

高校研发创新效率的测度和评价研究

姜彤彤^{1,2}

(1, 山东师范大学经济学院, 山东济南 250014; 2, 北京科技大学经济管理学院, 北京 100083)

摘要: 文章采用经典的随机前沿分析(SFA)和数据包络分析(DEA)两种方法对我国大陆31省市的高校研发创新效率进行测度和评价。在分析研究过程中,以专利授权数为创新产出变量,以研发人力和研发经费作为创新投入变量。分析结果表明:我国高校研发创新效率整体水平偏低,但随着时间的推移逐渐提高;采用SFA法测度的结果与采用DEA法测度的结果相比更小且较为稳定;两种方法测度出的创新效率在数值上有一定差异,但在排序上具有明显的一致性。

关键词: 随机前沿分析(SFA);数据包络分析(DEA);高等学校;研发创新效率;专利

中图分类号: G644

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2012.03.013

Study on the R&D Innovation Efficiency of Colleges and Universities in China Based on Patent and SFA/DEA Method

Jiang Tongtong^{1,2}

(1.School of Economics, Shandong Normal University, Jinan 250014;2. School of Economics and Management, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083)

Abstract: Based on the panel data of colleges and universities' innovation system in china during 2004-2009, this paper estimates R&D innovation efficiency using the classic methods of stochastic frontier analysis and data envelopment analysis. The results show that the R&D innovation efficiency of colleges and universities remains low in the overall, but it has been improving in recent years. The R&D innovation efficiency is lower and more stable while using SFA method. Although the efficiency value calculated by the two methods is certain difference, but the order is apparently consistent.

Keywords: stochastic frontier analysis, data envelopment analysis, colleges and universities, R&D innovation efficiency, patent

1 引言

近年来,很多国内外学者在探讨区域和产业层面的研发或技术创新效率及其影响因素。例如:Kaynak和Pagan(2003)^[1]、Margono和Sharma(2006)^[2]、何枫(2004)^[3]、于君博(2009)^[4]、蓝庆新(2010)^[5]用随机前沿分析法(SFA)研究了不同单位/区域的创新效率或生产效率;Nasierowski和

Arcelus(1999,2003)^[6-7]用数据包络分析法(DEA)测度了不同国家的创新效率;李婧等(2008)^[8]采用DEA方法对我国区域创新效率进行实证研究;Jacobs(2001)^[9]、Brummer(2001)^[10]、Lee(2005)^[11]、吴延兵(2008)^[12]、李向东等(2011)^[13]分别在SFA和DEA两种方法的基础上,对不同评价对象的创新效率/生产效率进行测度,并对实证结果加以对比分析。此外,还有一些学者包括周静

作者简介: 姜彤彤(1978-),女,管理学硕士,山东师范大学经济学院副教授,北京科技大学经济管理学院博士研究生,研究方向:绩效/效率测度与评价。

基金项目: 国家软科学研究计划“政府优化科技资源配置的评价指标体系构建研究”(2010GXQ5)。

收稿日期: 2012年2月9日。

(2005)^[14]和张海燕(2007)^[15]等在校的研发创新效率。但是,评价高校创新效率存在一些问题,例如研究手段和方法上较为单一,指标选择无过硬的理论依据;无法建立高校创新系统投入产出的生产函数;作为非参数法,基于DEA测度出来的效率结果难以进行统计检验等。为此,本文以专利授权数为产出变量,以研发人力和研发经费作为投入变量,引用SFA/DEA分析方法对我国大陆31省市高校的研发创新效率进行测度和评价分析,并对结果配对比较,验证其一致性和差异性。

2 模型、方法和变量

2.1 效率测度方法——SFA和DEA概述

1957年, Farrell首创前沿效率分析方法^[16],这种方法根据已知的一系列投入产出观察值,定义并构造最佳效率前沿面,通过比较决策单元与效率前沿面的距离测算出评价对象的技术效率。根据是否需要估计前沿生产函数的参数,又可分为参数法和非参数法两类。

2.1.1 SFA方法及模型

随机前沿分析(SFA)是一种参数分析方法,它需要构造不同形式的随机前沿生产函数,将实际生产单元与前沿面的差距分解为随机误差和技术无效率两项^[17]。基本模型可表达为:

$$y_{it} = f(x_{it}, t) \exp(v_{it} - u_{it})$$

式中, x_{it} 表示第*i*个观测单位第*t*年的投入, y_{it} 表示第*i*个观测单位第*t*年的产出, f 为生产函数。一组投入可以有多个,但产出通常为一个。误差项 $\exp(v - u)$ 为复合结构,其中 v 服从正态分布 $N(0, \sigma_v^2)$,表示统计误差或测量误差等随机因素; u 服从非负截尾正态分布 $N(m, \sigma_u^2)$,表示个体所受的影响或冲击,两者相互独立。

技术效率的定义为:

$$TE_{it} = \frac{E[f(x_{it}) \exp(v_{it} - u_{it})]}{E[f(x_{it}) \exp(v_{it}) | u_{it} = 0]} = \exp(-u_{it})$$

当 $u_{it} = 0$ 时, $TE_{it} = 1$,表示决策单元位于生产前沿面上,技术上最有效;当 $u_{it} > 0$ 时, $0 < TE_{it} < 1$,表示技术非效率; u_{it} 越大,决策单元离前沿面越远,说明技术效率越低。

生产函数的常见形式有柯布-道格拉斯生产函数和超越对数生产函数,两者应用范围都十分广泛,基本形式如下:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1(\ln L_{it}) + \beta_2(\ln K_{it}) + v_{it} - u_{it}$$

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1(\ln L_{it}) + \beta_2(\ln K_{it}) + \beta_3(\ln L_{it})^2 + \beta_4(\ln K_{it})^2 + \beta_5(\ln L_{it})(\ln K_{it}) + v_{it} - u_{it}$$

其中, Y 为高校创新产出; L 和 K 表示高校创新活动投入的人力和经费。

2.2 DEA方法及模型

数据包络分析法(DEA)是典型的非参数方法,它在本质上是线性规划。要求每个被评价的决策单元 DMU_{j_0} ($j_0 \in \{1, 2, \dots, n\}$) 都相互可比^[18]。

DEA的基本模型 C^2R 是:

$$\begin{cases} \max h_{j_0} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}} \\ s.t. \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n \\ u \geq 0, v \geq 0, x_{ij} \geq 0, y_{rj} \geq 0 \end{cases}$$

式中: h_{j_0} 表示第 j_0 个决策单元的效率; x_{ij_0} 表示 j_0 单元第 i 种投入量; y_{rj_0} 表示 j_0 单元第 r 种产出量; v_i 表示对第 i 种投入的权系数; u_r 表示对第 r 种产出的权系数。

根据 C^2R 对偶模型的最优解可以判定DMU是否同时技术有效和规模有效,即计算决策单元的技术效率和规模效率。在 C^2R 模型的基础上加上一个限制,可得到规模收益可变的 BC^2 模型。该模型可计算决策单元的纯技术效率。一般将这两个模型结合起来进行效率评价。

2.3 两种方法的比较

(1) SFA方法适合处理多投入单产出问题,输入数据可以是截面数据也可以是面板数据;而DEA方法对多投入多产出都适用,输入数据必须是截面数据,如需处理面板数据需要通过基于DEA的Malmquist指数实现。

(2) DEA方法无须设定生产函数,也不用对数据进行预处理和人为设置权重,由软件根据输入数据自动赋予权重,所以比较简单方便,容易理解。但没有考虑现实生活中存在的干扰因素和测量误差,无法直接计量效率的动态变化,也无法对分析结果进行统计检验。

(3) SFA方法事先设定前沿生产函数,可以解释函数的实际经济意义并对得出的结果进行统计检验。在测算过程中考虑了随机误差的影响,从而克服个体差别和测量误差等造成的技术非效率。但是随机前沿生产函数的设定是否正确需要进一步的验证。

2.4 投入产出变量的选择和计算

高校创新活动投入产出变量的选择需同时兼顾理论意义和可操作性。对企业来说，衡量其创新产出的常用变量有新产品销售收入、新产品开发数、专利授权数等，而高校作为事业单位无法直接开发新产品取得销售收入，所以其创新活动产出应选择专利授权量。实际上自 20 世纪 70 年代以来，专利作为衡量创新产出水平的指标得到了大量应用。

高校创新活动投入包括人力投入(L)和经费投入(K)。考虑数据的可得性，人力投入变量为研究与发全时人员(人年)。经费投入最直接的指标是研发支出经费中的内部支出，但高校所拥有的专利和技术大部分都是知识和经验积累的结果，即存量而非流量。借鉴通用的做法，采用永续盘存法计算高校 R&D 资本存量，具体计算公式参考吴延兵^[2]的文章。在测算研发支出出现值时，利用消费者价格指数对名义经费支出进行平减，经过处理变量的描述统计如表 1 所示。可以看出，投入产出变量的标准差都比较大，说明不同省市在高校创新领域实力差异较为明显。

3 实证研究

本研究时间跨度为 2004—2009 年，具体处理的原始数据来源于 2005—2010 年底出版的《高等学校科技统计资料汇编》，消费者价格指数取自《中国统计年鉴 2011》。考察地区为中国大陆的 31 个省、市和自治区的高校研发创新活动。因此，样本由 31 个省区 6 年的面板数据组成，共 186 个分析数据。计算 DEA 效率时使用的软件为 DEAP 2.1，分析采用投入导向(input-orientated)的方式。计算 SFA 效率时使用的软件是 Frontier 4.1，为避免无法取对数，对于个别产出为 0 的情况，参考何枫的做法以 0.1 替代^[9]。需重点说明的是，不正确的 SFA 生产函数设定将产生误导性的结论。为此，我们分别对两种生产函数做了参数的显著性检验和适用性检验，结果表明柯布—道格拉斯生产函数比超越对数生产函数更为适用，限于篇幅，不在文中赘述。主要测算结果见表 2 和图 1、图 2。

表 2 为采用 SFA 和 DEA 两种方法测算的我国不同省市高校研发创新效率基本情况。整体上看，

表 1 投入/产出变量描述统计

投入/产出变量	极小值	极大值	均值	标准差
专利授权数(项)	0.0000	3296.0000	441.1505	623.5214
研发人力(人年)	8.0000	18783.0000	5406.1022	4085.8763
研发经费(千元)	89082.3183	34848058.9398	6026827.6295	6669432.0168

表 2 按 SFA 和 DEA 法计算的高校创新效率

省份	SFA			DEA			省份	SFA			DEA		
	均值	标准差	均值排序	均值	标准差	均值排序		均值	标准差	均值排序	均值	标准差	均值排序
北京	0.262	0.046	25	0.607	0.157	11	湖北	0.474	0.046	15	0.758	0.220	5
天津	0.589	0.040	7	0.745	0.260	6	湖南	0.285	0.046	24	0.377	0.077	20
河北	0.536	0.043	13	0.556	0.084	12	广东	0.435	0.047	17	0.657	0.178	9
山西	0.556	0.042	12	0.495	0.104	16	广西	0.383	0.048	19	0.331	0.052	23
内蒙古	0.460	0.046	16	0.291	0.108	26	海南	0.774	0.025	3	0.369	0.309	21
辽宁	0.295	0.047	22	0.476	0.118	18	重庆	0.479	0.045	14	0.513	0.045	14
吉林	0.426	0.047	18	0.489	0.166	17	四川	0.233	0.044	26	0.343	0.072	22
黑龙江	0.201	0.042	29	0.322	0.088	24	贵州	0.854	0.017	2	0.519	0.180	13
上海	0.370	0.048	20	0.796	0.217	4	云南	0.904	0.012	1	0.878	0.101	2
江苏	0.313	0.047	21	0.670	0.118	8	西藏	0.031	0.014	31	0.032	0.048	31
浙江	0.588	0.040	8	0.989	0.027	1	陕西	0.228	0.044	27	0.496	0.083	15
安徽	0.214	0.043	28	0.272	0.067	27	甘肃	0.568	0.041	11	0.442	0.143	19
福建	0.697	0.032	5	0.624	0.068	10	青海	0.058	0.021	30	0.040	0.049	30
江西	0.286	0.046	23	0.252	0.084	28	宁夏	0.576	0.041	10	0.250	0.200	29
山东	0.592	0.040	6	0.799	0.206	3	新疆	0.577	0.041	9	0.301	0.148	25
河南	0.740	0.028	4	0.683	0.210	7	平均	0.451	0.219	---	0.496	0.265	---

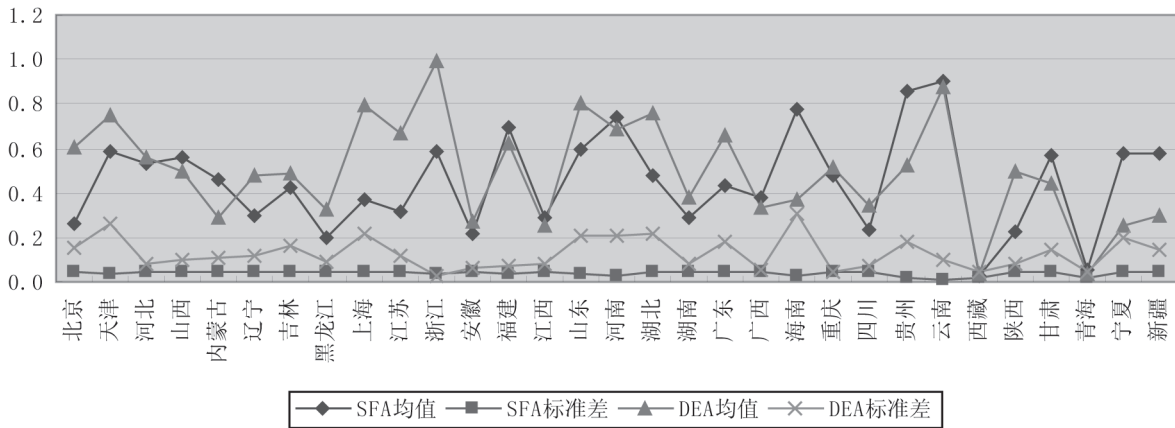


图1 不同省域高校研发创新效率均值和标准差

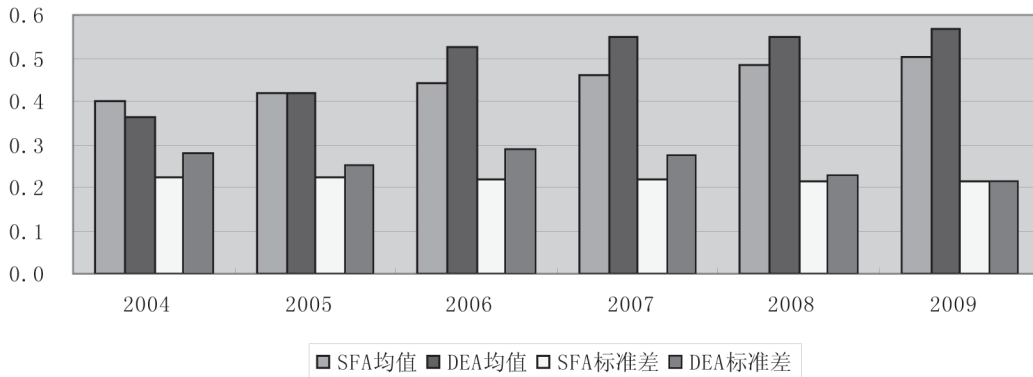


图2 不同年份高校研发创新效率均值和标准差

基于SFA测算的高校2004-2009年创新效率的平均值为0.451,运用DEA测算的平均值为0.496,两者相差大约4~5个百分点。从效率标准差来看,SFA测算结果标准差0.219小于DEA测算结果标准差0.265,说明用SFA测算的各省份高校创新效率的变动幅度较小,波动差异不明显。但两种方法的测度结果都显示,我国高校整体研发创新效率较低,距离理想的生产前沿面还有很大距离,存在可以进一步提升的巨大空间。

纵观31个省市,研发创新效率的均值和标准差都有显著不同。在SFA方法下,效率较高的有云南、贵州、海南、河南等经济并不太发达省份的高校,较低的有西藏、青海、黑龙江、安徽、陕西等地高校,效率最高值0.904和最低值0.031之间相差近30倍。在DEA方法下,效率较高的有浙江、云南、山东、上海等省市,效率较低的有西藏、青海、宁夏、江西、安徽等地高校,效率值最高的0.989和最低的0.032之间同样相差30倍。两种方法的计量结果均说明,不同省市高校研发创新效率

的不平衡性和省际差异,但在不同方法下各省份高校创新效率的相对排名并没有特别明显的变化。效率的高低和省份所处的区域没有太大的关系,处于西部落后地区的省份创新效率有可能很高,比如云南,也有可能很低,比如西藏和青海。

表2结合图1可以更好地刻画我国高校研发创新效率的省际差异及变动情况。DEA计算出的效率值在大部分情况下高于SFA计算出的结果,它们在不同省份的变动趋势有一定的趋同性。对于研发创新效率标准差,在图1中明显可以看出绝大多数省份高校DEA测算的结果几乎均大于SFA方法下测算的效率标准差。这说明,运用SFA测算创新效率的结果更为稳定。由前述SFA和DEA方法的优缺点可知,由于SFA考虑了随机误差和个体因素对效率的影响,因而其测算结果更为稳定,相关研究也有类似的发现^[9-10]。

图2是从时间顺序上对我国高校研发创新效率及其标准差的变动趋势进行对比。SFA方法下,高校创新效率在2004-2009年是呈不断提升趋势的,

上升幅度较大且很平稳,年度平均创新效率从2004年的0.399上升到2009年的0.503,6年间提高了26.03%。在DEA方法下,我国高校研发创新效率同样逐渐提升,从2004年的0.363提高到2009年的0.568,6年间提升了56.47%。两种方法计量的效率都随时间的推移逐渐上涨,只不过DEA方法下提升的比例更大。对于效率标准差来说,与图1一致的是SFA测算的结果均小于DEA方法下测算的效率标准差,这同样验证了运用SFA测算创新效率的结果比DEA方法更为稳定。总体而言,我国高校研发创新效率偏低,存在着很大的改进空间和提升潜力,但目前的发展趋势良好。

为检验两种方法测度效率结果是否有显著差异以及排序上是否一致,我们对于不同省份、不同年度效率值分别采用配对样本t检验及Spearman等级相关检验进行分析。对于31个省市的效率值,配对t检验值为-1.157,显著性概率为0.256,结果并不是太完美,这说明两种方法测算的省际效率有差异但并不太明显;Spearman相关系数为0.520,显著性概率为0.0027,此结果说明两种测算方法的排序结果是相关的,在排序具有一定的一致性。对于2004-2009年年度效率值,配对t检验值为-2.151,显著性概率为0.084,表明两种测度方法的计量结果是有明显差异的;Spearman相关系数为1,显著性概率为0.000,此结果说明两种测算方法的排序结果是高度相关的,具有显著的排序一致性。

4 结论

本文采用SFA和DEA两种方法,对我国31个省、市、自治区高校2004-2009年的研发创新效率进行测度和评价分析。具体计量时,以专利授权数为创新产出变量,以研发人力和研发经费作为创新投入变量,研发经费需要通过永续盘存制处理为研发资本存量。

(1)我国高校整体研发创新效率偏低,有很大的提升空间;SFA方法测算的研发创新效率较小且较为稳定;不同省市高校研发创新效率存在较大差异,具有明显的不平衡性。

(2)不同省份高校的研发创新效率与当地经济发展没有必然的联系;虽然起点不高,但我国高校研发创新效率在时间轴上处于不断提升中,发展趋势良好。

(3)两种方法所得到的各省份、各年度高校创

新效率有差异,但相对排名具有明显的一致性,这说明两种方法在一定程度上通用。

本文为研究人员、高校主管部门和内部管理人员提供了两种有益的研发创新效率研究方法,可以帮助他们评价效率、对比结果、分析原因并找到对策。

参考文献

- [1] Kaynak H, Pagan J A. Just-in-time Purchasing and Technical Efficiency in the US Manufacturing Sector[J]. International Journal of Production Research, 2003(1):1-14.
- [2] Margono H, Sharma S C. Efficiency and Productivity Analyses of Indonesian Manufacturing Industries [J]. Journal of Asian Economics, 2006(6):979-995.
- [3] 何枫. SFA模型及其在我国技术效率测算中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2004(5):46-50.
- [4] 于君博. 前沿生产函数在中国区域经济增长技术效率测算中的应用[J]. 中国软科学, 2006(11):50-59.
- [5] 蓝庆新. 我国高科技产业创新效率的经验分析:2001-2008年[J]. 财经问题研究, 2010(10):26-32.
- [6] Nasierowski W, Arcelus F J. Interrelationships among the Elements of National Innovation Systems: A Statistical Evaluation[J]. European Journal of Operational Research, 1999(2):235-253.
- [7] Nasierowski W, Arcelus F J. On the Efficiency of National Innovation Systems[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2003(3):215-234.
- [8] 李婧, 白俊红, 谭清美. 中国区域创新效率的实证分析——基于省际面板数据及DEA方法[J]. 系统工程, 2008(12):1-7.
- [9] Jacobs R. Alternative Methods to Examine Hospital Efficiency: Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis[J]. Health Care Management Science, 2001(2):103-115.
- [10] Brummer B. Estimating Confidence Intervals for Technical Efficiency: The Case of Private Farms in Slovenia[J]. European Review of Agricultural Economics, 2001(3):285-306.
- [11] Lee J-Y. Comparing SFA and DEA Methods on Measuring Production Efficiency for Forest and Paper Companies[J]. Forest Products Journal, 2005(7/8):51-56.
- [12] 吴延兵. 中国地区工业知识生产效率测算[J]. 财经研究, 2008(10):4-14.
- [13] 李向东, 李南, 白俊红, 等. 高技术产业研发创新效率

- 分析[J].中国软科学,2011(2):52-61.
- [14] 周静,王立杰,石晓军,等.我国不同地区高校科技创新的制度效率与规模效率研究[J].研究与发展管理,2005(2):110-117.
- [15] 张海燕,陈士俊,王梅,等.2002-2005年间我国不同地区高校科技创新效率比较研究[J].科技进步与对策,2007(11):68-75.
- [16] Farrell M J. The Measurement of Productive Efficiency[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1957(3):253-281.
- [17] Battese G E, Coelli T J. Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India[J]. Journal of Productivity Analysis, 1992(1):153-169.
- [18] Ahn T, Charnes A, Cooper W W. Some Statistical and DEA Evaluations of Relative Efficiencies of Public and Private Institutions of Higher Learning [J]. Socio-Economic Planning Sciences, 1988 (6): 259-269.
- [19] 何枫,陈荣.竞争性行业中企业盈利性与技术效率相关性的实证研究[J].科学学研究,2008(4):806-811.

(上接第50页)

华的平台,它为人才资源知识技能互补从而发挥集聚效应提供了机会。依托公共研发平台,高层次人才可以及时了解到企业的需求,将技术与市场相结合,实际上也就是将研发成果与实际应用相结合。当然,这也有利于研究成果的共享,在此基础上形成一支高水平的具有创新意识的科研队伍。因此,政府应竭力为这些高水平的创新人才营造一个人才脱颖而出的环境,形成人才引进、评价、鼓励和留住人才的机制,鼓励技术、管理要素参与分配,完善科技创新奖励制度^[6],增强科研成果研发、应用与人才培养的连续性。合肥仿效中关村已经开始了股权分配的试点改革,在大力引入高层次人才的同时,有效吸引了现有人才,优化有利于留住人才的政策环境、法制环境、服务环境和人文环境,成效十分明显。

5 结语

安徽省公共研发平台起步较晚,体制建设还不十分完善。要想建设这样一个极其复杂的信息共享平台,需要借鉴别的地区的成功经验,发挥地区联动效应,将几大地区之间的科教优势整合,转化为安徽省的经济发展整体优势。政府应不断创新体

制和机制,充分调动各方面主体的积极性。除此之外,为了促进公共服务平台的持续发展,应建立多元化的融资体制,畅通投融资渠道。在公共研发平台完善的全过程中,还需要充分发挥高层次人才能动作用和示范效应等。

参考文献

- [1] 安徽省2010年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL].[2011-10-26]. http://www.ce.cn/macro/more/201102/24/t20110224_22243688.shtml.
- [2] 公共科技条件平台建设模式与运行机制若干问题探讨[EB/OL].[2011-10-26]. <http://kjt.zjinfo.gov.cn/html/fzgh/detail.jsp?xh=12941>
- [3] 唐丽娟,竺坚.2009年安徽省技术合同交易情况研究与分析[J].安徽科技,2010(9):11-14.
- [5] 刘继云,孙绍荣.上海研发公共服务平台管理运行机制初探[J].上海理工大学学报:社会科学版.2005(2):21-23.
- [6] 李晓娟,刘杰.上海研发公共服务平台子系统间协同机制研究[J].科学学与科学技术管理,2006(10):31-34.
- [7] 石磊,王延明,朱一峰.高层次人才培养与企业技术创新[J].科技创新导报,2011(23):195-196.