建设统计年鉴》和《江苏省统计年鉴》, 研究对象是江苏省 13 个地级市, 包含苏北地区 (徐州、宿迁、淮安、盐城、连云港)、苏中地区三个城市 (泰州、扬州、南通) 和苏南 5 个城市 (镇江、常州、无锡、苏州、南京)。部分数据缺失, 采用均值法或移动平移法进行填补。

资本投入。由于资本对产出的影响具有“滞后性”，据此，城市的产出水平更多取决于固定资本存量，本文沿用永续盘存法对其进行估算(张学文，2012)，

$$K_t = K_{t-1} (1 - \delta_t) + I_t \tag{3}$$

其中， I_t 表示当年的固定资本投资额， K_{t-1} 为上一年的固定资本存量， K_t 为当年的固定资本存量。其中基期资本存量采用如

$$K_t = \frac{I_t}{\delta_t + g_t}$$

下公式： δ_t 表示固定资产折旧率， g_t 为选择期固定资产投资增长率，各市固定资产总额以 2006 年不变价格折算。具体变量的选取参见《中国省际物质资本存量估算:1952—2000》(张军等，2004)。劳动力投入。资本和劳动力在柯布—道格拉斯生产函数中显示都是生产过程中不可缺失的重要组成部分。考虑数据的可获取性，劳动力选取各个城市历年年末从业人数。资源投入。考虑环境因素后，将资源投入纳入到生产率的测度中，考虑到数据的可获取性较差，本文使用城市单位 GDP 能耗作为资源投入。期望产出。采用以 2006 年为基年计算的各个城市实际生产总值作为产出指标。非期望产出。江苏省工业密集，“三废”排放量大，水污染问题长期存在。因此，本文选取污染排放量纳入“坏”产出指标中。

三、效率测度与分析

1. 江苏省绿色效率测度

根据 SBM—Undesirable 模型对 2006—2015 年期间江苏省 13 个城市的绿色效率和经济效率进行测度，结果见表 1 和表 2。根据效率值将效率分为无效、弱有效、有效。当效率值小于 0. 5，则表示该城市绿色效率为无效;当测度值在 0. 7 和 1 之间，包括 0. 7，不包括 1，则表示该城市绿色效率为弱有效;当测度值等于 1，则表明该城市的绿色效率有效。

从表 1 和表 2 可以看出，江苏环境效率和经济效率均值分别为 0. 85 和 0. 68，从纵向看，环境效率从 2006—2012 年呈下降趋势，从 2006 年的 0. 88 下降到 2012 年的 0. 81，2012 年后呈现逐年上升态势，从 2012 年 0. 81 上升到 2015 年 0. 87。经济效率从 2006—2011 年呈现先降后升，从 2006 年 0. 63 下降到 2008 年 0. 56，从 2008 年 0. 56 上升到 2011 年 0. 82，从 2012 年又逐年下降，到 2015 年下降为 0. 64。

表 12006—2015 江苏省 13 个城市环境效率测度结果

城市	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	均值
南京	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
无锡	1	1	0. 86	1	1	1	1	1	1	1	0. 99
常州	0. 65	0. 59	0. 56	0. 56	0. 53	0. 71	0. 71	0. 8	0. 82	0. 81	0. 67
苏州	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
镇江	1	1	1	1	1	0. 84	0. 84	0. 87	0. 87	0. 9	0. 93
苏南	0. 93	0. 92	0. 88	0. 91	0. 91	0. 91	0. 91	0. 93	0. 94	0. 94	0. 92
南通	1	1	1	1	0. 81	0. 72	0. 7	0. 79	0. 77	0. 77	0. 86
扬州	0. 87	0. 96	0. 9	0. 93	1	0. 9	0. 85	0. 89	0. 9	0. 92	0. 91
泰州	0. 61	0. 61	0. 58	0. 61	0. 63	0. 86	0. 85	0. 85	1	0. 92	0. 75

苏中	0.81	0.82	0.79	0.81	0.78	0.8	0.76	0.77	0.77	0.8	0.79
盐城	0.76	0.72	0.68	0.68	0.67	0.72	0.62	0.55	0.42	0.6	0.64
徐州	1	1	1	1	1	1	0.67	0.76	1	1	0.94
连云港	0.9	1	0.88	0.85	0.85	0.73	0.72	0.77	0.7	0.66	0.81
淮安	0.92	0.78	0.59	0.57	0.6	0.66	0.77	0.81	0.77	0.77	0.73
宿迁	0.69	0.72	0.72	0.7	0.76	0.81	0.84	0.85	0.84	0.9	0.78
苏北	0.88	0.88	0.8	0.78	0.8	0.8	0.75	0.8	0.83	0.83	0.81
均值	0.88	0.88	0.83	0.84	0.83	0.84	0.81	0.84	0.85	0.87	0.85

表 22006—2015 江苏省 13 个城市经济效率测度结果

城市	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	均值
南京	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
无锡	1	1	0.85	1	1	1	1	1	0.92	0.86	0.96
常州	0.55	0.54	0.49	0.49	0.58	0.74	0.77	0.68	0.68	0.68	0.62
苏州	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
镇江	0.64	0.63	0.58	0.54	1	0.81	0.83	0.69	0.67	0.61	0.7
苏南	0.84	0.84	0.78	0.81	0.92	0.91	0.92	0.87	0.85	0.83	0.86
南通	0.56	0.57	0.55	0.54	0.76	0.73	0.72	0.66	0.65	0.63	0.64
扬州	0.57	0.53	0.48	0.49	0.86	0.89	0.82	0.65	0.65	0.63	0.66
泰州	0.51	0.49	0.43	0.44	0.67	0.87	0.85	0.62	0.6	0.57	0.6
苏中	0.57	0.55	0.5	0.5	0.74	0.79	0.75	0.61	0.59	0.59	0.62
盐城	0.63	0.6	0.52	0.51	0.67	0.69	0.63	0.51	0.45	0.52	0.57
徐州	0.53	0.52	0.46	0.44	1	1	0.77	0.65	0.63	0.58	0.66
连云港	0.39	0.36	0.32	0.3	0.81	0.6	0.65	0.45	0.4	0.39	0.47
淮安	0.49	0.47	0.34	0.31	0.64	0.61	0.7	0.56	0.52	0.48	0.51
宿迁	0.33	0.32	0.28	0.27	0.64	0.66	0.71	0.47	0.44	0.41	0.45
苏北	0.44	0.42	0.35	0.33	0.77	0.72	0.71	0.53	0.5	0.47	0.52
均值	0.63	0.62	0.56	0.56	0.82	0.82	0.80	0.69	0.66	0.64	0.68

从区域之间的差异来看，就三大区域来看，平均环境效率苏南最高，苏北次之，苏中最低。苏南地区的绿色效率均值最高(0.92)，依次为苏北(0.81)和苏中(0.79)，苏南地区绿色效率不但高于苏中、苏北地区，也高于江苏省平均水平(0.85)。苏南的绿色效率经历了一个明显的下降—平稳—上升的变化过程，即2006—2008年的缓慢下降，2009—2012年持续平稳，2012—2015年缓慢上升；苏北和苏中环境效率展现幅度不同上升下降交替出现的局面。而从平均经济效率来看，三大区域呈现苏南、苏中、苏北呈梯度递减的现象。苏南地区的经济效率均值最高(0.86)，依次为苏中(0.62)和苏北(0.52)。从纵向看，2006—2015年三大区域绿色环境效率值呈现波动状态，而经济效率值总体呈现先升后降趋势。

结果发现各个城市的环境效率值和经济效率值差异较大，其中南京、苏州的绿色和经济效率值最高，连续10年达到DEA有效；无锡、镇江、南通、扬州、徐州、连云港的绿色效率均值在0.7—1.0之间，这些城市的绿色经济发展水平较高，无锡、

镇江经济效率均值在 0.7—1.0 之间, 这些城市生产要素利用效率高;常州、泰州、盐城、淮安和宿迁的环境效率均值介于 0.6 和 0.8 之间, 常州、扬州、南通、泰州、徐州、盐城、淮安、连云港和宿迁这些城市环境效率和经济效率还存在较大的改进空间。

2. 环境效率的演变与江苏绿色转型

根据表 1、表 2 分析, 2006—2015 年期间, 江苏和不同区域绿色效率随时间变化都呈现明显的先降后升的趋势, 而江苏和区域传统效率经历了 2010 年后迅速增长, 但到 2012 年传统效率骤然下降, 到 2015 年还呈现下降趋势。从江苏平均值来说, 绿色效率最低点出现在 2008 年, 苏南绿色效率到达谷底的时间与江苏一致, 苏中为 2010 年、苏北 2009 年绿色效率达到谷底, 比江苏和苏南迟了一年时间。传统经济效率最低点与绿色效率一样出现在 2008 年, 苏南、苏中传统经济效率到达谷底的时间与江苏一致, 苏北比江苏全省晚一年时间。再从江苏和不同区域绿色效率和经济效率变化趋势来看, 绿色效率出现上升趋势, 而传统经济效率有下降趋势。是什么导致江苏及其区域城绿色和经济效率的反向呢?根据环境效率和传统效率演变趋势的差别推断, 趋势线反转必然与能源和环境要素相关。从投入产出关系来看, 绿色效率与传统经济效率差异主要在能源投入、污染的排放。因为绿色效率变化主要来自能源消耗的节约以及环境污染物排放的减少, 所以将这一现象称为“绿色转型”。

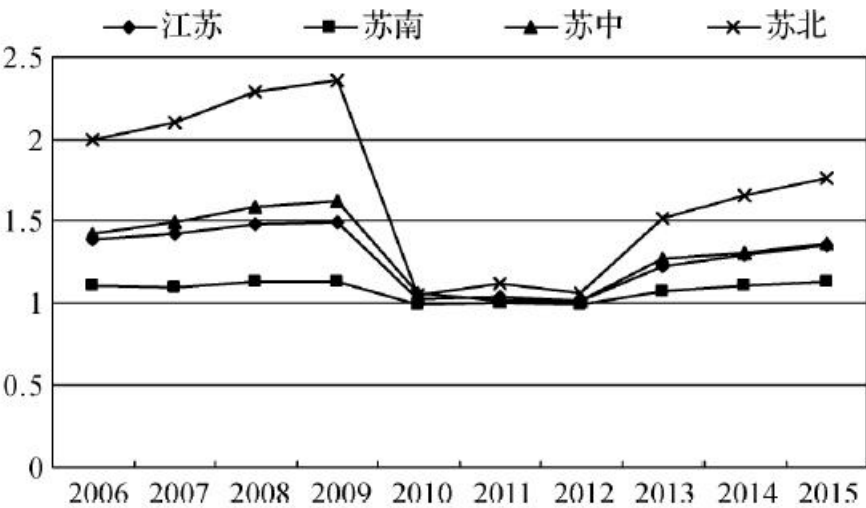


图 1 2006—2015 年江苏及其区域环境效率和传统效率之比变化趋势

图 1 所示, 从 2006—2015 年绿色转型情况可以看出, 江苏绿色转型经历是先升后降再升的过程, 但总体转型速度比较慢。这反映了江苏社会经济发展速度尽管比较快, 产业不断转型升级, 能耗水平持续下降。但江苏传统产业发展具有较强的路径依赖, 给产业转型升级带来难度, 而且较大规模的经济总量和较高的重工业比重造成了较大的环境压力。从区域来看, 由于地理位置和经济社会发展程度的不同, 江苏形成了三大区域: 苏南、苏中和苏北绿色转型出现明显差异, 苏南绿色转型程度最高、苏中次之、苏北最低。苏南地区不断加大能源消耗结构优化的力度, 提倡和鼓励发展绿色经济, 清洁能源使用比例逐年提高, 加上原本经济实力雄厚, 积累的资本和技术优势与绿色经济良性耦合发展。苏中、苏北地区尽管第二、三产业起步较晚, 产业结构层次低, 调整优化缓慢, 目前苏中、苏北经济增长仍然是高投资、高消耗和高污染为特征的粗放型模式, 严重的环境污染会大大降低经济效率, 苏中、苏北绿色转型的关键就是降低环境污染, 看出苏中、苏北的绿色转型效率值在增大, 预示苏中、苏北的可持续发展潜力较大。随着江苏省政府重视协调发展, 给予了大量经费投入以及政策优惠, 重视生态环境的改善, 努力适应经济增长带来的环境影响。

从各城市来看，南京、苏州和无锡作为江苏省重要的中心城市，具有完备的公共服务设施和便捷的交通运输体系，产业层次高，技术发达，绿色经济发展好，南京、苏州和无锡环境效率始终处于最高水平。南通、扬州、徐州、连云港、淮安、宿迁的绿色转型一直保持稳定的良好水平，究其原因却各不相同。镇江、扬州是江苏省区域核心城市，地理位置与南京接近，容易受到南京中心城市的辐射影响，资源配置和节能减排工作取得不俗成绩，呈现良好的绿色经济一体化效应；南通和徐州是重要的资源型城市，具有较强的产业吸引力，积极承接生物医药、电子信息等高新技术产业，表现出绿色。连云港作为中国首批沿海开放城市，将旅游业作为本市的支柱产业，有数据显示 2016 年，连云港实现旅游总收入 395.40 亿元，增长 15.5%，接待国内游客 3011 万人次，增长 12.2%，取得了良好的生态收益和经济收益。淮安和宿迁经济发展滞后，尽管环境效率比较低，但政府重视绿色发展，充分挖掘绿色资源，加快产业转型升级，加大环境治理力度，所以绿色转型效果比较明显。常州、泰州、盐城绿色转型效果相比之下，处于下游。这与当地政府重视装备制造业、输变电设备、新能源与新材料、软件业信息产业和生物医药产业的发展不无关系。泰州和盐城的绿色效率水平低下的原因可能是多方面的，产业结构亟待优化，新兴产业正处于发展初期，规模报酬递增阶段，各要素的流动和配置至今尚未达到最佳状态，导致了长期的“产出不足”现象存在。

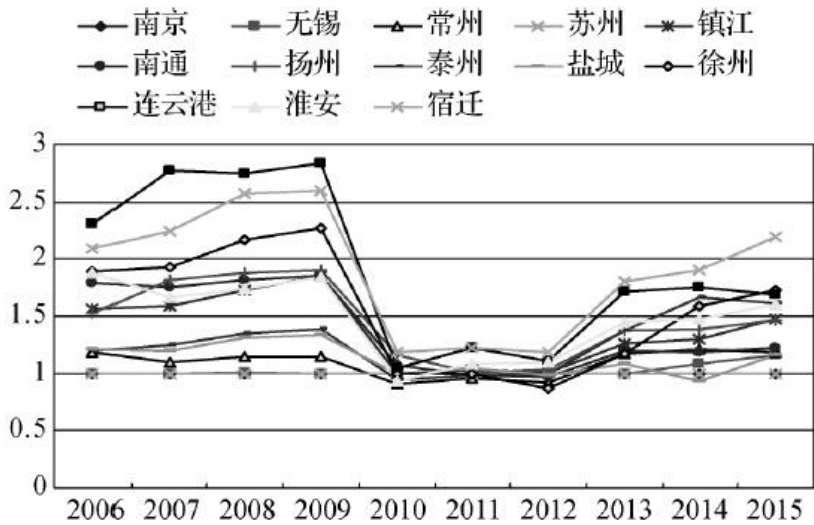


图2 2006—2015年江苏各地区环境效率和传统效率之比变化趋势

3. 环境全要素生产率

环境全要素生产率测算，既能对生产前沿面的移动做出分析，还能分析每个城市相对生产前沿面的距离，是一种动态的效率测度。表3是江苏城市环境全要素生产率及其分解的时间变化趋势。

从表3可以看到，2006—2015年，江苏城市环境全要素生产率(TFP)增长率为10.7%，其中技术进步年均增长率为10.8%，技术效率年均增长率为-0.1%，生产率的增长源于技术进步，规模效率的负增长导致了技术效率的恶化。根据表4，样本期内的各个时间段，环境全要素生产率都大于1，表示环境全要素生产率处于上升趋势，其中2007—2008年、2009—2010年、2012—2013年和2013—2014年这四个时期环境全要素生产率大于1.10，处于高速增长状态，面对日益严峻的环境问题，中国政府自80年代初开始陆续颁发实施了自然资源保护和环境污染防治的法律近30部，行政法规多达150部，江苏省2008年1月1日起执行的《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》成为全国最严格的排污标准。与此同时，江苏省政府通过全面、足额征收排污费，使得大批污染企业实施节能技术改造或关停，将高占地、高排放、高能耗的企业疏散，大力支持发展新兴的第三产业，用更多的环境容量和空间，改善城市居住人文环境。

技术进步和技术效率共同影响全要素生产率，规模效率(SECH)和纯技术效率(PECH)共同影响技术效率。由此可知，2006—2015年江苏省环境全要素生产率增长的原因并不完全相同，2009—2010年、2011—2012年和2014—2015年的环境全要素生产率增长是由于受到技术进步和技术效率的双重作用，表明这些年份江苏省绿色经济发展态势良好，对环境的投资强度和结构配置也趋于合理。其余的年份，环境全要素生产率的改善归根于技术进步，可以看出对环境全要素生产率的贡献程度：技术进步指数大于纯技术效率指数，纯技术指数大于规模效率指数，反映出环境设备更新、技术改造对江苏省环境改善起到主要作用，环境保护相关主体的管理水平和环境方面的法律条文对环境的改善起到次要作用，环境物力、人才和资金等资源配置仍然需要进一步优化。

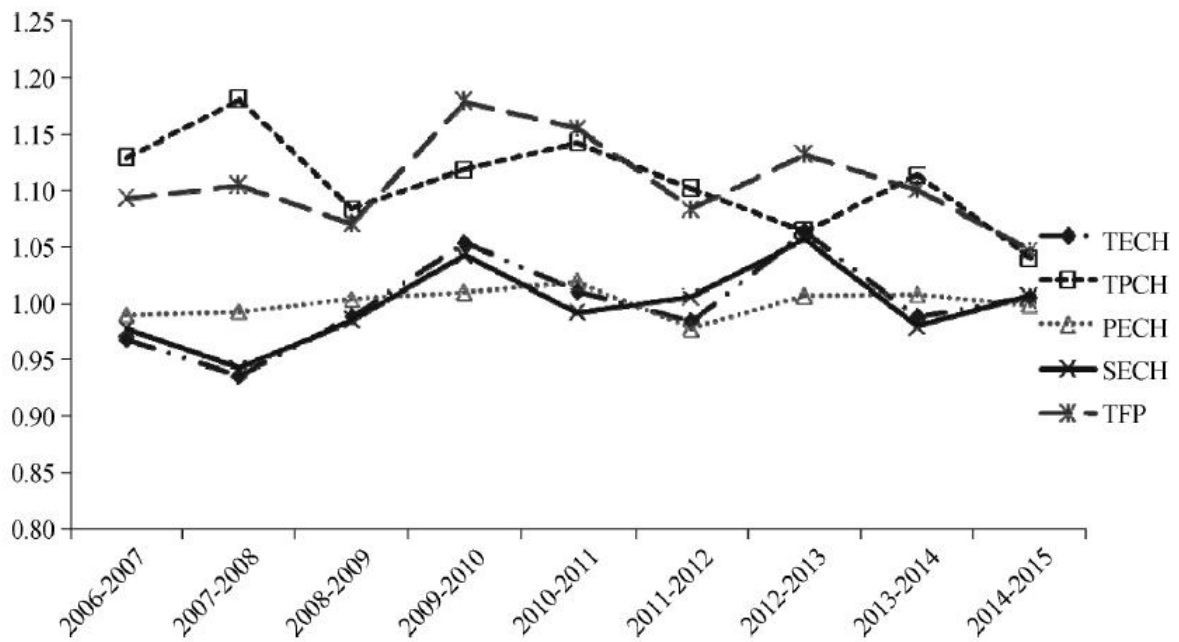


图3 江苏省环境全要素生产率的动态变化

从图3可知，江苏省环境全要素生产率与技术进步有着相似的变化轨迹，规模效率与技术效率的变动也趋于一致，由于规模效率的下降引发了技术效率的恶化，显然，技术进步在很大程度上抵消了技术效率的下降，技术进步的变动是江苏省环境全要素生产率变动的主要原因。

从江苏省13个城市环境全要素生产率及其分解指数来看，见表3，样本期内所有城市的环境全要素生产率均出现不同程度的提升，其中环境全要素生产率增长率排在前五位的城市依次为：南京(15.8%)、常州(14.2%)、徐州(12.8%)、南通(12.9%)、泰州(12.6%)。南京、无锡、徐州和苏州的环境全要素生产率受技术进步指数影响最大，表明这些发达的地区在工业达到一定规模之后，逐渐淘汰了一些环境污染比较大的企业，产业开始调整转型，同时，随着人们生活条件的日益改善，对环境保护的诉求也逐渐高涨，低碳技术、新设备得到普遍运用，使得这些地区环境全要素生产率的增长受到技术进步影响最大。宿迁、泰州和扬州等城市受技术效率和技术进步指数双因素的正向影响，表明这些地区的环境规制主体管理水平在不断增强，环境原始创新能力也逐步提升。

表3 2006—2015年城市环境全要素生产率测度结果

城市	TECH	TPCH	PECH	SECH	TFP
南京	1.000	1.158	1.000	1.000	1.158

无锡	1. 000	1. 120	1. 000	1. 000	1. 120
徐州	1. 000	1. 128	1. 000	1. 000	1. 128
常州	1. 027	1. 111	1. 018	1. 009	1. 142
苏州	1. 000	1. 115	1. 000	1. 000	1. 115
南通	0. 992	1. 138	1. 000	0. 992	1. 129
连云港	0. 957	1. 156	1. 000	0. 957	1. 106
淮安	0. 989	1. 063	1. 000	0. 989	1. 052
盐城	0. 978	1. 031	0. 980	0. 998	1. 009
扬州	1. 001	1. 108	1. 000	1. 001	1. 109
镇江	0. 986	1. 107	1. 000	0. 986	1. 091
泰州	1. 020	1. 104	1. 013	1. 007	1. 126
宿迁	1. 042	1. 066	1. 000	1. 042	1. 111
几何平均	0. 999	1. 108	1. 001	0. 998	1. 107

常州和泰州两个城市的环境规模指数、纯技术效率指数和技术进步指数都大于 1，表示这三项指数对这两个城市环境全要素生产率都有所贡献，这些地区经济环境和谐推进，发展态势良好；南通、连云港、淮安、盐城和镇江五个城市的技术效率呈现负增长，在一定程度上抑制了该地区的环境全要素生产率增长，表明这些地区产业结构的调整、经济发展方式的转变图 42006—2015 年绿色与经济全要素生产率之比还需要一段时间。

表 4 江苏省各个时期的环境全要素生产率

时期	TECH	TPCH	PECH	SECH	TFP
2006—2007	0. 968	1. 129	0. 990	0. 978	1. 093
2007—2008	0. 936	1. 181	0. 993	0. 943	1. 105
2008—2009	0. 988	1. 084	1. 004	0. 985	1. 071
2009—2010	1. 054	1. 119	1. 010	1. 043	1. 179
2010—2011	1. 011	1. 143	1. 019	0. 992	1. 155
2011—2012	0. 984	1. 102	0. 978	1. 006	1. 084
2012—2013	1. 064	1. 064	1. 007	1. 057	1. 132
2013—2014	0. 988	1. 114	1. 008	0. 980	1. 101
2014—2015	1. 006	1. 040	0. 999	1. 007	1. 047
几何平均	0. 999	1. 108	1. 001	0. 998	1. 107

4. 全要素环境效率的演变与江苏绿色转型

从图 4 中可以看到，在 2006—2015 年期间，江苏 2006—2015 年绿色与经济全要素生产率之比除 2012—2013 年外，均大于 1，显示江苏在这期间存在绿色转型，此后转型幅度逐步收窄，甚至在 2012—2013 年存在逆转现象。从区域来看，苏南、苏中绿色转型态势基本与江苏同步，而苏北绿色转型强度由弱变强，这与前面环境效率和传统效率水平的分析一致。虽然各个地区存在不同程度绿色转型，但环境全要素生产率呈现波动状态，特别是 2013 年后江苏及其区域环境全要素生产率呈现不同程度下降，而且出现负增长，意味着江苏绿色转型道路任重道远。主要由于江苏把工业特别是重化工业作为推动江苏经济增长之源，统计资料显示，2015 年重工业占工业比重高达 74.1%。虽然江苏重视绿色转型，推动产业结构升级，但传统产业发展具有较强的路径依赖，产业结构调整也比较艰难。另外，较大规模的经济总量和较高的重工业比重造成了较大的环境压力。2013 年，江苏单位土地面积的工业二氧化硫排放和工业化学需氧量排放分别为 8.48 吨/平方公里和 19.51 吨/平方公里，是除了上海和天津之外，单位土地面积污染负荷最高的省份。

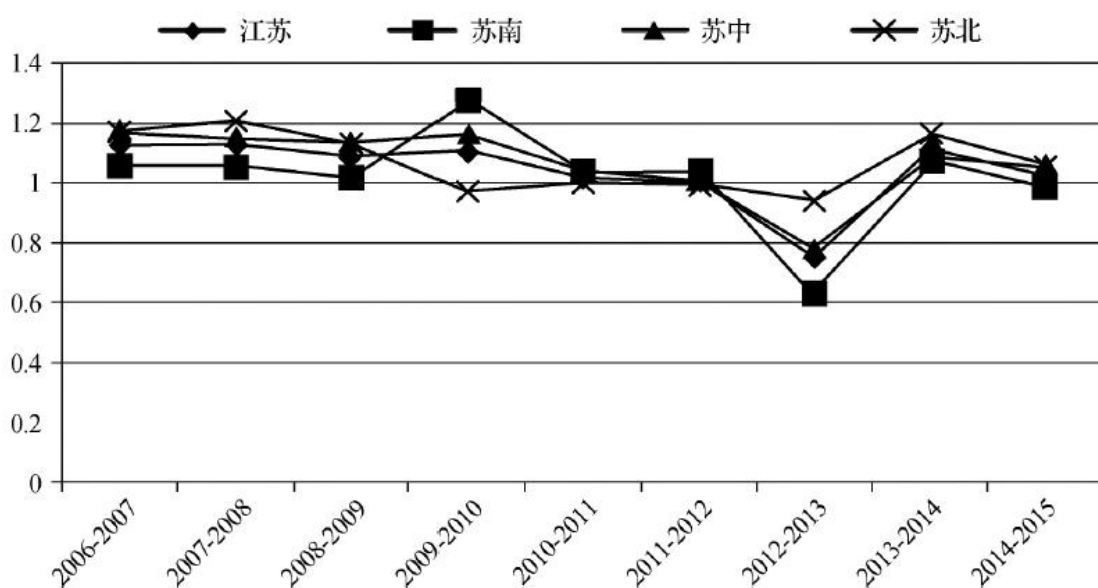


图 4 2006—2015 年绿色与经济全要素生产率之比

四、结论与政策建议

本文基于 SBM—Undesirable 模型测度 2006—2015 年江苏省 13 个城市绿色效率和环境全要素生产率，并进一步分析江苏绿色转型情况。结果表明，江苏苏南地区的城市绿色效率水平较高，苏北和苏中地区绿色转型效应明显；样本期内，江苏省各个时期的环境全要素生产率都大于 1，主要是由于技术进步推动，技术效率是江苏城市环境全要素生产率提升的短板，提升环境全要素生产率的源泉是技术效率和技术进步双因素，这就说明江苏省环境全要素生产率尚存在进一步提升的空间。环境效率和环境全要素生产率的分析都表明，不同区域、不同城市绿色转型程度存在差异，苏南绿色发展总体水平高，但苏北绿色转型幅度大，为推动江苏绿色转型升级起到了很好的先导作用。针对以上结论，考虑到苏北地区经济发展的实际情况，提出以下对策：

第一，加大资金支持。政府鼓励采购绿色新产品、绿色产业新技术，通过财政扶持、补助、奖励、贴息等财政政策，支持地区发展绿色经济。完善生态环境保护投融资机制，综合运用金融、规划、土地等多种政策引导资本投入。支持各类投资主体和不同经济成分，以 PPP、BOT、股份合作制等不同方式参与环境保护建设。

第二，各地区应该加大推进技术进步的力度，强化科技创新支撑。因地制宜，发挥区位优势，借鉴国内外先进的绿色管理理念，充分发挥行业协会、企业、科研结构、高校等各方面力量生态环保科研中的作用，深化产学研合作，加快推进生态环保

科技创新，保证地区环境全要素生产率稳步提高，带动周边地区发展绿色经济，最终实现弯道超车。

第三，各地应完善环境统计，促进信息公开。各市应加强生态环境基础调查，重点开展污染源普查、危险废物普查、集中式饮用水水源环境保护状况调查、公民生活方式绿色化实践调查等。在此基础上，加强环境统计能力提升，重点加强对重点指标的统计数据获取水平，将小微企业纳入环境统计范围，梳理污染物排放数据，大力开展环境统计研究，鼓励利用统计数据开展各类研究，特别是围绕生态优先、绿色发展面临的重大问题加强研究，逐步实现各套数据的整合和归真。最终建立生态环境监测信息统一发布机制和信息公开平台，健全反馈机制，全面推进大气、水、土壤等生态环境信息公开，不断丰富生态环境监测信息内涵。

参考文献：

1. 张华、丰超、时如义：《绿色发展：政府与公众力量》，《山西财经大学学报》2017年第11期。
2. 杨龙、胡晓珍：《基于DEA的中国绿色经济效率地区差异与收敛分析》，《经济学家》2010年第2期。
3. 聂雷、郭忠兴、彭冲：《基于SBM-Undesirable和Meta-frontier模型的城市建设用地利用效率研究》，《资源科学》2017年第5期。
4. 何枫、马栋栋、徐晓宁：《雾霾约束下中国省际区间环境技术效率研究——基于SBM-Undesirable区间模型的面板数据分析》，《干旱区资源与环境》2016年第12期。
5. 唐德才、汤杰新、马婷玉：《中国环境规制效率与全要素生产率研究——基于SBM-Undesirable和DEA-Malmquist模型的解释》，《干旱区资源与环境》2016年第11期。
6. 何枫、马栋栋、祝丽云：《雾霾约束下中国环境技术效率测度及影响因素研究——基于SBM-Undesirable的省际面板数据》，《研究与发展管理》2016年第5期。
7. 吴昊玥、何艳秋、陈柔：《中国农业碳排放绩效评价及随机性收敛研究——基于SBM-Undesirable模型与面板单位根检验》，《中国生态农业学报》2017年第9期。
8. 薛思蒙、刘瀛弢、毛世平：《中日水稻产业生产效率比较研究》，《农业经济问题》2017年第11期。
9. 张学文：《我国公共投资固定资本存量最优规模实证分析》，《城市问题》2012年第9期。
10. 张军、吴桂英、张吉鹏：《中国省际物质资本存量估算：1952—2000》，《经济研究》2004年第10期。
11. 陈园月、郭建科：《近30a长三角地区港口规模分布演化分析》，《长江流域资源与环境》2017年第11期。
12. 龚新蜀、李梦洁、张洪振：《OFDI是否提升了中国的工业绿色创新效率——基于集聚经济效益的实证研究》，《国际贸易问题》2017年第11期。