

中国研究开发水平评估研究

——基于Python运用切比雪夫多项式

谢德濠, 黄莉莉, 何灿玲, 阎虎勤

厦门国家会计学院, 福建 厦门

收稿日期: 2023年5月24日; 录用日期: 2023年7月20日; 发布日期: 2023年7月28日

摘要

创新是衡量一个国家综合国力的重要组成部分, 也是国际竞争的重要因素。本文主要评估中国研发投入水平, 以期识别我国研发投入问题并给予建议。本文横向对比中国与发达国家的研发支出和研发成果, 发现中国与发达国家在研发投入和转化上存在差距。未来, 各国都将加大研发投入和重视研发投入转化, 我国与其仍将保持一定差距。本文还纵向分析了中国各地区和各行业的研发支出现状, 发现各地区各行业都加强研发支出, 但是仍存在研发支出投入不均衡的问题。同样的, 我们基于Python运用切比雪夫对各地区样本进行拟合, 预测出各地区研发支出和研发支出强度在未来五年内都将增加, 但是各地区增加幅度有差异, 各地研发投入差距将越来越大。

关键词

研发支出评估, 切比雪夫多项式, 拟合曲线, 研发成果转化

Study on the Evaluation of China's Research and Development Level

—Using Chebyshev Polynomials Based on Python

Dehao Xie, Lili Huang, Canling He, Huqin Yan

Xiamen National Accounting Institute, Xiamen Fujian

Received: May 24th, 2023; accepted: Jul. 20th, 2023; published: Jul. 28th, 2023

Abstract

Innovation is an important part of measuring a country's comprehensive national strength and an important factor in international competition. This paper mainly evaluates the level of China's R&D investment, in order to identify China's R&D investment problems and give suggestions. This

paper compares the R&D expenditure and R&D results of China and developed countries horizontally, and finds that there is a gap between China and developed countries in R&D investment and transformation. In the future, all countries will increase investment in research and development and attach importance to the transformation of research and development investment, and China will still maintain a certain gap with it. This paper also analyzes the current situation of R&D expenditure in various regions and industries in China, and finds that all regions and industries have strengthened R&D expenditure, but there is still a problem of uneven R&D expenditure. Similarly, based on Python, we use Chebyshev to fit the regional samples, and predict that each region will increase in R&D expenditure and R&D expenditure intensity in the next five years, but the increase varies from region to region, and the gap in R&D investment will become larger and larger.

Keywords

R&D Expenditure Assessment, Chebyshev Polynomial, Fitting Curves, Transformation of R&D Achievements

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

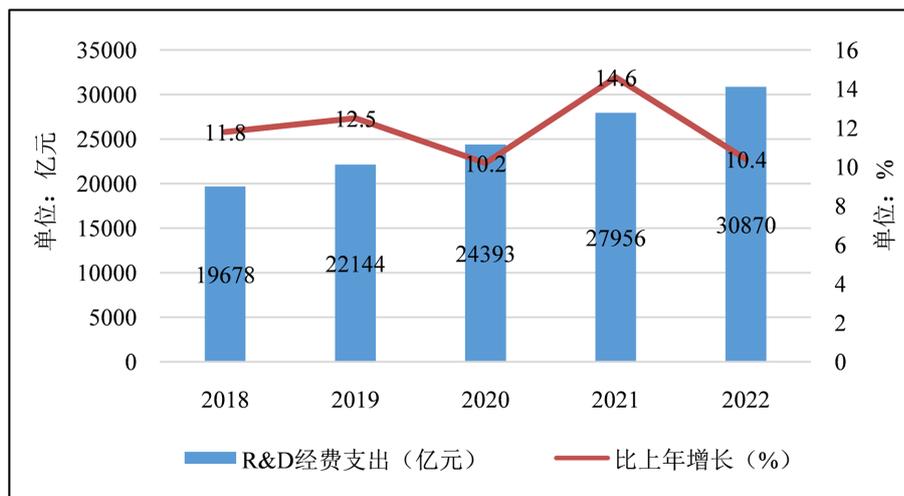


Figure 1. China's R&D expenditure and growth rate from 2018 to 2022

图 1. 2018~2022 年我国 R&D 经费支出及增长速度

科学和技术始终是影响人类命运和大国关系的重要变量，也是一个国家综合实力的体现。研发活动作为科技创新中至关重要的部分，是提升核心竞争力的关键所在，更是经济得以可持续发展的基础。中国重视研发活动的投入，国家统计局发布的《国民经济与社会发展统计公报》显示，2022 年我国研究与试验发展(R&D)经费支出 30,870 亿元，比上年增长 10.4% (见图 1)，与国内生产总值之比为 2.55%，其中基础研究经费 1951 亿元。国家自然科学基金共资助 5.19 万个项目。在此背景下，科学准确管理研发活动具有重要意义。对研发投入的评估有利于对研发活动科学准确的管理，研发投入评估具体包括：现有投入是否足够？投入产出成果如何？研发投入的地区和行业分布是否合理？本文通过分析这三个问题对

中国研发活动投入进行评估，识别出中国在研发水平投入上的问题，并相应给出我们的建议。

2. 研究思路

图 2 为本文研究框架图，本文通过比较中国与世界主要发达国家的研发投入和研发投入强度评价研发投入是否足够的问题；通过比较中国与世界主要发达国家科技论文产出与科技产品出口评价研发投入产出如何；通过分析研发投入地区和行业分布评价研发投入地区和行业分布是否合理；最后总体评估中国研发投入水平。

本文主要的创新点是使用 Python 工具运用切比雪夫多项式拟合数据，并在短时间内做出预测，评估中国研发投入在历史和未来水平，力求发现其中的问题，并给出建议。

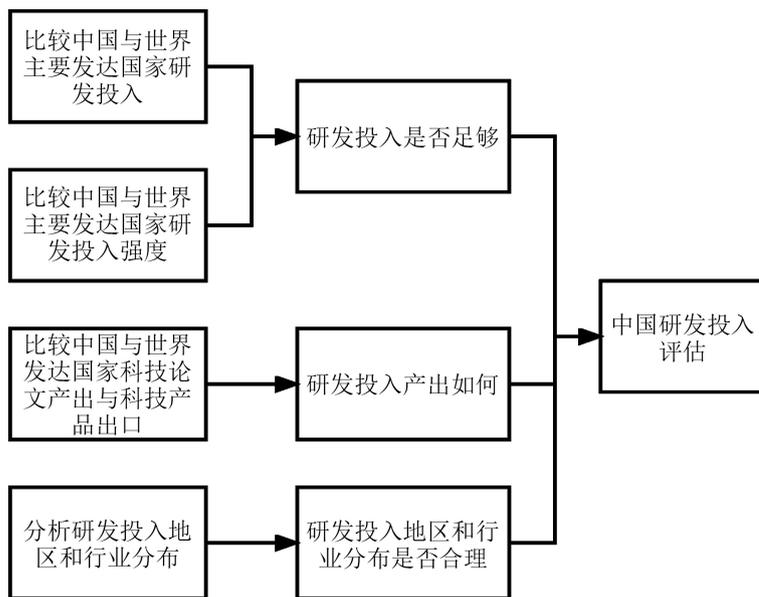


Figure 2. Research framework

图 2. 研究框架图

3. 研发投入水平分析

3.1. 数据获取

本文主要从世界银行网站¹科学与技术主题下所公布的各国数据中，选取了 R&D 支出强度(研发支出占 GDP 比重)、R&D 研究人员两项指标，体现对研发活动投入的财力资源和人力资源。基于数据来源完整性和可比性的考虑，我们选取了 2000 年至 2020 年作为历史数据，对象选择方面，基于地域分布的考虑，我们选取日本、韩国、德国、美国作为与中国宏观研发投入的比较主体。美洲、亚洲和欧洲是全球研发活动最为活跃的地区，呈现三足鼎立之势，美国、日本、德国、韩国等国作为大型高收入经济体，均在绝对创新表现上拥有优势和中国一道是全球研发经费投入排名前 7 位的国家，同时也在历年《全球创新指数报告》和《国家创新指数报告》排名中均名列前茅，是公认的创新型国家。选择上述四国与中国展开国际比较具有规模上的可比性，对探析我国与创新型国家创新能力的差距提供宏观层面的参考视角。

运用切比雪夫多项式对 2021~2025 年五国数据进行预测和拟合(代码见附录 1-3)，输出结果为下图 3~12 (输出原始数据分别见附录 1-1、1-2、1-4 和 1-5)。

¹世界银行网址：<https://data.worldbank.org/>。

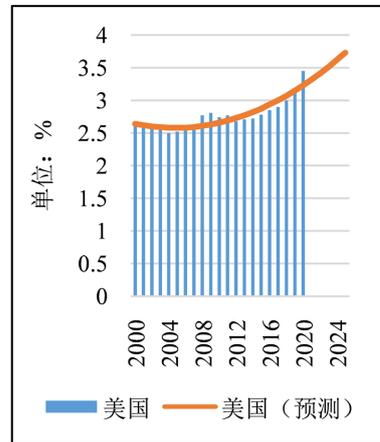


Figure 3. Trend chart of R&D intensity sample and forecast trend in the United States

图 3. 美国研发强度样本趋势及预测趋势图

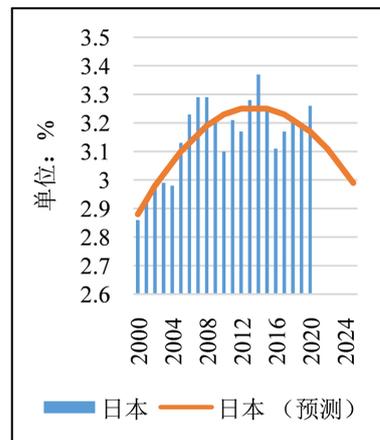


Figure 4. Japanese R&D intensity sample trend and forecast trend chart

图 4. 日本研发强度样本趋势及预测趋势图

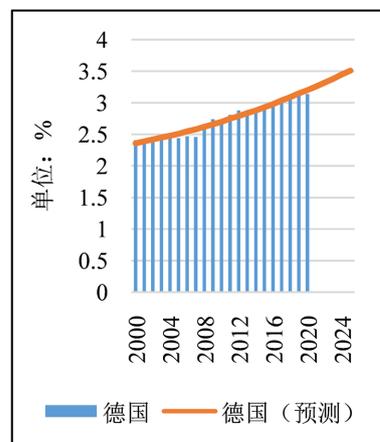


Figure 5. Trend chart of R&D intensity sample and forecast trend in Germany

图 5. 德国研发强度样本趋势及预测趋势图

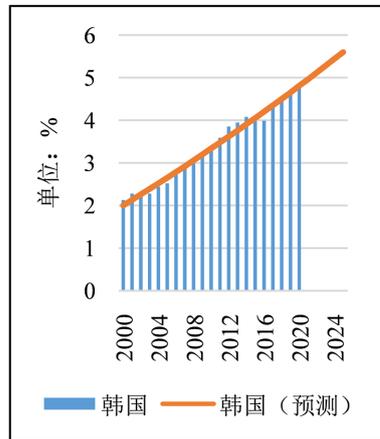


Figure 6. Sample trend and forecast trend chart of R&D intensity in Korea

图 6. 韩国研发强度样本趋势及预测趋势图

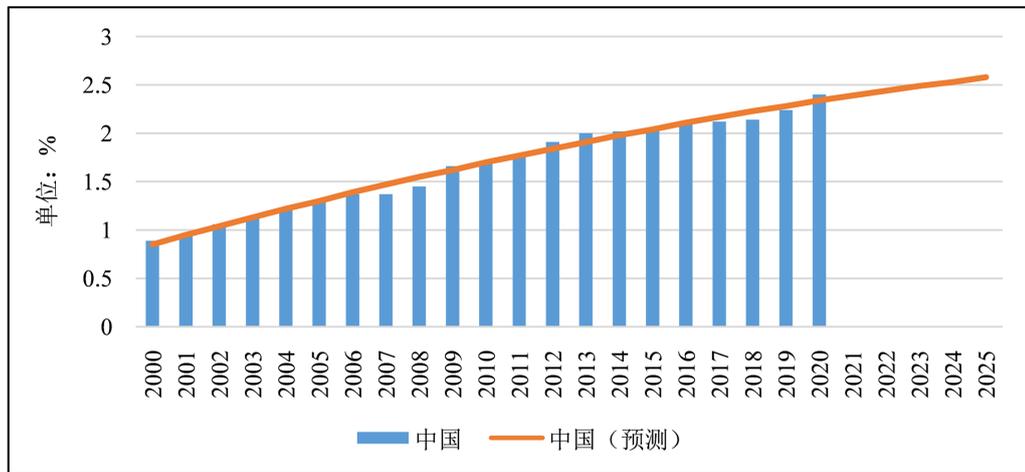


Figure 7. Sample trend and fitting trend of R&D personnel in China

图 7. 中国研发人员数量样本趋势及拟合趋势图

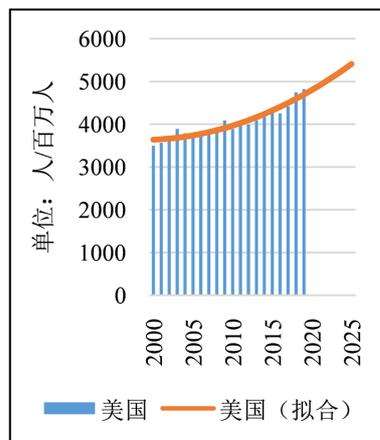


Figure 8. Trend of the number of R&D personnel in the United States and the trend of fit

图 8. 美国研发人员数量样本趋势及拟合趋势图



Figure 9. Japanese R&D personnel sample trend and fitting trend chart

图 9. 日本研发人员数量样本趋势及拟合趋势图

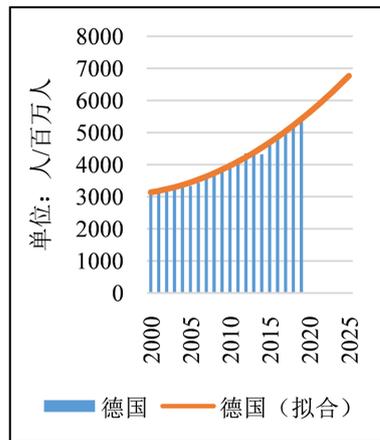


Figure 10. Trend of the number of R&D personnel in Germany and the trend of fit

图 10. 德国研发人员数量样本趋势及拟合趋势图

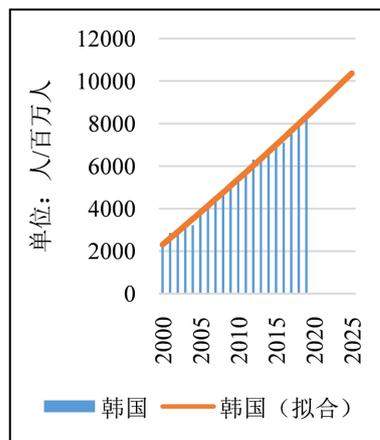


Figure 11. Trend of sample size and fitting trend of R&D personnel in Korea

图 11. 韩国研发人员数量样本趋势及拟合趋势图

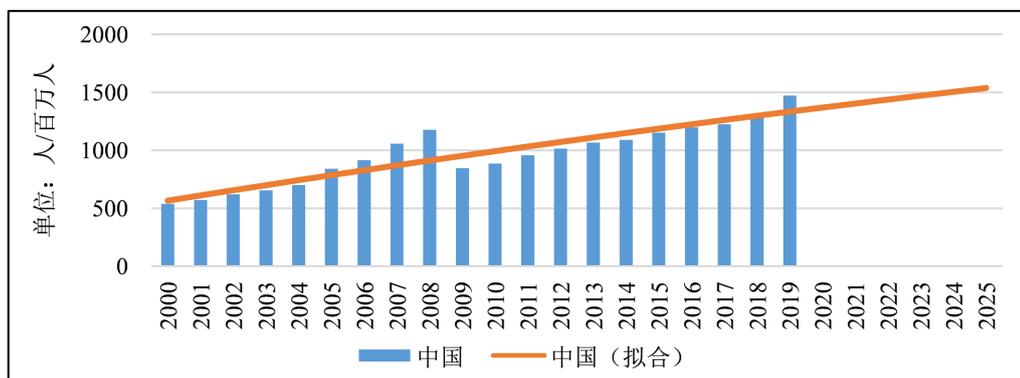


Figure 12. Sample trend and fitting trend of R&D personnel in China
图 12. 中国研发人员数量样本趋势及拟合趋势图

3.2. R&D 支出强度

R&D 支出强度是指一个国家或者地区 R&D 经费支出与其国内生产总值之比，是国际上通用的衡量一个国家或者地区科技投入强度的重要指标，也是评价其科技实力和核心竞争力的重要标准之一[1]。根据中国统计局 2021 年公布数据，中国 2021 年 R&D 支出强度为 2.44%，与拟合的结果 2.4% 基本符合，表明拟合结果具有一定的合理性。

我国与德美日韩四国研发投入差距大，预测增长态势良好，但是差距仍明显。德美日韩四国的历史 R&D 投入占比均在 2% 以上，我国直到 2013 年才达到突破 2%；趋势变化方面，五国 R&D 投入占比普遍呈现上升趋势，较为明显的是，日本 R&D 投入占比在 2008 年达到 3.3% 左右，在随后的 12 年里在 3% 至 3.3% 之间波动。在预测阶段，2021 年至 2025 年，我国 R&D 投入占比向 3% 逼近，增长态势良好，但是其余四国在未来也保持增长，我国与其仍旧保持一定差距。总体来看，我国 R&D 投入占 GDP 比重在五国中处于较为落后水平，投入强度还有待加大。

3.3. R&D 研究人员数量

R&D 研究人员是指参与新知识、新产品、新流程、新方法或新系统的概念成形或创造，以及相关项目管理的专业人员，包括参与 R&D 的博士研究生，R&D 研究人员这项指标具体衡量的是每一百万人中参与研究项目的人员数量，这也剔除了人口基数差异带来的问题，增强数据可比性。

从历史数据来看，中国研究人员投入不足，预测未来增长态势的良好。除中国外，其余四国每年每百万人中有超过 2000 人参与 R&D 活动。深究具体情况可知，我国 2000 年 R&D 研究人员数不足 600，而后逐渐以小幅度增长，截止至 2020 年，R&D 研究人员数超越 1400，该项指标增长率方面变现良好，美国和德国从 2000 年起，R&D 研究人员数就已经超过 3000，日本更是达到 5000 的水平，相比之下由于我国薄弱的基础，与其他几国还存在着很大差距，发展空间和潜力大。在预测阶段，各国 R&D 研究人员数都呈现上扬的良好态势，四国上升幅度大于中国，中国研究人员数量与四国将进一步拉大。

4. 研发成果分析

4.1. 数据获取

研发成果分析基于科技文章和科技产品出口两个方面展开，研究对象依旧选择中国、美国、德国、日本和韩国五个国家，科技期刊文章数据和科技产品出口数据均来自世界银行官网。本文选取五国 2000~2020 年科技期刊文章数据和科技产品出口数据作为历史数据，使用 Python 运用切比雪夫多项式对 2000~2025 年数据进行拟合和预测(代码见附录 2-1、2-2，输出数据见附录 2-4 和 2-5)，输出结果见图 13~22。

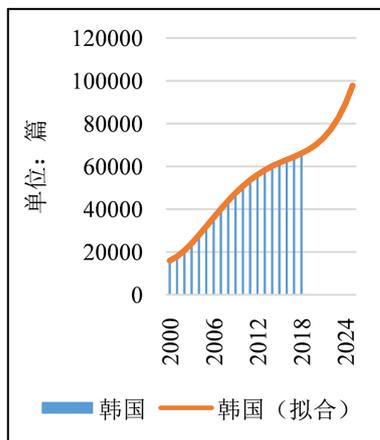


Figure 13. Historical trend of the number of Korean science and technology articles and fitting trend chart
图 13. 韩国科技文章数量历史趋势及拟合趋势图

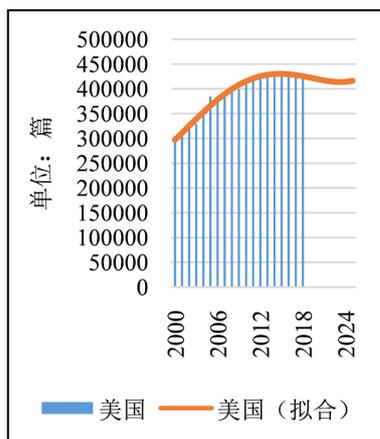


Figure 14. Historical trends in the number of U.S. science and technology articles and fitted trend charts
图 14. 美国科技文章数量历史趋势及拟合趋势图

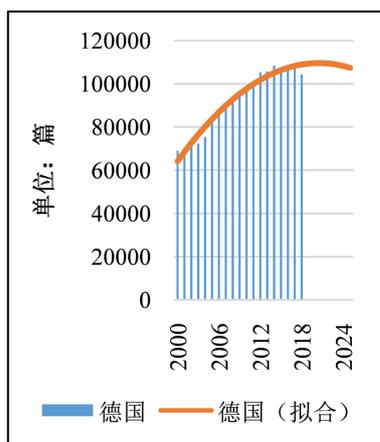


Figure 15. Historical trends in the number of German science and technology articles and fitting trend charts
图 15. 德国科技文章数量历史趋势及拟合趋势图

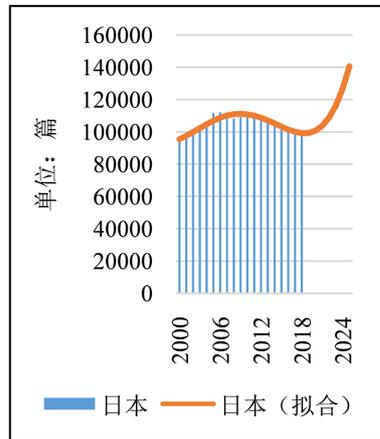


Figure 16. Historical trend of the number of scientific and technological articles in Japan and the trend of fit
图 16. 日本科技文章数量历史趋势及拟合趋势图

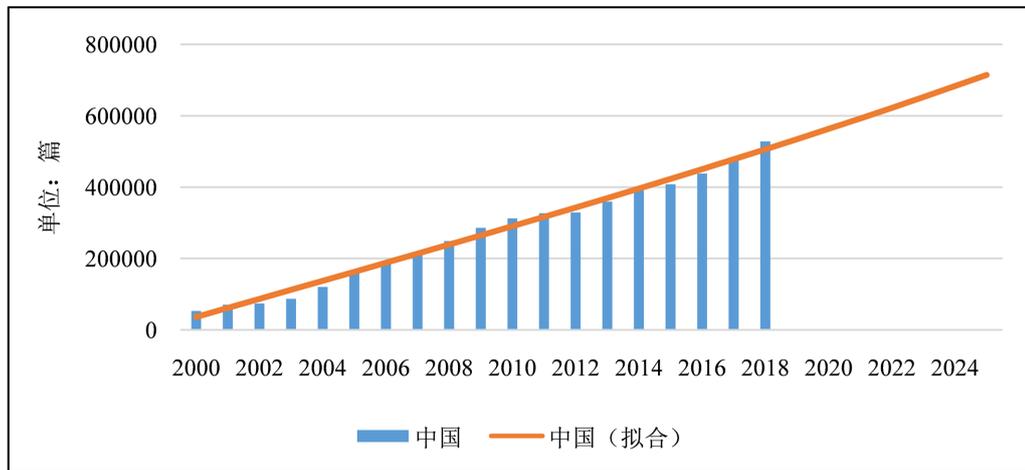


Figure 17. Historical trend of the number of science and technology articles in China and the trend of fit
图 17. 中国科技文章数量历史趋势及拟合趋势图

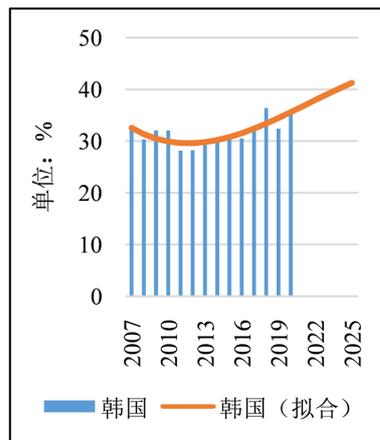


Figure 18. Historical trend and fitting trend chart of the proportion of Korean technology exports
图 18. 韩国科技产品出口比例历史趋势及拟合趋势图

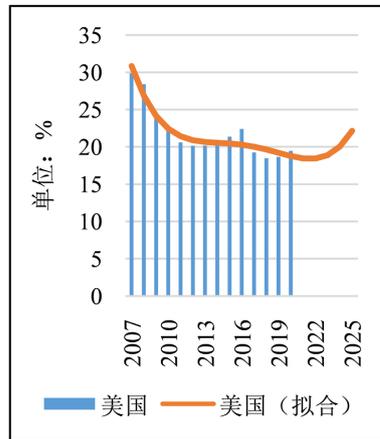


Figure 19. Historical trend and fitting trend chart of the proportion of U.S. technology exports

图 19. 美国科技产品出口比例历史趋势及拟合趋势图



Figure 20. Historical trend and fitting trend chart of the proportion of German technology exports

图 20. 德国科技产品出口比例历史趋势及拟合趋势图

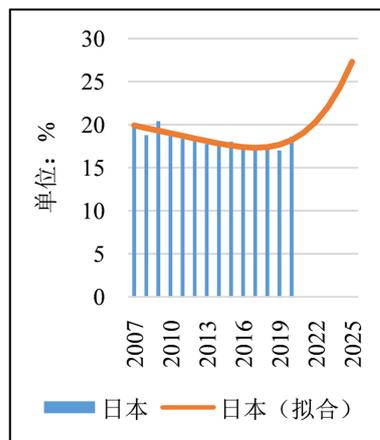


Figure 21. Historical trend and fitting trend chart of Japan's technology product export ratio

图 21. 日本科技产品出口比例历史趋势及拟合趋势图

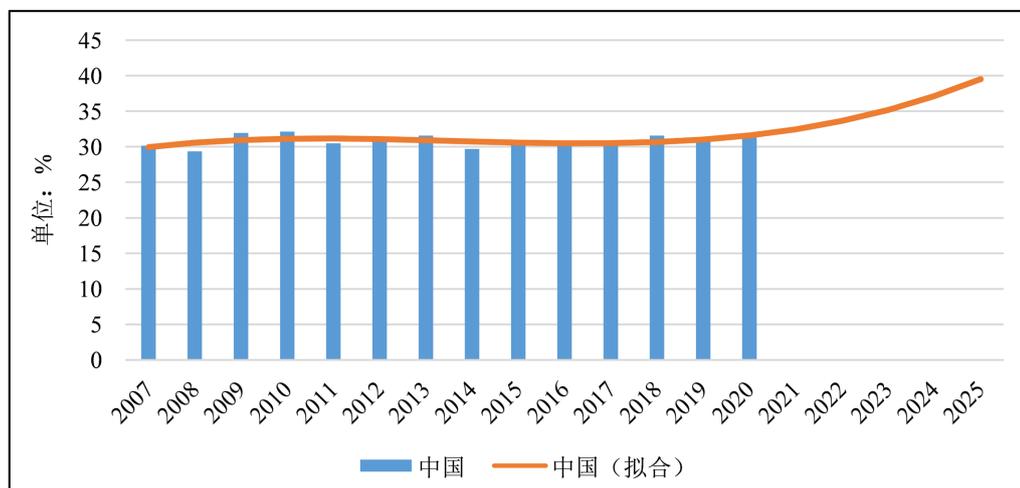


Figure 22. Historical trend and fitting trend of China's technology product export ratio
图 22. 中国科技产品出口比例历史趋势及拟合趋势图

4.2. 研发成果转化现状

研发成果的创新和转化是研发工作的核心问题，是创新力提高的关键环节。研发成果的转化区分为技术创新和产品创新[2]。研发成果的转化效率大大影响了科技技术创造的步伐，无论是转化为理论的文献还是生产出高科技的产品都能成为研发的不竭动力。从图 13~22 可以看出，世界主要国家近年来的国际期刊发文章量和出口产品科技含量在不断上升，但是欧美等发达国家在科技文章中占有大比例，产品出口科技含量高。随着我国日益重视和加大研发投入以满足经济快速增长的需求，研发成果转化率也出现了明显的提升，然而作为发展中国家，我国研发投入与研发成果之间转化效率仍处于较低水平。

4.3. 科技期刊文章拟合

科技期刊文章是指在上述领域出版的科学和工程类文章：物理、生物、化学、数学、临床医学、生物医学研究、工程和技术，以及地球和空间科学等。截至 2022 年 5 月 9 日，中国在以上领域的期刊文章数量达到约 526,319 篇，切比雪夫拟合结果基本符合。

中国科技期刊文章稳步增长，但是与主要国家间仍有差距。由图 12~16，近 20 年来，除日本以外，中、德、韩、美发表的科技期刊文章数量都呈现稳步增长，特别是中国近乎呈直线式增长。在预测阶段，中国和韩国在未来 2~3 年里将稳步增长，美国将继续维持在比较高的水平，小有波动，日本在经历了近十年的下降趋势后也将迎来转折，这与日本政府加强对研发工作的重视是息息相关的。未来中国科技期刊文章数量与世界主要发达国家仍有差距但是差距将越来越小。

4.4. 高科技产品出口拟合

高科技出口产品是指具有高研发强度的产品，例如航空航天、计算机、医药、科学仪器、电气机械。2021 年，中国高科技产品出口占制成品的比为 31.4%，占比排名为 12 位，切比雪夫多项式拟合结果基本符合。

中国出口产品科技含量处于世界领先水平，且增长速度快。从图 18~22 中可以发现，各国的高科技产品出口占比及其变化存在差异，中国的高科技产品出口占比基本保持在 30%~35% 之间，比德国、美国、日本略高，与韩国保持相当水平。未来除美国外，中、德、日、韩四国高科技产品出口占比呈现增长趋势，且中国的数值远高于其他三国，从侧面印证了中国长期以来一直通过精选一些工业领域来实现全球

技术领先的目标；在面对疫情期间的过度扩张和全球经济恶化，美国的经济存在诸多不确定因素，其科技行业正在经历艰难的时刻。

5. 中国研发投入地区分析

5.1. 数据获取

中国各地区研发支出数据来源于中国统计局官网。我们先用 Python 将网页中的各省市研发支出爬取下来(代码见附录 3-1, 数据见附录 3-4)。为方便分析, 将中国内陆省市按照自然地理区划划分为华东、华北、华中、华南、西南、西北和东北七个区域, 划分依据为相同的地理区划有类似的自然和人文环境。接着选取 2009~2020 年数据作为样本点, 并通过 Python 运用切比雪夫多项式对这些样本进行拟合(代码见附录 3-2 和 3-3), 得到中国地区研发支出图(图 23)和中国地区研发支出强度图(图 24)。为保证预测的准确度, 我们将预测区间定为 2020~2025 年。

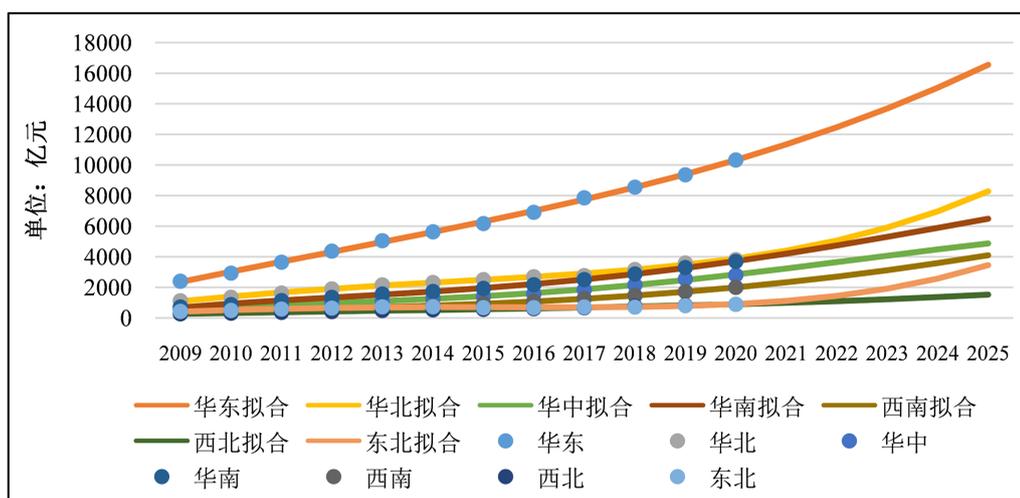


Figure 23. China R&D expenditure map

图 23. 中国地区研发支出图

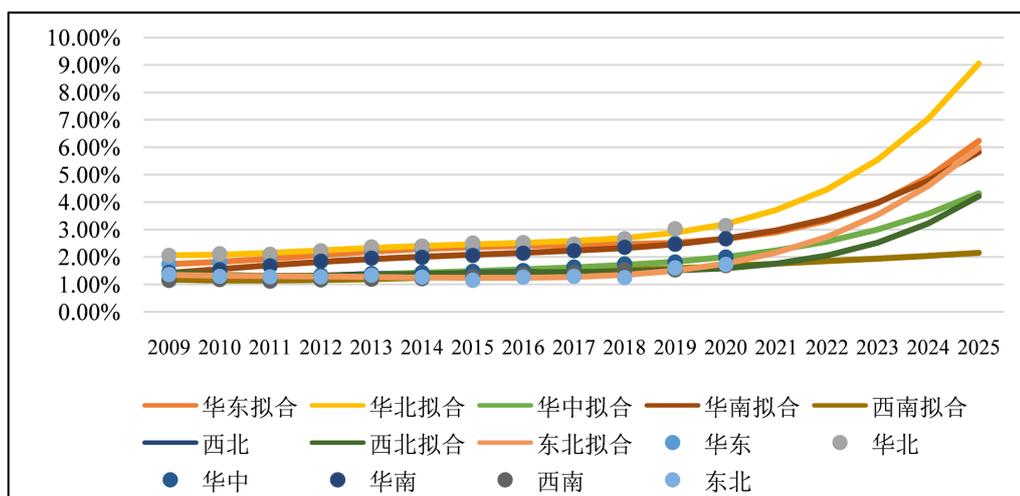


Figure 24. Graph of R&D expenditure intensity in China

图 24. 中国地区研发支出强度图

5.2. 数据分析

通过 2021 年实际值与拟合值进行比较发现拟合值具有一定合理性。根据国家统计局公布 2021 年数据,华东地区研发支出为 11837.8 亿元,预测值 11340 亿元较为符合实际值;华北地区研发支出为 4391.1 亿元,预测值 4399.35 较为符合实际值;华中地区研发支出为 3207.9 亿元,预测值 3230.08 亿元较符合实际值;华南地区研发支出为 4248.7 亿元,预测值为 4203.9 亿元较为符合实际值;西南地区研发支出为 2286.6 亿元,预测值 2323.61 亿元;西北地区研发支出为 1005.6 亿元,预测值为 988.55 亿元较为符合实际值;东北地区研发支出为 978.7 亿元,预测值为 1109.2 亿元较为符合实际值。

各地区研发投入在增长速度上存在差异。从样本点看七大地区研发支出都处于增长趋势,各地区都重视研发投入,提高创新能力。由于研发经费分为中央财政和地方财政分别拨款,各个地区的研发投入并非是同步的,华东地区投入增长速度最快,西北地区投入速度最慢,呈现出资源投入不均衡的现状。这与经济发展是息息相关的,与西北地区相比,华东地区主要是沿海省市组成,经济较为发达,且人口稠密,地方财政收入多,同时创新需求强于西北地区。华北、华中、华南和西南地区保持较为相似的增长趋势,研发投入较为稳定。

未来各地区研发支出将进一步拉大差距。华东地区保持较为平滑的增长趋势,2020~2025 年段的曲线比 2009~2020 段曲线少陡峭,反映了加快增长的预期。该预期具有一定合理性,华东地区有丰富的科研资源和许多商业机会,是创新的主力军。西北地区研发投入增长缓慢,与西北经济增长缓慢和地广人稀关系密切,工业和高新产业不发达。值得注意的是华北和东北研发投入增长显著加快,华北内含北京、天津两直辖市,拥有众多的科研院所,掌握着丰富的科研院所,具有很强的创新能力。东北有振兴东北战略支撑,且东北面临人口流失严重,产业亟待转型等现实困难,提高研发投入是必要的。华中、华南和西南地区保持较为同步的增长,三地区人口、经济和科研资源分布较为均衡,增长预期符合现实情况。

研发支出强度方面各地区差异明显。研发支出强度可以衡量地区研发重视程度。在 2000 年~2020 年间华北最重视研发投入,东北重视程度低于其他地区,主要原因在于华北地区科研资源丰富,研发投入转化高,东北地区正经历产业转型,科研投入成效低。华南地区研发支出强度增长快,表明华南地区逐渐加强研发重视程度,这与华南地区经济发展迅速有密切关系。华东地区研发支出强度增长缓慢反映了华东地区研发重视程度提高缓慢,这不符合经济社会发展要求。

未来各地区研发重视程度将发生较大变化。未来增长最快的是东北地区,这与目前的振兴东北战略和东北面临困局的要求是相符合的,而且东北地区有哈尔滨工业大学等创新能力强的高校,科研转换效率高。未来华北地区仍然保持高度重视研发的态势。有趣的是,华东和华南地区增长曲线近乎重合,因为二者有相同的创新需求,二者在相对经济条件和科研资源上相似。未来西南地区研发重视程度提升缓慢。

总体而言,中国研发支出与研发支出强度各地分布不均,与经济发展水平相关。未来中国各地将加大研发支出投入和研发重视强度,但是增长趋势具有差异,各地差距将进一步加大。

6. 中国研发支出产业分析

6.1. 数据收集

中国各行业研发支出数据来源于中国统计局官网。我们先用 Python 将网页中的各行业研发支出爬取下来(代码见附录 3-1,数据见附录 3-5)。为方便分析,我们手动收集了研发支出占营业收入超过 1% 的行业,依据为超过 1% 的行业更能反映对研发的重视,也能反映一定的投入规模,结果如表 1 所示。

Table 1. China industry R&D expenditure intensity table
表 1. 中国行业研发支出强度表

| 时间 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 医药制造业 | 1.82 | 1.46 | 1.63 | 1.69 | 1.67 | 1.72 | 1.73 | 1.97 | | 2.55 | 3.13 |
| 通用设备制造业 | 1.58 | 1.01 | 1.24 | 1.26 | 1.32 | 1.35 | 1.38 | 1.53 | | 2.15 | 2.38 |
| 专用设备制造业 | 2.04 | 1.4 | 1.48 | 1.57 | 1.55 | 1.58 | 1.54 | 1.78 | | 2.64 | 2.85 |
| 交通运输设备制造业 | | 1.25 | 1.36 | 1.4 | 1.41 | 1.48 | 1.49 | 1.57 | | 1.87 | 1.9 |
| 电气机械及器材制造业 | 1.59 | 1.25 | 1.29 | 1.32 | 1.38 | 1.46 | 1.5 | 1.73 | | 2.15 | 2.26 |
| 通信设备、计算机及其他电子设备制造业 | | 1.48 | 1.51 | 1.59 | 1.63 | 1.76 | 1.82 | 1.88 | | 2.15 | 2.35 |
| 仪器仪表及文化、办公用机械制造业 | 1.5 | 1.62 | 1.86 | 1.99 | 2.04 | 2.08 | 1.96 | 2.11 | | 3.16 | 3.59 |
| 化学原料和化学制品制造业 | | | | | 1.05 | 1.09 | 1.08 | 1.34 | | 1.4 | 1.25 |
| 开采辅助活动 | | | | | | 1.28 | 1.49 | 1.62 | | 1.31 | 1.58 |
| 金属制品、机械和设备修理业 | | | | | | 1.2 | 1.47 | 1.35 | | 1.28 | 1.28 |
| 其他制造业 | | | | | | | 1.02 | 1.31 | | 2.44 | 1.98 |
| 制造业 | | | | | | | 1.01 | 1.14 | | 1.45 | 1.54 |
| 橡胶和塑料制品业 | | | | | | | | | | 1.41 | 1.74 |
| 黑色金属冶炼和压延加工业 | | | | | | | | | | 1.25 | 1.09 |
| 金属制品业 | | | | | | | | | | 1.36 | 1.44 |
| 石油和天然气开采业 | | | | | | | | | | 1.08 | 1.2 |
| 纺织业 | | | | | | | | | | 1.11 | |
| 家具制造业 | | | | | | | | | | 1.03 | 1.28 |
| 造纸和纸制品业 | | | | | | | | | | 1.18 | 1.04 |
| 印刷和记录媒介复制业 | | | | | | | | | | 1.2 | 1.41 |
| 化学纤维制造业 | | | | | | | | | | 1.44 | 1.66 |

6.2. 数据分析

从总体趋势上看，中国行业研发支出规模和强度一致增长。研发支出强度 1% 以上的行业的研发投入强度基本都在增长，表明各行业都重视创新，在加大研发投入。随着时间增长越来越多的行业研发支出强度都在 1% 以上，说明越来越多行业研发支出规模在不断加大。时间上，2016 年以后，制造业整体研发支出强度突破 1%。2019 年后多个行业超过 9 个行业突破 1%，研发投入成规模行业增长速度快。行业种类上看，研发支出主要集中于制造业，反映了国家对实体产业的重视。

结合图 22 和图 23，研发支出存在地区和产业间投入错配的情况。西南地区以电子信息、装备制造、先进材料、能源化工等产业为主，而这些行业属于成规模研发投入的行业，但是西南地区研发支出强度

未来增长较为平缓，这与产业研发要求不相匹配，需加大研发力度，促进支柱产业的研发，从而实现产业健康发展。

7. 结论和建议

综合前文分析，我国不断加大研发投入，不断提高对研发投入的重视，但研发投入水平与世界主要发达国家仍然具有差距。具体表现为研发投入有很大提升空间，综合研发投入与研发投入强度两个指标，我国在 R&D 活动投入端尚处于较为落后的水平，具体体现在对 R&D 活动投入财力水平以及 R&D 活动人力资源都存在很大落差。未来，各国都将加大研发投入财力和人力投入，我国与其他四国仍将保持一定差距；研发投入产出可追赶其他四国，目前我国与发达国家也存在不小差距，未来差距在不断缩小；各地研发投入不均衡未来五年时间差距将进一步拉大。通过对中国各产业纵向分析，我们发现中国产业研发要求与地区研发投入存在错配现象。

针对我国研发领域存在问题我们提出以下建议：

第一、针对研发投入低于发达国家的问题，我们应该重视研发，增加研发在财政中的比重，从国家层面推动研发发展。

第二、针对研发产出低于发达国家，我们应该对增长的预期充满信心，重视研发活动成果转化，提高研发质量。

第三、研发投入地域分配不平衡的问题，应充分发挥发挥财政的调节作用，利用税收优惠吸引更多企业和科研机构往东北和西北等欠发达地区从事科研工作，增加研发投入。实证研究证明，税收优惠对于研发投入的地区差异有显著调节作用[3]。利用转移支付手段，中央财政更加倾斜对西北和东北研发的支持，促进西北和东北地区创新发展。

第四、针对行业研发投入要求与地区研发投入错配的问题，政府应审视区域产业优势，增强对优势产业研发的扶持，加大对优势产业创新所需基础设施的投资，降低企业创新成本，激发区域创新活力。

致 谢

本论文是在阎虎勤老师开设的《Python 财务数据分析》课程作业论文的基础上完成的。阎老师给予了本文实质性建议，也积极鼓励我们投稿发表，让我们在写稿和修改中学到了很多。

基金项目

本论文得到了厦门市科学技术协会(厦科协[2023] 5 号) 2023 年重点调研课题“高校毕业生在厦就业及就业前职业技能培训情况调研”项目和厦门市行为科学学会的支持。

参考文献

- [1] 陈劲, 李根祎, 毕溪纯. 何以突破企业研发评估“重投入而轻产出”的瓶颈?——企业研发投入产出效率评估方法探析[J]. 创新科技, 2023, 23(6): 42-54. <http://dx.doi.org/10.19345/j.cxkj.1671-0037.2023.6.004>
- [2] 邓向荣, 羊柳青, 冯学良. 企业国际合作研发能否促进科技成果转化——从知识创新到产品创新[J]. 中国科技论坛, 2022, 316(8): 107-118.
- [3] 钱海燕, 徐成. 税收优惠与研发投入——基于营商环境调节效应的实证研究[J]. 合肥工业大学学报(社会科学版), 2023, 37(3): 82-90+118.

附 录

- 附录 1-1: R&D Expenditure 源数据.txt
 - 附录 1-2: Researchers in R&D 源数据.txt
 - 附录 1-3: R&D 占比及研究人员数量拟合预测源代码.docx
 - 附录 1-4: R&D expenditures 历史及预测数据.xls
 - 附录 1-5: Researchers in R&D 历史及预测数据.xls
 - 附录 2-1: 科研文章预测代码
 - 附录 2-2: 科研产品预测代码
 - 附录 2-3: 科研文章数据.txt
 - 附录 2-4: 科研文章数据.csv
 - 附录 2-5: 科研产品数据.TXT
 - 附录 2-6: 科研产品数据.CSV
 - 附录 3-1: 研发支出数据采集代码
 - 附录 3-2: 研发支出地区数据代码
 - 附录 3-3: 研发支出强度地区数据代码
 - 附录 3-4: 中国各地区研发投入数据
 - 附录 3-5: 中国行业研发数据
- <https://kdocs.cn/l/cs3w3cctP6Zy>