

长三角城市群 R&D 资源投入产出效率分析及空间分异¹

曹贤忠, 曾刚, 邹琳

【摘要】:从投入产出效率视角,构建研发资源投入产出评价指标体系,运用DEA中的CRS、VRS模型和Malmquist指数方法,测度了长三角城市群研发资源的投入产出效率、变化趋势以及空间分异特征,并运用因子分析定权法验证DEA计算的结果,二者表现出高度的一致性。结果表明,长三角城市群研发资源的投入产出效率总体较低,但呈上升趋势:2000、2005、2010以及2012年长三角城市群研发资源投入产出的综合效率分别为0.591、0.622、0.669和0.784,均不足最优效率的80%;江苏研发资源投入产出效率显著高于上海和浙江;长三角城市群研发资源投入产出效率分异程度逐渐缩小,但空间格局变化较大;长三角城市群研发资源投入产出效率各类效率变动指数均呈现上升趋势,且全要素生产率变动较为显著。

【关键词】:研发资源;投入产出效率;DEA;因子分析定权法;长三角城市群

【中图分类号】:F127 **【文献标志码】:**A **【文章编号】:**1000 - 8462 (2015) 01 - 0104 - 08

【DOI】:10.15957/j.cnki.jjdl.2015.01.015

经济地理学越来越倾向于创新领域的研究,创新的研究具有较大理论意义^[1-2],随着时代的推移,知识已取代资本,成为最具战略价值的资源,学习成为最重要的过程,创新成为经济发展的主要动力。在知识经济和学习经济时代,区域的发展关键在于区域的创新能力^[3],而区域创新能力的大小受制于研发资源要素的配置,为了争取竞争优势,各个地区都在努力加大R&D活动的投入力度,但R&D活动的投入产出效率却差异很大^[4]。R&D效率是指一个国家或地区在R&D活动中把多种投入资源(研发资金、人员等)转化为多种产出(专利、科技论文等)的一种能力^[5],R&D效率也可以视为科技研发活动投入和产出的比较^[6]。

在评价绩效尤其是测度效率研究方面,真正具有效率意义的是数据包络分析(DEA)方法^[4]。如孙绪华等运用DEA方法中的Malmquist生产力指数来测算我国科技研发投入的产出效率指数及其分解指标;唐德祥等运用面板数据随机前沿方法(SFA)考察了我国三大经济区域R&D与技术效率之间的内在关系^[7];胡求光等运用随机前沿方法(SFA)和面板数据,就长三角、珠三角和环渤海三大经济区的R&D对技术效率的影响机制及其区域差异进行了实证分析^[8];张海洋运用DEA方法对1999—2007年省级大中型工业全要素R&D效率及其组成全要素R&D资本效率和全要素R&D人员效率的变化特点和影响因素进行了分析^[9];吴和成和王晓红等运用超效率DEA模型分别对我国十五期间17个制造行业的R&D效率和30个省市的R&D效率进行了测度^[10-11]。

综上所述,研发资源效率的研究成果较为丰富,且运用方法以DEA模型为主。已有研究多集中于国家、省域、城市群、经济区等区域尺度,也有部分研究涉及产业研发资源效率分析,但缺乏对省域或城市群内部各区域的研发资源效率进行测度和分异进行分析,长三角城市群作为长江经济支撑带乃至全国重要的城市群,非常具有研究的典型性,但对其研发资源效率测度及空间分异的研究却鲜有涉及,虽然董洁等运用超效率DEA模型和Malmquist生产力指数法,对长三角地区高技术产业的R&D效率进行了测度^[12],但其仅仅从产业层面,没有对长三角城市群内部效率进行测度,且时间跨度仅为四年。因此,本文以长三角城市群为例,运用数据包络分析(DEA)和Malmquist-DEA方法,对2000—2012年长三角核心城市的研发资源投入产出效率及空间分异

1. 收稿时间:2014 - 07 - 29; 修回时间:2014 - 10 - 30

基金项目:国家社会科学基金重大项目(10ZD016);国家自然科学基金面上项目(41071093);德国科学基金会(LI981/8-1A0BJ:595493);华东师范大学2014博士生学术新人奖资助项目(XRZZ2014002)

作者简介:曹贤忠(1987—),男,安徽泗县人,博士研究生。主要研究方向为技术创新经济与产业经济。E-mail:cao5956@163.com。(华东师范大学中国现代城市研究中心/城市与区域科学学院,中国上海200062)

进行分析，拟重点解决以下两个问题：长三角城市群研发资源投入产出效率如何？长三角城市群研发资源投入产出效率的空间分异以及动态演变特征如何？本研究不仅能为长三角各地市开展创新提供决策支持，同时，通过长三角城市群研发资源投入产出表现出的规律性特征，还能为其他城市群提供一定的借鉴。

1 研究对象、数据来源与指标体系构建

1.1 研究对象与数据来源

本文的研究对象为长三角16个核心城市，包括上海、杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、舟山、台州、南京、扬州、镇江、常州、无锡、苏州、泰州以及南通市。

由于数据获取较有难度，并对2000—2012 年进行纵向比较分析，本文选取了2000、2005、2010以及2012年四个时间的截面数据进行分析。考虑R&D活动的特点，投入与产出之间存在一定的时间滞后性，经过协整分析，R&D资源投入对产出发挥最大的时滞为1年^[13]，因此本文产出指标选用t 年的数据，投入指标则选用t-1年的数据。

基础数据主要来源于各市统计公报（1999—2011）、各市统计年鉴（2001—2013）、各市经济信息委员会网站、相关新闻报道以及已有学术研究文献。其中，科技论文数量来自于重庆维普中文科技期刊数据库和Web of Knowledge数据库，专利数量来自国家知识产权局（SIPO）。

1.2 研发资源投入产出效率测度指标体系

关于创新投入与创新产出之间的关系，经济学文献中称之为知识生产函数^[14]，关于 R&D 投入的指标基本达成共识，即研发人员和经费两方面。大多学者采用的指标是 R&D 人员数和 R&D 支出经费^[11, 13, 15]，但本文认为在人员投入方面，R&D 人员全时当量更能体现人员的投入，因而，本文的研发资源投入指标设定为 R&D 人员全时当量（万人·年）和 R&D 支出经费（亿元）。

表1 研发资源投入与产出效率评价指标		
Tab.1 The evaluation index of input and output efficiency of R&D resources		
指标类型	一级指标	二级指标
投入指标	R&D投入	R&D人员全时当量(万人·年)
		R&D支出经费(亿元)
产出指标	专利产出	专利数量(个)
	创新产出	科技论文数量(篇)、新产品产值率(%)

关于研发资源产出指标，学术界较有争议。Cre-pon等用专利数量和新产品的销售份额作为产出绩效的指标^[16]；有的学者认为专利只代表了R&D产出的一个部分，科技期刊发表的论文数、技术收支盈余数以及新产品开发的数量都是R&D的产出变量^[17]。Hagedoorn等用专利数量、专利引用率以及新产品数量反映企业产出绩效^[18]；而Belderbos等用劳动生产率和创新产品生产率作为指标来衡量产出绩效^[19]。时鹏将等以科技论文数量、专利数量、技术市场成交额、高技术产品出口总额以及新产品销售收入占产品销售收入的比重等五个指标作为R&D活动的产出指标^[20]；刘顺忠等用发明专利授权量、国外三系统（SCI、EI和ISTP）收录科技论文数量、新产品产值率、亿元投资新增GDP和万元GDP综合能耗作为指标来衡量一个地区创新产出能力^[21]；赵建吉等对创新的空间测度进行了系统的梳理和分析，研究认为创新产出可分为专利产出和创新产出，并可用专利数目以及新产品的销售额等来表征^[22]。综上所述，本文选用专利数量（个）、科技论文数量（篇）、新产品产值率（%）三个指标表征研发资源的产出，因而，研发资源投入与产出共有五项指标（表1）。根据投入产出效率指标数量宜少原则^[23-24]，一般要求（投入指标数目+产出指标数目）≤ 1/3DMU个数（评价单元）^[25]。本文对长三角城市群的16个城市进行投入产出效率测度分析，因而要求投入产出指标最多为5个，表1所构建的指标体系符合要求。

2 效率测度模型与方法

2.1 CRS 与 VRS 模型

数据包络分析 (Data Envelopment Analysis) 简称 DEA, 由 Charnes 等于 1978 年创建^[26]。这种非参数统计分析方法已成为对 R&D 效率测度的主要研究方法, 该方法与其他评估方法相比较, 具有结构简单、不需要事先确定各指标间的可比性和权重, 并可以提供信息来找出低效率环节等优点, 能够较好地运用于国家或区域 R&D 投入和产出相对效率的评估^[6]。本文借鉴方创琳等^[25]研究方法, 要评价 M 个城市研发资源的投入产出效率, 并假设评价指标体系分为 K 种投入指标, L 种产出指标, 设 $x_m(k)$ ($x_m(k) > 0$) 代表第 m 个城市的第 k 种资源的投入量, $y_m(l)$ ($y_m(l) > 0$) 代表第 m 个城市的第 l 种产出量。对于第 m ($m=1, 2, \dots, M$) 个城市, θ ($0 < \theta \leq 1$) 代表要素资源投入产出效率综合指数, 简称综合效率指数; ε 为非阿基米德无穷小量; λ_m ($\lambda_m \geq 0$) 为权重变量, 用来判断城市研发资源的规模收益情况; s^- ($s^- \geq 0$) 为松弛变量, 表示研发资源达到 DEA 有效需要减少的投入量; s^+ ($s^+ \geq 0$) 为剩余变量, 表示研发资源达到 DEA 有效需要增加的产出量。公式如下:

$$\begin{cases} \min (\theta - \varepsilon (\sum_{k=1}^K s_k^- + \sum_{l=1}^L s_l^+)) \\ s.t. \sum_{m=1}^M x_{mk} \lambda_m + s_k^- = \theta x_k^0 \quad k=1, 2, \dots, K \\ \sum_{m=1}^M y_{ml} \lambda_m - s_l^+ = y_l^0 \quad l=1, 2, \dots, L \\ \lambda_m \geq 0 \quad m=1, 2, \dots, M \end{cases}$$

上述公式是基于规模报酬不变 (Constant Re-returns to Scale, CRS) 的 DEA 模型, 简称 CRS 模型。当存在最优解 $\theta_m=1$ 时, 表明第 m 个城市研发资源运行在最优生产前沿面上, 该城市的研发产出相对于投入而言达到了综合效率最优; 当 $\theta_m < 1$ 时, 表明第 m 个城市研发资源效率无效, 若 θ_m 的值越接近于 1, 则表示第 m 个城市研发资源投入产出的综合效率越接近有效, 反之越低。

在公式中引进约束条件 $\sum_{m=1}^M \lambda_m = 1$, 将其转变为规模报酬可变 (Variable Returns to Scale, VRS) 的 DEA 模型, 简称 VRS 模型, 利用 VRS 模型可将综合效率分解为纯技术效率与规模效率的乘积, 即 $\theta_m = \theta_{TE} \times \theta_{SE}$ 。用 VRS 模型得到的效率指数 θ_m 为第 m 个城市研发资源的综合效率指数; θ_{TE} 为对应城市群的纯技术效率指数 (Technical Efficiency), 有 $0 < \theta_{TE} \leq 1$, $\theta_{TE} \geq \theta_m$; 规模效率指数 (Scale Efficiency, 记为 θ_{SE}), $0 < \theta_{SE} \leq 1$, $\theta_{SE} \geq \theta_m$ 。同样对于 θ_{TE} 、 θ_{SE} 的值越接近于 1, 表示研发资源投入产出的纯技术效率、规模效率就越高。当 $\theta_{TE}=1$ 或 $\theta_{SE}=1$ 时, 则该城市的研发资源分别为纯技术效率最优或规模效率最优。

本文中研发资源投入产出的综合效率是指研发资源要素的配置、资源利用效率等综合效率, 纯技术效率是指技术进步带来的生产效率, 规模效率指的是研发资源当前规模与最适规模之间的差距。

2.2 Malmquist-DEA 模型

Malmquist 指数最早由 Malmquist 作为一种消费指数提出, 之后, Caves 等将其应用到生产率变化的度量。当全要素生产率增长指数大于 1 时, 意味着全要素生产率增长为正, 反之则意味全要素生产率增长为负, Malmquist 指数主要度量全要素生产率增长、效率变化与技术进步率。本文用来测度 2000—2012 年长三角城市群研发资源的投入产出效率的变化。

2.3 因子分析定权法

效率评价的本质是以各种科技资源作为投入，以各种效果作为产出，以产出除以投入，进而分析最终的资源配置效率^[27]。因此，本文选择最为基本的测度方法—因子分析定权法，进行测算，并与 DEA 的测算结果进行比较分析。效率测度公式为：

$$E_i = C_i/T_i$$

式中：E_i 为第i 年的技术创新效率值；C_i 为第i 年的技术创新产出综合值，且 $C_i = \sum_{j=1}^3 \lambda_j C_{ij} (j=1,2,3)$ 为第i 年的三项技术创新产出值；λ_j (j=1, 2, 3) 为三项技术创新产出指标的权重；T_i 为第i 年的技术创新投入综合值， $T_i = \sum_{j=1}^2 \theta_j T_{ij} (j=1,2)$ 为第i 年的两项技术创新投入值；θ_j (j=1, 2) 为两项技术创新投入指标的权重。

另外，参考曹贤忠等^[28]在数据处理上采用的极差法，对数据进行标准化处理，具体操作如下：

$$\text{正向指标: } W_{\text{正}} = \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}, \text{逆向指标: } W_{\text{负}} = \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}$$

通过因子分析确定各指标的权重分别为：R&D人员全时当量（0.211）、R&D支出经费（0.296）、专利数量（0.493）、科技论文数量（0.519）、新产品产值率（0.481）。

3 实证与结果分析

运用DEAP2.1软件计算DEA综合效率、纯技术效率和规模效率值，并计算Malmquist指数，所得结果见表2、图1。

表2 2000—2012年长三角城市群研发资源投入产出效率计算值
Tab.2 The efficiency of R&D resources input and output of the Yangtze river delta urban agglomeration during 2000 to 2012

城市	2000年			2005年			2010年			2012年		
	综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.713	1.000	0.713	0.466	1.000	0.466
杭州	0.715	0.719	0.995	1.000	1.000	1.000	0.749	1.000	0.749	0.791	1.000	0.791
宁波	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.739	0.932	0.793	0.927	0.947	0.979
湖州	0.686	1.000	0.686	0.939	1.000	0.939	0.935	0.940	0.994	0.960	0.984	0.976
嘉兴	0.249	0.280	0.889	0.282	0.314	0.899	0.347	0.360	0.964	0.601	0.869	0.692
绍兴	0.763	0.805	0.947	0.359	0.360	0.997	0.331	0.473	0.700	0.429	0.440	0.975
舟山	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
台州	0.707	0.781	0.906	1.000	1.000	1.000	0.895	1.000	0.895	0.700	0.715	0.979
南京	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
苏州	0.198	0.200	0.989	0.248	0.251	0.989	0.537	0.882	0.609	1.000	1.000	1.000
无锡	0.772	0.808	0.955	0.334	0.335	0.999	0.536	0.867	0.618	0.856	0.859	0.996
常州	0.344	0.385	0.895	0.460	0.478	0.963	0.490	0.499	0.982	0.831	1.000	0.831
镇江	0.277	0.279	0.993	0.494	0.525	0.942	0.671	0.688	0.975	0.805	0.889	0.906
扬州	0.392	1.000	0.392	0.447	0.452	0.989	0.442	0.471	0.939	0.618	0.699	0.883
泰州	0.146	0.202	0.723	0.162	0.282	0.576	0.327	0.380	0.861	0.640	0.698	0.917
南通	0.212	0.259	0.817	0.225	0.240	0.937	1.000	1.000	1.000	0.927	0.948	0.978
均值	0.591	0.670	0.887	0.622	0.640	0.952	0.669	0.781	0.862	0.784	0.878	0.898

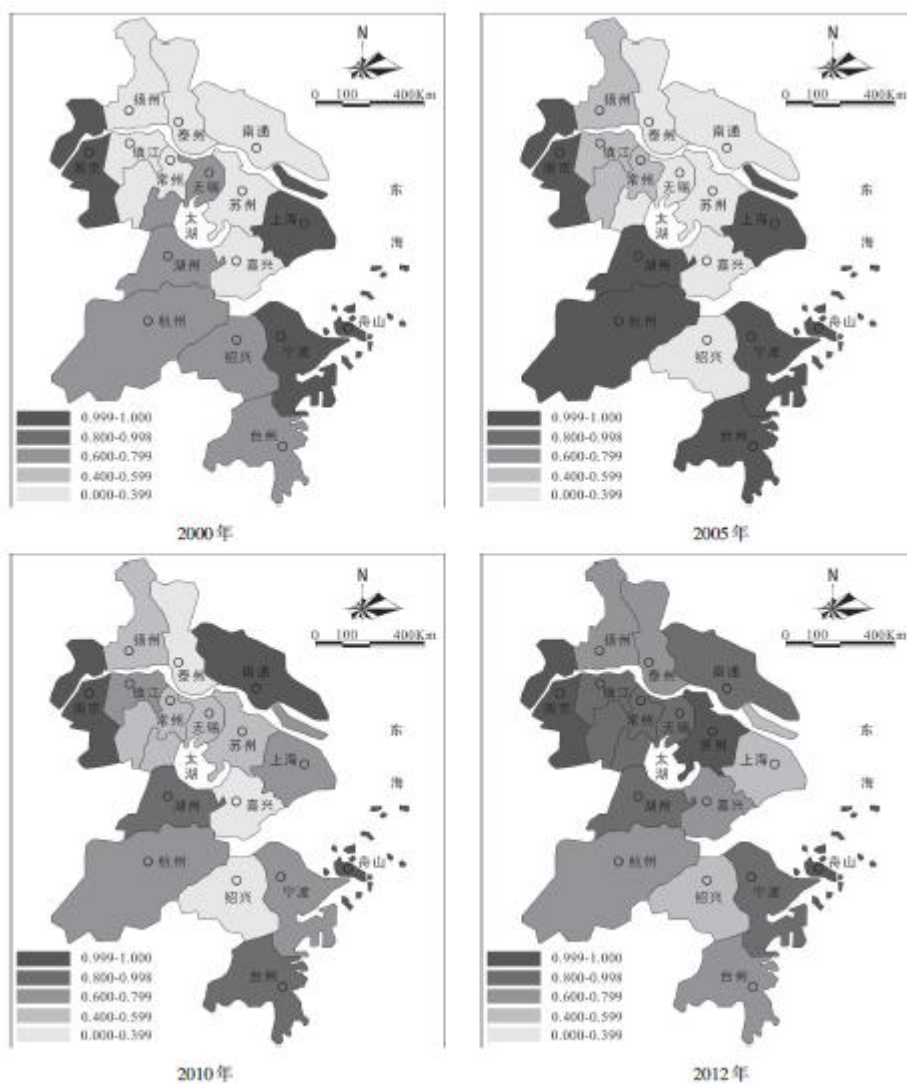


图1 2000—2012年长三角城市群研发资源投入产出的综合效率

Fig.1 The comprehensive efficiency of R&D resources input and output of the Yangtze river delta urban agglomeration during 2000 to 2012

3.1 长三角城市群研发资源的投入产出效率总体较低，但呈上升趋势

3.1.1 长三角城市群研发资源投入产出的综合效率总体偏低但呈上升趋势。2000、2005、2010 以及2012年长三角城市群研发资源投入产出的综合效率分别为0.591、0.622、0.669 和0.784，2012 年长三角城市群研发资源投入产出综合效率不足最优效率的80%，2000—2012年长三角城市群研发资源投入产出的综合效率平均水平上升了0.193。其中，2000年长三角城市群中的上海、南京、宁波以及舟山4个城市研发资源投入产出的综合效率达到了最优水平；2005年长三角城市群中研发资源投入产出的综合效率达到了最优水平的包括上海、南京、杭州、宁波、湖州、台州以及舟山7个城市；2010年长三角城市群中研发资源投入产出的综合效率达到了最优水平的包括南京、舟山以及南通3 个城市；2012年长三角城市群中研发资源投入产出的综合效率达到了最优水平的包括南京、苏州以及舟山3个城市。另外，2000年研发资源投入产出的综合效率处于最优水平60%以下的城市有7个，占总数的43.75%，最优水平80%以上的为5个，占总数的31.25%，有4个城市介于60%~80%之间，占总数的25%；2012年仅有两个城市研发资源投入产出的综合效率低于最优水平的60%，占总数的12.5%，有9个城市研发资源投入产出的综合效率高于80%，占总数的56.25%，介于50%~80%之间的城市有5个，占总数的31.25%（表2）。总体来看，长三角城市群研发资源的投入产出的综合效率总体较低，并未达到最佳状态，但2000—2012 年呈现出不断上升的趋势。

3.1.2 长三角城市群研发资源投入产出的纯技术效率总体高于综合效率且呈上升趋势。2000、2005、2010以及2012年长三角城市群研发资源投入产出的纯技术效率分别为0.670、0.640、0.781 和0.878，均达到了最优水平的60%，相较于综合效率的数值，纯技术效率总体都较高，虽然2000—2005年略有下降，但总体仍呈现出上升的趋势，2000—2012上升了0.218。2000年长三角城市群研发资源投入产出的纯技术效率达到最优水平的有6个，2012年也是6个，总数没有改变，但城市格局有所变化。同时，从表2还可以看出，2000年达到纯技术效率最优80%以上的城市有8个，占总数的50%，有6个城市低于纯技术效率最优的60%，占总数的37.5%，其余2个城市介于纯技术效率最优60%~80%之间，为总数的12.5%；2012年长三角城市群研发资源投入产出达到纯技术效率最优80%以上的有12个，占总数的75%，有3个城市介于60%~80%之间，占总数的18.75%，仅有1个城市的研发资源的投入产出纯技术效率低于最优的60%，占总数的6.25%，2013年间长三角城市研发资源投入产出纯技术效率得到了较大的提高，也表明长三角城市群整体的技术水平有了较大的进步。

3.1.3 长三角城市群研发资源投入产出的规模效率显著高于综合效率和纯技术效率，且呈上升趋势。从规模效率来看，长三角城市群研发资源总体要显著高于同一时期的综合效率和纯技术效率，2000、2005、2010以及2012年长三角城市群研发资源投入产出的规模效率分别为0.887、0.952、0.862和0.898，均达到了最优水平的80%以上，且总体呈现出上升的趋势，较2000年，2012年增加了0.012。2000年研发资源投入产出达到规模效率最优的城市有4个，2012年为3个。另外，2000年达到研发资源投入产出规模效率最优80%以上的城市有13个，仅有扬州低于规模效率最优60%；2012年达到最优80%的城市数目也有13个，但仅有上海的规模效率低于60%，仅为0.466。总体而言，长三角城市群研发资源投入产出的规模效率较高，且呈现出缓慢上升的趋势。

3.2 城市群内部研发资源投入产出效率比较

3.2.1 上海研发资源投入产出效率较低。从综合效率来看，2012年舟山、南京和苏州达到了最优水平；上海研发资源投入产出的综合效率仅为0.466，进一步观察上海的纯技术效率和规模效率发现，上海的纯技术效率为1.000，规模效率为0.466，根据DEA效率的评判方法，表明上海研发资源的投入和产出不存在问题，造成上海研发资源投入产出综合效率较低的原因是上海研发资源规模和投入、产出间不相匹配，根据DEAP2.1测算的结果可以发现，上海研发资源的规模报酬递减，因而上海可通过缩小研发资源的规模来提高综合效率，解学梅等对上海1999—2009 年的技术创新效率进行了测算，研究结果显示，上海的技术创新投入和产出均有所增加，然而，技术创新效率却相对减小^[29]，这与本文的研究结论较为符合；另外，虽然杭州和常州研发资源的综合效率高于上海，但这两个城市的研发资源在规模收益方面和上海类似，都存在着规模报酬递减现象，宁波和嘉兴也存在规模报酬递减现象，但宁波研发资源综合效率未达到最优的原因在于R&D人员和经费支出均存在着冗余，而嘉兴研发资源综合效率未达到最优的原因不仅在于投入的冗余，同时产出还存在着不足，特别是科技论文和专利的产出不足；其余8个城市研发资源均为规模报酬递增，综合效率未达到最优的主要原因是投入冗余和产出不足，特别是新产品产值率有待于进一步提高，湖州在科技论文方面还存在着不足，可通过增加研发资源的规模和鼓励新产品开发等途径进行改善。

通过图 4 可明显看出，江苏省城市研发资源投入产出综合效率明显优于上海和浙江省各城市，且江苏省各城市较为集中，而浙江省内部各城市分异较为明显。为了更加明晰当前江苏和浙江省的研发资源投入产出的效率状况，本文对其进行了测算，结果表明（表 3），2012 年江苏研发资源投入产出的综合效率为 0.787，江苏省研发资源纯技术效率为 1，表明综合效率的提高应重点关注研发资源的规模，深入研究发现其规模报酬呈现出递减现象，因此应当缩减研发资源规模，提高综合效率；浙江综合效率低于江苏，高于上海，为 0.688，较低的原因和江苏一样。

表 3 2012 年上海、江苏和浙江省研发资源投入产出效率
Tab.3 The efficiency of R&D resources input and output of Shanghai, Jiangsu and Zhejiang in 2012

地区	综合效率	纯技术效率	规模效率
上海	0.466	1.000	0.466
江苏	0.787	1.000	0.787
浙江	0.688	1.000	0.688

3.2.2 长三角城市群研发资源投入产出效率分异程度逐渐缩小，但空间格局变化较大。通过纵向比较长三角各城市的投入产出效率发现，2000—2012年各城市间的空间分异程度在不断缩小，但内部空间格局变化较大（表2，图1）。

2000—2005年，长三角城市群研发资源投入产出的综合效率上升的城市包括杭州、湖州、嘉兴、台州、苏州、常州、镇江、扬州、泰州以及南通，其中台州和杭州达到了最优水平，湖州处于较高水平，达到了最优的80%，其余城市的研发资源投入产出效率处于较低水平，变化较大的城市为杭州、湖州和台州。进一步分析发现，湖州研发资源综合效率变化较大的原因主要在于规模报酬递减，缩减了相应的研发资源规模，而台州在于投入和产出的合理控制，从而实现最优；综合效率下降的城市包括绍兴和无锡，其余4个城市仍为最优水平，造成绍兴和无锡研发资源综合效率下降的主要原因均在于R&D经费支出过多，新产品产值较低。

2005—2010年，长三角城市群研发资源投入产出的综合效率总体变化较大，达到最优的城市有3个，分别为南京、舟山和南通。综合效率上升的城市包括湖州、嘉兴、苏州、无锡、常州、镇江、扬州、泰州和南通，其中湖州和南通处于较高水平，其余城市较低，南通变化最大，由2005年的0.225变为最优水平，深入研究发现2005年南通研发资源投入产出过程中，R&D经费支出存在严重的冗余，且新产品产值率较低，说明5年中南通合理调整了研发资源的投入，达到了最优；综合效率下降的城市有上海、杭州、宁波、绍兴和台州，其中上海、杭州和宁波变化较大，上海、杭州和台州的纯技术效率为1，表明综合效率下降的原因主要是研发资源的规模问题，应适当缩减研发资源的规模，宁波研发资源综合效率下降的原因在于R&D人员和经费支出过多的投入，且科技论文产出严重不足。

2010—2012年，长三角城市群研发资源投入产出的综合效率总体变化不大，但大多呈现出上升趋势，达到最优水平的城市有3个，分别为南京、苏州和舟山，另外除上海、台州和南通3个城市研发资源投入产出的综合效率在下降以外，其余城市均呈现出不同程度的上升趋势，且都达到了相对较高的水平。上海研发资源投入产出综合效率仍然因为规模问题进一步降低了，台州和南通虽然有所下降，但总体水平仍较高；另外，值得注意的是，苏州研发资源在2年的时间里，综合效率提升很快，2012年达到了最优，通过分析发现，苏州对R&D人员和研发经费进行了合理控制，且科技论文产出方面取得了突飞猛进的进步。

3.2.3 基于因子分析定权方法计算的效率值与 DEA 计算结果较为一致。运用因子分析定权法对数据进行处理，为了使结果更具有可比性，对测算出来的效率值进行了归一化处理（表4）。

表4 因子分析定权法与DEA方法计算的效率值比较(2012)
Tab.4 The difference of efficiency between factor analysis weighting and DEA method in 2012

省 市	因子分析定 权法效率值	DEA 效率值	省 市	因子分析定 权法效率值	DEA 效率值
江苏省	0.409	0.787	台州市	0.304	0.700
浙江省	0.370	0.688	南京市	1.000	1.000
上海市	0.323	0.466	苏州市	0.450	1.000
杭州市	0.459	0.791	无锡市	0.381	0.856
宁波市	0.428	0.927	常州市	0.358	0.831
湖州市	0.380	0.960	镇江市	0.379	0.805
嘉兴市	0.196	0.601	扬州市	0.324	0.618
绍兴市	0.208	0.429	泰州市	0.224	0.640
舟山市	0.000	1.000	南通市	0.405	0.927

从表4可以看出，从省域角度来看，江苏省研发资源投入产出的效率值高于上海、浙江；从市域角度来看，南京市较高，舟山较低。与DEA测算结果相比较发现，由于因子分析定权法测算出来的效率值经过了归一化处理，而DEA测算的效率也是相对效率，因此大小不相符合。从各省市效率的相对大小角度来看，两个方法计算出来的效率值是高度吻合的，如南通市因子分析定权法计算的效率值为0.405，DEA计算的效率值为0.927，相对都较高，其中舟山表现出来的差异较为明显，这是由于在数据标准化过程中，舟山各项指标值最低所致。因此，通过因子分析定权法进一步验证了DEA计算的结果，同时也表明DEA方法在计算研

发资源投入产出效率方面的有效性。

3.3 城市群研发资源全要素生产率变动较为显著

运用 Malmquist-DEA 模型，通过 DEAP2.1 软件对 2000—2012 年长三角城市群研发资源的 Malmquist 指数进行测算，结果见表 5、图 2。2000—2012 年长三角城市群研发资源综合效率变动指数（1.547）、技术进步变动指数（1.651）、纯技术效率变动指数（1.517）、规模效率变动指数（1.020）以及全要素生产率变化指数（2.553）均大于 1，表明长三角城市群研发资源全要素生产率指数显著提升的原因在于技术进步，综合效率的提升主要是由纯技术效率上升所致，研发资源的规模优势得到了一定的发挥，但并不明显，技术进步在研发资源效率提升方面起到了举足轻重的作用。

表 5 2000—2012 年长三角城市群研发资源的 Malmquist 指数及分解
Tab.5 The Malmquist index of of the Yangtze river delta urban agglomeration during 2000 to 2012

城市	综合效率 变动指数	技术进步 变动指数	纯技术效率 变动指数	规模效率 变动指数	全要素 生产率
上海	0.466	2.813	1.000	0.466	1.310
杭州	1.105	2.418	1.391	0.795	2.672
宁波	0.927	2.665	0.947	0.979	2.471
湖州	1.400	0.716	0.984	1.423	1.002
嘉兴	2.416	1.218	3.104	0.778	2.942
绍兴	0.562	2.032	0.546	1.029	1.143
舟山	1.000	0.353	1.000	1.000	0.353
台州	0.990	1.298	0.916	1.081	1.285
南京	1.000	1.585	1.000	1.000	1.585
苏州	5.063	2.554	5.009	1.011	12.933
无锡	1.109	2.485	1.063	1.043	2.756
常州	2.414	2.154	2.600	0.929	5.200
镇江	2.912	1.989	3.191	0.912	5.790
扬州	1.577	1.357	0.699	2.254	2.139
泰州	4.382	1.685	3.452	1.269	7.381
南通	4.373	2.103	3.655	1.196	9.197
均值	1.547	1.651	1.517	1.020	2.553

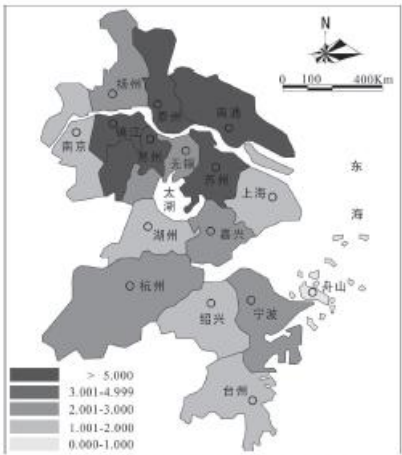


图 2 2000—2012 长三角城市群研发资源全要素生产率指数动态变化图示
Fig.2 The dynamic of total factor productivity index of R&D resources of the Yangtze river delta urban agglomeration during 2000 to 2012

4 结论与讨论

本文运用DEA 中的CRS 模型和VRS 模型对2000—2012年长三角城市群研发资源投入产出的效率进行测度，并运用因子分析定权法对结果进行了验证，另外根据Malmquist-DEA 模型测算了2000—2012年效率变化，主要得出如下结论：①长三角城市群研发资源的投入产出的综合效率总体较低，并未达到最佳状态，但2000—2012年呈现出不断上升的趋势；纯技术效率总体高于综合效率且呈上升趋势；规模效率要显著高于同一时期的综合效率和纯技术效率；②江苏研发资源投入产出效率显著高于上海和浙江，上海最低；长三角城市群研发资源投入产出效率分异程度逐渐缩小，但空间格局变化较大；长三角城市群研发资源投入产出效率各类效率变动指数均呈现上升趋势，且全要素生产率变动较大，技术进步在研发资源效率提升方面起到了举足轻重的作用。研发资源投入产出总体效率不高的原因主要在于研发资源规模报酬递减或R&D经费支出投入过多，相应的产出不足；③因子分析定权法计算的效率值与DEA计算的结果较为一致，同时也表明DEA方法在计算研发资源投入产出效率方面的有效性。

鉴于数据可获取性，选择了四个时间维度的截面数据进行测算，在进一步研究过程中，可以增加时间维度，并深入探讨研发效率分异的影响因素和动因。

[参考文献]:

- [1] Morgan, Kevin. The Learning Region: Institutions, Innovation and Regional Renewal [J]. Regional Studies, 1997, 31(5): 491 -503.
- [2] Howells, J. Bessant, J. Introduction: Innovation and economic geography: a review and analysis [J]. Journal of Economic Geography, 2012(12): 929 - 942.
- [3] 王孝斌, 李福刚. 地理邻近在区域创新中的作用机理及其启示 [J]. 经济地理, 2007, 27(4): 543 - 546.
- [4] 池仁勇, 黄英杰. 浙江省R&D活动非效率成因分析 [J]. 科技进步与对策, 2009, 26(17): 41 - 44.
- [5] 孙绪华, 陈诗波, 王艳芬, 等. 我国科技资源研发效率监测及其影响因素分析 [J]. 管理评论, 2012, 24(9): 83 - 93.
- [6] 钟华, 安新颖, 汪凌勇. 国家R&D投入产出效率评价的实证分析 [J]. 重庆大学学报: 社会科学版, 2011, 17(1): 72 - 79.
- [7] 唐德祥, 李京文, 孟卫东. R&D对技术效率影响的区域差异及其路径依赖 [J]. 科研管理, 2008, 29(2): 115 - 122.
- [8] 胡求光, 李洪英. R&D对技术效率的影响机制及其区域差异研究 [J]. 经济地理, 2011, 31(1): 26 - 31.
- [9] 张海洋. 中国省际工业全要素R&D效率和影响因素: 1999—2007 [J]. 经济学(季刊), 2010, 9(3): 1 029 - 1 050.
- [10] 吴和成, 华海岭, 杨勇松. 制造业R&D效率测度及对策研究——基于中国17 个制造行业的数据 [J]. 科研管理, 2010, 31(5): 45 - 54.
- [11] 王晓红, 陈浩, 孙玮. 我国“十五”期间R&D效率的省域研究 [J]. 科研管理, 2010, 31(5): 185 - 192.
- [12] 董洁, 张体委. 长三角地区高技术产业R&D资源配置效率优化研究 [J]. 科技进步与对策, 2012, 29(21): 49 - 54.

-
- [13] 沈雯雯. 江浙两省R&D效率的DEA方法比较分析 [J]. 北方经贸, 2009(2): 34 - 36.
- [14] 吴延兵. 用DEA方法评测知识生产中的技术效率与技术进步 [J]. 数量经济技术经济研究, 2008(7): 67 - 79.
- [15] 岳书敬. 中国区域研发效率差异及其影响因素 [J]. 科研管理, 2008, 29(5): 173 - 179.
- [16] Crepon B, Duguet E, Mairesse J. Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level [R]. NBER Working Paper No. 6696, 1998.
- [17] Park K M, Shin J S, Park Y T. A Study on the Aggregation and Structuring of Technological Knowledge Indicators [J]. Technology Innovation Research, 2003(11): 125 - 145.
- [18] Hagedoorn J, Cloudt M. Measuring innovative performance: Is there an advantage in using multiple indicators? [J]. Research Policy, 2003, 32(8): 1365 - 1379.
- [19] Belderbos R, Carree M, Lokshin B. Cooperative R&D and firm performance [J]. Research Policy, 2004, 33(10): 1 477 - 1 492.
- [20] 时鹏将, 许晓雯, 蔡虹. R&D投入产出效率的DEA分析 [J]. 科学学与科学技术管理, 2004(1): 28 - 30.
- [21] 刘顺忠, 官建成. 区域创新系统创新绩效的评价 [J]. 中国管理科学, 2002, 10(1): 75 - 78.
- [22] 赵建吉, 曾刚. 创新的空间测度: 数据与指标 [J]. 经济地理, 2009, 29(8): 1 250 - 1 255.
- [23] 张俊容, 郭耀煌. 评价指标与DEA有效的关系 [J]. 系统工程理论方法应用, 2004, 13(6): 520 - 523.
- [24] 胡同宇, 张旺俏. 城市群信息化发展的要素分析 [J]. 中国科技信息, 2008(4): 178 - 179.
- [25] 方创琳, 关兴良. 中国城市群投入产出效率的综合测度与空间分异 [J]. 地理学报, 2011, 66(8): 1 011 - 1 022.
- [26] 魏权龄. 数据包络分析(DEA) [J]. 科学通报, 2000, 45(17): 1 793 - 1 808.
- [27] 黄鲁成. 北京制造业行业的技术创新效率评价 [J]. 研究与发展管理, 2006, 18(3): 54 - 58.
- [28] 曹贤忠, 曾刚. 基于熵权TOPSIS 法的经济技术开发区产业转型升级模式选择研究 [J]. 经济地理, 2014, 34(4): 13 - 18.
- [29] 解学梅, 赵杨. 区域技术创新效率研究: 基于上海的实证 [J]. 中国科技论坛, 2012(5): 74 - 78.