

基于半参数模型的科技创新对广西经济发展的影响

刘映伶

桂林信息科技学院数学教研部, 广西 桂林

收稿日期: 2023年9月13日; 录用日期: 2023年10月8日; 发布日期: 2023年10月16日

摘要

本研究探讨了半参数模型在R&D经费投入通过科技创新能力对广西经济发展质量影响中的应用。通过综合利用数据统计和半参数模型估计法,对广西自治区南宁、柳州、桂林、玉林、防城港、北海6个地区的R&D经费投入对经济发展质量影响的现状进行研究,研究表明专利授权量和发明数量与R&D经费投入存在明显的正相关性,具有较高的估计精度,而专利授权量与发明数量是科技创新的关键一环,进而促进经济高质量发展,推动经济结构的优化升级。

关键词

半参数模型, 科技创新, R&D, 经济发展质量

The Impact of Technological Innovation on Guangxi Economic Development Based on Semiparametric Model

Yingling Liu

Department of Mathematics Teaching and Research, Guilin Institute of Information Technology, Guilin Guangxi

Received: Sep. 13th, 2023; accepted: Oct. 8th, 2023; published: Oct. 16th, 2023

Abstract

This study explores the application of semi-parametric models in the context of the impact of technological innovation on economic development in Guangxi. By using a combination of statistical

data and semi-parametric models, the present situation of the influence of R&D investment on the quality of economic development in Nanning, Liuzhou, Guilin, Yulin, Fangchenggang and Beihai of Guangxi Autonomous Region was researched, the study finds the number of patents granted and the number of inventions have a significant positive correlation with R&D investment, and have a high estimation precision, and the number of patents granted and the number of inventions are a key part of scientific and technological innovation, to promote high-quality economic development, thereby promoting the optimization and upgrading of the economic structure.

Keywords

Semi-Parametric Models, Technological Innovation, R&D, Quality of Economic Development

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. 引言

科技创新在经济发展中起着关键的推动作用，已成为各国政府和学者关注的研究领域。R&D (Research and Development)经费投入又是提升科技创新水平的重要一环，近年来，全社会 R&D 经费支出从 10000 亿元增加到 28,000 亿元，居世界第二位，研发人员总量居世界首位[1]。但对于 R&D 经费的配置效率，以及 R&D 经费支出的不断提高是否能推动科技创新整体水平的上升，不同地区的实际情况仍有差异。而广西作为中国经济发展的重要组成部分，与传统的经济模式相比存在着巨大的转型和发展机遇。科技创新对广西经济发展的贡献和潜力引起了广泛关注，值得深入研究。

从以往的文献研究中不难发现，在宏观层面上，Coe 和 Helpman (1995)利用 22 个国家的样本，对科技投入和全要素生产率之间的关系进行了重点研究[2]，发现本国与贸易伙伴的 R&D 支出可以解释近 50% 的经济合作与发展组织国家生产力的增长，常青研究的科技创新推动区域经济高质量发展的对策[3]、杨明海等人研究的中国综合经济区科技创新能力的区域差距及其影响因素[4]都表明推动地区创新经济质量发展与创新科技研究(R&D 经费)的投入有密切相关；从中观层面来说，马洪雷发现广西战略新兴产业科技能促进人才激励与绩效[5]；谭建新、廖鸣霞利用 LMDI 模型分析了广西创新成效驱动因素的贡献[6]，谭雪燕、巫德富在 2022 年就科技创新驱动对广西高质量发展进行研究[1]，但未对广西各地区进行具体分析；从微观层面来说，叶娟惠等在 2022 年利用半参数空间面板 VAR 模型对产业结构升级与碳排放的传导效应研究[7]，陈洁在 2020 年利用半参数模型对丝绸之路 9 大城市的 R&D 经费投入对创新经济发展质量的影响进行了研究[8]，刘玉研究了广义空间滞后半参数变系数面板模型的估计有效性[9]，以上研究表明半参数模型对此类投入成效估计有较好的效果。

本文通过对广西壮族自治区南宁、柳州、桂林、玉林、防城港、北海 6 个地区的 R&D 经费投入对经济发展质量影响的现状研究，旨在探讨半参数模型在科技创新对广西经济发展中的应用，从理论与实证两个层面对相关问题进行深入研究，意在说明各地区 R&D 总经费投入可以通过专利授权量、发明数量增长来作为衡量科技创新能力的指标，以半参数估计模型估计，给以后广西科技创新和经济发展的决策提供科学依据。

2. 科技创新在广西经济发展中的角色与影响

本研究的数据来源主要包括广西统计局、各地区的统计局发布的宏观经济数据和相关科技创新指标

数据,包括广西的GDP、人均收入、固定资产投资等,科技创新指标数据包括研发经费投入、高新技术企业数量等,通过对比和整理这些数据,我们可以全面了解广西经济发展的现状与趋势。如今,为了更准确地反映科技创新对广西经济发展的影响,我们还选择了一些代表性的变量进行分析。构建的7个指标:专利数量、研究与试验发展人员全时当量、高技术产品占商品出口贸易总额比重、技术市场成交额、高技术产业新产品开发项目数、生活消费水平、恩格尔系数,分别分析与R&D经费投入总量进行关联性分析,对结果进行综合排序,即数值从大到小的指标即为R&D经费对经济发展质量影响最主要的指标。从各个城市年鉴种获取数据并初值化法资料如下表1与如图1。

Table 1. The statistics of major economic data in Guangxi in recent 11 years

表 1. 广西近 11 年来主要经济数据统计表

指标	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
研究与试验发展 R&D 经费支出(百万)	868,700	1,029,800	1,184,601	1,301,006	1,416,901	1,567,601	1,760,600	1,967,701	2,214,301	2,439,300	2,795,600
专利申请数(项)	1,633,347	2,050,649	2,377,061	2,361,243	2,798,500	3,464,824	3,697,845	4,323,112	4,380,468	5,194,154	5,243,592
研究与试验发展人员全时当量(万人年)	288.3	324.7	353.3	371.06	375.88	387.81	403.36	438.14	480.08	523.45	571.63
高技术产品占商品出口贸易总额比重(%)	28.9	29.3	29.9	28.2	28.8	28.8	29.6	30	29.2	30	29.1
技术市场成交额(亿元)	4763.56	6437.07	7469.13	8577.18	9835.79	11407	13424.2	17697.4	22398.4	28251.5	37294.3
高技术产业新产品发明数目(个)	66,606	93,228	107,230	114,872	127,167	133,141	143,889	151,634	176,744	204,487	224,577
居民消费水平(元)	12,668	14,074	15,586	17,220	18,857	20,801	22,968	25,245	27,504	27,439	31,013
居民恩格尔系数(%)	33.6	33	31.2	31	30.6	30.1	29.3	28.4	28.2	30.2	29.8

广西近11年来主要经济数据趋势图

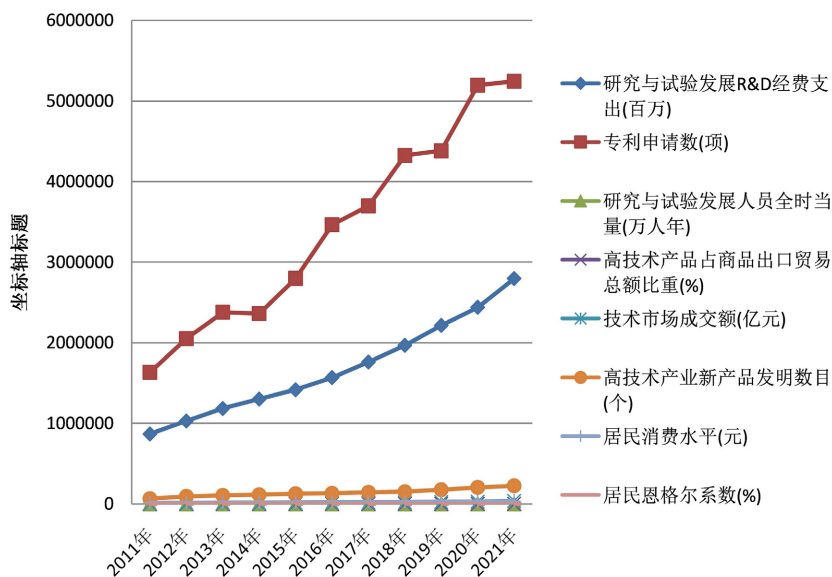


Figure 1. The trend of major economic data in recent 11 years in Guangxi

图 1. 广西近 11 年来主要经济数据趋势图

由上图 1 可知, R&D 总经费在逐年上升, 居民恩格尔系数(%)在逐步下降, 研究与试验发展人员全时当量、高技术产品占商品出口贸易总额比重、技术市场成交额、生活消费水平等指标呈缓慢增长趋势, 专利数量、核心技术自主知识产权、研发支出占营业总收入比例成为显著增长趋势。目前国内外的许多研究人员都认为专利量是测度区域科技创新能力的有效指标[8], 它也是衡量地区科技创新成果最为常用的指标, 其优点在于具有可比性、包含的信息量大并且容易获取, 并且能够在很大程度上反应不同地区的科技创新能力。因此, 本文通过参考杨明海等人[4]的研究成果, 以专利授权量、发明数量作为衡量科技创新能力的指标。

3. 半参数模型的理论分析与设定

3.1. 半参数模型的基础概念与性质

半参数模型是一种对变量之间关系进行建模和分析的统计方法。在理论上, 半参数模型允许在一定程度上处理未知参数, 从而提高模型的估计效果和预测能力。具体来说, 半参数模型通过兼顾参数化和非参数化方法的优点, 可以更好地应对实际问题中存在的复杂性和不确定性[10]。

半参数面板数据模型设定为:

$$y_{it} = \alpha_i X_{it} + f(z_{it}) + \varepsilon_{it}, i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T \quad (3.1)$$

其中, X_{it} 为 $k \times 1$ 向量, k 表示解释变量的个数, $f(z_{it})$ 为未知的非参部分, α_i 为线性部分自变量的系数向量, $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_{it}^2)$ 为随机扰动项。

估计方法

非参数模型通常采用截面最小二乘法两步估计[8]。

在假设 α_i 已知, 根据最小二乘法由参数核估计得到未知的函数 $f(\bullet)$ 的初始估计如下:

$$\hat{f}(z_{it}) = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T W_{it}(z) (y_{it} - \alpha_i X_{it}) \quad (3.2)$$

$W_{it}(z)$ 代表权函数, $W_{it}(z) = H\left(\frac{z - z_{it}}{h}\right) / \sum_{i=1}^I H\left(\frac{z - z_{it}}{h}\right)$, 其中, H 为核函数, 满足下列条件: 1) $\int h(u) du = 1$; 2) $\int uh(u) du = 0$; 3) $\int u^2 h(u) du = \kappa_2$ (常数); 这样的核函数较多, 一般不影响结果的精度。

$h > 0$ 是带宽, 不同带宽会带来不同的核估计精度, Härdle 等(1988)的研究表明[10], 满足 $\frac{\hat{h} - h_0}{\hat{h}} = O_p\left(n^{-\frac{1}{10}}\right)$ 的带宽 h_0 是最优带宽, 因此当样本数量较大时, 采用最小二乘交叉验证法选取 h_0 与最优带宽是非常接近。

对 α_i 进行二次估计, 同样采用最小二乘法:

$$\hat{\alpha}_i = \left[E(XX^T) \right]^{-1} E(X\tilde{Y}) \quad (X, \tilde{Y} \text{ 均为 } N \times T \text{ 矩阵}) \quad (3.3)$$

根据以上两个步骤, 再适当选取带宽, 半参数模型的估计的最后结果便可得出[8]。

3.2. 科技创新与广西经济发展的半参数模型设定

通过广西南宁、柳州、桂林、玉林、防城港、北海 6 个地区统计局网站查询各地区近 5 年年鉴, 找出 R&D 经费投入金额(转化为百万计入)、专利授权数量、发明数量如下表 2。

Table 2. R&D investment, patents and inventions in 6 cities of Guangxi in recent 5 years
表 2. 广西 6 城区近 5 年来 R&D 经费投入、专利和发明数量表

年份	南宁			柳州			桂林		
	R&D 经费投入 (百万)	专利 数量	发明 数量	R&D 经费投入 (百万)	专利 数量	发明 数量	R&D 经费投 入(百万)	专利 数量	发明 数量
2017	4772	3985	2697	4668	2256	392	252	1092	324
2018	4684	3967	2128	4623	3687	700	356	2541	542
2019	5250	1373	770	5107	4290	542	574	4107	719
2020	5010	1086	679	5235	5899	420	1440	5729	1034
2021	5731	3939	1994	4922	7213	538	1956	5613	1396
年份	玉林			防城港			北海		
	R&D 经费投入 (百万)	专利 数量	发明 数量	R&D 经费投入 (百万)	专利 数量	发明 数量	R&D 经费投 入(百万)	专利 数量	发明 数量
2017	205	750	32	1968	325	154	340	351	56
2018	321	890	54	2613	236	113	346	540	94
2019	597	1286	112	357	345	95	562	750	113
2020	880	2756	76	434	406	44	924	887	157
2021	920	2153	89	174	601	48	890	909	162
年份	南宁			柳州			桂林		
	R&D 经费投入 (百万)	专利 数量	发明 数量	R&D 经费投入 (百万)	专利 数量	发明 数量	R&D 经费投 入(百万)	专利 数量	发明 数量
2017	4772	3985	2697	4668	2256	392	252	1092	324
2018	4684	3967	2128	4623	3687	700	356	2541	542
2019	5250	1373	770	5107	4290	542	574	4107	719
2020	5010	1086	679	5235	5899	420	1440	5729	1034
2021	5731	3939	1994	4922	7213	538	1956	5613	1396
年份	玉林			防城港			北海		
	R&D 经费投入 (百万)	专利 数量	发明 数量	R&D 经费投入 (百万)	专利 数量	发明 数量	R&D 经费投 入(百万)	专利 数量	发明 数量
2017	205	750	32	1968	325	154	340	351	56
2018	321	890	54	2613	236	113	346	540	94
2019	597	1286	112	357	345	95	562	750	113
2020	880	2756	76	434	406	44	924	887	157
2021	920	2153	89	174	601	48	890	909	162

转化为效果如图 2

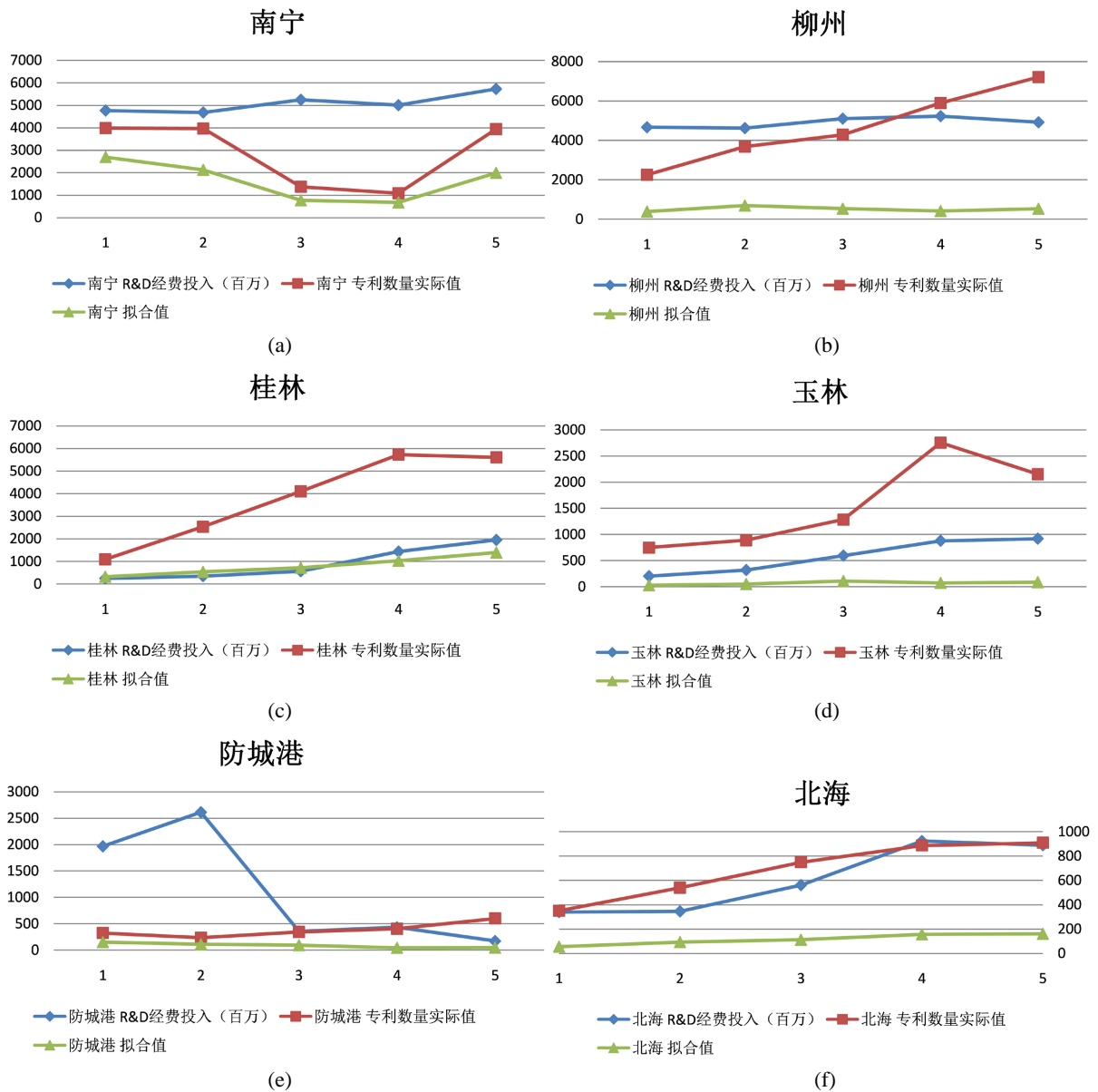


Figure 2. The number of R&D expenditure, patents and inventions in 6 urban areas of Guangxi in recent 5 years
图 2. 广西 6 城区近 5 年来 R&D 经费投入、专利和发明数量图

由图 2 表观察显示，以上 6 城市在 R&D 经费投入后转化为专利和发明数量有一定的关联关系，为此本文通过前述的半参数模型来分析科技 R&D 经费投入对专利和发明数量的估计，进而得到创新与广西经济发展的关系，从而实现为政府和相关决策者提供科学建议。

这里采用 min-max 标准化法将 R&D 经费投入、专利授权量的原始数据进行无量纲化处理。

首先构造混合面板数据模型：

$$Y_{it} = c_1 + cX_{it} + e_{1it} \tag{3.4}$$

$$M_{it} = c_2 + \alpha X_{it} + e_{2it} \tag{3.5}$$

$$Y_{it} = c_3 + c'X_{it} + bM_{it} + e_{3it} \tag{3.6}$$

其中, $i=1,2,\dots,6$ 分别代表南宁、柳州、桂林、玉林、防城港、北海 6 个地区, $t=1,2,\dots,5$ 分别代表 2017 年至 2021 年。 Y_{it} 为第 i 地区第 t 年的经济质量发展, X_{it} 为 i 地区第 t 年的 R&D 经费投入, M_{it} 为第 i 地区第 t 年的科技创新能力。使用 MATLAB 软件对以上 3 个式子进行估计, 得到以下结果如表 3。

Table 3. Regression results
表 3. 回归结果

	Coefficient	Std.Error	t-Statistic	Prob	显著性
c	1.0203671	0.1323892	9.2350101	0.0001	显著
a	0.8238921	0.1293726	5.2341895	0.0002	显著
b	0.7812901	0.1027361	3.6526829	0.0002	显著
c'	0.7810014	0.1392751	3.5831933	0.0003	显著

结果表明, 各参数指标具有显著性效果, 即以创新能力来研究 R&D 经费投入对广西经济质量的发展质量的影响是可行有效。

4. 半参数模型的实证研究

假设模型

$$M_{it} = \alpha_{1i} + c_i X_{it} + e_{it} \quad (4.1)$$

$$Y_{it} = \alpha_{2i} + \pi_i X_{it} + \phi_i M_{it} + v_{it} \quad (4.2)$$

$$\hat{\gamma}_i = \hat{\pi}_i \hat{\phi}_i \quad (4.3)$$

同上理, $i=1,2,\dots,6$ 分别代表 6 个地区, $t=1,2,\dots,5$ 分别代表 2017 年至 2021 年, π_i 表示中介变量 M_{it} 对自变量 X_{it} 产生的效应; ϕ_i 表示 Y_{it} 对中介变量 M_{it} 产生的效应, $\hat{\pi}_i, \hat{\phi}_i$ 分别是 π_i, ϕ_i 的估计值, 由上述回归结果可知, Y_{it} 、 M_{it} 与 X_{it} 存在显著的中介效应, 因此 $\hat{\gamma}_i$ 表示 X_{it} 通过中介变量 M_{it} 使得因变量 Y_{it} 产生的间接效应。

对 $\hat{\pi}_i$ 进行估计。

这里 $N=6, T=5, K=1$, 以上 3 项对应的残差 $\delta_1=0.06322, \delta_2=0.37853, \delta_3=1.27439$, 从而计算出

$$F_1 = \frac{(\delta_2 - \delta_1)/(6-1)*1}{\delta_1/[6*5-6*(1+1)]} = 17.9550, \quad F_2 = \frac{(\delta_3 - \delta_1)/(6-1)*(1+1)}{\delta_1/[6*5-6*(1+1)]} = 68.9689,$$

在 $\alpha=5\%$ 的显著性条件下, 查表得 F_1 被拒绝, 则使用变系数分析模型。

对 ϕ_i 进行估计。

这里 $N=6, T=5, K=2$, 以上 3 项对应的残差 $\delta_1=0.02312, \delta_2=0.0852, \delta_3=1.6532$, 从而计算出

$$F_1 = \frac{(\delta_2 - \delta_1)/(6-1)*1}{\delta_1/[6*5-6*(1+1)]} = 9.666, \quad F_2 = \frac{(\delta_3 - \delta_1)/(6-1)*(1+1)}{\delta_1/[6*5-6*(1+1)]} = 11.2808,$$

在 $\alpha=5\%$ 的显著性条件下, 查表得 F_1 被拒绝, 则使用变系数分析模型。

在 MATLAB 软件中采用最小二乘法进行回归分析进行对 π_i, ϕ_i 估计(表 4), 得出 $\hat{\pi}_i, \hat{\phi}_i$ 。

对以上 π_i, ϕ_i 的估计值 $\hat{\pi}_i, \hat{\phi}_i$ 带入模型, 计算 $\hat{\gamma}_i$ 的结果如下表 5。

由表 4 可知, 除南宁以外, 以上 π_i, ϕ_i 为正值, 则 R&D 经费投入对发明数量的影响是正相关的, 即对经济发展质量正相关, 因为 2019 年至 2021 年间疫情影响, 相关性较低, 南宁甚至出现负值, 使得研

究失真。由表 5 可知, 对由 $\hat{\gamma}_i$ 代表的各市 R&D 经费投入通过作用于专利授权量而对经济发展质量产生的影响程度, 相关性由高到低的市区依次为桂林、北海、柳州、玉林、防城港、南宁。

Table 4. Parameter π_i, ϕ_i estimated value

表 4. 参数 π_i, ϕ_i 估计值

南宁		柳州		桂林		玉林		防城港		北海	
$\hat{\pi}_1$	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\pi}_2$	$\hat{\phi}_2$	$\hat{\pi}_3$	$\hat{\phi}_3$	$\hat{\pi}_4$	$\hat{\phi}_4$	$\hat{\pi}_5$	$\hat{\phi}_5$	$\hat{\pi}_6$	$\hat{\phi}_6$
-1.803	-1.443	8.321	0.946	13.078	3.233	6.436	0.234	0.643	0.0652	4.542	2.023

Table 5. Parameter γ_i estimated value

表 5. 参数 γ_i 估计值

南宁	柳州	桂林	玉林	防城港	北海
$\hat{\gamma}_1$	$\hat{\gamma}_2$	$\hat{\gamma}_3$	$\hat{\gamma}_4$	$\hat{\gamma}_5$	$\hat{\gamma}_6$
2.602	7.876	42.285	1.512	0.042	9.188

将表 π_i, ϕ_i 和 γ_i 的各结果带入带有中介函数半参数数据模型式(4.3)中, 得出南宁、柳州、桂林、玉林、防城港、北海 6 个地区的最终回归拟合结果见表 6。

Table 6. Final regression fitting results

表 6. 最终回归拟合结果

年份	南宁			柳州			桂林		
	R&D 经费投入(百万)	专利数量实际值	拟合值	R&D 经费投入(百万)	专利数量实际值	拟合值	R&D 经费投入(百万)	专利数量实际值	拟合值
2017	4772	3985	2697	4668	2256	392	252	1092	324
2018	4684	3967	2128	4623	3687	700	356	2541	542
2019	5250	1373	3010	5107	4290	890	574	4107	719
2020	5010	1086	2791	5235	5899	1203	1440	5729	1346
2021	5731	3939	4969	4922	7213	1092	1956	5613	1896
年份	玉林			防城港			北海		
	R&D 经费投入(百万)	专利数量实际值	拟合值	R&D 经费投入(百万)	专利数量实际值	拟合值	R&D 经费投入(百万)	专利数量实际值	拟合值
2017	205	750	32	1968	325	154	340	351	56
2018	321	890	154	2613	236	823	346	540	63
2019	597	1286	312	357	345	95	562	750	190
2020	880	2756	478	434	406	141	924	887	230
2021	920	2153	389	174	601	56	890	909	175

其拟合效果图如图 3。

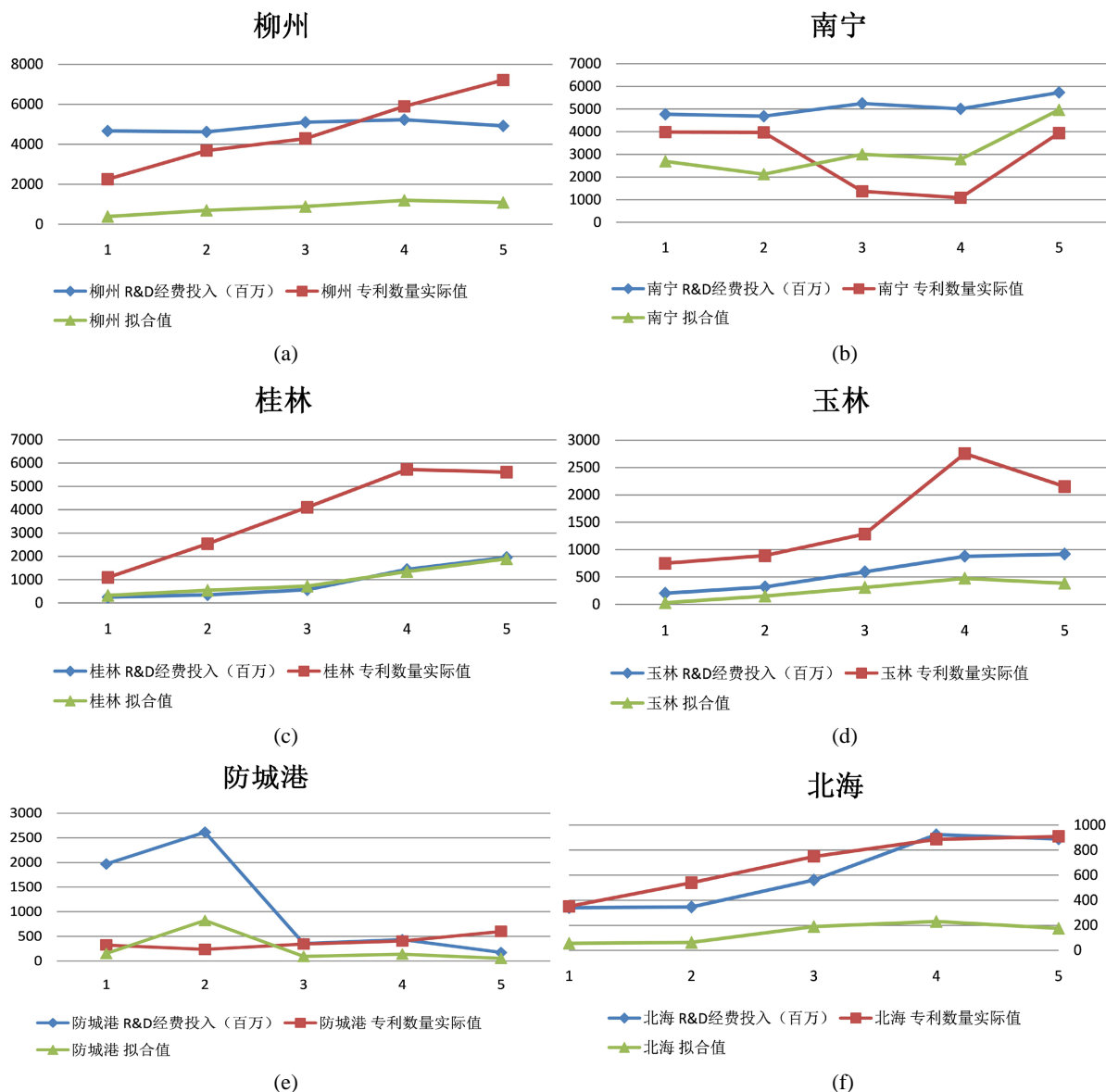


Figure 3. Theoretical estimation of patents and inventions in 6 cities of Guangxi in recent 5 years
 图 3. 广西 6 城区近 5 年来专利和发明数量理论估计图

半参数模型的回归拟合结果如表 6 和图 3 显示，柳州、桂林、玉林和北海随着 R&D 投入增加，专利授权量和发明数量会而增加；防城港在 2019 至 2021 年间 R&D 投入下降明显，专利授权量和发明数量并未下降较多，但总体数量一直处于较低水平；南宁随着 R&D 投入增加，2019 至 2021 年间专利授权量出现大幅下降并明显回升，显示为一定滞后性；以上后两种现象究其原因因为南宁受疫情影响，玉林、防城港的部分城市数据的缺失等，同时，且因政府提供数据有限，5 年时间作为研究周期时间较短等因素通过插值拟合的原始数据具有不确定性导致。

为了进一步说明模型的预测效果，计算模型估计的均方误差 MSE 和平均绝对误差 MAE，

$$\text{其中 } \text{MSE} = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \hat{y}_{ij})^2}, \text{MAE} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |y_{ij} - \hat{y}_{ij}|, y_{ij} \text{ 为各区域产生专利和发明的实际值,}$$

\hat{y}_{ij} 为各区域产生专利和发明的估计值。

经计算得：专利授权量的均方误差和平均绝对误差为 $MSE = 0.0305$, $MAE = 0.0411$, 发明数量的均方误差和平均绝对误差为 $MSE = 0.0421$, $MAE = 0.0351$, 值均比较小且不足 5%, 因此得到半参数模型的估计结果具有较高的精度和较小的误差。

5. 结语

本研究基于半参数模型分析了科技创新对广西经济发展的影响, R&D 经费投入与专利授权量和发明数量成正相关性, 虽然短期来看部分结果出现失真现象, 但长期来看, R&D 经费投入转化为科技创新产出至关重要, 我们应该更加重视 R&D 经费投入的质量。R&D 经费投入的越多并不能说明创新能力就能提升的越高, 在提高自主创新能力、建设创新强国的过程中, 不仅要持续加大 R&D 经费投入的力度, 而且要更加重视 R&D 经费投入的结构和效率。

然而, 本研究存在一些不足之处需要进一步完善和深化。首先, 在半参数模型的设定中, 本文仅考虑了 R&D 经费投入、专利授权数量、发明数量的科技创新与广西经济发展的关系, 尚未涉及其他可能相关因素的影响。未来的研究可以进一步探讨科技创新与其他因素的相互作用, 以更全面地理解科技创新对广西经济发展的影响机制。其次, 本研究选取的数据样本和变量也存在一定局限性, 未来的研究可以考虑拓展样本的时间范围和类型, 以及引入更多细致的变量, 以提高研究的准确性和可靠性。

未来的研究可以从以下几个方向拓展。首先, 可以通过深入调查和实地观察, 进一步探讨广西科技创新的现状和特点, 为科技创新政策的制定和实施提供更具体的建议。其次, 可以拓展研究范围, 比较不同地区、不同产业间科技创新对经济发展的影响差异, 并深入研究背后的原因。最后, 可以结合广西经济发展的实际情况, 探索科技创新在培育新兴产业、推动转型升级等方面的具体应用。

基金项目

本文系 2021 年度广西区中青年教师科研基础能力提升项目, 题目: 基于半参数模型的科技创新对广西经济发展的影响研究, 编号: 2021KY1647。

参考文献

- [1] 谭雪燕, 巫德富. 科技创新驱动广西高质量发展研究[J]. 广西经济, 2022(4): 30-33.
- [2] Coe, D.T. and Helpman, E. (1995) International R&D Spillovers. *European Economic Review*, **39**, 859-887. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(94\)00100-E](https://doi.org/10.1016/0014-2921(94)00100-E)
- [3] 常青. 科技创新推动区域经济高质量发展的对策研究——以广西为例[J]. 安徽科技, 2020(8): 30-33.
- [4] 杨明海, 张红霞, 孙亚男, 李倩倩. 中国八大综合经济区科技创新能力的区域差距及其影响因素研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2018, 35(4): 3-19.
- [5] 马洪雷. 广西战略新兴产业科技人才激励与绩效研究[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西民族大学, 2019.
- [6] 谭建新, 廖鸣霞. 广西创新成效驱动因素的贡献率研究——基于 LMDI 模型的经验分析[J]. 广西财经学院学报, 2020, 33(5): 83-96.
- [7] 叶娟惠, 叶阿忠. 科技创新、产业结构升级与碳排放的传导效应——基于半参数空间面板 VAR 模型[J]. 技术经济, 2022(10): 12-23.
- [8] 陈洁. 基于半参数模型的科技创新对经济发展质量的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆工商大学, 2020.
- [9] 刘玉. 一类广义空间滞后半参数变系数面板模型的估计和应用[D]: [博士学位论文]. 厦门: 厦门大学, 2018.
- [10] Härdle, W., Hall, P. and Marron, J.S. (1988) How Far Are Automatically Chosen Regression Smoothing Parameters from Their Optimum? *Journal of the American Statistical Association*, **83**, 86-95. <https://doi.org/10.1080/01621459.1988.10478568>