

文章编号: 1006-4710(2013)01-0121-06

基于 DEA 的区域科技生产效率与 科技成果转移转化效率测度

许刚全, 杨水利

(西安理工大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 本研究运用数据包络分析技术分别对全国 30 个省市的科技生产效率和科技成果转移转化效率进行了测度, 结果表明, 不同省市科技生产效率和科技成果转移转化效率呈不均衡状态, 同一省市科技生产效率与科技成果转移转化效率也有明显差异, 且总体上各省市科技成果转移转化效率高于科技生产效率。研究结论有利于各省市对自身科技活动效率结构现状的认识, 对各省市明确改进科技活动效率的工作重点有启示作用。

关键词: 数据包络分析; 区域科技资源; 科技生产效率; 科技成果转移转化效率

中图分类号: F061.5

文献标志码: A

Measuring Degree of the Region's S&T Production Efficiency and Region's S&T Achievement Transfer and Transformation Efficiency Based on DEA

XU Gangquan, YANG Shuili

(Faculty of Economics and Management, Xi'an University of Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: This research adopts DEA technique to carry out the measurements of sci-tech production efficiency and sci-tech achievement transfer and transformation efficiency of 30 provinces and municipalities in the whole country. The results indicate that sci-tech production efficiency and sci-tech achievement transfer and transformation efficiency in different provinces and municipalities appear to be in the imbalance states. Also, there have been apparent differences in sci-tech production efficiency and sci-tech achievement transfer and transformation efficiency in the same provinces and municipalities. As viewed in general, sci-tech achievement transfer and transformation efficiency is higher than sci-tech production efficiency in each province and municipality. This research conclusion favor the realization of existing sci-tech activity efficiency structure itself by each province and municipality as well as the revelation function for improving sci-tech activity efficient work definitely by each province and municipality.

Key words: DEA; science and technology resource in the region; science and technology production efficiency; science and technology transfer and transformation efficiency

1 问题的提出

知识经济时代, 区域科技资源在生产要素资源中起主导作用, 是形成区域经济发展的最重要资源。然而, 区域科技资源优势未必一定能够转化为经济优势, 原因尽管是多样的, 但区域科技活动效率无疑是最重要的因素之一。目前关于区域科技活动效率测度已有大量研究^[1-2]。吴和成、李燕萍等^[3-4]采用

DEA 方法对我国各地区科技投入产出的相对有效性进行了测度, 指出对于规模收益递减的地区, 要充分发挥现有投入资源的效用, 对于规模收入递增而技术有效的地区, 应加大投入的力度。连燕华^[5]等研究了科学技术产出的形式和内容, 设计了科学技术投入指数和产出指数, 并利用这两组指数对我国科学技术的发展态势进行了初步的评价。孙宝凤^[6]等针对我国东部、中部和西部地区科技资源状

收稿日期: 2012-09-28

基金项目: 陕西省教育厅科学研究计划基金资助项目(12JK0067); 陕西省软科学研究计划基金资助项目(2011KRZ05)。

作者简介: 许刚全, 男, 讲师, 研究方向为区域经济。E-mail: truexgq@163.com。

况的差异性,运用数据包络分析法及模型并结合决策单元在相对有效面上的“投影”及其“规模收益”,对我国东、中、西部地区科技资源配置状况进行了分析。李石柱^[7]等运用经济计量学中的回归分析法,对影响我国区域科技资源配置效率水平的要素进行定量分析,指出不同配置主体、不同产业均会对各地区的科技资源配置效率产生影响。秦浩源^[8]在科技投入与产出指标体系的基础上,利用主成分分析法将指标进行综合,通过区域聚类分析对我国科技经费的配置效果进行了评价。仵凤清^[9]等进行了基于聚类分析的北京市科技资源配置与优化研究。杨传喜^[10]等基于非参数生产前沿面理论,运用生产资源配置效率测度软件 Frontiers Ver 2.0,对湖北省自然科学 R&D 机构的科技资源配置效率进行测算,并对分解的规模效率、投入可处置度和纯技术效率进行了分析。

然而,目前关于区域科技活动效率测度的研究往往视科技活动为单阶段的投入-产出过程,漠视科技活动过程的复杂性特征。事实上,就科技活动过程而言,首先有包括人力物力等的科技投入,以此为基础由科技人员进行科技生产并产出以论文、专利等为主的科技成果,进一步需要借助中试基地等对科技成果实施转移转化,促使并实现科技成果产业化,最终形成产业资源,从而助推经济发展,具体过程如图 1 所示。显然,科技活动过程主要包括科技生产活动和科技成果转移转化活动两大环节。与此相应,科技活动效率主要决定于两个方面,即:科技生产效率和科技成果转移转化效率,且不同区域科技活动效率结构不同。本研究的重点在于分析各省市科技活动效率结构特征,找出制约区域科技活动效率的瓶颈环节,为区域科技活动提高效率的工作重点指明方向。

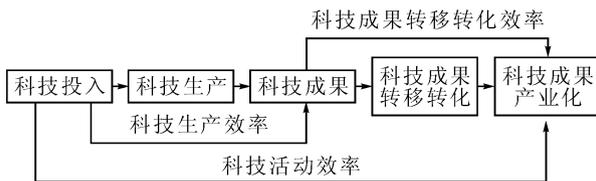


图 1 科技活动过程示意图

Fig. 1 Diagram of S&T activity process

2 区域科技活动效率测度方法

数据包络分析方法(DEA)由 Charnes, Cooper 和 Rhodes 于 1978 年提出,该方法主要是通过保持决策单元(DMU)的输入或者输出不变,借助于数学规划和统计数据确定相对有效的生产前沿面,将各个

决策单元投影到 DEA 的生产前沿面上,并通过比较决策单元偏离 DEA 前沿面的程度来评价它们的相对有效性。DEA 评价方法有 C^2R 、 C^2GS^2 和 C^2WH 等不同模型,在经济体效率评价、技术进步、运行过程评价等领域已经得到广泛应用。其中本研究应用的 C^2R 模型基本原理为^[11-12]:

假设有 n 个决策单元,每个决策单元都有 m 种类型的“输入”, s 种类型的“输出”,每个决策单元的效率评价指数定义为:

$$h_j = \frac{u^T y_j}{v^T x_j} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中, x_{ij} 为第 j 个决策单元对第 i 种类型输入的投入总量($x_{ij} > 0$), y_{rj} 为第 j 个决策单元对第 r 种类型输出的产出总量($y_{rj} > 0$), v_i 为第 i 种类型输入的权重系数, u_r 为第 r 种类型输出的权重系数; $i = 1, 2, \dots, m$; $r = 1, 2, \dots, s$; $j = 1, 2, \dots, n$ 。

第 j_0 个决策单元的相对效率优化评价模型为:

$$\max h_{j_0} = \left(\sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} \right) / \left(\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} \right) \quad (2)$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n \\ v_i, u_r \geq 0, i = 1, 2, \dots, m; r = 1, \dots, s \end{cases}$$

模型(2)是一个分式规划模型,必须将它化为线性规划模型才能求解,其对应的线性规划模型的对偶问题为:

$$\min \theta = h_{j_0} \quad (3)$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta \cdot x_{i0}, i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, r = 1, 2, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n; \theta \text{ 无约束} \end{cases}$$

对模型(3)求解,可以得到每个决策单元的 θ 值。若 $\theta = 1$,则意味着样本点落在生产前沿面,对应的决策单元为 DEA 有效。若 $\theta < 1$,则对应的决策单元非 DEA 有效, θ 值越小,样本点与有效生产前沿面的距离越远,说明其有效性越差,资源投入一产出的效率就越低。

DEA 方法是面向对象的测度方法,该方法充分考虑对于决策单元本身最优的投入产出方案,能够较好反映测度对象自身的信息和特点。同时,DEA 技术在处理多输入、多输出系统的相对有效性分析

时可以有效地解决输入输出多样化、难以同质化等难点,且无需事先设置参数,减少了人为的干扰,使分析更客观和准确。如图 1 所示,区域科技活动系统可视为一个多阶段的投入产出系统,且每个阶段均具有多输入多输出且各变量量纲不尽相同的特点。基于此,本研究拟以图 1 所示的测度模型为基础,运用 DEA 方法来测度区域科技生产效率和科技成果转移转化效率,并根据投入—产出的相对有效性将所有的样本分成不同的类别进行对比分析。

3 区域科技活动效率测度指标选取和数据采集

测度指标选取的科学性和数据来源的可靠性在很大程度上决定测度结果的有效性。用定性方法确定测度指标不可避免地会给测度结果带来偏差,受文献[13]的启发,本研究首先将全国各地科技进步统计监测主要指标体系作为待选指标集,然后采用相关分析法来选取科技活动投入指标、科技成果指标和科技成果产业化指标。基于图 1 区域科技活动效率测度模型,本研究的测度指标包括三个方面,即:科技活动投入指标、科技成果指标以及科技成果产业化指标,指标最终选取结果如表 1 所示。

表 1 科技活动效率测度指标集

Tab. 1 S&T activity efficiency measurement index system

科技活动投入指标	科技成果指标	科技成果产业化指标
X1—万人科技活动人员(人)	Y1—万名 R&D 活动人员科技论文数(篇/万人)	Z1—高技术产业增加值占工业增加值比重** (%)
X2—万人 R&D 科学家和工程师数(人)	Y2—万名就业人员专利授权量(项/万人)	Z2—知识密集型服务业增加值占生产总值比重 (%)
X3—企业 R&D 科学家和工程师占全社会 R&D 科学家和工程师比重 (%)	Y3—万名就业人员发明专利拥有量(项/万人)	Z3—新产品销售收入占产品销售收入比重 (%)
X4—R&D 经费支出占 GDP 的比重 (%)	Y4—获国家级科技成果奖系数*(项)	Z4—劳动生产率(万元/人)
X5—企业 R&D 经费支出占产品销售收入比重 (%)	Y5—万人技术成果成交额(万元/万人)	Z5—综合能耗产出率(元/千克标准煤)
X6—科研与综合技术服务业新增固定资产占全社会新增固定资产比重 (%)		

说明:*包括国家科学技术进步奖和国家技术发明奖;**高技术产业增加值和工业增加值均为“规模以上”数据。

表 2 是对应于表 1 的全国 30 个省(自治区、直辖市,西藏由于数据不全,不列入对比)2008 年科技活动投入指标、科技成果指标及科技成果产业化指标数据,所有数据均是根据 2009 年科技统计资料汇编和 2009 年中国科技统计年鉴相关数据整理所得。

表 2 2008 年各省市科技活动原始数据

Tab. 2 2008 various provinces and municipalities S&T activity primary data

地区	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
北京	247.6	100.01	11.98	5.25	0.76	3.38	3165.36	15.13	16.57	10.75	5404.53	25.84	35.17	29.26	7.92	14.01
天津	105.4	33.52	39.31	2.45	0.81	0.17	2749.36	13.5	5.97	5.73	651.48	20.61	11.26	28.01	11.27	9.84
河北	20.4	5.37	51.9	0.67	0.47	1.34	3218.14	1.51	0.4	2.62	23.69	2.8	6.79	6.79	3.62	5.43
山西	39.2	8.32	55.67	0.9	0.56	0.18	1636.82	1.44	0.69	1.82	25.29	2.08	6.59	8.03	3.45	3.63
内蒙古	19.9	5.35	60.4	0.44	0.52	0.45	1835.75	1.2	0.37	2.16	46.11	2.24	4.81	6.72	5.09	4.34
辽宁	45.3	14.98	50.34	1.41	0.94	1.07	2478.85	5.08	2.05	3.59	218.73	5.54	6.75	12.15	4.95	5.87
吉林	35.6	10.83	27.64	0.82	0.43	0.8	2603.25	2.61	1.26	1.73	64.03	6.4	7.19	19.62	4.41	6.58
黑龙江	30.3	11.1	53.32	1.04	0.68	0.84	2541.87	2.74	1.09	4.63	91.58	2.85	5.45	7.89	4.17	7.39
上海	118.7	41.08	37.11	2.59	0.97	1.37	3232.68	27.3	11.35	7.69	2328.53	16.98	20.37	27.08	13.38	12
江苏	66.6	15.83	61.68	1.92	1.02	0.48	2429.37	10.13	1.31	2.15	102.85	16.19	8.57	15.89	5.76	11.72
浙江	80.7	17.61	47.87	1.6	0.82	0.07	1895.46	14.34	1.39	3.14	89.76	7.88	11.2	20.3	4.86	12.08
安徽	24.3	4.86	49.51	1.11	0.8	0.53	3232.9	1.21	0.23	3.7	43.23	3.57	6.66	12.84	1.92	8.88
福建	36.2	10.46	47.67	0.94	0.7	0.35	1725.87	3.82	0.55	0.75	47.11	12.36	8.35	18.17	4.35	11.43
江西	17.6	4.94	54.89	0.97	1.07	0.24	2130.3	1.03	0.021	2.03	22.8	7.71	4.4	14.51	2.34	10.18
山东	38.6	10.65	58.12	1.4	0.83	0.34	2149.65	4.99	0.71	3.61	63.49	6.46	6.3	14.28	4.62	8.51
河南	21.9	5.17	59.77	0.66	0.6	0.27	2789.52	1.57	0.29	2.35	28.33	3.18	4.85	9.29	2.4	7.78
湖北	32.2	10.21	44.82	1.31	0.77	0.42	3971.35	2.91	0.89	3.48	92.16	9.23	7.84	16.35	3.06	7.13
湖南	23.1	5.64	48.62	1.01	0.98	0.28	4325.99	1.61	0.54	2.92	72.53	3.57	7.48	18.46	2.23	7.62
广东	55.3	18.74	75.78	1.41	0.9	0.5	1556.62	11.32	1.94	1.65	141.67	20.33	12.79	12.83	5.55	13.39
广西	14	3.96	28.51	0.46	0.49	0.53	3141.01	0.79	0.21	2.03	2.1	4.47	7.29	18.7	1.93	8.68
海南	12.3	1.26	7.35	0.23	0.06	0.22	13645.01	0.54	0.41	2.06	8.64	5.8	6.62	11.76	2.79	11.14

续表2

地区	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
重庆	31	9.17	55.78	1.18	1.14	0.64	3759.78	2.62	0.45	4.56	141.41	5.96	7.41	35.89	2.22	7.5
四川	27.2	7.74	41.15	1.28	1.02	0.33	2449.11	2.74	0.52	1.18	41.09	9.82	7.87	19.78	2	6.98
贵州	10.4	2.45	50.76	0.57	0.67	0.32	3386.8	0.75	0.34	2.83	1.75	8.77	8.66	12.3	1.1	3.27
云南	14	3.3	23.6	0.54	0.26	0.55	3152.25	0.75	0.45	3.65	31.68	2.56	8.55	10.63	1.68	6.09
陕西	39.3	13.66	38.71	2.09	0.77	1.68	3808.54	2.26	1.04	4.38	83.22	8.36	8.32	9.73	2.54	7.35
甘肃	20.6	5.57	43.3	1	0.49	0.91	3446.14	0.75	0.41	4.26	100.15	2.73	7.34	8.16	1.76	4.74
青海	19.6	4.07	35.32	0.41	0.36	0.82	3883.89	0.83	0.31	3.67	96.74	2.38	8.26	5.93	2.48	3.26
宁夏	23.9	7.67	48.68	0.69	0.72	0.45	1919.21	2	0.053	4.04	10.82	2.23	10.21	6.03	2.49	2.53
新疆	16	3.77	48.62	0.38	0.25	0.56	4928.3	1.84	0.45	3.98	34.22	0.48	8.58	2.91	4.05	4.93

4 区域科技生产效率与科技成果转移转化效率测度

基于DEA的C²R模型,借助Deap2.1软件,以30个省(自治区、直辖市)为决策单元,以X1、X2、X3、X4、X5、X6为输入,以Y1、Y2、Y3、Y4、Y5为输出,可求出2008年各决策单元科技生产DEA效率值;同理,以30个省(自治区、直辖市)为决策单元,以Y1、Y2、Y3、Y4、Y5为输入,以Z1、Z2、Z3、Z4、Z5为输出,可求出2008年各决策单元科技成果转移转化DEA效率值。具体测度结果见表3。

表3 全国30个省市科技生产效率与科技成果转移转化效率测度值

Tab.3 30 provinces and municipalities S&T production efficiency and S&T achievement transfer transformation efficiency measurement values

序号	决策单元	科技生产DEA效率	科技成果转移转化DEA效率	序号	决策单元	科技生产DEA效率	科技成果转移转化DEA效率
1	北京	1.000	1.000	16	河南	0.814	0.704
2	天津	1.000	1.000	17	湖北	0.829	0.666
3	河北	0.579	0.921	18	湖南	0.968	0.691
4	山西	0.674	1.000	19	广东	0.943	1.000
5	内蒙古	0.604	1.000	20	广西	0.627	1.000
6	辽宁	0.615	0.693	21	海南	1.000	1.000
7	吉林	0.452	1.000	22	重庆	0.844	1.000
8	黑龙江	0.779	0.702	23	四川	0.528	1.000
9	上海	1.000	1.000	24	贵州	1.000	1.000
10	江苏	0.826	0.846	25	云南	1.000	1.000
11	浙江	1.000	1.000	26	陕西	0.614	0.724
12	安徽	0.784	0.837	27	甘肃	0.912	0.922
13	福建	0.524	1.000	28	青海	1.000	1.000
14	江西	0.801	1.000	29	宁夏	0.977	1.000
15	山东	0.925	0.811	30	新疆	1.000	0.722

5 区域科技生产效率与科技成果转移转化效率对比分析

为了更清楚地显示各省市科技活动效率现状与结构,依据DEA原理按照DEA效率值将所有的样本分成不同的等级。根据表3,本研究按照DEA值将各省市科技活动效率分成4个等级,其中DEA=1为DEA有效,DEA值小于1但大于等于0.8为DEA效率较高,DEA值小于0.8但大于等于0.6为DEA效率一般,DEA值小于0.6为DEA效率低。表4是按照科技生产DEA效率值对各省市分类的结果,表5是按照科技成果转移转化DEA效率值对各省市分类的结果。

表4 30个省市科技生产DEA效率等级划分结果

Tab.4 30 provinces and municipalities S&T production DEA efficiency grading results

项目	DEA有效	DEA效率较高	DEA效率一般	DEA效率低
省市名称	北京 浙江 贵州 上海 新疆	天津 海南 云南 青海	广东 宁夏 甘肃 湖北 河南	山东 湖南 重庆 江苏 江西
省市数量比例/%	30	33.3	23.3	13.3

表5 30个省市科技成果转移转化DEA效率等级划分结果

Tab.5 30 provinces and municipalities S&T achievement transfer transformation DEA efficiency grading results

项目	DEA有效	DEA效率较高	DEA效率一般
省市名称	北京 天津 浙江 海南 贵州 云南 上海 青海 宁夏 广东 重庆 江西 山西 广西 四川 吉林	甘肃 江苏 山东	河北 安徽 陕西 新疆 黑龙江 辽宁 湖南 湖北
省市数量比例/%	60	16.7	23.3

观察同一省市的科技生产效率与科技成果转移转化效率可以发现,有些省市二者基本一致,如北京、辽宁、江苏等省市,但二者差异巨大者也不在少数,如吉林、四川、河北,等,运用 SPSS17 统计软件计算科技生产 DEA 效率与科技成果转移转化 DEA 效率二者间的相关系数仅为 0.051,说明同一区域科技生产效率与科技成果转移转化效率之间并不存在必然联系。

全国 30 个省市科技生产 DEA 效率均值为 0.821,科技成果转移转化 DEA 效率的均值为 0.908,说明总体上科技成果转移转化 DEA 效率要高于科技生产 DEA 效率,其原因可能在于各省市在科技活动中对各环节的重视程度不同,相对来说多数省市可能更重视科技成果产业化所致。

观察表 3 和表 4 发现,科技生产 DEA 有效的城市包括北京、天津等 8 个省市,占比仅仅 30%,DEA 效率较高的包括广东、山东、宁夏等 9 个省市,占比为 33.3%,DEA 效率一般及 DEA 效率低的包括安徽、黑龙江等 11 个省市,合计占比高达 36.6%,其中吉林省科技生产 DEA 效率最低,为 0.452。很明显,各省市科技生产效率存在显著差异,DEA 效率一般及 DEA 效率低的省市其科技生产效率有待大幅度提高。

观察表 3 和表 5 发现,科技成果转移转化 DEA 有效的城市包括北京、天津等 18 个省市,占比为 60%,DEA 效率较高的城市有甘肃、河北、江苏、安徽、山东 5 个省,占比为 16.7%,DEA 效率一般的仍有陕西、新疆、河南、黑龙江、辽宁、湖南、湖北 8 个省,占比 23.3%,其中湖北省科技成果转移转化 DEA 效率最低,为 0.666。同样,各省市科技成果转移转化效率也存在显著差异,具有很大的不均衡性。科技成果转移转化 DEA 效率一般的省市应注意加强科技成果转移转化相关工作。

6 结 论

科技活动过程主要包括科技生产活动和科技成果转移转化活动两大环节,与此相应,科技活动效率则主要决定于科技生产效率和科技成果转移转化效率两个方面。本研究运用 DEA 分析技术分别对全国 30 个省市的科技生产效率和科技成果转移转化效率进行了测度,结果表明,不同省市科技生产效率和科技成果转移转化效率呈不均衡状态,同一省市科技生产效率与科技成果转移转化效率也有明显差异,且总体上各省市科技成果转移转化效率高于科技生产效率。研究结论有利于各省市对自身科技活

动效率结构现状的认识,找出制约区域科技活动效率的瓶颈环节,对各省市明确改进科技活动效率的工作重点有启示作用。

参考文献:

- [1] 叶儒霏,陈欣然,余新炳. 影响我国科技资源配置效率的原因及对策分析[J]. 研究与发展管理, 2004, (05): 114-118.
Ye Ruifei, Chen Xinran, Yu Xinbing. Analysis on the factors which affect the allocation efficiency of China's S&T resources[J]. R&D Management, 2004, (05): 114-118.
- [2] 彭华涛. 区域科技资源配置的新制度经济学分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2006, (01): 141-144.
Peng Huatao. New institutional economics analysis of regional science and technology resource allocation[J]. Science of Science and Management of S&T, 2006, (01): 141-144.
- [3] 吴和成,郑垂勇. 科技投入产出相对有效性的实证分析[J]. 科学管理研究, 2003, (03): 93-96.
Wu Hecheng, Zheng Chuiyong. An empirical analysis on the relative efficiency of the input-output of science and technology[J]. Scientific Management Research, 2003, (03): 93-96.
- [4] 李燕萍,许颖,吴绍棠. 不同省域科研投入产出效率及其影响因素的实证研究[J]. 经济管理, 2011, (02): 23-30.
Li Yanping, Xu Ying, Wu Shaotang. Research on input and output efficiency in different regions[J]. Economic Management, 2011, (02): 23-30.
- [5] 连燕华,石兵,刘学英. 国家科学技术投入与产出评价[J]. 中国软科学, 2002, (01): 28-31.
Lian Yanhua, Shi Bing, Liu Xueying. Evaluation on the outputs of national science and technology research[J]. China Soft Science, 2002, (01): 28-31.
- [6] 孙宝凤,李建华,杨印. 运用 DEA 方法评价地区科技资源配置的相对有效性[J]. 数理统计与管理, 2004, (02): 52-58.
Sun Baofeng, Li Jianhua, Yang Yin. Using DEA method to evaluate relative validity of region's S&T resource allocation[J]. Application of Statistics and Management, 2004, (02): 52-58.
- [7] 李石柱,李冬梅,唐五湘. 影响我国区域科技资源配置效率要素的定量分析[J]. 科学管理研究, 2003, (02): 60-64.
Li Shizhu, Li Dongmei, Tang Wuxiang. The quantitative analysis of the elements of regional scientific and technological efficiency of resource allocation[J]. Scientific Management Research, 2003, (02): 60-64.
- [8] 秦浩源. 基于主成分分析法的科技投入产出聚类分析

- [J]. 科技管理研究,2009,(11):169-171.
- Qin Haoyuan. Input-output clustering analysis based on principal component analysis of science and technology [J]. Science and Technology Management Research,2009,(11):169-171.
- [9] 作风清,盛肖,何健. 基于聚类分析的北京市科技资源配置与优化研究[J]. 中国科技论坛,2011,(04):11-14.
- Wu Fengqing, Sheng Xiao, He Jian. Optimization of Beijing science and technology resources allocation[J]. Forum on Science and Technology in China, 2011,(04):11-14.
- [10] 杨传喜,李平,张俊彪. 基于投入的科技资源配置效率及其分解研究[J]. 科技进步与对策,2011,(16):113-117.
- Yang Chuanxi, Li Ping, Zhang Junbiao. Studies on the allocation efficiency of S&T resources and its decomposition[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2011,(16):113-117.
- [11] 刘大为,熊国强,刁伍钧. 用DEA方法综合评价我国高新开发区经济效益[J]. 西安理工大学学报,2004,20(1):105-108.
- Liu Dawei, Xiong Guoqiang, Diao Wujun. The comprehensive evaluation of economic returns of Hi-Tech development Zone using DEA method in China[J]. Journal of Xi'an University of Technology,2004,20(1):105-108.
- [12] 郭立宏,张武康. 基于DEA模型的中国百货零售上市公司效率及生产率研究[J]. 西安理工大学学报,2011,27(1):121-125.
- Guo Lihong, Zhang Wukang. Research on the efficiency and productivity of the Chinese department retail listed companies based on the DEA model[J]. Journal of Xi'an University of Technology,2011,27(1):121-125.
- [13] 管燕,吴和成,黄舜. 基于改进DEA的江苏省科技资源配置效率研究[J]. 科研管理,2011,(02):145-150.
- Guan Yan, Wu Hecheng, Huang Shun. The efficiency of science and technology resource allocation in Jiangsu Province based on an improved DEA model[J]. Science Research Management,2011,(02):145-150.

(责任编辑 李虹燕)