

摘要:正确地评价西北地区高技术产业技术创新效率,是探索西北高技术产业可持续发展、谋求西部大开发顺利实施过程中的重要环节。本文运用灰色关联度分析方法,从西北地区高技术产业发展的实际进行相关性的分析,并运用DEA方法测算了2001到2015年西北地区高技术产业的技术创新效率。研究表明:西北五省的高技术产业发展较为落后,且大部分年份的技术创新活动非DEA有效,仍有较大的改进空间。

关键词:西北地区;高技术产业;技术创新;DEA模型;效率评价分析

中图分类号:F121.3 文献标识码:A

基于DEA的西北五省高技术产业技术创新效率研究

张清辉,赵佳敏

(兰州理工大学经济管理学院,甘肃兰州730050)

一、引言

中国经济发展进入转型期以来,高技术产业对经济发展的促进作用不断加大,是推动产业结构优化升级和国家科学技术进步的重要力量。自我国实施西部大开发战略以来,西北地区高技术产业发展的极为迅速,2001年到2015年,主营业务收入从310亿增加到2365亿,利润总额从16.18亿增加到180.3亿,产业规模逐步扩大,高技术产业的企业个数从397家增加到715家。但是和全国高技术产业相比较,仍比较落后,2001年到2015年,国家大力支持西部大开发,进一步加大资金投入,但西北地区高技术产业主营业务收入占全国高技术产业整体主营业务收入比重由2.56%下降到1.68%,我国高技术产业发展明显不均衡。目前中国经济发展已经进入新常态阶段,提升技术创新能力对转变经济发展方式和建设创新型国家有重要意义。

国外学者很早就开始重视高技术产业技术创新相关的研究,也取得了不少可供借鉴的成果。约瑟夫·熊彼特(1912)最早提出创新的概念,他认为,“创新就是要建立一种新的生产函数,生产函数的建立主要通过生产要素和生产条件这一新组合来实现^①”,其目的是获取潜在的利润。经济合作与发展组织(1997)提出“技术创新性”这一概念,主张对于区域技术创新来说,要素有效的整合显得尤为重要,为了使企业的研究与发展成为更加高效的产业链,必须使全部要素集合成为一个有机的整体^②。

国内学者研究高技术产业技术创新效率开始的比较晚,但是也取得了丰富的成果。赵琳和范德成(2011)根据我国高技术产业1996—2008年的数据,从横向纵向的角度测算技术创新效率,研究发现,我国高技术产业技术创新效率的发展趋势有不同的方向。尹伟华(2012)运用关联网络DEA模型,对我国高技术产业技术创新效率进行测算,结果发现,在我国东、中、西部地区,效率分布不均匀,呈现阶梯状^③。宇文晶等(2015)通过两阶段串联DEA模型研究区域高技术产业创新效率,研究发现,纯技术无效率是规模效率偏低的原因之一^④。张鸿等(2016)运用DEA模型测算了陕西省高技术产业各行业的技术创新效率,结果表明产业绩效和市场化程度对技术

创新效率有显著性的影响^⑤。吴卫红等(2016)采用DEA分析方法测算了2008—2015年间我国25个省份高技术产业的技术创新效率,研究发现我国不同地区的技术创新效率水平存在较大的差异^⑥。司颖洁等(2017)基于DEA的分析方法,研究了风险投资对高技术产业技术创新效率的影响,结果表明风险投资对于技术创新效率的影响较大^⑦。

近年来国内外学界在这些研究方面取得了颇为丰富的成果,但这些研究仍存在一些不足。我国学者对于高技术产业的研究还比较薄弱,在一定的情况下仍需要借鉴与采纳国外较成熟的经验,而且我国学者大多数的研究集中在一些发达地区如我国中、东部等具有较强的创新能力的高技术产业,像西北地区这样经济发展仍处于劣势的区域的研究比较欠缺,因此,对于西北地区高技术产业的研究是很有必要的。

二、理论基础

数据包络分析越来越重视同类决策单元(简称DMU)有效性评价。之前的评价方法总是需要事先估计参数或权重,受到主观因素的影响,DEA方法

收稿日期:2018-04-05

作者简介:张清辉,兰州理工大学经济管理学院院长。赵佳敏,兰州理工大学经济管理学院硕士研究生。

不需要事先估计任何参数或权重,避免主观因素的影响,不仅极大地拓宽了生产函数理论及应用,也在简化算法、减小误差方面有很大的优越性。这种方法现在已经成为系统评价的研究工具,广泛运用于管理科学、决策分析与技术评价等多个领域,本文主要采用 DEA-BCC、DEA-CCR 模型。

(一)CCR 模型

CCR 模型主要用于评价规模收益不变基础上决策单元的效率,其投入产出基本函数式如下:

$$x_j=(x_{1j},x_{2j},\dots,x_{mj})^T$$

$$y_j=(y_{1j},y_{2j},\dots,y_{sj})^T$$

$$j=1,2,\dots,n$$

给每个投入和产出赋予一个适当的权重,令 x_j 的权重为 v_j , y_k 的权重为 $u_k(1 \leq j \leq m, 1 \leq k \leq s)$,则第 j 个决策单元的投入产出比为:

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

适当的选取 v_j 和 u_k , 构造 C²R 模型:

$$\begin{cases} \text{Max}_{u,v} \frac{\sum_{k=1}^s u_k y_{kj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} = V_p \\ \text{S.T.} \frac{\sum_{k=1}^s u_k y_{kj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j=1,2,\dots,n \\ u_k, v_i \geq 0 \\ i=1,2,\dots,m, k=1,2,\dots,s, \\ j=1,2,\dots,n \end{cases}$$

在此基础上转化为线性规划模型:

$$(P) \begin{cases} \max \mu^T y_0 = V_p \\ \text{S.T.} \omega^T x_j - \mu^T y_j \geq 0, j=1,2,\dots,n. \\ \omega^T x_0 = 1 \\ \omega \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases}$$

进一步推导出:

$$(D') \begin{cases} \min \theta \\ \text{S.T.} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \geq y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j=1,2,\dots,n \\ \theta \text{ 无约束} \end{cases}$$

$$(D) \begin{cases} \min \theta \\ \text{S.T.} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^+ = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^- = y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j=1,2,\dots,n \\ \theta \text{ 无约束}, s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \end{cases}$$

将线性规划(D)的最优值设为 θ^* , θ^* 为决策单元的技术创新效率,可以用 DEA-CCR 模型判定技术创新活动是否同时技术有效和规模有效。结论是: $\theta^*=1$,且 $s^*=s^+=0$ 。此时决策单元为 DEA 有效。决策单元的技术创新活动同时为技术有效和规模有效;在相同条件下,如果不等于 0,则产出不足;如果 $\theta^* < 1$,则有效度不大。

(二)BCC 模型

BCC 模型是 CCR 模型的改进,运用 CCR 模型只能测算出综合技术效率,BCC 模型则可以测算出纯技术效率和规模效率,运用 BCC 模型更能全面地评价技术创新效率。在规模报酬不变的 CCR 模型的基础上,多了一个约束条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$,即成为改进的 BCC 模型。BCC 模型可以表示为:

$$\begin{cases} \theta^* = \min \theta \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S^+ = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S^- = Y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, j=1,2,\dots,n \\ \lambda_j \geq 0, S^+ \geq 0, S^- \geq 0 \end{cases}$$

公式中的 S 和 S^+ 分别表示投入松弛变量、产出松弛变量, θ 表示决策单元的有效性,将 θ 的最优解设为 θ^* , θ^* 即为 DMU_j 的技术创新效率,分为 DEA 有效和非 DEA 有效两种状态。当 $\theta^*=1$,且 $s^*=s^+=0$ 时,说明决策单元有效,决策单元的规模报酬达到最优的状态,创新资源得到了充分的利用;当 $\theta^*=1$,但 $s^* \neq 0$ 或 $s^{*+} \neq 0$ 时,说明该 DMU 弱有效,有进一步改进的余地,其技术水平和规模水平未能达到共同有效;当 $\theta^* < 1$ 时,则表明此时的 DMU 非 DEA 有效,其技术创新活动的技术水平和规模水平均有待完善的余地。

三、实证研究

(一)指标体系的建立

笔者参考大量的相关文献,结合西北五省高技术产业的自身特点,构建了合理的指标体系,选取了 5 个投入指标和 2 个产出指标作为评价依据。具体如表 1 所示。本文研究的角度是 2001—2015 年间西北五省高技术产业技术创新各资源的投入和产出的情况。

表 1 技术创新效率指标体系

一级指标	二级指标
技术创新投入	R&D 人员折合全时当量(人/年)
	R&D 经费内部支出(万元)
	新产品开发经费支出(万元)
	技术引进经费支出(万元)
	技术改造经费支出(万元)
技术创新产出	拥有专利发明数(项)
	新产品销售收入(万元)

(二)基于 DEA-BCC 模型的计算结果及分析

通过 DEA 的 BCC 模型,对我国西北地区高技术产业技术创新效率进行全面的评价与研究。运用 DEAP2.1 软件进行运算,得到的效率值如表 2 所示。

表 2 2001—2015 年西北五省高技术产业技术创新效率

年份	Crste (综合效率)	Vrste (技术效率)	Scale (规模效率)	规模 报酬	综合效率 排名
2001	0.341	1.000	0.341	irs	15
2002	0.344	0.842	0.409	irs	14
2003	0.724	1.000	0.724	irs	13
2004	0.792	1.000	0.792	irs	12
2005	0.847	1.000	0.847	irs	9
2006	0.939	1.000	0.939	irs	5
2007	0.966	1.000	0.966	irs	4
2008	1.000	1.000	1.000	-	1
2009	0.922	1.000	0.922	irs	6
2010	0.899	1.000	0.889	irs	7
2011	1.000	1.000	1.000	-	1
2012	0.812	0.898	0.905	irs	11
2013	0.863	1.000	0.863	irs	8
2014	0.843	0.916	0.920	irs	10
2015	1.000	1.000	1.000	-	1
均值	0.819	0.977	0.835	-	-

从表 2 可以看出,2001—2015 年这十五年中只有 2008、2011 和 2015 年的技术创新是有效的,创新资源得到了充分的利用,处于规模报酬最优的状态,其余 12 个年份均处于非 DEA 有效状态,没有达到规模报酬最优的状态。从表 2 可以看出,绝大多数年份的纯技术效率都比规模效率高,可以分析出西北五省高技术产业技术创新效率低的原因之一可能是规模效率较低,而从 2001—2008 年规模效率整体上呈现出上升趋势,2009 年的规模效率下降的原因是金融危机使得经济增长受到打击,以至于投入和产出不足,2012 年纯技术效率和规模效率均小幅度下降,此时西北五省高技术产业正处于转型的阶段,创新资源造成一些浪费,资源配置不合

理。可以得出西北五省高技术产业技术创新活动可能存在两个方面的问题:第一,在目前的创新资源投入的情况下,产出能力不足;第二,在目前产出的情况下,创新资源配置不合理。

(三)基于 DEA-CCR 模型的计算结果及分析

本节运用 DEA-CCR 模型分别对西北五省高技术产业创新资源投入量和产出量的配置问题进行分析,探索西北地区高技术产业技术创新活动改善的途径,西北五省高技术产业技术创新活动冗余分析如图 1 所示。

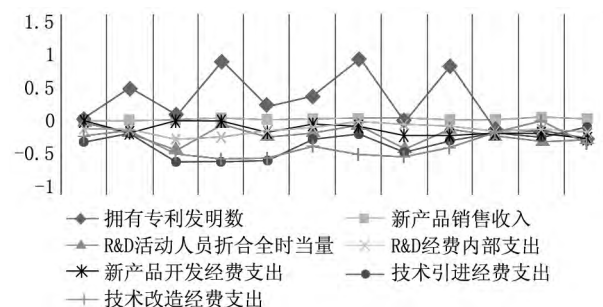


图 1 2001—2015 年西北五省高技术产业技术创新活动冗余分析

以测算出来的西北五省高技术产业技术创新效率为基础,对技术创新效率非 DEA 有效的年份进行创新资源投入及产出的冗余分析,可以得到以下结论:西北五省高技术产业技术创新活动非 DEA 有效的年份中创新资源投入要素存在冗余,其中有些创新资源投入要素闲置率过高,超过了 50%,没有得到合理的利用。2001 年结果显示技术引进经费支出的闲置现象最为严重,闲置率为 31.4%;其次 R&D 活动人员折合全时当量也存在 27.2%的闲置。2002 年结果显示技术引进经费支出的闲置率最高为 21.6%;其次为新产品开发经费支出,闲置率为 21.3%。2003 年结果显示技术引进经费支出和技术改造经费支出的闲置率都超过了 50%;其次 R&D 活动人员折合全时当量也存在 43.9%的闲置。2004 年和 2005 年结果显示技术引进经费支出和技术改造经费支出的闲置率同样超过了 50%。2006 年结果显示技术改造经费支出的闲置现象最为严重,闲置率为 39.9%,其次技术引进经费支出也存在 27.2%的闲置。2007 年技术改造经费支出的闲置率超过 50%;其次技术引进经费支出也存在 19.6%的闲置。2009 年结果显示技术引进经费支出和技术改造经费支出的闲置率都超过了 50%;其次 R&D 活动人员折合全时当量也存在 44.9%的闲置。2010 年结果显示技术改造经费支出的闲置现象最为严重,闲置率为 42.4%;其次技术引进经费支出也存在 31.4%

的闲置。2012年结果显示 R&D 活动人员折合全时当量的闲置率最高为 23.2%；其次为技术引进经费支出,闲置率为 21.7%。2013年结果显示 R&D 活动人员折合全时当量的闲置率最高为 31.7%；其次为技术引进经费支出,闲置率为 28.1%。2014年结果显示技术改造经费支出的闲置率最高为 34.1%；其次为新产品开发经费支出,闲置率为 26.5%。

四、研究结论与政策建议

(一)研究结论

从 15 年间西北五省高技术产业技术创新效率水平来看,2001—2015 年西北五省高技术产业技术创新效率参差不齐,只有 2008、2011 和 2015 年的技术创新活动是 DEA 有效的。这三年的创新资源得到了充分的利用,最大程度转化为产出,得到了高效率的配置。其余十二个年份的技术创新活动都是非 DEA 有效的,即创新资源的投入是有浪费的,相应的投入没有得到相应的产出。从 1996 年以来,我国越来越重视技术创新的研究,西北五省高技术产业的技术创新投入与技术创新效率都与我国发达地区存在着很大的差距,政府应当加大高技术产业科研经费投入力度,对高技术产业予以更多的倾斜。从对西北五省高技术产业技术创新活动投入冗余分析来看,西北五省高技术产业 R&D 活动人员折合全时当量、技术引进经费支出和技术改造经费支出存在严重的浪费现象,从而成为制约西北五省高技术产业创新资源配置效率提高的主要因素。

(二)政策建议

1.提高研发投入的使用效率。为了避免高技术产业创新资源投入的浪费,应当逐步完善科研经费管理体制。西北五省高技术产业要想缩小与我国发达地区高技术产业发展的差距,就应当以更快的速度发展,至少要保持与发达地区相同的对科研投入的重视程度。在保证创新资源投入的基础上,优化产业结构,增强产出能力,从而提高西北五省高技术产业技术创新效率。

2.优化人才评价机制,激发科研人员的创造性。西北五省高技术产业 R&D 人力资源在 2001—2015 年大部分年份中存在较明显的投入冗余,即西北五省高技术产业在技术创新工作方面确实存在人才浪费的现象,而西北五省中只有陕西省相对来说还比较发达,其余各省份,由于地理位置和经济发展所致,很难吸引优秀的创新人才队伍,与全国发达地区有一定的差距。西北五省高技术产业研发人员流动性比较强,而高素质人才的缺乏是技术创新活动失败的重要原因。因此,为了避免人力资源的浪费,应当优化人才评价机制,针对技术创新活动的具体工作制定客观的考核标准,合理安排研发人员,做到人尽其责。

在适度增加西北五省高技术产业技术创新投入的同时,西北五省应将重点放在其技术创新资金投入的使用效率提升、人才培养以及政策环境改善方面,以达到提高高技术产业技术创新效率,从而提高技术创新产出的目的。

注释:

- ①Farrell M.J.. 1957. The measurement of productive efficiency [J]. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), 253-290.
- ②OECD. National Innovation system [M]. Paris. 1997:1-45.
- ③尹伟华.基于网络 SBM 模型的区域高技术产业技术创新效率评价研究[J].情报杂志,2012,31(5):94-98.
- ④宇文晶,马丽华,李海霞.基于两阶段串联 DEA 的区域高技术产业创新效率及影响因素研究[J].研究与发展管理,2015,(03): 137-146.
- ⑤张鸿,汪玉磊.陕西省高技术产业技术创新效率及影响因素分析[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2016,(05):118-126.
- ⑥吴卫红,王阳阳,张爱美,王建英,李娜娜.高技术产业技术创新的经济效率与专利效率比较研究[J].生态经济,2016,(10):110-115.
- ⑦司颖洁,李姚矿.风险投资对高技术产业技术创新的作用研究——基于 DEA 模型的实证分析[J].科技管理研究,2017,(12): 167-171.

Study on the Efficiency of High-tech Industry Technological Innovation in Five Provinces of Northwest China Based on DEA Zhang Qing-hui, Zhao Jia-min

(College of Economics and Management, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050)

Abstract: Correctly evaluating the efficiency of technological innovation in the high-tech industry in the northwest region is an important step in the process of exploring the sustainable development of the northwest high-tech industry and seeking the smooth implementation of the western development. This paper uses the grey correlation analysis method to analyze the relevance of the development of the high-tech industry in the northwest, and uses the DEA method to measure the technological innovation efficiency of the high-tech industry in the northwest from 2001 to 2015. The research shows that the development of high-tech industries in the five northwestern provinces is relatively backward, and the technology innovation activities in most years are non-DEA effective and there is still room for improvement.

Key words: Northwest China; high-tech industry; technological innovation; DEA model; efficiency evaluation analysis