

沿海地区科技创新资源投入效率测算 及优化设计研究

陈震, 尤建新

(1.同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 2.中国科技管理研究院 上海 200092)

摘要: 区域内部科技创新资源投入的合理布局是提高整体科技创新效率的关键。通过梳理相关文献, 改进并构建了科技创新资源投入优化配置模型, 运用定量的方法对2007年沿海地区的科技创新资源投入结构进行了优化调整, 以实现帕累托最优。结合实际情况对计算结果进行分析, 并给出了相应对策建议。

关键词: 科技创新资源; 科技创新效率; 沿海地区; 优化配置模型; 帕累托最优

中图分类号: F124.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2010)15-0047-04

0 引言

近年, 我国已把增强自主创新能力确立为调整产业结构、转变经济增长方式的中心环节。随着科技资源投入的不断加大, 科技创新资源固有的稀缺性特征以及资源配置的低效性也日益突显。

科技创新资源投入的低效配置只能导致科技创新资源的粗放式投入。一般而言, 效率越高说明投入布局越合理。从区域内部来看, 各省市科技创新资源的投入产出效率越高, 区域投入布局越合理; 但是, 从区域整体层面看, 单个省市创新资源使用效率的提高, 并不表明区域整体层面

投入布局的合理性, 区域整体科技资源布局效率越高才意味着越合理。如何实现区域内优化配置现有的科技创新资源, 以较少的投入获得整体上较大的产出, 是科技进步与发展急需解决的关键问题。

沿海地区科技事业发展较快, 全国1/3的地区, 聚集了全国57%的科技活动人员、65%的科技经费支出, 科技创新资源向沿海地区高度集聚。因此, 研究沿海地区的创新资源的投入产出效率以及创新资源的合理投入结构具有现实意义。

1 研究合理配置科技创新资源是关键

在科技创新资源配置效率评价方面, 盛乘发^[1]通过进

2.5 通过对科技成果实施奖励, 在社会上形成了重视科技创新的社会文化氛围

我国一直都很重视科技创新的重要性, 2006年2月, 中华人民共和国国务院颁布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》^[5], 对“十一五”期间的科技发展作出了详细的规划, 同时为了更好地实施《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》, 营造激励自主创新的环境, 国务院又发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)若干配套政策的通知》。上海市科技奖励政策是国家实行科技强国, 建设创新型国家政策方针的科学实践, 对形成科技创新的社会文化氛围起到了很大的促进作用。

通过对科技成果的奖励, 为企业的科学技术的创新和发展提供了强有力的支撑, 企业通过进行自主科技创新, 企业的核心竞争力得到了进一步的提高, 企业的知名度、

产品的市场占有率、高新技术含量等都达到了空前的水平, 为企业持续高速发展打下了坚实的基础。同时还极大地激励了科技人员进行科技创新的热情^[6]。因此, 科技成果奖励政策的实施, 无论在社会还是在企业都形成了一种宽松和谐、健康向上的创新文化氛围。

3 结语

通过对2004—2006年上海市获奖科技成果调查数据的研究, 可以看出获奖科技成果对本市的经济社会发展、科技创新氛围的创建、科技人才的培养、科学技术的进步等诸多方面, 都起到了非常显著的促进作用, 充分说明了我国实施对科技成果奖励政策的正确性, 进一步证明了实施获奖科技成果奖励政策对社会发展、经济建设的价值所在。

(责任编辑: 赵贤瑶)

收稿日期: 2009-11-30

基金项目: 国家软科学研究计划项目(2008GXSD019); 上海市重点学科建设项目(B310)

作者简介: 陈震(1984-), 男, 山东滕州人, 同济大学经济与管理学院博士研究生, 研究方向为科技发展与与管理; 尤建新(1961-), 男, 江苏苏州人, 同济大学经济与管理学院教授、博士生导师, 研究方向为工业工程与质量管理、科技管理。

入经济效率原理建立了相对效率以及综合效率科技评估模型。李冬梅^[2]引入主成分分析法,运用科技创新资源相对效率模型对我国各省市、自治区进行实证分析;魏守华^[3]利用柯布—道格拉斯函数构建科技资源投入模型,改进了李冬梅科技创新资源配置效率模型,并进行了实证分析。鲁勇兵^[4]运用投入产出科技资源资源配置效率模型对河北省进行了分析。刘凤朝^[5]认为,20世纪90年代以来,我国科技创新效率的增长主要是由技术进步推动,资源配置效率对科技创新效率的增长贡献较小。刘伶俐^[6]通过运用 Malmquist 指数方法测度了 1998—2005 年我国 30 个省(自治区、直辖市)科技资源配置效率,并进行分析得出我国科技资源配置总效率有轻微下降。张前荣^[7]通过运用 DEA 方法分析我国 6 大区域科技投入情况,得出我国科技投入总体较低,同时存在规模收益递增的情况。

在科技创新资源区域配置布局研究方面,陈见明、赵毅锋^[8]通过定性分析探讨了经济活动领路、研究与开发领域以及地域上的科技布局指向问题。周照、王元地^[9]通过采用论文指标对我国学科总体情况、区域学科情况和区域合作情况进行了详细分析。谢思全、张焯铭^[10]通过从投入产出绩效 3 个方面对京津冀、双三角区域间以及京津冀区域内部进行比较分析,提出改善该区域科技资源配置的对策建议。梁永丽^[11]通过定性分析探讨了我国科技力量布局新特点,列出了区域创新资源整合的 4 种模式。

在科技创新资源配置方法的研究上,目前大多集中在对科技创新资源配置效率的评价分析上。而关于区域内部科技创新资源投入布局如何进行优化配置的研究较少,如何从定量角度确定区域内部科技创新资源投入优化的研究则更少。因此,从帕累托最优的角度建立科技创新资源投入优化模型,研究如何在区域内部合理配置科技创新资源,对科技管理部门进行科学决策具有指导意义。本文以沿海地区为例,对各省市科技创新资源投入产出效率测算,在假设科技投入不变的基础上建立线性规划模型,实现科技创新资源投入结构的帕累托最优。

2 构建科技创新资源优化配置模型

魏守华^[3]构建的科技创新资源配置效率模型简洁且便于理解,基于研究角度不同,在其基础上稍作改进,计算沿海各省市科技创新资源投入产出效率。

2.1 指标及数据选取

指标设计必须遵循的原则是要反映评价目的和评价内容。科技创新资源的投入可归结为人才投入与资金投入,产出可衡量指标较多,综合考虑数据的多样性以及可获取性提出指标体系。

科技创新资源投入指标:科技活动人员(万人)(T_1)、科技经费筹集(亿元)(T_2);创新产出指标:高新技术产业规模以上企业增加值(亿元)(C_1)、专利申请受理量(件)(C_2)、发明专利授权量(件)(C_3)、国内中文期刊数(篇)(C_4)、技术交易市场成交合同金额(亿元)(C_5)、高技术产品出口额(亿美元)(C_6)。

另外,在原始数据收集时,应该考虑到科技创新资源

的投入与产出之间存在时间滞后效应,一般假设该延迟时间为 2 年。综合考虑沿海各省市创新资源投入结构在同一个 5 年计划中变化不大等因素,本文将科技创新资源投入产出的滞后时间选择为 1 年。

2.2 科技创新资源投入产出效率模型

第 1 步,计算科技创新资源投入。

$$Ti=(T_{i1} \times T_{i2})^{1/2} \quad (1)$$

其中, T_i 为*i*地区科技创新资源投入综合指标, T_{i1} 、 T_{i2} 分别表示*i*地区科技资源中万人口科技活动人员和全社会 R&D 经费占 GDP 比重。

第 2 步,计算科技创新资源产出。

$$Ci=\lambda_1 C_{i1} + \lambda_2 C_{i2} + \lambda_3 C_{i3} + \lambda_4 C_{i4} + \lambda_5 C_{i5} + \lambda_6 C_{i6} \quad (2)$$

C_i 为*i*地区科技产出综合指标, λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 、 λ_5 、 λ_6 分别表示产出 C_{i1} 、 C_{i2} 、 C_{i3} 、 C_{i4} 、 C_{i5} 、 C_{i6} 对综合效果影响的重要程度,也即权重。在模型运算中,需要采取标准化处理和主成分分析法:

$$\begin{aligned} & \text{标准化处理。无量纲的计算公式为: } Xi = \frac{Xi}{\bar{Xi}} \\ & \text{其中 } \bar{Xi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=10} Xi, Xi \text{ 为 } i \text{ 区域的科技指标表。} \end{aligned}$$

主成分分析法确定各指标的权重。应用 SPSS 软件的主成分分析法,计算得出样本(标准化处理后的数据)的相关矩阵 R 和相关矩阵的特征值和特征向量。然后选择 m (m 小于变量个数)个主成分。

选定主成分,累计贡献率为 90% 以上的主成分,用各自贡献率作为权重,对所选主成分的特征向量进行加权平均,将所得作为科技产出的指标权重。计算第 *j* 个指标的权重: $\lambda_j = \sum_{i=1}^k Wijqij$, λ_i 表示第 *i* 个指标的权重, W_{ij} 表示第 *i* 地区第 *j* 个指标对应的特征向量分量, q_{ij} 表示主成分贡献率, *k* 为变量个数。

第 3 步,计算科技投入产出效率。

$$E_i = C_i / T_i \quad (3)$$

根据 E_i 值的大小比较得出地区科技资源配置效率的差异, E_i 值越大,表明资源的配置效果越好。 e_i 为 E_i 倒数, e_i 值越小,资源配置效率越高。

2.3 构建优化配置模型

建立科技创新资源优化配置模型的基本假设是:不受其它外界环境的影响;总体科技创新投入总量不变,通过调整内部的科技创新投入结构,实现整体科技创新效率的最大化。

如此假设的主要原因是,科技产出具有不确定性,不受人为的影响,而科技创新资源的投入可以通过具体的政策措施进行适当的调整。科技创新资源投入的调整也会受到各种条件的限制,需要付出一定的成本。考虑到科技创新资源投入的流动幅度,为了调整结果能够被显著观察到,同时考虑现实活动中具有可操作性,我们可以假设科技活动人员和科技经费支出只能在 10% 上下范围内浮动,把调整范围设定为 10%^[12]。

为方便软件处理, 采用 e_i 作为目标函数指标, 目标函数就是区域 e_i 的总和最小。约束条件主要包括两个方面: 一是各地区科技创新资源投入量的浮动范围, 二是总体科技创新资源投入总量不变。

$$\begin{aligned} \min e_i &= \min(T_{i1} \times T_{i2})^{1/2} / C_i & (4) \\ \text{s.t.} & (1-10\%) T_{i1} \ll T_{i1} \ll (1+10\%) T_{i1} \\ & \sum_{i=1}^{n=10} T_{i1} = 10 \\ & (1-10\%) T_{i2} \ll T_{i2} \ll (1+10\%) T_{i2} \\ & \sum_{i=1}^{n=10} T_{i2} = 10 \end{aligned}$$

其中, $i=(1、2、3\dots10)$

3 计算过程及结果

运用上述无量纲公式, 考虑数据的可获取性, 沿海地

区科技创新资源投入指标选择 2006 年数据, 创新产出指标选择 2007 年数据, 计算过程与结果如下:

第 1 步, 原始数据标准化(见表 1)。

第 2 步, 通过运用 SPSS 软件计算得出主成分特征值、特征向量及其贡献率。由于前 2 个主成分累计贡献率为 94.36%, 选取前 2 个主成分特征向量作为计算权重的对象, 计算结果见表 2。

第 3 步 根据上述公式模型即可求得科技资源投入产出、测算科技资源效率, 根据式 4 建立资源优化配置模型:

目标设定:

$$\begin{aligned} e_i &= T_{ij} / C_{ij} \\ \text{Min} : & (T_{11} \times T_{12})^{1/2} / C_1 + (T_{21} \times T_{22})^{1/2} / C_2 + (T_{31} \times T_{32})^{1/2} / C_3 + (T_{41} \times T_{42})^{1/2} / C_4 + \\ & (T_{51} \times T_{52})^{1/2} / C_5 + (T_{61} \times T_{62})^{1/2} / C_6 + (T_{71} \times T_{72})^{1/2} / C_7 + \\ & (T_{81} \times T_{82})^{1/2} / C_8 + (T_{91} \times T_{92})^{1/2} / C_9 + (T_{101} \times T_{102})^{1/2} / C_{10} \end{aligned}$$

表 1 标准化后数据

	X_{i1}	X_{i2}	Y_{i1}	Y_{i2}	Y_{i3}	Y_{i4}	Y_{i5}	Y_{i6}
上海	0.884 5	1.165 7	1.013 3	1.119 6	1.656 2	1.189 6	2.159 8	1.712 6
江苏	1.679 5	1.847 3	2.273 3	2.109 7	1.128 2	1.591 5	0.477 3	2.593
浙江	1.368 4	1.089 4	0.648 2	1.634 9	1.124 6	1.001 2	0.276 0	0.319 3
广东	1.625 3	1.447 4	3.113 8	2.429 8	1.887 4	1.267 4	0.808 4	3.887 5
福建	0.445 6	0.377 5	0.483 2	0.2690	0.170 7	0.335 3	0.088 6	0.297 8
海南	0.040 1	0.026 8	0.017 6	0.0150	0.025 9	0.070 3	0.004 4	0.001 7
山东	1.257 8	1.223 9	1.036 7	1.111 2	0.729 2	1.022 0	0.274 0	0.247 5
北京	1.6870	1.967 9	0.606 1	0.751 4	2.451 5	2.423 7	5.371 1	0.425 0
天津	0.436 7	0.496 3	0.6610	0.373 4	0.591 5	0.503 4	0.440 3	0.482 0
河北	0.575 1	0.357 9	0.146 9	0.186 3	0.234 8	0.595 5	0.099 9	0.032 9

表 2 各产出指标的权重

	W_{i1}	W_{i2}	q_{i1}	q_{i2}	λ_i
λ_1	0.455 9	0.302 8	0.608 05	0.305 58	0.369 7
λ_2	0.437 0	-0.311 0	0.608 05	0.305 58	0.170 7
λ_3	0.425 8	-0.390 0	0.608 05	0.305 58	0.139 7
λ_4	0.422 2	0.368 5	0.608 05	0.305 58	0.369 3
λ_5	0.418 1	-0.368 0	0.608 05	0.305 58	0.141 8
λ_6	0.258 6	0.624 0	0.608 05	0.305 58	0.347 9

约束条件:

$$\begin{aligned} (1) & 1.491 9 \ll T_{11} \ll 1.823 4, 0.697 9 \ll T_{21} \ll 0.853, 0.835 3 \ll T_{31} \ll \\ & 1.020 9, 0.577 5 \ll T_{41} \ll 0.705 9, 0.383 \ll T_{51} \ll 0.468 1, 0.127 7 \ll T_{61} \\ & \ll 0.156, 0.524 6 \ll T_{71} \ll 0.429 2, 2.989 9 \ll T_{81} \ll 3.654 3, 1.229 3 \ll T_{91} \ll \\ & 1.502 4, 0.238 3 \ll T_{101} \ll 0.291 3. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) & 1.287 2 \ll T_{12} \ll 1.573 2, 0.853 0 \ll T_{22} \ll 1.042 6, 0.936 4 \ll T_{32} \ll \\ & 0.766 2, 0.811 6 \ll T_{42} \ll 0.664 0, 0.454 6 \ll T_{52} \ll 0.555 6, 0.107 3 \ll \\ & T_{62} \ll 0.131 1, 0.613 \ll T_{72} \ll 0.749 1, 2.758 2 \ll T_{82} \ll 3.371 2, 1.159 5 \\ & \ll T_{92} \ll 1.417 1, 0.337 1 \ll T_{101} \ll 0.412 0. \end{aligned}$$

$$(3) T_{11} + T_{21} + T_{31} + T_{41} + T_{51} + T_{61} + T_{71} + T_{81} + T_{91} + T_{101} = 10$$

$$(4) T_{12} + T_{22} + T_{32} + T_{42} + T_{52} + T_{62} + T_{72} + T_{82} + T_{92} + T_{102} = 10$$

其中, T_{ij} 表示第 i 地区第 j 个指标, C_{ij} 表示第 i 地区第 j 个指标。

运用 EXCEL 软件对其进行处理, 计算结果最优效率倒数总和 e 值为 7.333 4, 小于优化前 7.771 6, 变得更优。其余计算结果见表 3。

表 3 计算结果

	T_i	C_i	E_i	X_i	优化值	调整	X_2	优化值	调整
河北	0.453 7	0.364 5	0.803 4	0.575 1	0.517 6	-0.057 5	0.357 9	0.322 1	-0.036
山东	1.240 7	1.177 3	0.948 9	1.257 8	1.132 0	-0.125 8	1.223 9	1.101 5	-0.122
浙江	1.220 9	1.195 9	0.979 5	1.368 4	1.231 5	-0.136 8	1.089 4	0.980 4	-0.109
福建	0.410 1	0.488 5	1.191 1	0.445 6	0.401 0	-0.044 6	0.377 5	0.339 7	-0.038
海南	0.032 8	0.039 9	1.218 8	0.040 1	0.036 1	-0.004 0	0.026 8	0.024 1	-0.003
北京	1.822 1	2.499 9	1.372 0	1.687 0	1.855 7	0.168 7	1.967 0	1.879 0	-0.089
江苏	1.761 4	2.915 9	1.655 4	1.679 5	1.847 5	0.167 95	1.847 3	2.032 0	0.184 7
天津	0.465 6	0.806 8	1.733 0	0.436 7	0.393 1	-0.043 7	0.496 3	0.446 7	-0.050 0
上海	1.015 4	2.138 7	2.106 3	0.884 5	0.797 7	-0.086 8	1.165 7	1.282 3	0.116 6
广东	1.533 8	3.765 1	2.454 8	1.625 3	1.787 8	0.1625 3	1.447 4	1.592 2	0.144 7

为方便分析, 根据 0~1 为低、1~2 为中、2 以上为高的标准, 按照科技创新资源投入产出效率从高到低将沿海各省市粗略分成 3 类, 对沿海各省市投入、产出、优化结果

进行评价。

第一类: 广东、上海, 科技创新资源投入产出高效率地区。广东、上海为中投入、高产出; 通过优化后, 广东

科技创新资源无冗余,反而需增加,要继续加大科技活动人员和科技经费投入,说明广东在科技创新资源投入方面相对来说存在规模效应;上海地区为中投入、高产出,科技人员与科技经费投入出现错位现象,科技人员投入出现冗余,科技经费使用较好。

第二类:天津、江苏、北京、海南、福建,科技创新资源投入产出中效率地区。江苏、北京为中投入、高产出。优化结果显示,江苏科技人员与科技经费使用不存在冗余,而北京出现科技人员与经费使用错位现象,科技经费使用出现冗余;天津、海南、福建均为低投入、低产出地区。

第三类:浙江、山东、河北,科技创新资源投入产出低效率地区,科技资源使用出现冗余。浙江、山东为中投入、中产出,河北则是低投入低产出。

4 结束语

从单个省市分析,广东、江苏科技创新资源投入产出效率相对较高,且形成了科技人员和研发经费的规模集聚效应,这离不开近些年大力开展的区域创新体系建设以及区域内构建创新型城市战略的实施,其成效逐渐显现。

上海、北京科技人员与科技资金投入出现错位现象。上海科技人员使用出现冗余,而北京科技资金使用出现冗余,这与两地分别为政治中心、金融经济中心分不开。两地在未来发展中应相互比较借鉴,协同发展。

天津、海南、福建、浙江、山东、河北在科技资源投入上出现相对冗余。结合现实情况分析,主要原因是科技体制不完善,组织科技活动的效率低下导致的科技活动人员配置相对不合理,科技资金使用效率相对较低。这些地区在下阶段工作中应该建立合理的人才评估机制,坚持将合适的人安排在合适的工作岗位,健全科技经费使用有效监督机制与使用效果的科学评价机制,科学管理和使用科技资金。

综上,本文试图通过数据分析寻找沿海各省市科技创新资源投入的帕累托最优,仅提供了一个可供参考的趋势,

形成原因及影响因素亟待继续研究;在指标选取问题上,投入指标先后考虑 R&D 人员投入和 R&D 经费投入等多种情况,所得计算结果反映趋势均一致;在投入产出滞后效应问题上,试算了滞后期为两年情况,所得趋势不变。

参考文献:

- [1] 盛乘发.科技评估的效率原理与模型探讨[J].科研管理,2003(1):40-43.
- [2] 李冬梅 李石柱 唐五湘.我国区域科技资源配置效率情况评价[J].北京机械工业学院学报,2003(3):50-55.
- [3] 魏守华 吴贵生.区域科技资源配置效率研究[J].科学学研究,2005(8):467-473.
- [4] 鲁勇兵 梁婉君.河北省区域科技资源的配制效率[J].统计与决策,2006(13):91-93.
- [5] 刘凤朝 潘雄锋.基于 Malmquist 指数法的我国科技创新效率评价[J].科学学研究,2007(5):986-990.
- [6] 刘伶利.中国科技资源配置效率变化[J].科学学与科学技术管理,2008(7):13-19.
- [7] 张前荣.基于 DEA 模型的区域科技投入相对效率的实证研究[J].大连理工大学学报(社会科学版),2009(3):75-78.
- [8] 陈见明 赵毅锋.论科技布局的指向[J].科学管理研究,1991(4):9-12.
- [9] 周照 王元地.我国科技力量布局的学科分析[J].科技管理研究,2006(1):64-68.
- [10] 谢思全 张焯铭.京津冀科技资源的配置特点及对策研究[J].科学学与科学技术管理,2006(10).
- [11] 梁永丽.我国科技力量布局与区域创新资源整合[J].科技信息,2008(26):355-356.
- [12] 刘凤朝.中国科技力量布局分析与优化[M].北京:科学出版社,2009.

(责任编辑:陈晓峰)

Study on Efficiency Measurement and Optimization Design of the S&T Innovation Resources Input of Coastal Areas in China

Chen Zhen, You Jianxin

(1.Economics and Management School, Tongji University, Shanghai 200092;2.Chinese Academy of Science and Technology Management, Shanghai 200092, China)

Abstract: Rational distribution of the S&T Innovation Resources is the key to improve the S&T innovation efficiency. Combing the relevant literatures, this paper ameliorates and creates the optimized allocation model of S&T innovation resources, and optimizes the S&T innovation resources allocation of the coastal areas in 2007 with quantificational methods to achieve Pareto-optimal. To consider the combination of the actual situation, this paper analyzes the results and gives the corresponding countermeasures and suggestions.

Key Words: S&T Innovation Resources; S&T Innovation Efficiency; Coastal Areas; Optimized Allocation Model; Pareto-optimal