

基于 DEA-Malmquist 指数法的河南省 科技金融效率评价

梅永倩, 王 萌, 谷 雨

(河南科技大学 经济学院, 河南 洛阳 471023)

摘要:基于 DEA-Malmquist 模型对河南省 2010—2019 年 18 个地级市的科技金融效率进行测度。结果表明,河南省科技金融效率总体处于 DEA 弱有效状态且各地区之间科技金融发展不均衡,全省只有郑州市在样本期间实现了科技金融投入产出的最大化,其他各市科技金融的综合效率均值从 0.344 到 0.963 不等,但 2/3 地级市的科技金融效率水平都有所提升。根据实证结果,从合理配置科技金融资源、加强科技创新人才队伍建设,以及扩大高技术产业规模等方面提出建议。

关键词:科技金融效率;DEA 模型;Malmquist 指数

中图分类号:F830.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)05-0107-05

在中美冲突升级和国内经济向高质量发展转变的大背景下,未来科技创新仍是中国打破掣肘和跻身创新型国家前列的核心驱动力。《“十四五”发展规划》提出要“完善金融支持创新体系”,凸显金融对于科技的支持作用。河南省作为中部大省,近年来深入实施创新驱动发展战略,加快促进金融与科技紧密结合,然而有限的金融资源投入是否带来了最优的科技成果产出是金融助力科技创新的关键问题所在。因此,测度地区科技金融的协同效率对河南省科技金融发展具有重要的理论与现实意义。

1 文献回顾

自 1993 年首次提出“科技金融”以来,国内对于科技金融的研究不断深入,科技金融效率作为评价科技金融发展效果的重要内容,目前已成为诸多学者研究的焦点。科技金融效率的相关研究主要是基于实证展开的。在科技金融效率的区域差异方面,戴志敏等^[1]采用泰尔指数法分析东部、中部和西部地区的科技金融效率差异,易明等^[2]运用 Dagum 基尼系数法分析了中国各省市科技金融效率值差异。在科技金融效率测度方面,学者们较多地采用数据包络分析(DEA)法来测算科技金融效率,比如戴志敏等^[1]和许世琴等^[3]分别运用 CCR 模型和

BCC 模型对中国科技金融效率进行测度,也有学者使用 SBM 模型、SFA 模型等方法进行实证研究^[4-5]。由于传统的 DEA 模型只能对研究对象进行静态分析,无法实现决策单元的跨期对比,所以部分学者引入了 Malmquist 指数分析法,如黄瑞芬等^[6]和王敏等^[7]运用 DEA-Malmquist 指数法分别对中国科技金融效率值和陕西省各市的科技金融效率进行评价,对本文的研究具有重要借鉴意义。

综上所述,国内关于科技金融效率的研究已经取得一定进展,但当前研究大多集中在国家层面,有关区域层面尤其是针对河南省科技金融效率的研究目前还有待丰富。鉴于此,本文采用 DEA-Malmquist 指数法分别从静态和动态角度测算河南省科技金融效率并基于实证结果提出相关对策建议,以期推动河南省区域科技金融的协同发展。

2 模型构建与数据说明

2.1 模型构建

2.1.1 DEA 模型

数据包络分析(DEA)法是一种多指标投入与产出相对有效的综合评价方法,其优点在于不需要已知投入和产出之间的函数关系就能测度多对投入产出之间的效率^[8]。DEA 模型基于规模报酬特征分为规模报酬不变的 CCR 模型和规模报酬可变

收稿日期:2022-01-05

作者简介:梅永倩(1997—),女,河南驻马店人,河南科技大学经济学院,硕士研究生,研究方向为金融;王萌(1998—),女,河南郑州人,河南科技大学经济学院,硕士研究生,研究方向为统计学;谷雨(1998—),女,河南商丘人,河南科技大学经济学院,硕士研究生,研究方向为金融。

的 BCC 模型,CCR 模型测度不考虑规模收益时的技术效率,BCC 模型则将综合技术效率(TE)分解为纯技术效率(PTE)和规模效率(SE),其数值介于 0 和 1 之间,且 $TE=PTE\times SE$ 。本文采用规模报酬可变的 BCC 模型来进行效率测算,模型公式为

$$\min \theta - \epsilon(e^T S^- + e^T S^+)$$
$$\text{s. t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + S^- = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - S^+ = Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, S^-, S^+ \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: $j=1,2,\cdots,n$ 表示决策单元; X_j 、 Y_j 分别表示投入和产出向量; λ_j 为各单位系数组合; θ 为效率评价值; S^- 和 S^+ 分别表示剩余变量和松弛变量; ϵ 为非阿基米德无穷小量。当 $\theta=1$ 且 $S^-=0, S^+=0$ 时,决策单元为 DEA 有效;当 $\theta=1$ 且 $S^-\neq 0$ 或 $S^+\neq 0$ 时,决策单元处于弱有效;当 $\theta\neq 1$ 时,决策单元为非 DEA 有效。

2.1.2 Malmquist 指数模型

Malmquist 生产率指数是以相邻两个决策单元为参照,对数据进行跨期处理比较,因此可以对投入产出的面板数据进行动态分析。Malmquist 生产率指数定义为

$$MI(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) =$$
$$\sqrt{\frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)}} \quad (2)$$

式中:MI 表示 Malmquist 生产率指数; (x_t, y_t) 和 (x_{t+1}, y_{t+1}) 分别表示决策单元 t 和 $t+1$ 时期的投入和产出; $d_0^\alpha(x_\beta, y_\beta)$ 表示以 α 时期的数据作为参考集测算出的决策单元在 β 时期的效率值。

若 MI 大于 1,则表示全要素生产效率为上升趋势,反之,则表示效率下降^[5]。在规模报酬不变的情况下,Malmquist 生产率指数可以分解为技术效率的变化(TEC)和生产技术的变化(TC),用公式表示为 $MI=TEC\times TC$ 。技术效率变化(EC)可以进一步分解为规模报酬可变的纯技术效率变化(PEC)和规模效率变化(SEC),即 $TEC=PEC\times SEC$ ^[9]。

2.2 指标选取及数据来源

本文从科技金融投入和产出两个方面构建指标体系。参考潘娟、张玉喜的研究中所采用的变量^[10],同时考虑数据的可得性,选取了一些具有代表性的指标,见表 1。

从人力和财力两个角度选取科技金融投入指标,包括 R&D 人员折合全时当量、财政科技支出和

企业 R&D 经费支出。R&D 人员折合全时当量代表了科技金融的人力投入;财政科技支出反映了政府公共科技金融投入的资金总量;企业 R&D 经费支出代表了企业在科技创新活动上的财力投入。

在产出指标方面,从直接产出和间接产出两个角度选取专利授权量、技术市场成交额和新产品销售收入。专利授权量和技术市场成交额代表了科技创新活动的直接产出;新产品销售收入反映了采用新技术原理、新设计构思研制生产的新产品的营收情况,代表了科技创新活动的间接产出。

表 1 科技金融投入产出指标体系

类型	指标
科技金融投入指标	R&D 人员折合全时当量 X_1 /人年
	财政科技支出 X_2 /亿元
	企业 R&D 经费支出 X_3 /万元
科技金融产出指标	专利授权量 Y_1 /项
	技术市场成交额 Y_2 /万元
	新产品销售收入 Y_3 /万元

考虑到科技金融产出相对于投入的滞后性,将产出指标数据滞后一期,选取河南省 18 个地级市 2010—2018 年的科技金融投入数据和 2011—2019 年的产出数据。以上数据主要来源于《河南统计年鉴》、河南省知识产权局统计年报和河南省科技厅统计公报。

2.3 相关性分析

由于运用 DEA 方法进行效率测度的前提是投入和产出之间呈正相关关系,因此选用 SPSS 软件对投入产出数据进行皮尔逊(Pearson)相关性检验。各指标的相关系数见表 2。

表 2 科技金融投入产出指标相关性分析结果

指标	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3
X_1	1					
X_2	0.899**	1				
X_3	0.943**	0.932**	1			
Y_1	0.911**	0.957**	0.962**	1		
Y_2	0.781**	0.901**	0.851**	0.896**	1	
Y_3	0.899**	0.863**	0.887**	0.914**	0.729**	1

注:**表示在 0.01 水平上(双侧)显著相关。

从相关性分析结果可以看出,科技金融所有的投入指标与产出指标在 1%的水平上存在显著的正相关关系,其中,R&D 人员折合全时当量和技术市场成交额的相关系数为 0.781,其他投入指标和产出指标的相关系数均大于 0.8,说明投入指标和产出指标的相关性较高,符合 DEA 方法的测算要求。

3 实证结果分析

3.1 DEA 模型实证结果分析

借助 DEAP2.1 软件，基于投入导向型的 BCC 模型测算得到各市综合效率、规模效率和纯技术效率的均值，结果见表 3。

表 3 2010—2019 年河南省各市科技金融效率均值

城市	综合效率均值	纯技术效率均值	规模效率均值
郑州市	1.000	1.000	1.000
开封市	0.513	0.606	0.844
洛阳市	0.963	0.970	0.992
平顶山市	0.590	0.645	0.918
安阳市	0.602	0.635	0.949
鹤壁市	0.974	1.000	0.974
新乡市	0.903	0.937	0.964
焦作市	0.732	0.761	0.959
濮阳市	0.621	0.706	0.880
许昌市	0.955	0.963	0.992
漯河市	0.783	0.940	0.840
三门峡市	0.369	0.494	0.763
南阳市	0.682	0.709	0.966
商丘市	0.684	0.733	0.933
信阳市	0.922	0.958	0.961
周口市	0.677	0.731	0.929
驻马店市	0.895	0.929	0.958
济源市	0.968	1.000	0.968
均值	0.769	0.818	0.933

首先，综合来看，河南省 18 个地市科技金融综合效率、纯技术效率和规模效率的均值分别为 0.769、0.818 和 0.933，效率值均小于 1，处于 DEA

弱有效状态，说明河南省科技金融整体效率水平有待提升。具体来看，有 15 个市的规模效率均值高于 0.9，表明全省在规模效率方面具备一定的优势，而综合效率表现不佳主要是由于纯技术效率较低，说明存在一定的科技金融资源浪费情况，日后应当注重科技研发，提升资源利用效率和企业管理水平，从而使金融资源的投入能够更好地转化为科技产出，提高科技金融资源配置效率。

其次，河南省各地市间的科技金融效率具有明显的差异。具体来说，全省只有郑州市在样本期间的综合效率均值为 1，说明郑州市科技金融的运行位于效率前沿面，科技金融的资源配置是合理的；洛阳市、鹤壁市、新乡市、许昌市、信阳市、济源市、驻马店市等 7 个市的综合效率均值为 0.8 以上，处于相对有效状态，其中，鹤壁市和济源市的纯技术效率均值为 1，未达到有效状态主要是受规模效率的影响，表明这两市的投入产出规模有待进一步优化；开封市、平顶山市、三门峡市的综合效率均值较低，以三门峡市为例，其综合效率均值为 0.369，不及郑州市效率值的 1/2，说明这些地区科技金融效率还有很大的提升空间，科技金融市场建设亟须进一步加强。

根据前文的效率测度结果，借鉴波士顿矩阵图的思维，以纯技术效率和规模效率的均值 0.818 和 0.933 为临界值，将河南省 18 个地市划分为 4 种类型，如图 1 所示。

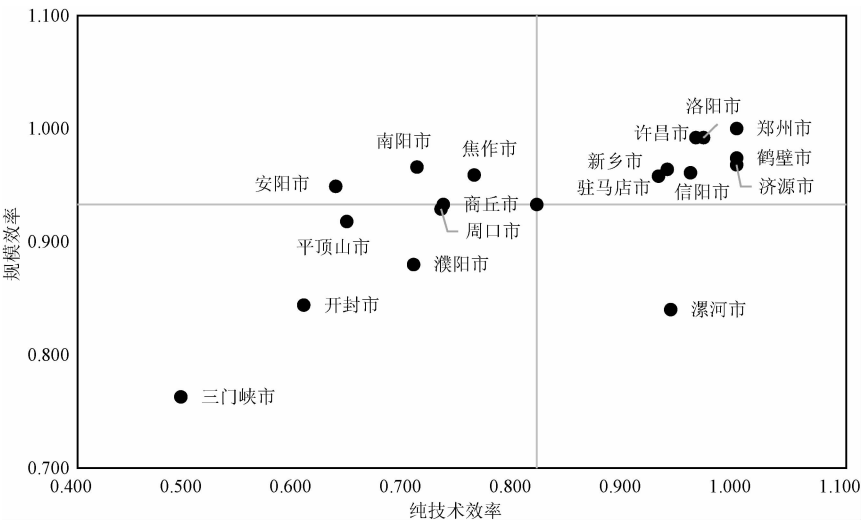


图 1 河南省各市科技金融效率均值分布

由图 1 可知，郑州市、洛阳市、许昌市、鹤壁市、济源市、新乡市、信阳市、驻马店市在第 I 象限区域，说明这些地市的纯技术效率和规模效率均在临

界值以上，科技金融效率所需改进较少；在第 II 象限的地区为规模效率高而纯技术效率较低的地区，分别为南阳市、安阳市、焦作市和商丘市，说明这类

地区的技术创新能力和资源管理水平有待提升;第Ⅲ象限地区的纯技术效率与规模效率都较低,分别为三门峡市、开封市、濮阳市、平顶山市和周口市,说明这些地区科技金融发展水平较低,要进一步优化产业结构、大力发展高新技术产业;第Ⅳ象限的地区为规模效率低但纯技术效率较高的地区,只有漯河市,表明该市现有规模有待提升,要积极加大要素投入强度,实现资源的集中配置和管理。

3.2 Malmquist 指数模型结果分析

采用 Malmquist 指数法测度河南省各地市科技金融效率的平均动态变化情况,结果见表 4。指数大于 1 表明效率增长,指数小于 1 表明效率衰退,效率指数与 1 的差值即为增长率。

表 4 河南省各市 Malmquist 指数

城市	技术效率 变化指数	技术进步 指数	纯技术效 率变化指数	规模效率 变化指数	全要素生产 效率指数
郑州市	1.000	1.051	1.000	1.000	1.051
开封市	1.019	1.084	1.002	1.017	1.104
洛阳市	0.978	1.090	0.984	0.994	1.066
平顶山市	0.986	1.015	0.999	0.988	1.001
安阳市	0.951	1.037	0.973	0.977	0.986
鹤壁市	0.973	1.063	1.000	0.973	1.035
新乡市	0.996	1.057	0.989	1.007	1.053
焦作市	1.018	1.070	1.012	1.006	1.088
濮阳市	0.978	1.005	1.009	0.969	0.982
许昌市	0.981	1.010	0.983	0.998	0.991
漯河市	0.968	1.018	0.981	0.987	0.986
三门峡市	0.946	1.022	1.008	0.939	0.967
南阳市	0.988	1.049	0.972	1.017	1.036
商丘市	0.931	1.046	0.941	0.989	0.974
信阳市	1.000	1.016	1.000	1.000	1.016
周口市	1.038	1.001	1.031	1.007	1.039
驻马店市	1.000	1.056	1.000	1.000	1.056
济源市	1.000	1.016	1.000	1.000	1.016
均值	0.986	1.039	0.993	0.992	1.024

从平均值来看,所有样本城市的全要素生产效率指数为 1.024,即全要素生产效率的年均增长率为 2.4%,由技术效率指数为 0.986 可知,这一增长主要得益于技术进步,说明技术研发相对于管理能力、内部制度建设而言更具有竞争力。具体来看,全要素生产率指数及其分解指标均大于或等于 1 的城市有郑州市、开封市、焦作市、信阳市、周口市、驻马店市和济源市,说明这 7 市的科技金融效率在样本期间增势显著;安阳市、濮阳市、许昌市、漯河市、三门峡市、商丘市的技术进步指数均大于 1,但由于技术效率变化指数较低,从而使得全要素生产效率下降;技术效率变化指数小于 1 的城市,如洛阳市、平顶山市、安阳市、许昌市、漯河市和商丘市,主要

是由纯技术效率和规模效率衰退所导致的,因此在改进和升级技术的同时也需要调整科技金融规模。

4 结论与对策建议

运用 DEA-Malmquist 指数法对河南省 18 个地级市 2010—2019 的科技金融效率进行实证研究,得出以下结论:①河南省科技金融规模效率整体较高,但纯技术效率偏低,总体处于非有效状态,科技金融发展整体水平有待提升;②全省有 12 个市的生产效率表现为增长状态,这主要得益于技术进步,6 个市的生产效率降低,是纯技术效率和规模效率综合作用的结果;③河南省科技金融效率存在显著的地区差异性,区域发展的不平衡性问题较为突出。

基于此,提出以下建议:①合理配置科技金融资源。科技资金应向规模效率较低的地区倾斜,增加欠发达地区的科技金融投入产出规模,带动综合效率的提升,从而缩小省内各地区之间的差距,促进全省科技创新的均衡发展。②加强科技创新人才队伍建设。技术创新升级关键在于高端科技型人才,因此要制定高科技人才培养与引进政策,完善科研人才奖励机制,使高端人才“引得进,留得住”,从而推动科技金融产品、技术与管理创新。③扩大高技术产业规模。高技术产业是科技成果转化的孵化器,对科技创新具有举足轻重的作用。高新技术产业的发展需要大量的资金支持,因此要积极吸引风投、创投等对科技创新企业的资金支撑。

参考文献

[1] 戴志敏,郑万腾,杨斌斌.科技金融效率多尺度视角下的区域差异分析[J].科学学研究,2017,35(9):1326-1333.

[2] 易明,张莲,杨丽莎,等.中国科技金融效率时空分异特征及区域均衡性[J].科技进步与对策,2019,36(10):34-40.

[3] 许世琴,尹天宝,阳杨.中国省际科技金融效率测度及其影响因素分析:基于空间面板模型实证研究[J].技术经济,2020,39(3):81-86.

[4] 李俊霞,温小霓.中国科技金融资源配置效率与影响因素关系研究[J].中国软科学,2019,34(1):164—174.

[5] 庞金波,李杨薇,赵丽娟.基于 PP-SFA 方法的我国科技金融投入产出效率研究[J].科技管理研究,2020,40(21):217-224.

[6] 黄瑞芬,邱梦圆.基于 Malmquist 指数和 SFA 模型的我国科技金融效率评价[J].科技管理研究,2016,36(20):43-48.

[7] 王敏,杜瑞珍.基于演进阶段的科技金融效率评价:以陕西省为例[J].西部财会,2021(1):36-40.

[8] 章思诗,李姚矿.基于 DEA-Tobit 模型的科技金融效率影响因素研究[J].科技管理研究,2017,37(6):29-34.

[9] 张远为.湖北省科技金融资源配置效率研究:基于 BCC 模

型和 Malmquist 指数法[J]. 湖北社会科学, 2021(9): 58-66. [10] 潘娟, 张玉喜. 政府、企业、金融机构科技金融投入的创新绩效[J]. 科学学研究, 2018, 36(5): 831-838, 846.

Evaluation of the Efficiency of Science and Technology Finance in Henan Province Based on DEA and Malmquist Index Method

MEI Yongqian, WANG Meng, GU Yu

(School of Economics, Henan University of Science and Technology, Luoyang Henan 471023, China)

Abstract: Based on the DEA-Malmquist model, the scientific and technological financial efficiency of 18 cities in Henan Province from 2010 to 2019 was measured. The results show that the efficiency of science and technology finance in Henan Province is generally in the weak and effective state of DEA and the efficiency of science and technology finance in various regions shows obvious regional unbalanced development trend. The combined efficiency mean of science and technology finance in other cities ranged from 0.344 to 0.963, but the operational efficiency level of science and technology finance in two-thirds of the cities has improved. According to the empirical results, some suggestions are put forward from the aspects of rational allocation of scientific and technological financial resources, strengthening the construction of scientific and technological innovation personnel and expanding the scale of high-tech industries.

Keywords: science and technology financial efficiency; DEA model; Malmquist index