

# 山东省十七地市科技绩效的 DEA 模型研究

1. 济南市科学技术信息研究所 济南 250001; 2. 青岛大学 青岛 266071

王磊<sup>1</sup> 李倩倩<sup>2</sup>

**摘要** 设计选取一级指标 2 个, 二级指标 4 个, 三级指标 9 个的科技绩效评价指标体系。其中三级指标包括 4 个科技投入指标“科技活动人员”、“R&D 人员全时当量”、“R&D 经费投入”、“地方财政科技支出”, 5 个科技产出指标“发明专利授权量”、“科技论文”、“国家或行业标准数”、“技术合同交易额”“高新技术产业总产值”。采集山东省十七地市 2014 年度科技数据, 运用 DEA 模型分析科技绩效情况, 分析投入冗余、产出不足等问题, 在此基础上, 提出提升科技绩效的建议。

**关键词:** DEA, 科技绩效, 投入冗余

**中图分类号:** G322.0

## Research on the DEA Model of Science and Technology Performance of Seventeen Cities in Shandong Province

1. Jinan Science and Technology Information Institute, Jinan 250001, China;

2. Qing Dao University, Qingdao 266061, China

WANG Lei<sup>1</sup> LI QianQian<sup>2</sup>

**Abstract** In this paper, we design a scientific and technological performance evaluation indicators system, including two first-level indicators, four second-level indicators and nine third-level indicators. The third-level indicators included four scientific and technological inputs index: “personnel in scientific and technological activities”, “R & D personnel full time equivalent”, “R & D funds input”, “local fiscal expenditure for Science and Technology”, five scientific outputs indices: “invention patent authorization quantity”, “science and technology paper”, “national standard or industry standard number”, “technology contract transaction volume”, and “high-tech industry output value”. This study collected the data of science and technology in the seventeen cities of Shandong province in year 2014, then analyzed the performances of science and

**作者简介:** 王磊 (1988-), 助理研究员, 研究方向: 战略研究与竞争情报分析, Email: wanglei82062171@163.com; 李倩倩 (1989-), 硕士研究生, 研究方向: 医学遗传学及大数据分析, Email: 705638885@qq.com。

technology based on DEA model, and also analyzed the problems of input redundancy and output deficiency. Finally, this study put forward suggestions to improve the performances of science and technology in the study area.

**Keywords:** DEA, science and technology performance, input redundancy

## 1 前言

数据包络分析（简称“DEA”）是一种典型的多准则决策方法，于1978年被美国运筹学家W.W.Cooper和CHARNES A.等提出<sup>[1,2]</sup>。其可以明确考虑到多种投入（资源）及多种产出（绩效），并且无需为各指标赋权重，也无需预先确定投入与产出之间的关系表达式，主要通过保持决策单元（DMU）的输入或输出不变，借助数学规划将DMU投影到DEA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。近年来，不少学者运用DEA模型方法对科技绩效开展研究，如，Macmillan运用数据包络分析方法对我国主要城市经济效率进行了研究，找出了无效投入资源和水平<sup>[3]</sup>；Charnes运用DEA方法对中国省市的宏观经济运行状况进行分析，朱乔叙述了包络分析方法（DEA）的思想和基本模型，总结国内外研究成果，并在“理论”、“计算方法”、“应用方向”等三个方面提出了预测<sup>[4]</sup>；梅桥针对我国东部11省市进行了基于DEA的科技投入产出分析与政策研究<sup>[5]</sup>；杜晓云针对山东省十七地市科技创新系统开展研究，同时运用了因子分析、FCM聚类及DEA等方法对科技创新效率进行了分析<sup>[6]</sup>；邹蔚等人针对湖北省综合科技进步科技水平指数进行比较分析<sup>[7]</sup>；徐晨等开展基于DEA对我国30多个区域的科技投入及科技成果转化绩效展开研究<sup>[8]</sup>；张启

平开展面向领域的数据包络分析（DEA）方法研究，并对基础DEA模型进行选择、修改和重构，构建具可操作性的适于问题解决的领域DEA模型<sup>[9]</sup>。另外，方爱平、珠兰其其格、符银丹等也都开展基于DEA方法对科技投入产出效率分析<sup>[10-12]</sup>。综合分析，科技绩效评价研究多集中在国家层面或具体地市，本文开展山东省十七地市开展科技绩效评价并针对问题提出了相应对策建议，具有一定创新性。

## 2 科技绩效评价指标体系构建与模型分析

### 2.1 数据来源及处理

全部数据来源于《2015山东统计年鉴》、《2015山东科技统计年鉴》，其中，“技术合同交易成交额”来源科技部门内部统计。为剔除人口影响，结合《山东统计年鉴》中年末“就业总人口”指标，各地市的科技活动人员和R&D活动人员全时当量转化为万人口科技活动人员和万人年R&D活动人员全时当量。

### 2.2 指标体系建立

主要依据DEA模型建立指标体系，其构建充分考虑了科学性、系统性、可比性及可操作性等原则，指标能够充分反映科技绩效情况。通常，指标体系要全面，能够实现全面评价，

同时减少其它指标对输入量和输出量的影响。本文拟对山东省十七地市科技投入产出效率进行评价,共设计一级指标2个,二级指标4个,三级指标9个的科技绩效评价指标体系。其中三级指标包括4个科技投入指标“万人口科技

活动人员”、“万人口 R&D 人员全时当量”、“R&D 经费投入”、“地方财政科技支出”,5个科技产出指标“发明专利授权量”、“科技论文”、“国家或行业标准数”、“技术合同交易额”“高新技术产业总产值”。具体见表1。

表1 科技绩效评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
科技投入	人力投入	万人口科技活动人员(人/万人) X1
		万人口 R&D 人员全时当量(万人年) X2
	财力投入	R&D 经费投入(亿元) X3
		地方财政科技支出(亿元) X4
科技产出	智力产出	发明专利授权量(件) Y1
		科技论文(篇) Y2
	经济产出	国家或行业标准数(个) Y3
		技术合同交易额(亿元) Y4 高新技术产业总产值(亿元) Y5

科技投入产出基础数据如表2所示:

表2 山东省十七地市科技投入产出数据表

评价指标	万人口科技活动人员	万人口 R&D 人员全时当量	R&D 经费投入	地方财政科技支出	发明专利授权量(件)	科技论文(篇)	国家或行业标准数(项)	技术合同交易额	高新技术产业总产值
济南	245.83	100.84	120.5	9.6	2609	26767	438	37.29	2193
青岛	180.64	78.97	244.3	27	3863	23293	495	62.95	6619
淄博	123.69	63.91	77.3	8.3	677	2094	218	17.35	3532
枣庄	44.54	19.52	27.8	1.9	146	1215	39	6.66	658
东营	181.86	82.13	86.9	5.3	162	2692	398	15.98	4699
烟台	141.93	65.25	169.1	16.6	675	4862	196	30.93	6091
潍坊	124.76	43.23	119.7	13.4	778	3349	177	20.83	3848
济宁	73.02	24.74	58.6	8.1	317	4411	126	8.4	1501
泰安	98.76	39.81	67	4	230	6293	122	12.12	1743
威海	137.90	64.84	56.4	9.7	531	777	82	21.9	2510
日照	46.04	18.17	17.5	2	167	458	19	1.48	537
莱芜	103.40	39.77	17.1	2.2	175	813	19	5.62	319
临沂	43.18	18.34	63.9	4.6	484	1986	273	7.27	2162
德州	58.44	25.92	34.5	4.2	156	1386	89	5.25	2372
聊城	46.41	18.17	50.5	3.7	208	1641	104	6.35	2146
滨州	89.91	41.68	58.5	5.4	256	2185	55	3.01	1705
菏泽	23.45	11.38	25.6	4	104	729	40	5.64	1931

## 2.3 DEA模型构建与分析

将表2中每一地市科技投入产出作为一个决策单元(DMU),共有17个决策单元:

$$\min \theta \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j = y_0; \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j = \theta x_0; \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{array} \right\} \quad (\text{公式1})$$

通过上面建模公式1,可以求得17个决策单元DMU。本文选取山东省十七地市2014年

底科技投入产出数据作为决策单元(DMU),分析各年度科技投入产出的DEA有效性,明确其技术效率、投入冗余和产出不足,进而指出改进的方向。本文应用DEAP2.1软件进行分析,分析结果自动生成。其中:决策单元数17;时间序列数据设置为1;产出数量5;投入数量4;从产出角度衡量技术效率;选用规模报酬不变的CCR模型进行分析。可以得到各DMU的DEA有效值,见表3。

表3 山东十七地市科技投入产出DEA效率值

地市	济南	青岛	淄博	枣庄	东营	烟台	潍坊	济宁	泰安
$\theta$	1.000	1.000	0.924	1.000	1.000	0.930	0.787	0.783	0.967
地市	威海	日照	莱芜	临沂	德州	聊城	滨州	菏泽	
$\theta$	1.000	0.696	0.936	1.000	1.000	1.000	0.589	1.000	

## 3 科技产出绩效的DEA分析及非有效单元的改进

根据DEA方法及建模,当 $\theta=1$ 时,决策单元DMU为DEA有效,也即在原科技投入X的基础上所获得科技产出Y达到最优值;当 $\theta < 1$ 时,决策单元DMU为DEA无效,即可以通过相关措施降低科技投入而使得科技产出Y保持不变,或者可以再科技投入X不变的情况下,通过改善措施得到更优的科技产出Y。

对于非DEA有效的DMU决策单元,可以通过“投影定理”进行改进,从而转变为DEA有效。改进公式为:

$\hat{x} = \theta^* x - s^-, \hat{y} = y + s^+, (\hat{x}, \hat{y})$ , 为该决策单元对应的 $(x, y)$ 在DEA生产前沿面上的投影,改进值为 $\Delta x = x - \hat{x}, \Delta y = \hat{y} - y$ 。

### 3.1 科技投入冗余的分析和改进

通过表3可以得到,山东省十七地市中

9个地市 $\theta$ 为1,为DEA有效的决策单元;有8个小于1,是非DEA有效的决策单元,分别为淄博、烟台、潍坊、济宁、泰安、日照、莱芜和滨州。表明相对其他DMU决策单元,该8个地市科技投入偏低或者是由于效率低下造成产出偏低。具体情况通过分析生产前沿目标投入表进行详细分析。

为更方便开展分析,本文只提取非DEA有效的决策单元数据进行分析,相关数据见表4。

本文对比分析表4、表5,对四项科技投入指标进行逐项分析。在“万人口科技活动人员”中,有潍坊、济宁、泰安、日照、莱芜5个地市实际值分别为124.76(人)、73.02(人)、98.76(人)、46.04(人)、103.40(人),生产前沿面目标投入值分别为98.715(人)、57.456(人)、93.911(人)、26.812(人)、38.560(人);在“万人口R&D人员全时当量”中,有淄博、烟台、日照、莱芜、滨州5个地市实

际值分别为 63.91 (万人年)、65.25 (万人年)、18.17 (万人年)、39.77 (万人年)、41.68 (万人年), 目标投入值分别为 54.441 (万人年)、64.643 (万人年)、11.542 (万人年)、17.148 (万人年)、39.290 (万人年); “R&D 经费投入”

中烟台、泰安实际值分别为 169.1 (亿元)、67 (亿元), 目标投入值分别为 141.718 (亿元)、53.245 (亿元); “地方财政科技支出”中淄博、济宁实际值分别为 8.3 (亿元)、8.1 (亿元), 目标投入值分别为 8.137 (亿元)、5.981 (亿元)。

表4 非DEA有效的决策单元科技投入数据表

评价指标	万人口科技活动人员	万人口 R&D 人员全时当量	R&D 经费投入	地方财政科技支出
淄博	123.69	63.91	77.3	8.30
烟台	141.93	65.25	169.1	16.6
潍坊	124.76	43.23	119.7	13.4
济宁	73.02	24.74	58.6	8.1
泰安	98.76	39.81	67	4
日照	46.04	18.17	17.5	2
莱芜	103.40	39.77	17.1	2.2
滨州	89.91	41.68	58.5	5.4

表5 非DEA有效的决策单元生产前沿面目标投入值

评价指标	万人口科技活动人员	万人口 R&D 人员全时当量	R&D 经费投入	地方财政科技支出
淄博	123.69	54.441 ↓	77.3	8.137 ↓
烟台	141.93	64.643 ↓	141.718 ↓	16.6
潍坊	98.715 ↓	43.23	119.7	13.4
济宁	57.456 ↓	24.74	58.6	5.981 ↓
泰安	93.911 ↓	39.81	53.245 ↓	4
日照	26.812 ↓	11.542 ↓	17.5	2
莱芜	38.560 ↓	17.148 ↓	17.1	2.2
滨州	89.91	39.290 ↓	58.5	5.4

原因分析: 在 8 个非 DEA 有效的决策单元中, 有 5 个地市在“万人口科技活动人员”、“万人口 R&D 人员全时当量”存在科技投入冗余, 这并不是说明科技投入过多, 而是明显的印证了当前科技从业人员效率低的问题。这意味着在四项科技投入指标中, 部分地市存在科技绩效效率低下的问题。

### 3.2 科技产出不足的分析和改进

通过表 6、表 7 对比, 淄博等 7 个 DEA 无效决策单元在保持原科技投入不变的基础上, 科技产出中“发明专利授权量”、“科技论文”、“国家或行业标准数”、“技术合同交易额”“高新技术产业总产值”5 项指标均应实现不同幅度的增长, 具体改进值见表 8。

表6 非DEA有效的决策单元科技产出数据表

评价指标	发明专利授权量	科技论文	国家或行业标准数	技术合同交易额	高新技术产业总产值
淄博	677	2094	218	17.35	3532
烟台	675	4862	196	30.93	6091
潍坊	778	3349	177	20.83	3848
济宁	317	4411	126	8.4	1501
泰安	230	6293	122	12.12	1743
日照	167	458	19	1.48	537
莱芜	175	813	19	5.62	319
滨州	256	2185	55	3.01	1705

表7 非DEA有效的决策单元生产前沿面目标产出值

评价指标	发明专利授权量	科技论文	国家或行业标准数	技术合同交易额	高新技术产业总产值
淄博	763.962	7628.56	235.834	18.769	3820.941
烟台	1421.16	9172.775	322.166	33.272	6552.149
潍坊	1283.606	8053.157	233.716	26.463	4888.538
济宁	801.032	5636.828	161.016	13.552	1918.132
泰安	649.783	6510.974	187.517	12.540	1803.373
日照	239.799	2355.803	47.221	4.711	771.090
莱芜	259.207	1907.881	42.366	6.007	549.887
滨州	434.999	3712.781	205.632	10.088	2897.158

表8 非DEA有效的决策单元科技产出改进值

评价指标	发明专利授权量 $\Delta y_1$	科技论文 $\Delta y_2$	国家或行业标准数 $\Delta y_3$	技术合同交易额 $\Delta y_4$	高新技术产业总产值 $\Delta y_5$
淄博	86.962	5534.56	17.834	1.419	288.941
烟台	746.16	4310.775	126.166	2.342	461.149
潍坊	505.606	4704.157	56.716	5.633	1040.538
济宁	484.032	1225.828	35.016	5.152	417.132
泰安	419.783	217.974	65.517	0.42	60.373
日照	72.799	1897.803	28.221	3.231	234.09
莱芜	84.207	1094.881	23.366	0.387	230.887
滨州	178.999	1527.781	150.632	7.078	1192.158

本文仅选取 8 个决策单元中改进明显的指标进行分析。从科技产出指标“发明专利授权量”分析，烟台  $\Delta y_1=1421.16-675=746.16$  项，潍坊  $\Delta y_1=1283.606-778=505.606$  项，济

宁  $\Delta y_1=801.032-317=505.606$  项。从科技产出指标“科技论文”分析，淄博  $\Delta y_2=7628.56-2094=5534.56$  篇，潍坊  $\Delta y_2=8053.157-3349=4704.157$  篇，烟台  $\Delta y_2=9172.775-$

4862=4310.775。从科技产出指标“国家或行业标准数”分析，滨州  $\Delta y_3=205.632-55=150.632$  项，烟台  $\Delta y_3=322.166-196=126.166$  项，泰安  $\Delta y_3=187.517-122=65.517$  项。从科技产出指标“技术合同交易额”分析，滨州  $\Delta y_4=10.088-3.01=7.078$  亿元，潍坊  $\Delta y_4=26.463-20.83=5.633$  亿元，济宁  $\Delta y_4=13.552-8.4=5.152$  亿元。从科技产出指标“高新技术产业总产值”分析，滨州  $\Delta y_5=2897.158-1705=1192.158$  亿元，潍坊  $\Delta y_5=4888.538-3848=1040.538$  亿元，烟台  $\Delta y_5=6552.149-6091=461.149$  亿元。

原因分析：淄博等八个地市在保持原科技投入不变的基础上，科技产出均应实现不同幅度的增长，除在一定程度上表明科技效率较低以外，也与济南、青岛等城市科技成果的集聚效应有关。根据分析，八个地市基本为围绕济南和青岛的城市。济南作为山东省省会城市，对于高校资源、高新技术企业等具有天然吸引力，而青岛作为山东省沿海城市，拥有得天独厚的海洋经济，对外开放度高，整体科技绩效水平较高。

## 4 结语和对策建议

本文创新性的基于 DEA 对山东省十七地市科技绩效开展研究，研究结果显示，淄博、烟台、潍坊、济宁、泰安、日照、莱芜和滨州 8 个地市（约占山东省十七地市的一半）科技投入偏低或者是由于效率低下造成产出偏低，表明山东省整体科技绩效水平也有待进一步提升。一个国家或地区综合实力是否强弱、经济发展是否迅速，很大程度上依赖于科技的发展。因此，制定和

完善能够发挥本地科技资源效益最大化的科技政策体系尤为重要。

### 4.1 高效合理配置科技资源

科技资源的优化配置，无非体现在资金配置和人员配置，过多或过少都将直接影响科技产出的绩效。从资金配置角度，长期以来，科技部门对科技资源配置存在误区，未能充分认识到科技资金的资本属性，更多的是依赖于科技政策。因此，一是充分发挥科技金融等新兴金融模式的资金撬动作用，调动政府、市场各类资金提供主体；二是优化资金配置方向，政府资金更多倾向于基础创新，发挥企业等市场资金在技术创新、产品创新、服务创新中的作用。从科研人员配置角度，要着重提升科研活动人员的效率，一是要尊重科研人员的社会地位，形成尊重知识、尊重人才的社会氛围；二是加大对科研人员的激励，建立科学有效的激励制度体系，培养竞争精神，激发创新意识。

### 4.2 合理调整 R&D 投入结构

由政府财政承担高风险、高投入、见效慢的基础研究项目科研院所、高校作为原始创新的主体，要加强其 R&D 活动强度，加大基础研究投入比例；企业作为技术创新主体，更多的去承担能够提高企业实力和产品竞争力的应用研究项目。提升 R&D 人员在从业人员中的比重，特别是科学家和工程师的比重。顺应科技体制改革的大形势，从科技成果收益分配等方面激励科研院所人员参与 R&D 活动。

### 4.3 政产学研协调合作

政府作为企业、高校等各创新力量的粘合

剂,更多的是发挥政府重点实验室、技术中心、孵化器等的引领作用,带动社会力量参与创新,突破制约相关产业持续健康发展的关键共性技术。从高校的角度,寻求与企业长期的战略合作,提高产品的技术成熟度,加快科技成果转化和产业化,才能更好的将成果推向市场,避免研究成果“束之高阁”,也能更好地调动起企业与高校的合作意愿。从科研院所的角度,在深化科技体制改革和事业单位管理体制、运行机制改革的形势下,一是要发挥公益类科研院所的公益服务属性,主动服务企业创新;二是打破制约科技成果转化的藩篱,充分发挥科研院所研发主动性,更多的关注产业共性问题的研究。从企业的角度,要真正发挥企业作为技术创新的主体作用。企业尤其是大型国有企业,要将精力放在突破关键性技术,而非简单的“模仿式创新”,而中小企业要加大研发经费投入比例,提高研发积极性与科技研发实力。

## 参考文献

- [1] Braglia M, Zaroni S, Zavanella L. Measuring and Benchmarking Productive Systems Performances using DEA: An Industrial Case[J]. *Production Planning & Control*, 2003, 14(6):542-554.
- [2] Charnes A, Cooper W W, Li S. Using DEA to Evaluate Relative Efficiencies in the Economic Performance of Chinese Cities[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 1989, 23(6):325-344.
- [3] Machiillan WD. The Estimation and Applications of Multi-Regional Economic Planning Models Using Date Environment Analysis[J]. *Papers in Regional Science*, 1986, 60(1):41-57.
- [4] 朱乔. 数据包络分析 (DEA) 方法综述与展望 [J]. *系统工程理论方法应用*, 1994,3 (4): 1-9.
- [5] 梅桥. 基于 DEA 的科技投入产出分析与政策研究——以我们东部 11 省市为例 [D]. 合肥: 安徽大学, 2012.
- [6] 杜晓云. 山东省 17 地市科技创新系统研究 [D]. 济南: 山东财经大学, 2013.
- [7] 邹蔚, 汪朝阳. 湖北省综合科技进步水平指数比较研究 [J]. *长江论坛*, 2013(2): 22-27.
- [8] 徐晨, 邵云飞. 基于 DEA 的科技成果转化绩效评价研究 [J]. *电子科技*, 2010(7): 62-65.
- [9] 张启平. 面向领域的数据包络分析 (DEA) 方法研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.
- [10] 方爱平, 李虹. 基于 DEA 模型的西部区域科技投入产出效率分析——以西部大开发 12 个省、市、自治区为例 [J]. *科技进步与对策*, 2013(15): 54-58.
- [11] 珠兰其其格. 基于 DEA 方法的内蒙古高等学校科技投入产出效率分析 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2014.
- [12] 符银丹, 陈士俊, 陈卫东. 基于 DEA 的我国“985”高校科技投入产出效率分析 [J]. *天津大学学报: 社会科学版*, 2012(2): 128-132.