

研发投入对云南省高技术产业全要素生产率的影响

李宗阳

云南财经大学, 云南 昆明

收稿日期: 2022年12月17日; 录用日期: 2023年1月9日; 发布日期: 2023年1月19日

摘要

本文以云南省高技术产业为例, 基于2000~2016年的统计数据, 研究了研发人员和资本投入对高技术产业全要素生产率(TFP)的影响。首先, 使用DEA-Malmquist模型对云南高技术产业TFP进行测算分析, 发现TFP呈波动增长的趋势; 然后, 基于向量自回归(VAR)模型进行动态分析, 分析结果表明, 研发投入对全要素生产率的影响有着一定的持续性和时滞性, 研发人员投入对云南省高技术产业TFP的影响作用相对更大; 最后, 根据向量自回归最终的分析结果, 提出可以提高云南省高技术产业全要素生产率进而促进云南省总体经济发展的相关建议。

关键词

高技术产业, DEA-Malmquist模型, VAR模型

Influence of R&D Input on Total Factor Productivity of High-Tech Industries in Yunnan Province

Zongyang Li

Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan

Received: Dec. 17th, 2022; accepted: Jan. 9th, 2023; published: Jan. 19th, 2023

Abstract

Taking the high-tech industry in Yunnan Province as an example, this paper studies the impact of R&D personnel and capital investment on the total factor productivity (TFP) of high-tech indus-

tries based on the statistical data from 2000 to 2016. First of all, the DEA Malmquist model is used to measure and analyze the TFP of high-tech industries in Yunnan, and it is found that the TFP shows a trend of fluctuating growth. Then, based on the vector autoregressive (VAR) model, the dynamic analysis is carried out. The analysis results show that the impact of R&D investment on total factor productivity has a certain persistence and time lag, and the impact of R&D personnel investment on high-tech industry TFP in Yunnan Province is relatively greater. Finally, according to the final analysis results of vector autoregression, the paper puts forward relevant suggestions that can improve the total factor productivity of high-tech industries in Yunnan Province and thus promote the overall economic development of Yunnan Province.

Keywords

High-Tech Industries, DEA Malmquist Model, VAR Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 绪论

研究背景及意义

目前经济全球化进程不断加快，我国经济增长的主要动力为要素投入驱动，但这种驱动方式的效果正在逐渐减弱，我国要想在国际市场中站稳脚跟，仅仅依靠传统的低成本要素驱动带来的竞争力是不够的，随着我国经济进入由高速增长阶段转向高质量发展的“新常态”阶段，转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力已成为实现“中国梦”的有力支撑。因此如何改变驱动模型来使得全要素生产率进一步提高，对于我国实现经济成功转型和持续增长具有重要意义。

2014年，习近平总书记在APEC工商领导人峰会上对“中国经济新常态”进行了系统阐述，其中经济增长动力由要素驱动向创新驱动转变为新常态的重要特征，研发投入作为推动技术创新的最直接因素，在影响全要素生产率提升的诸多因素中被给予厚望，近些年随着一系列创新战略的实施，我国研发投入也在逐年增加，本文以云南省高技术产业为研究对象，高技术产业是研发投入相对较高的行业，云南省的高技术产业发展相对全国来说较为落后，存在现代化程度低、工业竞争力弱、产业创新能力不足等诸多问题，在经济新常态的大环境背景下，本文研究云南省高技术产业研发投入对全要素生产率的影响，有助于挖掘云南高技术产业TFP增长潜能，找出经济增长新动力，并有针对性地制定政策，实现云南省经济持续高效增长。

2. 文献综述

2.1. 研发投入对全要素生产率(TFP)的影响

影响全要素生产率的因素有很多，总体来说分为内部因素和外部因素两大类，本文重点研究外部因素中研发投入对TFP的影响，Zvi, Griliches (1979) [1]考虑了加入研发投入的生产函数模型，并研发收益对全要素生产率的影响进行了分析研究。随着研究对不断深入，学者们从不同层面和角度研究了研发投入对TFP的影响，李震，沈坤荣(2021) [2]分析了1990年至今我国制造业TFP的波动趋势，将我国制造业TFP增速分为三个阶段，指出现阶段TFP增速缓慢的原因并提出相应建议，其中研发投入不足，成果

转化能力较低是最根本原因，同发达国家相比，我国 RD 投入水平明显落后。邓力群(2011) [3]发现 TFP 与 GDP 的增长相关性很强，于是通过建立回归模型研究了对研发投入对全要素生产率的影响，结果表明 R&D 投入确实对 TFP 的增长有促进作用，并且这种作用在 R&D 投入后的 2、3 期最为显著。董欣(2020) [4]将研发投入分解为基础研究、应用研究和试验发展经费投入，对中国东、中、西部地区的 TFP 进行研究，发现虽然各地区因为发展水平、地理因素等原因，各项投入对不同地区 TFP 影响水平有差异，但研发投入总体对 TFP 有显著正向影响，并且分解的研发投入对 TFP 的影响也存在着一定的滞后效应。卢志平, 文婷婷(2018) [5]以使用 VAR 模型研究了广西省汽车制造业研发人员和研发资本投入对全要素生产率的影响，结果也表明研发投入与全要素生产率直接有着密切联系。

2.2. 全要素生产率(TFP)的测算

对于全要素生产率的测算方式，主要分为两大类：参数法和非参数法，本文主要使用非参 DEA 法中的 DEA-Malmquist 法来测算高技术产业全要素生产率。参数法需要事先假定一个生产函数，而非参数法例如数据包络分析法则不需要设定生产函数和估计参数，因此可以避免受到人的主观意识的影响，由于 DEA 方法只能用于横向的比较，Fare 等(1994) [6]在 DEA 的基础上加入 Malmquist 指数，该指数主要通过各时期的投入产出向量计算，反映了要素投入产出效率的动态变化，并以此来度量 TFP 的动态变化。鉴于 DEA-Malmquist 模型的易操作性等优点，国内很多研究都采用了这种方法，张新建, 王建民(2021) [7]基于 DEA-Malmquist 模型对安徽省工业企业 2003~2018 年间各地级市的静态生产效率和全省动态生产效率进行了分解和分析，发现省内总体工业企业发展起伏较大以及各地区间存在工业发展不平衡等问题。王建(2020) [8]使用同等测算方法测算了我国以及分经济区服务业 2003~2017 的全要素生产率及其分解，并采用动态面板模型对影响服务业 TFP 的各因素进行分析。焦翠红, 孙海波等(2017) [9]用 DEA 和 Malmquist 指数计算了中国制造业的分行业 TFP，并用 TFP 进一步计算了分行业的 R&D 资源配置效率，然后研究了政府研发补贴对资源配置的影响，发现政府研发补贴与 R&D 资源配置效率之间存在倒 U 型关系。

综上所述，国内外研究研发投入对 TFP 的影响多是从全国角度出发，且使用的多为面板模型，使用时间序列模型的研究比较少，本文将研发投入分为资本投入和研发人员投入两部分，先利用 DEA-Malmquist 模型测算云南省高技术产业 2000~2016 年的全要素生产率，再基于 VAR 模型，研究在新常态背景下研发投入对云南省高技术产业全要素生产率的影响。

3. 高技术产业全要素生产率测算

3.1. 模型介绍

数据包络分析方法(DEA)是一种基于多输入、多输出的相对效率评价的非参数分析方法，其优点是不需要诸多的假设条件，不需要构造生产函数和设定数据权重，从而使全要素生产率的结果更客观响，因此本文选择该方法进行分析。Malmquist 的计算公式如下：

$$M_{t,t+1} = \left[\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \times \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right] = tec \times tc$$

可以看出 DEA-Malmquist 指数法是一种对动态数据指标分析的方法，它通过将当期的投入和产出产生的结果投影到下一期，从而计算出 t 时期到 $(t + 1)$ 时期的 Malmquist 指数。本文就使用计算得到的 Malmquist 指数作为高技术产业的全要素生产率，因为 DEA-Malmquist 指数法得到的全要素生产率是一种变化率的概念，表示当年相对于前一年的变化，若某一年的 Malmquist 指数大于 1，说明当年全要素生

产率相比于前一年是提高的,反之则是下降的。因此本文将基期全要素生产率定为1,以后每年的Malmquist指数作为当年全要素生产率。

3.2. 指标选取与数据来源

采用DEA-Malmquist指数法来测算云南省高技术产业全要素生产率,主要变量为云南省高技术产业产出值、资本投入和劳动投入。对于产出值,采用高技术产业主营业务收入(单位:亿元)来度量,按工业生产者出厂价格指数对主营业务收入进行平减,计算以2000年为基期的营业收入的真实值;对于劳动投入,为了能反应高技术产业特点,选择高技术产业从业人员年平均人数(单位:万人)来表示。资本投入用高技术产业当年资本存量表示,使用永续盘存法来测算资本存量(单位:亿元),具体公式为:

$$K_t = \frac{I_t}{P_t} + (1-\theta)K_{t-1}$$

其中, K_t 为 t 年的云南省高技术产业资本存量, P_t 是固定资产投资价格指数,通过计算将2000~2016年 的价格指数换算为以2000年为基期的指数; I_t 表示第 t 年云南省高技术产业第 t 年的相关固定资产投资额; θ 为资产年折旧率,高技术产业技术更新迭代更加迅速,因此资产折旧率也比普通制造业行业要高一些,通过查阅相关文献,选择15%作为高技术产业对资产折旧率。基期资本存量的选定对资本存量的计算影响很大,一些文献采用基期固定资产投资除以10%来确定基期资本存量,本文为了结果更加准确,将基期资本存量定义为高技术产业基期固定资产投资额除以资产年折旧率和2000至2016年17年云南省高技术产业固定资产投资额的平均增长率。数据样本年份为2000~2016年,数据来自于EPS数据库。

3.3. 测算结果及分析

云南省高技术产业2000~2016年的TFP结果如表1所示,设定2000年基期的全要素生产率为1,往后每年的结果也可以看做相比于前一年的全要素生产率的变化情况,大于1说明全要素生产率相比于前一年增加,小于1说明全要素生产率相比于前一年减少,可以看到,2000~2005年云南省高技术产业全要素生产率增长率为负,2006~2016年云南省高技术产业全要素生产率基本都为正,说明云南省高技术产业的发展态势在逐渐好转,省内对创新驱动发展的重视程度也在不断提高,使得全要素生产率逐渐提高,而其提高的原因还可以通过对全要素生产率的进一步分解来深入分析。

Table 1. Calculation results of TFP

表1. TFP的测算结果

	主营业务收入 (亿元)	资本存量 (亿元)	从业人员年平均 人数(人年)	全要素生产率	全要素生产率的 增长率
2000	32.300	2.007	23,264	1.000	
2001	40.000	3.716	26,800	0.848	-0.152
2002	48.424	9.515	24,585	0.790	-0.21
2003	41.914	17.842	22,852	0.656	-0.344
2004	46.749	22.576	23,241	0.983	-0.017
2005	52.864	30.292	23,326	0.974	-0.026
2006	64.761	33.991	23,964	1.141	0.141
2007	73.361	32.152	25,432	1.131	0.131

Continued

2008	84.173	37.011	25,159	1.075	0.075
2009	108.436	52.074	25,576	1.077	0.077
2010	121.526	67.505	26,672	0.964	-0.036
2011	136.806	81.855	25,390	1.048	0.048
2012	177.286	107.780	31,775	1.010	0.01
2013	221.114	134.548	35,272	1.059	0.059
2014	242.358	163.960	39,335	0.940	-0.06
2015	286.386	184.618	43,596	1.058	0.058
2016	387.463	235.689	47,918	1.142	0.142

4. 向量自回归分析

4.1. VAR 模型

在时间序列分析中，普通的自回归模型只能使用一个变量，而向量自回归模型即 VAR 模型则可以容纳多个变量，非常适合于本文这种多变量时间序列数据的建模分析， $VAR(p)$ 模型的数学表达形式如下：

$$y_t = c + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \cdots + A_p y_{t-p} + Bx_t + e_t$$

其中： y_t 表示的是维度为 k 的内生变量，并且是列向量， x_t 表示的是维度为 d 的外生变量，而且是列向量， p 表示的是内生变量的滞后阶数， t 表示从 1 到 T 的样本的数量， e_t 表示维度为 k 的扰动项的列向量。

4.2. 指标选取和数据来源

选取云南省高技术产业全要素生产率指(TFP)、高技术产业的研发资本投入(RDK)研和发人员投入(RDL)三个指标，其中云南省高技术产业全要素生产率在前文已由 DEA-Malmquist 指数法测算得到，研发资本投入指标由 R&D 经费内部支出(单位：万元)来表示，R&D 内部经费支出主要指企业用于内部开展基础研究、应用研究、试验发展等相关 R&D 活动的实际支出，研发人员投入(RDL)指标由 R&D 活动人员折合全时当量(单位：人年)来表示。数据样本年份为 2000~2016 年，相应数据指标同来源于从 EPS 数据库查。

4.3. 模型建立及分析

4.3.1. 平稳性检验

首先检验数据的平稳性，因为对时间序列分析通常要求时间序列是平稳的，先绘制 $\ln TFP$ 、 $\ln RDL$ 和 $\ln RDK$ 的时序图，来观察它们的波动情况，从图 1 中的时序图来看， $\ln RDL$ 和 $\ln RDK$ 有明显的上升的趋势，可能不是平稳的。

通过观察三个变量的时序图可以初步判断数据不是平稳的，为了得到更准确的结果，还要分别对三个变量进行 ADF 单位根检验来确定其平稳性。单位根检验结果如下表所示，在变量前加 Δ 表示对该变量进行一阶差分处理，结果如表 2 所示，经过检验可以看到， $\ln TFP$ 、 $\ln RDL$ 和 $\ln RDK$ 三个变量在经过一阶差分处理后，均在临界值为 5% 的水平上通过了单位根的平稳性检验，即不存在单位根，说明三个变量都是一阶差分平稳的。

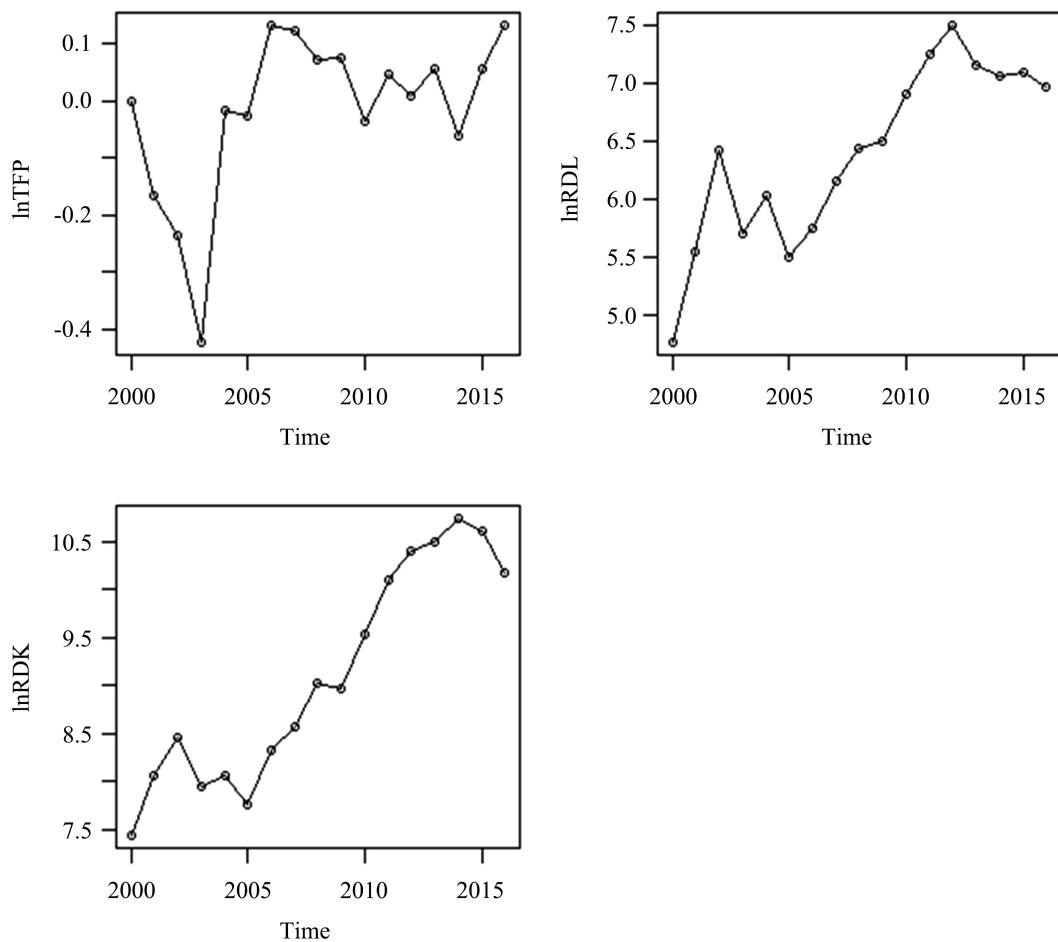


Figure 1. Sequence diagram of lnTFP, lnRDL and lnRDK
图 1. lnTFP、lnRDL 和 lnRDK 数据时序图

Table 2. ADF unit root test results of indicator data
表 2. 指标数据的 ADF 单位根检验结果

变量	检验形式(C, T, L)	ADF 值	P 值	稳定性
$\Delta \ln \text{TFP}$	(C, T, 2)	-4.13	0.0187	平稳
$\ln \text{RDL}$	(C, T, 2)	-2.36	0.418	不平稳
$\Delta \ln \text{RDL}$	(C, T, 1)	-3.64	0.0475	平稳
$\ln \text{RDK}$	(C, T, 2)	-2.93	0.213	不平稳
$\Delta \ln \text{RDK}$	(C, 0, 0)	-3.18	0.0362	平稳

4.3.2. VAR 模型滞后阶数的确定和稳定性检验

接下来进行向量自回归模型的建立, 从上一节可知三个变量都是一阶差分平稳的, 因此使用一阶差分后的变量建立模型, 首先确定要建立滞后几阶的向量自回归模型使用, 通过 R 中的 vars 包中的函数可以确定自回归模型的最优滞后阶数, 即建立几阶 VAR 模型, 结果如表 3 所示, 可以看到, 四种信息准则选择的最优滞后阶数都为 2, 因此建立滞后 2 阶的向量自回归模型, 即 VAR(2) 模型。

Table 3. Optimal lag order of the mode
表 3. 模型最优滞后阶数

Lag	AIC	HQ	SC	FPE
1	-4.73E+01	-4.89E+01	-4.89E+01	6.69E-21
2	-Inf	-Inf	-Inf	0
3	-Inf	Inf	-Inf	0
4	-Inf	-Inf	-Inf	0
最佳滞后阶数	2	2	2	2

建立完滞后两阶的向量自回归模型后, 然后进行模型的稳定性检验, 具体方法为通过判断模型的残差累积和是否超过临界值来判断, 如果残差累积和没有超过临界值, 这说明建立的模型满足平稳条件, 检验结果如图 2 所示, 图中上下两条线为临界值, 从图中可以看出, 残差累积并没有超过临界值, 因而可以说明建立的 VAR(2)模型通过平稳性检验, 是稳定的, 可以进行下一步分析。

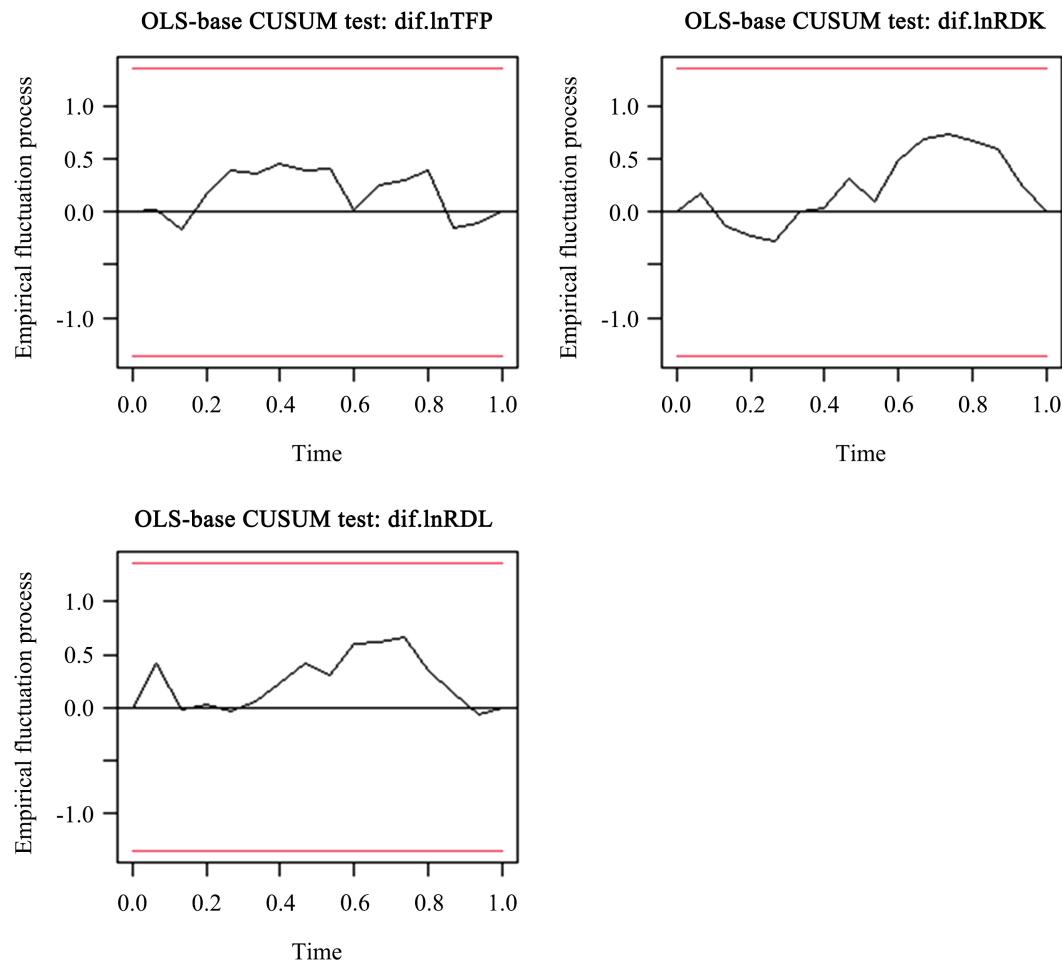


Figure 2. Model significance test results
图 2. 模型显著性检验结果

4.3.3. 脉冲反应和方差分解分析

VAR 模型的建模依据不是以经济理论为核心，它是以数据为导向的，这使得解释每个参数的经济意义是很不容易的，因为模型中的很多参数并没有明显的经济意义，因此在实际应用中，经常使用脉冲响应和方差分解进行分析，脉冲响应是考虑当某一个变量的扰动项发生变动变动时，这种变动对变量本身和其他变量的影响情况；方差分解分析可以更进一步分析其他变量的变动项对某一变量的预测误差值的影响。

先进行脉冲响应分析，脉冲响应结果可以通过相应函数进行刻画，我们通过脉冲响应分析 RDK 和 RDL 的变动对全要素生产率的影响情况，结果如图 3 和图 4 所示，其中横轴表示滞后期数/年，纵轴表示脉冲响应程度，实线表示脉冲响应函数值。图 3 表示云南省高技术产业研发人员投入受到冲击后，高技术产业全要素生产率、研发资本研发投入本身受到的影响，这里我们主要关注高技术产业全要素生产率受到的影响。图 4 表示云南省高技术产业研发资本投入受到冲击后，高技术产业全要素生产率、研发人员和研发资本投入本身对冲击的响应，在这里我们主要研究全要素生产率的响应。观察两张图的结果，当给研发资本投入和研发人员投入一个单位的冲击后，TFP 的当期响应都为 0，这也验证了一些学者们提出当期研发投入对当前 TFP 作用不显著的结论，这可能是由于研发投入转化为知识和设备需要时间的积累，不能立刻转化为经济产出。从结果还可以观察到 TFP 对研发人员投入变动的响应值在第 2 期达到最大值，对研发资本投入变动的响应值在第 3 期达到最大值，然后渐渐趋近于 0，说明研发资本投入对全要素生产率的影响时间相对更长一些。

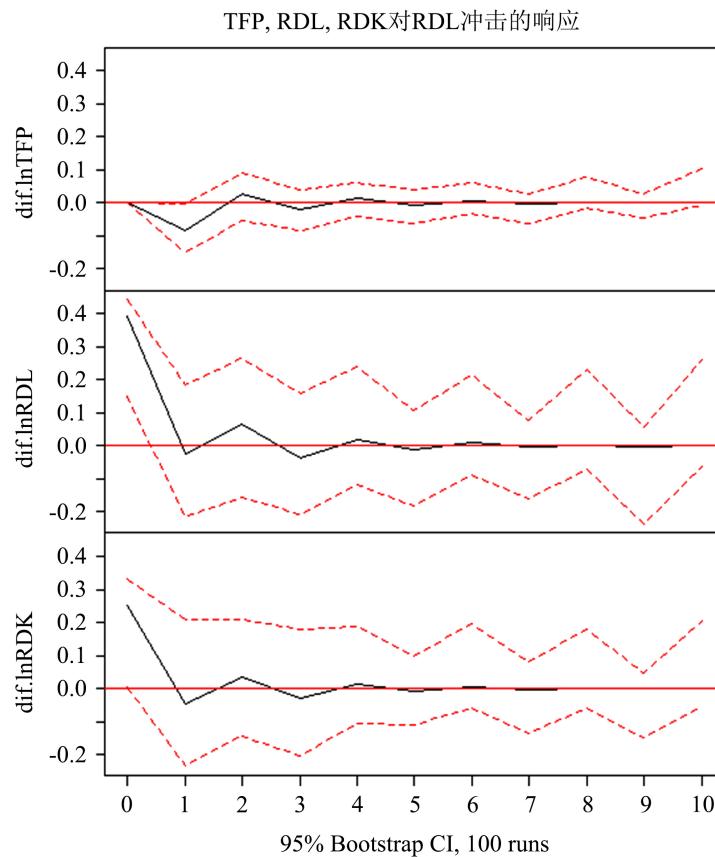


Figure 3. Response of TFP, RDL and RDK to RDL impact
图 3. TFP、RDL 和 RDK 对 RDL 冲击的响应

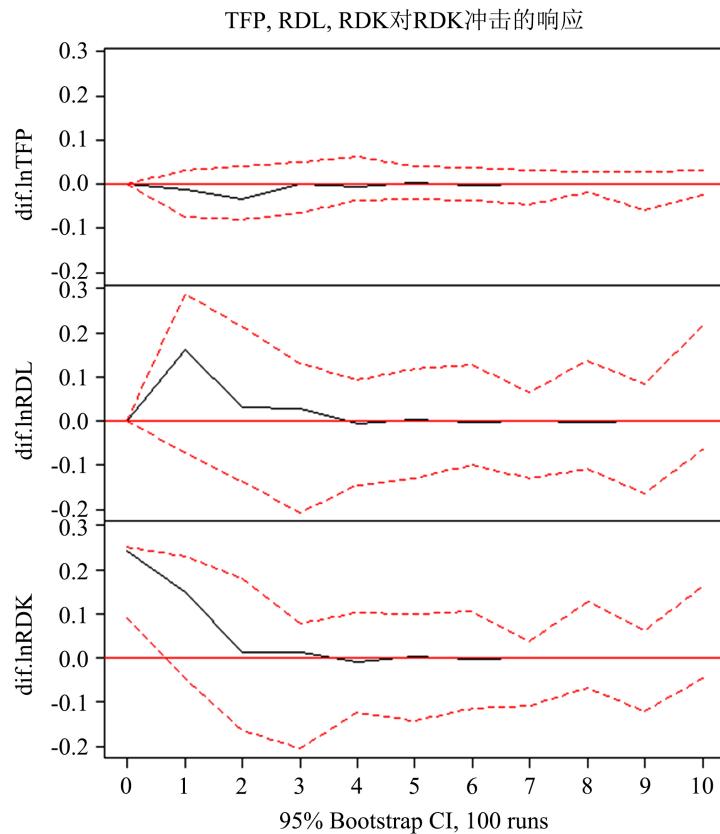


Figure 4. Response of TFP, RDL and RDK to RDK impact
图 4. TFP、RDL 和 RDK 对 RDK 冲击的响应

然后进行方差分解分析，方差分解可以进一步观察全要素生产率、研发人员投入和研发资本投入的相互影响关系，这里我们主要观察全要素生产率，因此只取全要素生产率的方差解释图进行分析。图 5 为 TFP 方差分解图，可以用来观察研发人员和资本投入对 TFP 冲击所做的贡献，横轴表示滞后期数 a ，单位为年，纵轴表示方差解释贡献率，可以看到，研发人员和资本投入对 TFP 的影响呈现逐渐上升然后趋于平稳的趋势，研发投入的影响在第 6 期左右趋于平稳。在第 10 期，TFP 的方差解释约有 60% 由自身解释，来自研发人员投入的解释约为 30%，来自研发资本投入对解释约为 10%，这说明研发人员投入相对于研发资本投入对 TFP 变动的影响更大。

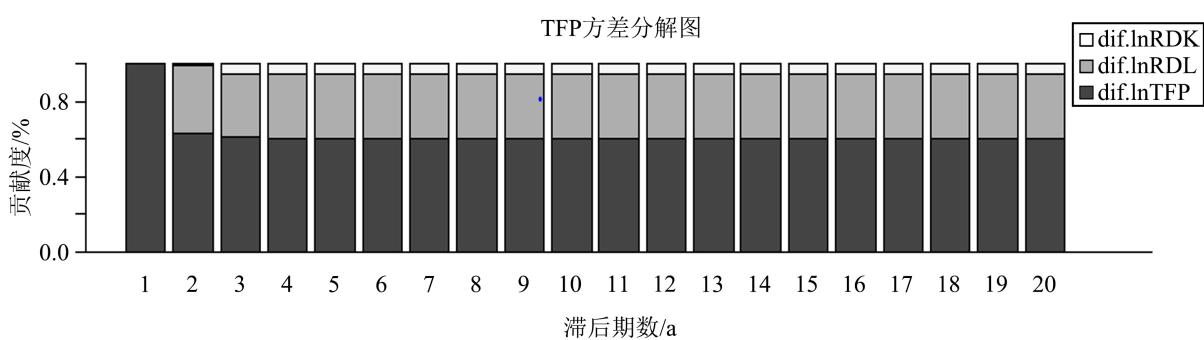


Figure 5. Variance decomposition chart of TFP
图 5. TFP 方差分解图

5. 结论及建议

本文利用云南省高技术产业 2000~2016 年的时间序列数据, 实证分析了研发投入对全要素生产率的影响, 最终的研究结果表明: 第一, 云南省高技术产业的发展前景良好, 高技术产业全要素生产率变化率虽然有所波动, 但总体上在不断提高, 创新驱动正在发挥效果; 第二, 通过脉冲响应和方法分解分析, 发现研发投入对云南省高技术产业全要素生产率的变化有着持续性的影响, 且无论是人员还是经费的投入对 TFP 的影响都存在这一定的滞后效应, 结果符合之前学者们的相关研究结论, 通过分析还发现研发资本投入对高技术产业全要素生产率的影响时间相对来说更长, 但是 R&D 人员投入对全要素生产率的影响作用更大。

针对上述结论, 提出以下建议: 第一, 研发投入有着一定的特殊性, 并不能其他领域投资一样有立杆见影的效果, 研发投资的回报一般会在几年后才能达到最大值, 所以政府和企业应该有长远的目光, 特别是政府应该积极发挥引导作用, 通过给予相关企业经费和政策等方面的支持, 引导市场资本流向高技术投资领域, 为高技术产业企业提供良好的宏观环境来激发企业创新的积极性。第二, 由以上分析可以看出高技术产业相关人才对创新发展的重要性, 所以云南省高技术产业要想办法增加研发人员的数量, 提高研发人员的素质, 比如积极引进相关优秀研发人才, 完善研发人员培养机制等。

参考文献

- [1] Zvi, G. (1979) Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. *The Bell Journal of Economics*, **10**, 92-116. <https://doi.org/10.2307/3003321>
- [2] 李震, 沈坤荣. 1990 年代以来我国制造业全要素生产率增速波动原因与对策研究[J]. 现代管理科学, 2021(7): 22-30.
- [3] 邓力群. 我国 R&D 投入对 TFP 贡献的实证分析[J]. 南京社会科学, 2011(4): 152-156.
- [4] 董欣. 研发投入对全要素生产率的异质影响研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津财经大学, 2020.
- [5] 卢志平, 文婷婷. 研发投入对汽车制造业全要素生产率的影响研究[J]. 广西科技大学学报, 2018, 29(4): 106-112.
- [6] Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M. and Zhang, Z.Y. (1994) Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized countries. *American Economic Review*, **84**, 66-83.
- [7] 张新建, 王建民. 基于 DEA-Malmquist 模型的安徽省工业企业全要素生产率研究[J]. 湖南工业大学学报, 2021, 35(4): 80-86
- [8] 王健. 基于 DEA-Malmquist 指数的中国服务业全要素生产率测算及影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2020.
- [9] 焦翠红, 孙海波, 董直庆. R&D 资源配置效率演化及研发补贴效应——来自制造业的经验证据[J]. 山西财经大学学报, 2017, 39(2): 58-71.