

• 药事管理 •

“供给侧结构性改革”视角下我国中药制造业技术创新效率研究

何学建, 申俊龙*

南京中医药大学, 江苏 南京 210023

摘要: 研究江苏省中药制造业技术创新效率, 提高该行业竞争力。运用数据包络分析法(DEA)和Malmquist指数方法, 对江苏省2009—2014年中药制造业技术创新效率进行静态的面板数据分析和不同年份的动态分析。江苏省中药制造业技术创新效率整体较高, 中成药制造业的技术创新效率高于中药饮片制造业, 中成药制造业技术创新的投入和产出在整体运作上相对处于有效状态; 6年间, 江苏省中药制造业技术创新效率出现了一定幅度负增长(-3.1%), 技术创新效率呈现曲折上升趋势; 江苏省中药制造业技术创新效率也存在着城市之间的地区差异。通过加大创新资源投入并做到有效利用、优化产业结构及完善有关政策, 有效提高江苏省中药制造业的技术创新效率。

关键词: 供给侧结构性改革; 中药制造业; 技术创新效率; 数据包络分析; Malmquist指数

中图分类号: R288 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2017)01-0219-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.01.031

Research on technical innovation efficiency in Chinese medicine manufacturing under structural reform of supply-side

HE Xue-jian, SHEN Jun-long

Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

Abstract: In this study, medicine manufacturing technology innovation efficiency measures analyze and improve the competitiveness of the industry. The innovation rate of Chinese materia medica (CMM) manufacturing technology in Jiangsu Province (2009—2014) was analyzed according to statical panel data and dynamic given years by data envelopment analysis (DEA) and Malmquist index method. Chinese manufacturing innovation has overall higher efficiency of Jiangsu province, and Chinese medicine efficiency of technological innovation in manufacturing is higher than that of Chinese herbal pieces manufacturing. The proprietary manufacturing technology innovation inputs and outputs on the overall operation is relatively active; During six years, medicine manufacturing technology innovation efficiency in Jiangsu province has a certain magnitude of negative growth (-3.1%), efficiency of technological innovation presents zigzag upward trend; Medicine manufacturing technology innovation efficiency, Jiangsu Province, there are regional differences among cities. Through increased investment and innovation to achieve efficient use of resources, optimize the industrial structure and improve relevant policies, we can effectively improve the efficiency of technological innovation of Chinese manufacturing.

Key words: structural reform of supply; Chinese materia medica (CMM) manufacturing; technical innovation efficiency; data envelopment analysis; Malmquist index

中医药发展战略规划纲要(2016—2030年)明确指出:中医药在经济社会发展中发挥着重要作用,要充分发挥中医药在深化医药卫生体制改革中的作用,着力推进中医药创新,造福人类健康^[1]。江苏

收稿日期: 2016-10-13

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“一种特殊的非凸稀疏优化模型及其在负面清单管理中的应用”(11401295); 江苏省自然科学基金青年项目“稀疏优化在负面清单管理模式的应用研究”(BK20141007)

作者简介: 何学建, 男, 硕士研究生。研究方向为卫生事业管理与中医药产业经济与政策。

Tel: (025)85811518 13851637537 E-mail: 93340627@qq.com

*通信作者 申俊龙, 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为卫生事业管理与中药资源经济学等。

Tel: (025)85811116 E-mail: jshen2005@126.com

省中药制造业相对较为发达，且进步飞速，但同时还存在如下几方面问题：①中药制造业结构不合理、规模小的企业多、集群效应低。江苏省 2012 年医药工业总产值 2 551 亿元，位列全国第 2，但其中中药工业总产值 194 亿元，仅占 7.6%。江苏省现有中药制造业规模较小，产业集聚氛围较差。②中药制造业研发投入明显不足，技术创新效率低。2008—2012 年，研发 (R&D) 投入占总收入的比重在 2.5% 左右浮动，但 2013 年，所占比降到了 1.91%。研发投入的不足导致不能构建以企业为中心的创新体系，创新效率低下，产业市场竞争力弱。③省内地区之间存在技术创新效率的差异，创新资源未有效利用。企业无法将已有的人力和经费投入有效地转化为创新成果产出，造成了技术创新资源的浪费和流失。

“供给侧结构性改革”是习近平总书记在中央财经领导小组会议上首次提出，要求“在适度扩大总需求的同时，着力加强供给侧结构性改革，着力提高供给体系质量和效率，增强经济持续增长动力”。中药制造业作为一项以技术为核心导向的产业，需要结合“供给侧结构性改革”背景，研究其技术创新效率，提升供给体系的质量，增强经济持续增长动力。在对我国制造业的技术创新效率的研究中，国内专家主要采用了随机前沿面分析和数据包络分析 (data envelopment analysis, DEA) 2 种方法。郭思亮等^[2]运用 DEA 法，以专利授权数、新产品占总销售收入的比重、R&D 人员在科技人员中所占的比重等将多项数据项作为创新的产出和投入指标，对山东省地区技术创新效率进行分析。刘玲利^[3]在分析中国多省 (自治区、直辖市) 的技术效率、技术进步变动时，运用了 Malmquist 指数方法，对 5 个产出和 4 个投入指标进行了数据处理和分析。为此，本文综合运用 DEA 和 Malmquist 指数分析方法来测度江苏省中药制造业技术创新效率，从而为我国中药制造业适应产业结构调整，加快产业结构转型升级提供对策参考。

1 资料与方法

1.1 DEA 方法及模型简介

DEA 产生于 1978 年，它是由美国著名的运筹学家 Charnes、Cooper 和 Rhodes 共同提出来的，主要目的是在评价“多投入、多产出”模式下同类生产决策单元的相对有效性，是一种面向多投入和产出的系统评价方法。现在应用较为广泛的是用于处理“规模报酬不变”假设模式下的 CCR 模型和处

理“规模报酬可变”假设下的 BCC 模型，可分别评价同类型的生产决策单元在多投入、多产出模式下的相对有效性问题^[4]。

1.1.1 规模报酬不变的 CCR 模型 利用 DEA 的 CCR 模型可以用于对生产决策单元的规模有效性和技术有效性同时评价，即处于 CCR 模型中有效的决策单元，既是技术有效，也是规模有效的。假设将单位 (X_j, Y_j) ($j=1, 2, \dots, n$) 的第 i 项投入量为 X_{ij} ，第 r 项产出量为 Y_{rj} ，则第 j 个单元的生产效率可由下式求得：

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

u_r 、 v_i 分别表示第 i 项投入与第 r 项产出的权重， n 为决策单元的个数， m 为投入因素的个数， s 为产出项的个数

可以利用 Charnes-Cooper 变换将上式的一个分式规划，转化为等价的线性规划问题^[5]。

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

由 CCR 模型计算出的效率值即为规模报酬不变的技术创新效率值，又可称之为综合效率值，可进一步将其分解成为纯技术效率值与规模效率值的乘积，转化为公式可表示为技术创新效率 = 纯技术效率 × 规模效率，而纯技术效率值可由另一种规模报酬可变的 BCC 模型测得，由此便可结合 2 种模型求得规模效率：规模效率 (Scale) = 技术创新效率 (CRS) / 纯技术效率 (VRS)^[6]。

1.1.2 规模报酬可变的 BCC 模型 所谓 BCC 模型是根据将假设条件转为规模报酬可变而建立的，建立在 CCR 的模型基础之上。通过 CCR 模型计算出来的效率将其称为综合效率 (overall efficiency)，利用 BCC 模型计算出的效率被称为纯技术效率 (pure technical efficiency)，两效率相

除的结果便是上述所提到的规模效率。将前面的 CCR 模型修正为 BCC 模型，并转化为等价的线性规划模式。

$$\begin{aligned} & \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0 \\ & \text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 (j=1,2,\dots,n) \\ u_r, v_i \geq 0, (r=1,2,\dots,s), (i=1,2,\dots,m) \end{cases} \end{aligned}$$

1.2 Malmquist 指数法

Malmquist 指数^[7]是基于分组数据的非参数前沿生产函数方法。Caves、Christensen 和 Diewert 于 1982 年首次将其引入为生产力分析和生产力变化的测量指标。1992 年，Fare 和 Grosskopf 等进一步给该理论编程了非线性参数的算法，使生产率的 Malmquist 的索引可以被用来创建一个多输入、多输出的技术说明形式。

Malmquist 生产率指数是用来计算 TFP (total factor productivity) 所决定的，可以有效计算单元动态评估效率和分解的效率产生因素。基于此次对研究对象的分析是建立在假设规模报酬可变的情形下，因此选用 Malmquist 全要素生产率指数 (MPI) 对数据进行动态分析，并将其转化为纯技术效率 (PEC)、规模效率 (SE) 和技术变动 (TC) 3 部分的乘积公式： $MPI=PEC \times SE \times TC$ 。如果决策单元的纯技术效率有所下降，则上式中 PEC 显示为 <1 ，如果决策单元的纯技术效率有所上升，则上式中 PEC 显示为 >1 ；同理，如果 $SE < 1$ ，则说明其规模效率有所降低，如果 $SE > 1$ ，则说明规模效率有所升高；如果 $TC < 1$ ，则说明技术有所下降，如果 $TC > 1$ ，则说明技术有所提高^[8]。

本文采用了建立在 Shephard 引入的用来表示距离函数基础上的 Malmquist 指数^[9]，其表达式为：

$$M_0 = \left\{ \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right] \left[\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right] \right\}^{1/2}$$

$D_0^t(x^t, y^t)$ 代表距离函数，表示当期的技术效率水平是以第 t 期的技术来体现； $D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ 表示第 $t+1$ 期的技术效率水平用第 t 期的技术来体现； $D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 表明当期的技术效率水平以第 $t+1$ 期的技术体现的； $D_0^{t+1}(x^t, y^t)$ 表明第 t 期的技术效率水平以第 $t+1$ 期的技术来体现

2 中药制造业技术创新效率指标选取和数据处理

2.1 指标选取

本研究就投入指标和产出指标选取了包括 R&D 人员、R&D 经费内部支出、专利申请数等在内的多个指标，并且将这些不同的指标利用 SPSS 软件对其与衡量指标之间的相关性进行检验，最终筛选确定出具有一定科学性和准确性的评价指标 (表 1)。

表 1 指标选取

Table 1 Selection of index

指标	一级指标	二级指标
投入	人力投入	$0.3 \times \text{科技活动人员} + 0.7 \times \text{R\&D 人员}$
	资金投入	$0.3 \times \text{科技活动经费内部支出} + 0.7 \times \text{R\&D 经费内部支出}$
	技术投入	技术引进、消化、改造和购买费用之和
产出	科研产出	$0.3 \times \text{专利申请数} + 0.7 \times \text{专利授权数}$
	效益产出	新产品销售收入

2.2 样本选取及数据处理

本文的数据来源主要由江苏省医药行业协会和实地调研搜集取得，将江苏省各市的中药制造企业的微观数据作为研究对象，对江苏省中药制造业 53 个样本企业在 2009—2014 年的研发和产出情况进行调研采样和整理分析。由于部分城市存在少量的数据缺失及地区中药制造企业稀少等问题，最后将 2009—2014 年江苏省 13 个市中，除扬州市和宿迁市以外的 11 市的中药制造企业作为此次江苏省中药制造业技术创新效率的分析样本。

在处理数据的过程中，由于中药新产品研发的周期较长，考虑到产出的时滞性，将技术开发阶段的 R&D 人员数取本年度和上一年度人员总数的平均值，在计算 R&D 经费内部支出时参考了朱有为等^[10]在《中国高技术产业研发效率的实证研究》中对于“研发的价格指数”的计算方法，按照折旧率 15% 的标准，将 R&D 经费内部支出进行了一定的折减。

3 中药制造业技术创新效率测度与评价

3.1 静态效率测度结果和评价

一般认为企业时间序列上都是规模可变的，再结合此次研究对象及研究数据的特点，本文采用了 DEA 法中基于规模报酬可假设条件下的 BCC 模

型,运用 Deap2.1 软件分别从江苏省 11 个市和中药饮片制造业、中成药制造业 2 个中药制造业子行业进行了江苏省 2014 年中药制造业技术创新静态效率的数据研究,结果见表 2、3。

表 2 江苏省中药饮片制造业技术创新静态效率的输出结果

Table 2 Output of static efficiency of Chinese herbal medicine manufacturing technology innovation in Jiangsu province

区域	CRS	VRS	Scale	规模报酬 (Se 效应)	松弛变量				
					S1+	S2+	S1-	S2-	S3-
南京	0.548	0.682	0.803	递减	0.000	0.000	0.000	967.218	592.318
无锡	0.835	1.000	0.835	递减	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
徐州	0.795	1.000	0.795	递增	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
南通	0.340	0.387	0.878	递减	1.879	0.000	18.254	0.000	452.671
盐城	0.221	0.305	0.724	递减	0.000	0.000	0.000	301.826	57.216
泰州	1.000	1.000	1.000	不变	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
平均	0.545	0.678	0.783		0.390	0.000	2.743	197.584	188.229

表 3 江苏省中成药制造业技术创新静态效率的输出结果

Table 3 Output of static efficiency of proprietary manufacturing technology innovation in Jiangsu province

区域	CRS	VRS	Scale	规模报酬 (Se 效应)	松弛变量				
					S1+	S2+	S1-	S2-	S3-
南京	0.483	0.738	0.654	递减	0.000	14 762.843	264.380	722.651	0.000
无锡	0.593	1.000	0.593	递减	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
徐州	0.615	0.873	0.705	递减	0.000	0.000	20.715	2 049.450	0.000
常州	1.000	1.000	1.000	不变	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
苏州	0.659	0.852	0.773	递减	0.000	7 628.560	5.492	0.000	209.364
南通	0.488	0.597	0.818	递减	0.000	0.000	56.351	0.000	1 140.780
连云港	1.000	1.000	1.000	不变	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
淮安	0.309	0.309	1.000	不变	0.000	0.000	47.000	397.000	0.000
镇江	1.000	1.000	1.000	不变	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
泰州	0.586	0.602	0.973	递增	58.135	0.000	0.000	1 230.100	5 402.351
平均	0.663	0.783	0.856		4.371	2 149.520	39.715	463.194	799.162

由表 2、3 数据结果可知,江苏省中成药制造业的创新效率(0.663)高于中药饮片制造业(0.545),说明中成药制造业技术创新的投入和产出在整体运作上相对处于有效的状态。而中药饮片制造业的技术创新效率,大多数是受到纯技术效率和规模效率的共同作用,导致技术无效。现按照江苏省中药制造业的两大子行业——中药饮片制造业和中成药制造业,就其技术创新效率将 11 个市分成 3 种类型, A 型地区:技术有效且规模有效。中药饮片制造业仅有泰州市;中成药制造业,有连云港、常州、镇江 3 个城市。这几个城市的投入结构合理,科技基础较好,要重点做好现有资源的利用,发展具有本市相对优势的中医药品牌,以继续保持城市中药制

业发展的高效性。B 型地区:技术有效规模无效。中药饮片制造业有无锡、徐州 2 个城市;中成药制造业仅有无锡市。这几个城市,尤其是无锡市,经济发达,在资金投入、技术投入和中医药人才吸引方面有优势,投入和产出规模达到一定的水平,但这几个城市中药制造企业规模较小,小企业数量相对较多,一定程度上制约了企业的创新和技术的突破。C 型地区:技术无效规模无效。中药饮片制造业有南京、南通、盐城 3 个城市;中成药制造业有南京、徐州、苏州、南通、泰州 5 个城市。这几个城市中药制造企业数量多,外资的技术溢出没有得到很好的吸收和消化,应充分发挥其自主创新能力,同时重视规模效应的提高。

3.2 动态效率测度结果和评价

本测评采用了表 1 中的评价指标,运用 Deap2.1 软件从 2009—2014 年中药饮片制造业、中成药制造

业这 2 个中药制造业子行业角度进行了江苏省中药制造业技术创新动态效率的数据研究,测得的结果如表 4、5。

表 4 江苏省 2009—2014 年中药制造业技术创新指数 TFP 的动态变化及分解

Table 4 Dynamic changes and decomposition of CMM manufacturing from 2009 to 2014 in Jiangsu province

评价时间	CRS	TC	PEC	SE	技术进步变化
2009—2010	0.309	0.360	1.000	0.926	0.334
2010—2011	0.688	0.590	1.000	1.080	0.637
2011—2012	1.018	1.018	1.000	1.000	1.018
2012—2013	1.160	1.160	1.000	1.000	1.160
2013—2014	1.232	1.215	1.000	1.000	1.227
平均	0.969	0.927	1.000	1.073	0.893

表 5 江苏省 2009—2014 年中药制造业子行业技术创新指数 TFP 的动态变化及分解

Table 5 Dynamic changes and decomposition of CMM manufacturing sub-sectors from 2009 to 2014 in Jiangsu province

药品分类	CRS	TC	PEC	SE	技术进步变化
中药饮片	1.196	0.995	1.010	1.120	1.175
中成药	1.077	0.874	1.025	1.254	1.062
平均	1.136	0.932	1.012	1.164	1.110

由表 4、5 数据结果可知:历年的技术创新效率呈现出动态曲折变化的趋势,在波折中上升,与技术进步变化呈正相关,在 2010 年后的增幅逐渐扩大,2014 年的增幅达到最大值 23.2%,表明目前江苏省中药制造业 CRS 仍在不断提高,对中药制造业的快速、健康发展带来直接的帮助,对促进全民健康和经济增长亦会发挥较大的作用。中药饮片制造业和中成药制造业的 CRS 普遍获得了提高,分别增长了 19.6%和 7.7%,呈现出齐头并进的态势。表明只有 TC、PEC 和技术进步同步提高,江苏中药制造业才能在技术创新中实现突破。

4 结语与建议

4.1 结语

从不同地区和子行业来看,江苏省中药制造业两大子行业——中药饮片制造业和中成药制造业之间存在 CRS 的差异,同时江苏省中药制造业 CRS 也存在着城市之间的地区差异。中药饮片制造业 CRS 低 (0.545),有待进一步提高。不同地区中药制造业 CRS 参差不齐,在提高 CRS 率的同时,规模效率也需提高。

从不同年份来看,2009—2014 年,江苏省中药制造业 CRS 出现了一定幅度负增长 (-3.1%),主要是因为 2010 和 2011 这两年的大幅下降而引起的,

2010 年甚至出现了 -69.1% 的负增长,影响了中药制造业整体 CRS 的提高,而这两年 CRS 的下降主要是因为技术变化的降低所引起。但从整体来说,目前江苏省中药制造业的 CRS 呈现波折后的增长趋势,2014 年的技术创新效率变化实现了 23.2% 的增长,增长幅度较大,表明目前江苏省中药制造业的技术创新效率正在稳步提高。另外,5 年间,纯技术效率指数均为 1,说明纯技术效率趋于平稳,江苏省中药制造业的技术效率提高进展缓慢,很难取得较大突破,陷入了一段时间的瓶颈期。

4.2 相关政策建议

4.2.1 进一步加强中药制造业技术创新资源投入及管理 我国在中药 R&D 上的投入每年都在增加,但相比国外,投入的经费仍然较少。因此,政府需要进一步加大对 R&D 投入的力度,并在政策上引导和鼓励各大中药企业加大对自身药品研发的投入。同时,针对企业内一些资源浪费的现象,企业须建立合理的资源利用机制,发挥出资源的最大效用。

4.2.2 进一步优化中药制造业结构 我国的经济增长速度已经慢慢从高速发展转变为中高速发展,制造业经济结构的调整遇到了瓶颈。面对这样的困境,政府提出了提高产品服务供给端质量来增强经济持续增长动力的方针政策。中药制造业应敏感地察觉

出政策环境的变化, 紧随供给侧端改革的方向, 根据企业现有技术创新现状, 因地制宜, 进一步扩大技术溢出效益, 坚持企业自主创新, 加快引进技术的消化、吸收。通过结构调整, 形成中药制造企业、中医药高校和科研院所为中心的中药产业聚集群, 整合资源, 提高行业的整体创新能力, 提高产业链的供给端的质量水平, 开发出医药市场的新需求, 以此来推动我国中药制造业整体健康、平稳发展。

在供给侧结构性改革的背景下, 中药制造业加强自身的创新研发能力已成为刻不容缓的事情。在找出提高中药制造业技术创新效率及影响因素后, 寻找一个适合我国中药产业发展的创新模式是未来此方向研究的首要任务。当前, 产、学、研协同创新的模式是我国技术创新的前沿创新模式。因此, 日后对此模型进行过程运行的解析, 构建协同创新过程的分析框架, 研究此模型的相关要素是未来研究的方向。

参考文献

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发中医药发展战略规划纲要 (2016—2030 年) 的通知 [EO/BL]. 2016-02-22. [2016-06-15]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-02/26/content_5046678.htm.
- [2] 郭思亮, 李海涛, 程 晟. 区域技术创新效率比较研究—基于山东省 17 地市技术创新面板数据的分析 [J]. 技术与创新管理, 2009, 30(2): 140-143.
- [3] 刘玲利. 中国科技资源配置效率变化及其影响因素分析: 1998—2005 年 [J]. 科学学与科学技术管理, 2008(7): 13-19.
- [4] 盛昭瀚, 朱 乔, 吴广某. DEA 理论、方法与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [5] 刘琳琳. 我国医药制造业技术创新效率研究 [D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2011.
- [6] 茅宁莹, 张帅英, 褚淑贞. 基于 DEA 方法的我国医药制造业技术创新效率的实证研究 [J]. 中国药房, 2012(5): 391-394.
- [7] Malmquist S. Index numbers and indifference surfaces [J]. *Trabajos Estadistica*, 1953, 4(2): 209-242.
- [8] 申 远, 李湘君, 孙 峰. 新常态经济视角下我国制造业创新效率研究 [J]. 学海, 2015(12): 61-65.
- [9] 邹鲜红, 罗承友. 基于 Malmquist 指数评价我国医药制造业技术创新效率 [J]. 中国药房, 2010(37): 3457-3460.
- [10] 朱有为, 徐康宁. 中国高技术产业研发效率的实证研究 [J]. 中国工业经济, 2006(11): 38-45.