

基于多元线性回归的R&D经费对广西经济发展质量的影响分析

唐培铭¹, 张家辉¹, 贺峰², 刘映伶^{3*}

¹桂林信息科技学院机电工程学院, 广西 桂林

²桂林信息科技学院信息工程学院, 广西 桂林

³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16日; 录用日期: 2023年10月17日; 发布日期: 2023年10月27日

摘要

针对广西2011年~2020年广西创新经济可持续发展状况进行评价, 首先引入“专利数量”、“发明人数”、“科研经费投入比例”、“高新技术产品出口比例”、“产业集群规模”、“创新型企业数量”、“核心技术自主知识产权成交额”、“研发支出占营业收入比例”、“开发新产品数量”。“就业增长”、“生活消费水平”、“恩格尔系数”利用改进的灰色关联度对其进行评估, 并对评估后的综合评价进行进一步数值分析; 最后, 通过多元线性回归模型对广西省6个地区进行评价并提出建议。

关键词

研究与试验发展经费, 经济发展质量, 灰色关联度, 多元线性回归

The Impact of Technological Innovation on Guangxi Economic Development Based on Multiple Linear Regression R&D

Peiming Tang¹, Jiahui Zhang¹, Feng He², Yingling Liu^{3*}

¹College of Mechanical Electrical and Engineering, Guilin Institute of Information Technology, Guilin Guangxi

²College of Information Engineering, Guilin Institute of Information Technology, Guilin Guangxi

³Department of Mathematics Teaching and Research, Guilin Institute of Information Technology, Guilin Guangxi

Received: Sep. 16th, 2023; accepted: Oct. 17th, 2023; published: Oct. 27th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 唐培铭, 张家辉, 贺峰, 刘映伶. 基于多元线性回归的 R&D 经费对广西经济发展质量的影响分析[J]. 理论数学, 2023, 13(10): 2985-2993. DOI: 10.12677/pm.2023.1310307

Abstract

This study evaluates the sustainable development of innovation economy in Guangxi from 2011 to 2020, First, it introduces “The number of patents”, “The number of inventors”, “The proportion of R&D funds invested”, “The proportion of high-tech products exported”, “The scale of industrial clusters”, “The number of innovative enterprises”, “The turnover of independent intellectual property rights of core technologies”, “The proportion of R&D expenditure to operating income” and “The number of new products developed”. “Employment growth”, “Living consumption level” and “Engel’s coefficient” are evaluated by using the improved grey correlation degree, and the comprehensive evaluation after the evaluation is further analyzed numerically, this paper evaluates 6 regions of Guangxi province by multiple linear regression model and puts forward some suggestions.

Keywords

R&D, Quality of Economic Development, Grey Correlation Degree, Multiple Linear Regression

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

党的二十大报告指出，全社会 R&D 经费支出从 10,000 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。党的十八大以来，习近平总书记先后两次赴广西考察调研，总书记叮嘱我们，要加大创新支持力度，优化创新生态环境，推动各类创新要素向企业集聚，激发创新活力，推动科技成果转化，壮美广西。由于广西属于发展落后地区，要实现经济快速复苏、战略转型及经济可持续发展迫在眉睫，则需要在传统经济技术基础上充分利用科技创新在经济发展过程中的支撑和引领作用，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。

自 R&D 经费概念提出以来，国内不少学者对其进行了不同层次不同层面的研究。梁亚民[1] (2012)认为，如果说经济增长的速度是由经济发展数量来反映的，那么经济增长的优劣程度则是由经济发展质量来反映的；张红[2] (2015)认为经济的高质量发展离不开一个地区从各个角度的持续增长等方面入手；李俊成[3] (2017)认为 R&D 资金投入与科技创新主要解决问题：本项目通过对广西壮族自治区南宁、柳州、桂林、玉林、钦州、北海 6 个地区的近 10 年来 R&D 经费投入对经济发展质量影响的现状研究，建立灰色关联度的指标评价体系模型，发现广西当下 R&D 经费配置在科技创新促进提高经济发展质量的普遍性问题和有益经验，进而探索新型的科学配置技术，提出该 6 个地区的经济可持续发展及战略转型的可行性建议和措施，为广西区 R&D 经费合理配置的升级改造贡献一部分力量。

2. 数据来源与模型假设

本文数据来源于《国家知识产权局》、《教育部》、《国家统计局》、《国家工信部》、《中国统计年鉴》。为了接近问题提出以下假设：1) R&D 经费的投入水平与经济发展质量呈正相关关系。即 R&D

经费的投入越多,经济发展质量越高。2) R&D 经费的投入水平对经济增长率的提升有滞后效应。即 R&D 经费的投入不能立刻带来经济增长率上升。3) 不同地区的 R&D 经费投入水平与经济发展质量呈现一定的差异性。即不同地区的经济水平、产业结构、区域特色等因素会影响 R&D 经费对经济发展的作用。

3. 广西 6 个地区 R&D 经费投入情况的分析策略

3.1. 指标选取与评价体系的构建

根据问题要求,我们首先通过经济意义的分析,从科技、产业、企业、生活四个方面选取指标,结合实际情况构建广西省 R&D 经费对经济发展质量影响的指标体系模型如图 1 所示:

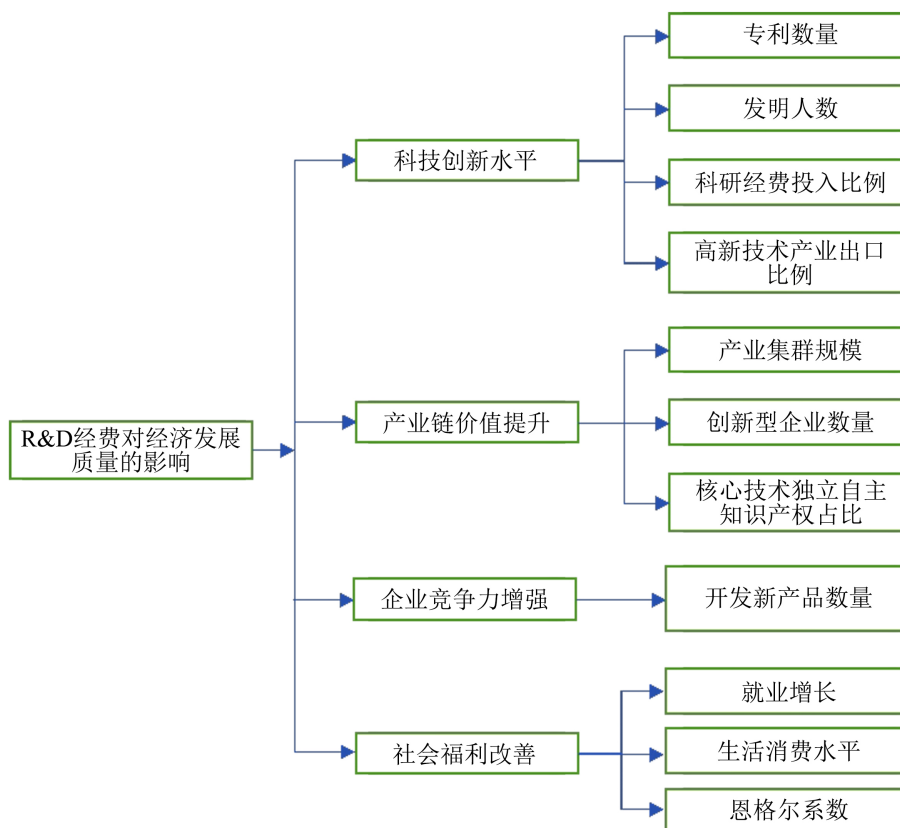


Figure 1. Index system model of the impact of R&D funds on the quality of economic development in Guangxi

图 1. 广西 R&D 经费对经济发展质量影响的指标体系模型

3.2. 指标选取的意义

1) **专利数量:** 从宏观层面来看专利数量是科技创新成果的重要表现形式,而 R&D 经费主要是用于促进科技创新而专利数量可以较客观地反映一个地区或国家的科技创新成果。专利数量直接关系到创新型企业的竞争力。拥有大量专利可以增强创新型企业的技术含量和核心竞争力,提升在国际市场上的地位和声誉。专利数量也可以带来高额的经济效益。同时,更多的专利能够为企业自身和整个行业提供技术保护和技术支持,有利于推动相关产业的发展。故我们选取专利数量来作为主要因素之一。

2) **研究与试验发展人员全时当量:** R&D 人员全时当量直接反映了一个国家或组织在科学研究和技术创新方面的人力资源投入。R&D 活动需要具备高水平的科研人员,他们能够进行创新性的研究工作。

较多的 R&D 人员全时当量通常意味着该国家或组织拥有更多的科研人才,可以为科学研究和技术创新提供更充足的人力资源。

3) 高技术产品占商品出口贸易总额比重: 高技术产品占商品出口贸易总额比重反映了一个国家或地区在高技术产业领域的竞争力和创新能力。高技术产品通常是基于科学研究和技术创新的成果,具有较高的附加值和竞争力。较高的高技术产品占比意味着该国家或地区在高技术领域的研发投入和创新成果较多,能够生产出有竞争力的高技术产品,并将其成功推向国际市场。

4) 技术市场成交额: 技术市场成交额反映了科技创新的商业化和市场化程度。R&D 活动的最终目标是将科技研究的成果转化为商业化产品或服务,并在市场上取得成功。技术市场成交额可以反映出 R&D 经费对商业化和市场化的支持程度。较高的技术市场成交额意味着更多的科技创新成果得以转化为商业化产品或服务,并在市场上取得良好的销售业绩。

5) 高技术产业新产品开发项目数: 高技术产业新产品开发项目数反映了一个国家或地区在高技术领域的研发投入和创新活动。新产品开发是科技创新的重要表现形式之一。较多的高技术产业新产品开发项目数意味着该国家或地区在高技术领域的研发活动较为活跃,能够投入更多的 R&D 经费来开展新产品的研发工作。

6) 生活消费水平: 居民消费水平是指居民在物质产品和劳务的消费过程中,对满足人们生存、发展和享受需要方面所达到的程度。通过消费的物质产品和劳务的数量和质量反映出来。

7) 恩格尔系数: 恩格尔系数是根据恩格尔定律得出的比例数,是表示生活水平高低的一个指标。主要表述的是食品支出占总消费支出的比例随收入变化而变化的一定趋势,其计算公式为:

$$\text{恩格尔系数} = \text{食品支出总额} / \text{家庭或个人消费支出总额} \times 100\%$$

8) 发明人数: 从宏观层面来看专利数量是科技创新成果的重要表现形式,而 R&D 经费主要是用于促进科技创新而专利数量可以较客观地反映一个地区或国家的科技创新成果。专利数量直接关系到创新型企业的竞争力。拥有大量专利可以增强创新型企业的技术含量和核心竞争力,提升在国际市场上的地位和声誉。专利数量也可以带来高额的经济效益。同时,更多的专利能够为企业自身和整个行业提供技术保护和技术支持,有利于推动相关产业的发展。故我们选取专利数量来作为主要因素之一。

9) 科研经费投入比例: 科学技术是推动现代经济发展的重要力量。高质量的 R&D 活动需要有足够的科研经费投入支持,科研经费投入比例可以较客观地反映一个地区或国家在科学技术领域的发展重视程度。投入充分并合理使用的科研经费可以提高科技创新、提升企业核心竞争力、促进产业升级和转型发展,为经济增长和就业创造更大的贡献。

10) 就业增长: 就业增长可以反映一个企业或国家通过技术创新和研发带来的经济效益。越来越多的企业或国家意识到,科技创新和研发不仅能够推动产业转型升级,还可以创造和维护更多的就业机会。就业增长是促进社会经济和政治稳定的重要手段之一。随着就业压力的不断增加和社会对群众就业问题的高度关注,通过技术创新和研发所带来的就业增长对于维护社会稳定、促进社会和谐至关重要。计算公式如下:

$$\text{就业增长} = (\text{某个时期新增的就业人数} / \text{全部就业人数}) \times 100\%$$

11) 开发新产品数量: 开发新产品数量可以反映一个企业或国家在研究和创新领域的实际能力和水平。一个持续不断推出新产品的企业或国家意味着其拥有更高的技术创新和研发能力,有助于企业或国家提高市场份额、附加值和利润。开发新产品数量是推动产业转型升级和经济发展的重要途径和手段。通过不断开发和推出符合市场需求的新产品,可以促进技术进步和产业升级,推动经济的可持续发展。

$$\text{开发新产品数量} = \text{某个时期推出的新产品数量}$$

4. 广西省 R&D 经济投入状况评估

4.1. 数据的选取与处理

对构建的 7 个指标分别与 R&D 经费投入总量进行关联性分析,我们分别运用灰色关联度和相关系数两种方法进行分析,并将最后的结果进行综合排序得到排序指标模型,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:

Table 1. Individual metrics evaluate data
表 1. 各个指标评估数据

符号	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
<i>F</i>	1	1.185497	1.363716	1.498288	1.631159	1.804622	2.026722	2.265216	2.54905	2.808002
<i>T</i>	1	1.255489	1.455331	1.445647	1.713353	2.121303	2.263968	2.646781	2.681897	3.180068
<i>E</i>	1	1.126257	1.22546	1.287062	1.303781	1.345161	1.399098	1.519736	1.66521	1.815643
<i>I</i>	1	1.013841	1.034602	0.975779	0.99654	0.99654	1.024221	1.038062	1.010381	1.038062
<i>R</i>	1	1.351315	1.567972	1.800582	2.064798	2.394633	2.818107	3.715167	4.702027	5.930756
<i>S</i>	1	1.249557	1.459778	1.424376	1.158559	1.398388	1.709891	1.976308	2.353302	2.769826
<i>L</i>	1	1.110988	1.230344	1.359331	1.488554	1.642011	1.813072	1.992817	2.17114	2.166009
<i>G</i>	1	0.982143	0.928571	0.922619	0.910714	0.895833	0.872024	0.845238	0.839286	0.89881

4.2. 研究方法

1) 求灰色关联度[4]

灰色系统理论是一种用灰色关联度顺序来描述因素之间关系强度,大小和次序的。其基本思想为:以因素的数据为依据,用数学的方法找到研究因素之间的几何关系。即曲线越接近,相应序列之间的关联度就越大,反之就越小。

$$\xi_{\text{关联度}} = \frac{\min_{i,k} \min_{i,k} |x'_{0(k)} - x'_{i(k)}| + \xi \cdot \max_{i,k} |x'_{0(k)} - x'_{i(k)}|}{\Delta_{0j(k)} + \xi \cdot \max_{i,k} |x'_{0(k)} - x'_{i(k)}|} \quad (1)$$

如果关联度越大,也就意味这 $x_{i(k)}$ 与最优指标 $x_{0(k)}$ 最为接近,即第 i 个被评价的对象优于其他指标,那么可以推出评价对象的优劣程度。

2) 计算各个指标的关联度

利用 MATLAB 求得各个指标然后将他们取平均值后的最终关联度见表 2:

Table 2. The final correlation of individual metrics
表 2. 各个指标最终关联度

名次	1	2	3	4	5	6	7
指标 ζ 值	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>E</i>	<i>I</i>	<i>R</i>	<i>G</i>
	0.94	0.92	0.90	0.83	0.74	0.72	0.72

3) 指标的选取

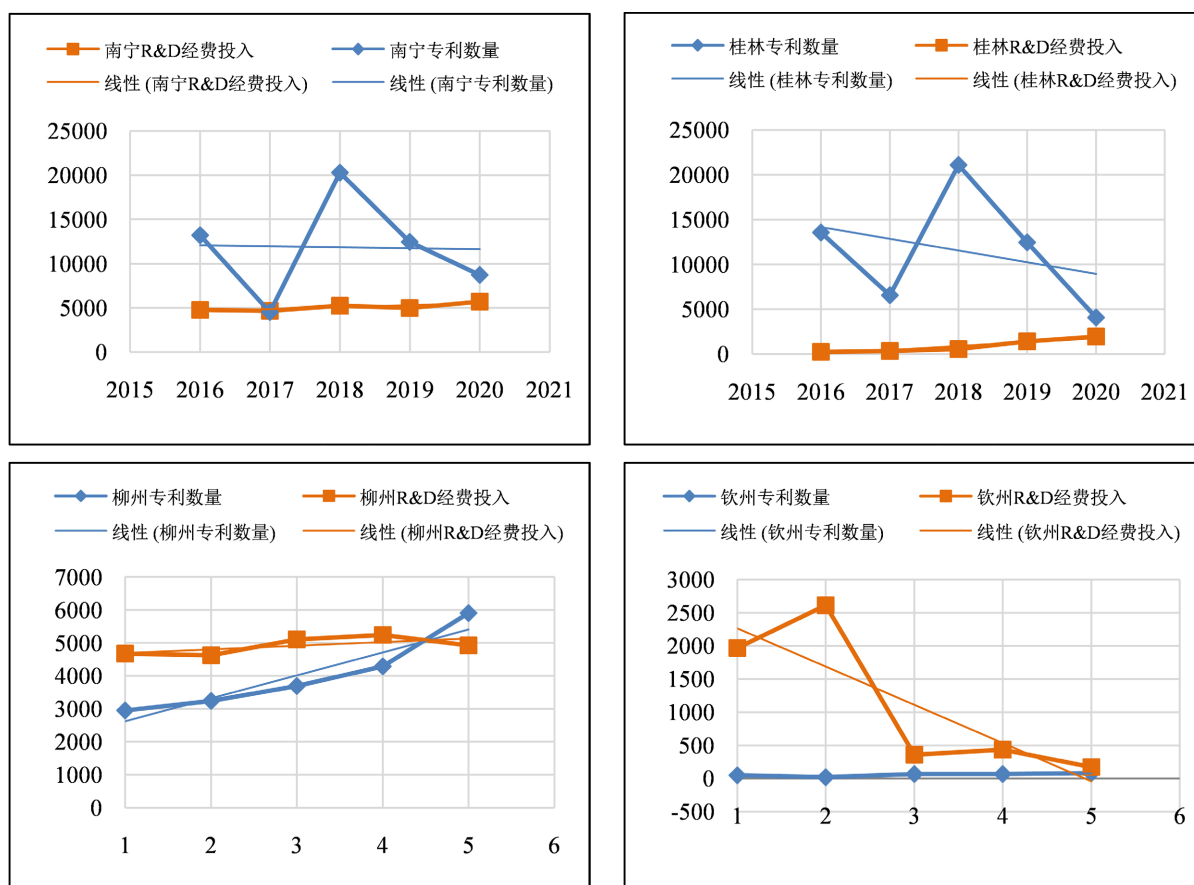
根据图 2 和表 2 我们可以清晰的观察到。在 2011 年到 2020 年这段时期不同指标对 R&D 经费对经济发展质量影响的关联性大小及排序, 可以发现各个指标都有一定的关联性, 然而对主要指标选取原则, 应该具有一定的主观因素。故, 根据数据我们按照 $\delta > 0.8$ 为标准对指标进行筛选。可知在 2011 年到 2020 年, R&D 经费对经济发展质量影响的有: 专利数量(T)、高技术产业新产品开发项目数(S)、生活消费水平(L)、研究与试验发展人员全时当量(E)这四个指标但由于数据的难获取等各个因素我们将研究与试验发展人员全时当量(E)替换为技术市场成交额(R)从而便于计算且模型更贴合实际。

5. 基于多元线性回归对广西 6 个城市 R&D 经费投入评价

5.1. 数据处理

本研究数据来源主要来源于广西统计局和六个城市各年份统计年鉴、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。

由于政府的保密因素和一些其他不可抗因素我们通过对广西自治区南宁、柳州、桂林、玉林、钦州、北海六个城市的相关指标数据于实际数据会有偏差, 即不同平台数据各不相同。所以我们对所取数据进行初值化处理使得数据所求出结果更加贴合实际。根据寻找到的数据我们将其进行可视化处理如下图 2 所示:



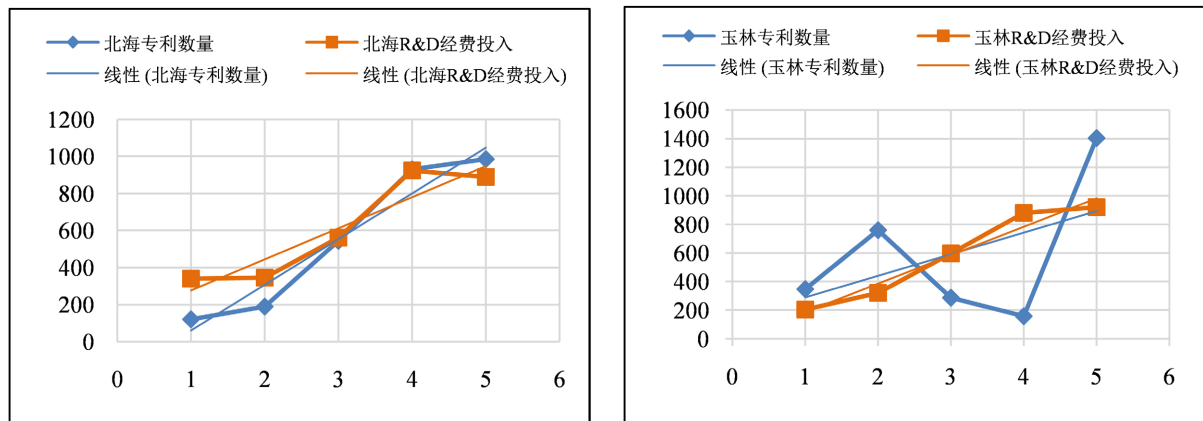


Figure 2. Schematic diagram of the number of patents and R&D funding investment in the past five years in the six cities of Guangxi

图 2. 广西 6 城近 5 年来专利数量与 R&D 经费投入情况示意图

结合模型我们可以看到该城市专利数量的多少再部分城市中可以看出明显的影响趋势，随着 R&D 投入增加，专利数量会而增加；南宁和桂林以及钦州在 2019 年到 2021 年间专利数量有明显下降，这种情况其原因与疫情影响。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效果，我们对其进行多元线性回归对其评价效果进行分析。

5.2. 研究方法[5]

$$F = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (2)$$

其中， F 是因变量， X_1, X_2, \dots, X_n 是自变量， $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ 是回归系数， ε 是随机误差。我们将专利数量、高技术产业新产品开发项目数、生活消费水平、技术市场成交额作为自变量，R&D 经费投入作为因变量。

5.3. 结果分析

用 Matlab 进行求解我们可以得到结果如下公式和：

$$F = -149.29 + 0.00548X_1 - 0.1934X_2 - 0.1669X_3 + 0.00609X_4 \quad (3)$$

Table 3. Multiple linear regression data results

表 3. 多元线性回归数据结果

	$bint$		r	$rint$	
-149.29	-384.51	85.9271	-0.5687	-7.7953	6.65784
0.00548	-0.0001	0.0111	0.44411	-5.1989	6.08712
-0.1934	-0.4343	0.04757	0.15174	-1.7763	2.0798
-0.1669	-0.4779	0.1442	1.36472	-15.976	18.7051
0.00609	-0.003	0.01514	-2.0859	-28.589	24.4177
$stats$	R^2	F	p	s^2	
	0.99760295	104.045	0.07338	7.2387	

其中： α 为显著性水平(缺省时默认为 0.05)，文章取用 0.1，表示的是 90%的置信区间； b , $bint$ 为回归系数估计值和它们的置信区间； r , $rint$ 为残差(向量)及其置信区间。 $stats$ 是用于检验回归模型的统计量，有 4 个数值：第一个是拟合优度 R^2 ，第二个是对方程整体显著性检验的 F 检验第三个是 p 值，第四个是误差方差的估计值 s^2 。

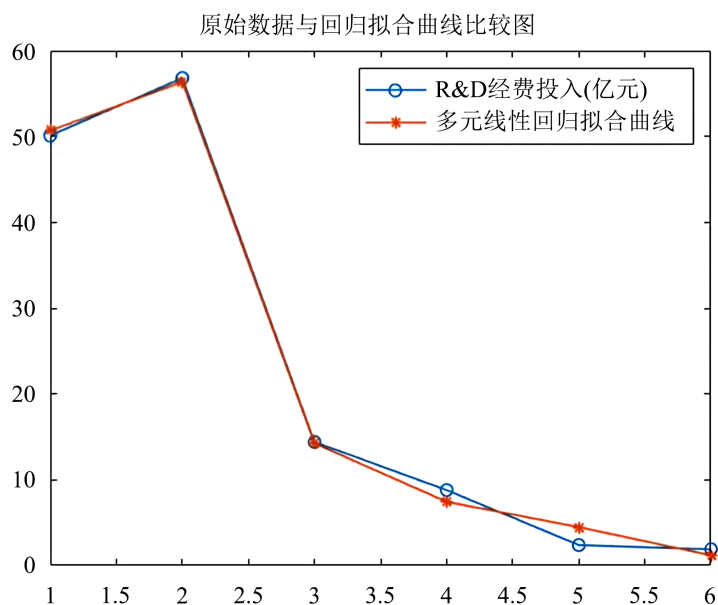


Figure 3. Comparison plot of raw data and regression fitted curves
图 3. 原始数据与回归拟合曲线比较图

由上表 3 数据和图 3 可知, $R^2 = 0.9976$ 表示因变量 F (综合分数) 的 99.76% 可由模型确定, F 值远远超过 F 检验的临界值, p 小于 α , 因而该回归模型从整体来看是可用的。

6. 结束语

6.1. 结论

通过以上所运用的经费对经济发展质量影响的指标体系模型、灰色关联度模型和多元线性回归模型对 R&D 经费对经济发展质量的影响进行分析。发现专利数量、高技术产业新产品开发项目数、生活消费水平、技术市场成交额这四个指标对于综合评价值的贡献最大, 其次, 以评估后的综合评价值作为该指标的对应数值, 利用多元线性回归模型对广西区六个城市的 R&D 经费投入状况做出评价, 可以看出 2020 年这四个指标对于 R&D 经费投入的影响最大, 故政府在 R&D 投入可以优先对这四个指标的领域加强投入。

6.2. 建议

1) 加强知识产权保护和创新支持: 鼓励企业进行专利申请和技术创新, 提高专利数量和高技术产业新产品开发项目数。政府可以加大对创新型企业的扶持力度, 提供专业培训、科研经费支持和税收优惠等政策, 吸引更多人才参与研发和创新活动。

2) 优化消费环境和提升消费体验: 政府可以加强对商业街区和购物中心的规划和管理, 提供更好的交通、停车和配套设施, 提升消费环境的便利性和舒适度。同时, 加强对商品质量和服务质量的监管, 提高消费者的信心和满意度。

3) 提高研发人员的待遇和工作环境: 政府应加大对研发人员的培养和引进力度, 提高他们的薪资待遇和福利保障, 提供更好的研究设施和资源支持。同时, 加强与高校、科研机构的合作, 搭建科研平台, 提供更多的科研项目和资金支持, 吸引更多优秀的研发人员来南宁等城市工作和生活。

4) 支持新兴消费领域的发展: 政府可以加大对新兴消费领域的扶持力度, 鼓励企业在新能源、智能

科技、健康养生等领域开展创新和发展。提供相关政策支持和资金扶持,引导企业加大投入,推动新兴消费领域的发展和壮大。

5) 加强消费者教育和培训:政府可以开展消费者教育活动,提高消费者对产品质量、服务质量和消费权益的认知。加强对消费者权益的保护和维护,建立健全的消费者投诉和纠纷解决机制,提高消费者的满意度和信心。

6) 促进产业升级和就业增长:政府可以加大对产业升级和新兴产业的支持力度,鼓励企业进行技术改造和创新,提高产品质量和竞争力。同时,加强职业培训和技能提升,提高就业人员的素质和能力,促进就业增长和收入提升。

总之,政府应加大对创新和知识产权保护的支持力度,提升消费环境和消费体验,优化研发人员的待遇和工作环境,支持新兴消费领域的发展,加强消费者教育和培训,促进产业升级和就业增长。通过这些措施的实施,可以提高南宁等城市的生活消费水平,促进经济的可持续发展。

基金项目

本文系 2023 年自治区级大学生创新创业训练计划项目,《广西 R&D 经费投入优化探究》,桂林信息科技学院唐培铭主持。

参考文献

- [1] 梁亚民. 经济增长质量问题研究综述[J]. 兰州商学院学报, 2012(2): 31-35.
- [2] 张红. 长江经济带经济发展质量测度研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 中国地质大学, 2015.
- [3] 李俊成, 马菁. R&D 资金投入与科技创新——基于融资环境视角的研究[J]. 中国科技论坛, 2017(2): 135-142. <https://doi.org/10.13580/j.cnki.fstc.2017.02.020>
- [4] 冉文学, 何丹丹. 基于灰色关联度分析模型的上海市港口物流与城市经济发展关系研究[J]. 物流科技, 2023, 46(15): 98-102+106. <https://doi.org/10.13714/j.cnki.1002-3100.2023.15.025>
- [5] 缪辉, 罗露璐. 基于多元线性回归模型的贵州省物流需求预测[J]. 物流科技, 2023, 46(8): 75-78. <https://doi.org/10.13714/j.cnki.1002-3100.2023.08.021>