

应用统计 与数据科学

Applied Statistics and Data Science



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2025 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



编委会名单

主 编



王国长 (Guochang Wang), 暨南大学 (Jinan University),
邮箱: wanggc023@amss.ac.cn
研究兴趣: 函数型数据分析、时间序列、充分性降维、统计与机器学习
Functional data analysis, time series, sufficiency dimension reduction, statistics and machine learning

执行副主编



张兴发 (Xingfa Zhang), 广州大学 (Guangzhou University),
邮箱: xingfazhang@gzhu.edu.cn
研究兴趣: 金融统计、环境统计、机器学习
Financial statistics, environmental statistics, machine learning

编 委



胡志勇 (Zhiyong Hu), 广州大学 (Guangzhou University)
邮箱: zhyhu65@163.com
研究兴趣: 大数据, 人工智能, 财务与会计
Big Data, Artificial Intelligence, Finance and Accounting



雷田礼 (Tianli Lei), 深圳职业技术大学 (Shen Zhen Polytechnic University)
邮箱: ltl@szpu.edu.cn
研究兴趣: 数量经济、高职数学教育
Quantitative Economics, higher vocational mathematics education



舒连杰 (Lianjie Shu), 澳门大学 (University of Macau),
邮箱: ljshu@um.edu.mo
研究兴趣: 量化金融, 统计学习, 质量控制及管理
Quantitative Finance, Statistical Learning, Quality Control and Management



王纬 (Wei Wang), 山东财经大学 (Shandong University of Finance and Economics)
邮箱: wangwei_0115@sdufe.edu.cn
研究兴趣: 统计机器学习、应用统计、计量经济
Statistical Machine Learning, applied statistics, econometrics



杨凯 (Kai Yang), 长春工业大学 (Changchun University of Technology)
邮箱: yangkai@ccut.edu.cn
研究兴趣: 时间序列分析、高维数据分析、贝叶斯分析
Time series analysis, high-dimensional data analysis, bayesian analysis



周彦 (Yan Zhou), 深圳大学 (Shenzhen University)
邮箱: zhouy1016@163.com
研究兴趣: 生物统计, 数据科学
Biostatistics, data science



李永明 (Yongming Li), 上饶师范学院 (Shangrao Normal University)
邮箱: lym1019@163.com
研究兴趣: 非参数统计, 金融统计, 极限理论与统计大样本性质, 小波方法
Nonparametric Statistics, Financial statistics, Limit theory and statistical large sample theory, Wavelet method



刘照德 (Zhao de Liu), 广东财经大学 (Guangdong University of Finance & Economics)
邮箱: lzhaode@163.com
研究兴趣: 经济统计、多元统计、计量分析
Economic statistics, multivariate statistics, econometric analysis



王小刚 (Xiaogang Wang), 北方民族大学 (North Minzu University)
邮箱: wongone@163.com
研究兴趣: 经济与社会统计
Economic and social statistics



严晓东 (Xiaodong Yan), 西安交通大学 (Xi'an Jiaotong University)
邮箱: yanxiaodong@xjtu.edu.cn
研究兴趣: 统计机器学习、智能体统计学
Statistical Machine Learning, agent Statistics



朱柯 (Ke Zhu), 香港大学 (The University of Hong Kong)
邮箱: mazhuke@hku.hk
研究兴趣: 统计建模、金融时间序列分析、计量经济、金融大数据
Statistical modeling, financial time series analysis, econometrics, financial big data

目录CONTENTS

应用统计与数据科学

Applied Statistics and Data Science

第1卷 第2期 2025年5月刊

主办单位: ART AND DESIGN PRESS INC

(United States)

承办单位: 广州统计师事务所

指导单位: 广东省现场统计学会、广州市统计学会

主 编: 王国长

执行副主编: 张兴发

编 委: 胡志勇、李永明、雷田礼、刘照德、
舒连杰、王小刚、王 纬、严晓东、
杨 凯、朱 柯、周 彦

地 址: 119 S Atlantic Blvd, Suite 300D Monterey
Park, CA 91754

网 址: <https://www.artdesignp.com>

本刊说明:

凡向本刊所投稿件, 全体作者需签署论文著作权
转让声明书和论文发表承诺书, 声明、承诺及相关事
项如下:

- 作者将论文的复制权、发行权、网络传播权、
翻译权、汇编权、信息网络传播权、改编权等著
作权在世界范围内免费转让给本刊。
- 论文不侵犯他人著作权和其他权利, 否则作者将
承担由此产生的全部责任, 并赔偿由此给出版单
位造成的全部损失。
- 论文署名作者享有该作品的完全著作权, 署名作
者的身份真实。
- 论文未曾以任何形式公开发表过。
- 作者所投本刊稿件, 本刊编辑部拥有修改权。

经济与金融统计 | ECONOMIC AND FINANCIAL STATISTICS

- 001 经济高质量发展对人民美好生活的影响效应与路径探究 周敏思, 吴翌琳
Exploring the Effect and Path of High-quality Economic
Development on People's Good Life Zhou Minsi, Wu Yilin
- 013 数据视角下广西农业农村现代化的统计测度及预测研究 黄丽花, 黎玉芳
Statistical Measurement and Prediction of Agricultural
and Rural Modernization in Guangxi from
the Perspective of Data Huang Lihua, Li Yufang
- 017 大湾区低空经济发展水平测度 龚采月, 王孟欣
Measurement of the Development Level
of Low-altitude Economy in the Greater Bay Area Gong Caiyue, Wang Mengxin
- 022 范式理论视域下新质生产力、金融新质生产力与
金融强国建设研究 刘娟
Analysis on New Quality Productive Forces, Financial New Quality Productivity
and China's Financial Powerhouse from the Perspective
of Paradigms Theories Liu Juan
- 029 ESG表现对企业新质生产力的影响研究 欧辉, 祝恩晰, 刘沛晓, 彭心怡
Research on The Impact of ESG Performance on Enterprise
New Quality Productivity Ou Hui, Zhu Enxi, Liu Peixiao, Peng Xinyi
- 035 环境规制对绿色经济增长的空间溢出效应
——以广东省为例 徐娟, 宋嘉禾, 张俊怡
The Spatial Spillover Effects of Environmental Regulation
on Green Economic Growth
— A Case Study of Guangdong Province Xu Juan, Song Jiahe, Zhang Junyi
- 041 基于对应分析与层次聚类的
网购消费者行为研究 蔡钰麟, 张佳慧, 余梓润, 张境洋
Research on Consumer Behavior in Online Shopping
Using Correspondence Analysis and
Hierarchical Clustering Cai Yulin, Zhang Jiahui, She Zirun, Zhang Jingyang

抽样统计与问卷调查 | SAMPLING STATISTICS AND QUESTIONNAIRE SURVEYS

- 046 广东省珠三角地区消费者对虚拟养老院的认知与
使用意愿调查 刘平, 谷卓桐, 谷佳桐, 林丹琪, 朱湘怡, 郑文烁, 全俊涛
A Survey on Consumers' Awareness and Usage Intention Toward Virtual
Senior Care Platforms in the Pearl River Delta Region
of Guangdong Province Liu Ping, Gu Zhuotong, Gu Jiatong, Lin Danqi,
Zhu Xiangyi, Zheng Wenshuo, Quan Juntao
- 052 山西省“Z世代”人群对DIY手工制品的
消费意愿现状分析 韩鑫钰, 赵晓丹, 王敏然, 杨甜
Analysis of the consumption situation
of "Generation Z" people
in Shanxi Province Han Xinyu, Zhao Xiaodan, Wang Minran, Yang Tian

统计与教育教学 | STATISTICS AND EDUCATION TEACHING

- 056 基于 OBE 理念的医学专业课程教学改革探索
——以《MATLAB 医学图像处理》课程为例 刘凤, 彭艳敏, 郭水霞, 赵维
Pedagogical Reform of Medical Specialty Courses Based on the OBE Concept
—A Case Study of the "MATLAB Medical
Image Processing" Course Liu Feng, Peng Yanmin, Guo Shuixia, Zhao Wei

060	新工科背景下统计学基础拔尖创新人才培养质量的应用研究 The Application Research on the Cultivation Quality of Outstanding and Innovative Talents in the Field of Statistics under Background of New Engineering	李纯净, 董艺, 柴雅婷, 袁晓惠 Li Chunjing, Dong Yi, Chai Yating, Yuan Xiaohui
064	新工科背景下数据科学与大数据技术专业人才培养体系构建 Construction of Talent Training System for Data Science and Big Data Technology under the Background of New Engineering	杨凯, 孙明昱, 王纯杰 Yang Kai, Sun Mingyu, Wang Chunjie
068	发展多层次社会保障体系目标下社会保障专业教学面临的挑战与对策研究 Challenge and Strategy on Social Security Teaching and Learning with Multi-level Social Security System	肖彩波, 刘红卫 Xiao Caibo, Liu Hongwei
073	OBE-CDIO 协同机制下的《统计建模》课程改革与实践 Reform and Practice of the "Statistical Modeling" Course under the OBE-CDIO Collaborative Framework	张春月 Zhang Chunyue
077	高校虚拟教研室评价指标体系构建 Evaluating Virtual Teaching-Research Units in Colleges and Universities	王小刚 Wang Xiaogang
080	基于数据测量和对比分析的教学设计——以“用相似三角形解决实际问题”为例 Teaching Design Based on Data Measurement And Comparative Analysis - Taking "Solving Practical Problems with Similar Triangles" as an Example	曹晓荣 Cao Xiaorong
084	不同层次学习者学习风格与英语成绩之间的相关性——基于英语教学统计数据的分析 A Study on the Relationship between Learning Styles and English Performance of Different Levels of Learners —Based on an Analysis of Statistical Data of English Teaching	张玉翠 Zhang Yucui
089	医学院校硕士毕业论文统计问题分析及对统计教学策略的启示 Analysis of Statistical Issues in Master's Thesis of Medical Colleges and Their Implications for Statistical Teaching Strategies	易颖, 刘裕 Yi Ying, Liu Yu
093	智能体在虚拟教研中的应用设计与分析 Application Design and Analysis of Agent in Virtual Teaching and Research	卓晓莉, 廖俊龙, 黄子彪, 朱映辉, 黄穗 Zhuo Xiaoli, Liao Junlong, Huang Zibiao, Zhu Yinghui, Huang Sui
096	大数据时代经济统计专业课程思政融合教学评价研究 Evaluation of Ideological and Political Integration in Economic Statistics Major Courses in the Era of Big Data - Taking Non parametric Statistics as an Example	徐丽, 张振华 Xu Li, Zhang Zhenhua
103	“课程思政”视域下课程项目化教学设计研究——以面向对象程序设计为例 Research on Project-based Instructional Design From The Perspective of "Curriculum Ideology and Politics" —A Case Study of Object-Oriented Programming	付玉珍 Fu Yuzhen
107	基于 OBE 理念的线性代数课程与工科类专业的融合路径研究 Research on the Integration Path between linear Algebra Course and Engineering Majors based on OBE Concepts	谢小军, 马虹, 魏玉华, 龙彩燕 Xie Xiaojun, Ma Hong, Wei Yuhua, Long Caiyan
111	数字化赋能在职业教育数学教学中的应用与挑战 Application and Challenges of Digital Empowerment in Mathematics Teaching in Vocational Education	王伟 Wang Wei
114	借题发挥 发展思维——对一道教材例题的探究与反思 Use The Topic to Develop Thinking — Inquiry and Reflection on A Textbook Example	林庆伦 Lin Qinglun
118	《数值逼近》课程思政建设与探索研究 Research on Ideological and Political Construction And Exploration of Numerical Approximation	张永富, 牛英春, 张俊丽, 华志强 Zhang Yongfu, Niu Yingchun, Zhang Junli, Hua Zhiqiang

数据科学技术、方法与应用 | DATA SCIENCE TECHNOLOGY, METHODS AND APPLICATIONS

120	基于 AI 的图书馆数据分析与服务优化：自然语言转 SQL 的创新实践 Library Data Analysis and Service Optimization Based on AI: An Innovative Practice of Text to SQL Conversion	王璇, 刘若歆, 侯新宇 Wang Xuan, Liu Ruoxin, Hou Xinyu
124	基于深度学习的优质在线课程影响因素分析及方法研究 Analysis and Research on Influencing Factors and Methods of High-Quality Online Courses Based on Deep Learning	孙宗仁 Sun Zongren

统计方法及应用 | STATISTICAL METHODS AND APPLICATIONS

129	混料信息矩阵的方向导数及改进的 Fedorov 算法 Directional Derivatives of the Mixture Information Matrix and an Improved Fedorov Algorithm	冯鑫, 陈嘉丽, 李光辉 Feng Xin, Chen Jiali, Li Guanghui
134	误差修正模型的贝叶斯计算及应用 Bayesian Calculation and Application of Error Correction Model	吴思, 郑晓盈 Wu Si, Zheng Xiaoying
138	涉外法治视域下标准必要专利长臂管辖的应对措施研究 Reconstructing Jurisdictional Boundaries: Legal Strategies Against Extraterritorial SEP Litigation in the Era of Techno-Legal Competition	庾晓桐 Yu Xiaotong

经济高质量发展对人民美好生活的影响效应与路径探究

周敏思¹, 吴翌琳²

1. 北京师范大学经济与工商管理学院, 北京 100875

2. 中国人民大学应用统计科学研究中心, 统计学院, 北京 100872

摘要：美好幸福生活是千百年来人类社会发展的良好愿景，也是党和国家一直以来致力于实现的目标。本文分别构建了经济高质量发展和人民美好生活评价指标体系。通过收集各省（市、自治区）宏观数据以及中国综合社会调查（Chinese General Social Survey, CGSS）微观数据，分别测度2021年各省（市、自治区）经济高质量发展指数和人民美好生活指数。同时，本文将两个评价指标体系相结合，通过构建模型探究经济高质量发展对人民美好生活的影响。研究结果表明，中国各地区经济高质量发展和人民美好生活水平存在差异，华北和华东发达地区处于领先地位，其他地区均存在明显短板。从全国范围来看，经济高质量发展对人民美好生活具有正向促进作用，但在地区层面存在差异。中介效应结果表明，经济高质量发展通过提高家庭收入从而促进了人民美好生活水平。因此，各地政府应当因地制宜，以人民美好生活为中心发展经济。

关键词：经济高质量发展；人民美好生活；评价指标体系；微观数据实证

Exploring the Effect and Path of High-quality Economic Development on People's Good Life

Zhou Minsi¹, Wu Yilin²

1. Business School, Beijing Normal University, Beijing 100875

2. Center for Applied Statistics, School of Statistics, Renmin University of China, Beijing 100872

Abstract： A happy life is a good vision for the development of human society for thousands of years, and it is also a goal that the Party and the country have been committed to achieving. It is of great significance to study the effect and path of high-quality economic development on people's good life. This paper constructs the evaluation index system of high-quality economic development and people's good life respectively. By collecting the macro data of each province (city and autonomous region) and the micro data of Chinese General Social Survey (CGSS), the index of high-quality economic development and the index of people's good life in each province (city and autonomous region) in 2021 are measured respectively. At the same time, this paper combines the two evaluation index systems and explores the impact of high-quality economic development on people's good life by constructing a model. The results of the study show that there are differences in the level of high-quality economic development and people's good life in different regions of China, with developed regions in North and East China in the lead, and obvious shortcomings in all other regions. Nationally, high-quality economic development has a positive effect on people's good life, but there are differences at the regional level. The results of the mediation effect suggest that high-quality economic development promotes the people's good living standard by raising household income. Therefore, local governments should adapt to local conditions and develop their economies with a focus on the better life of the people.

Keywords： high-quality economic development; people's good Life; evaluation index system; empirical analysis of micro data

引言

美好幸福生活是千百年来人类社会发展的良好愿景，也是党和国家一直以来致力于实现的目标。在十九大报告中，习近平总书记指出：“我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。”^[1]在二十大报告中，习近平总书记重申必须坚持在发展中保障和改善民生，不断实现人民对美好生活的向往。^[2]当下中国特色社会主义进入新时代，我国经济持续高速发展，人们早已不再满足于简单的温饱问题，而越来越注重在物质和精神等各方面得到满足。因此，如何提高人民生活质量、实现美好生活愿景逐渐成为了人们关注的热点问题。

项目/基金信息：北京市习近平新时代中国特色社会主义思想研究中心重大项目“新时代创新型国家建设统计监测研究”（项目编号：22LLYJA022）。

作者简介：周敏思，北京师范大学经济与工商管理学院在读硕士生，研究方向为宏观经济统计分析。

通信作者：吴翌琳，中国人民大学统计学院教授，博士生导师，北京市习近平新时代中国特色社会主义思想研究中心特约研究员、中国人民大学应用统计科学研究中心研究员。研究方向为经济统计分析，统计调查与实证。联系方式：wuyilin@ruc.edu.cn

其中，经济高质量发展作为我国经济发展的鲜明主题，与人民美好生活密不可分。^[3]在参加十四届全国人大一次会议江苏代表团审议时，习近平总书记强调，经济高质量发展必须“以满足人民日益增长的美好生活需要为出发点和落脚点”。^[4]那么，经济高质量发展与人民美好生活之间究竟存在着怎样的关联呢？当下我国经济高质量发展是否真正能够促进人民美好生活？本文通过收集各省（市、自治区）相关数据，构建经济高质量发展和人民美好生活评价指标体系，通过构建模型探究二者之间的数量关系。研究结论可以为政府制定相关政策提供科学依据，并为社会发展方向提供积极的指引。

学界关于经济高质量发展统计测度的研究已经较为成熟，现有文献大都按照经济高质量发展的内涵构建评价指标体系并进行相应测算。尽管指标体系内容有所不同，但均能够较为全面地衡量地区或国家经济高质量发展水平。师博、任保平（2018）从增长基本面和社会成果两个方面构建了中国省际高质量发展指标体系，并通过计算现有数据对未来经济发展做出预测。^[5]朱彬（2020）从经济增长质量、社会保障与居民生活质量、人口质量、资源利用效率以及生态环境质量等五个方面构建指标体系，得出2010–2017年中国各省份经济高质量发展水平逐年上升。^[6]王亚男、唐晓彬（2021）构建了包含经济发展、创新发展、协调发展、绿色发展、开放水平和民生发展等六个维度的指标体系，结果显示不同区域各维度的发展存在明显的不平衡。^[7]王静、方德斌（2022）基于经济、政治、文化、社会和生态“五位一体”建立指标体系，提出我国东、中、西部高质量发展存在不平衡的现象。^[8]董战山、吕承超（2023）基于经济效益、科技创新、协调共享、生态环境、开放发展和成果共享六个维度，运用时空极差熵值法测度2020年山东省各地级市实体经济高质量发展水平，得出经济高质量发展存在较大的分维度差距这一结论。^[9]

“人民美好生活”是一个多层面的、综合性的概念，涵盖了人们在物质、文化、社会等方面的各种愿望和需求。学界对于“人民美好生活”的相关研究最早可以追溯到18世纪末亚当·斯密（Adam Smith）关于“幸福指数”的论述。在其著作《国富论》中，他认为国家的幸福程度不仅仅取决于国民的经济状况，还与社会环境、人际关系、自由和公正等因素有关。^[10]随着人们对于环境、福利和社会需求的不断提高，人民美好生活逐渐具有“人民性”和“综合性”的特征。“人民性”作为美好生活评价指标体系的首要特点，强调了美好生活的出发点是人民，落脚点也是人民。目前国内强调“人民性”的指数主要有中国民生指数和中国民生发展指数。中国民生指数从民生客观指数和民生主观（满意度）指数两方面进行指标体系构建，其中民生客观指数涵盖了民生水平指数和民生改进指数，民生主观（满意度）指数则包括了生活满意度和民生整体满意度两个方面。^[11]中国民生发展指数从民生质量指数、公共服务指数、社会管理指数3个一级指标和13个二级指标衡量我国不同地区的民生发展水平。^[12]“综合性”是美好生活评价体系的构建特征。随着时代的发展和社会的进步，人民对于美好生活的向往体现在方方面面，因此构建综合性指标是必然的选择。目前，学术界常用的美好生活评价指标

主要有五种，分别为人类发展指数（Human Development Index, HDI）^[13]、社会进步指数（Index of Social Progress, ISP）^[14]、幸福指数（Well-Being Index, WBI）^[15]、社会发展指数（Social Development Index, SDI）^[16]以及 OECD美好生活指数（BLI）^[17]，如表1所示。

表1 美好生活评价常用指标

指标	主要贡献者	包含指标
人类发展指数（HDI）	Amartya Sen（1990）	预期寿命指数、成人识字率、入学率以及人均购买力平价 GDP
社会进步指数（ISP）	Richard J. Estes（1984）	教育、健康状况、经济、人口、地理、政治参与等10个领域45个社会经济指标
幸福指数（WBI）	Mark MacGillivray（2005）	指标与 HDI 相同，仅在权重上有差异
社会发展指数（SDI）	Amal Kanti Ray（2008）	预期寿命、成人识字率、入学率、婴儿存活率、电话线总数等10个变量
OECD美好生活指数（BLI）	OECD（2011）	收入、教育、就业等11个指标

此外，国内学者也试图建立相关指标体系来综合衡量我国居民的生活质量，但至今没有一个统一的衡量标准。许宪春等（2020）从经济发展、社会进步、生态环境和民生福祉四个维度构建了中国平衡发展指数指标体系。^[18]戈兴成、季璐（2023）通过对美好生活的解读，初步构建了基于经济发展、生活水平、社会发展、文化体育、生态环境、身心健康、物质保障和价值实现的美好生活评价指标体系，但并未具体收集数据进行计算。^[19]卿菁、孙晓敏（2023）借助“五位一体”布局思维，从经济、政治、文化、社会和生态五个方面进行指标构建，基于 TOPSIS 方法计算2020年省际美好生活指数。^[20]

关于人民美好生活的影响因素方面，许多学者基于中国综合社会调查（Chinese General Social Survey, CGSS）开展了一系列研究，涵盖了金融、住房保障、文体活动、教育、社会保险等多方面要素，如表2所示。

表2 人民美好生活影响因素相关研究

影响因素	学者	研究结论
城市房价	林江等（2012） 赵世伟（2023）	城市房价与居民幸福感呈现负相关，房屋数量、房产面积与居民幸福感呈现正相关。 ^{[21][22]}
食品价格	苏栳芳等（2013）	食品价格上涨对居民主观幸福感存在显著的负向影响。 ^[23]
环境污染	郑君等（2015） 李梦洁（2015）	环境污染通过影响居民的社会活动、身体健康和生活质量等途径显著降低了居民幸福感，影响大小与年龄、地区和收入水平相关。 ^{[24][25]}
就业质量	杨胜利、谢超（2015）	周工作小时、工作自由度、职业收入和保险合同等对居民主观幸福感影响显著。 ^[26]
社会保险	刘永君（2023）	参加社会保险可以提升居民幸福感，且社会医疗保险的提升作用大于社会养老保险。 ^[27]
高等教育	魏晓艳（2023）	接受高等教育对于居民个体的主观幸福感有显著提高作用。 ^[28]

在经济高质量发展对人民幸福生活的影响方面，国内研究尚处于起步阶段。其中，丁守海等（2021）自主构建经济高质量发展指标体系，基于中国家庭追踪调查（China Family Panel Studies，CFPS）中主观幸福感的相关数据，衡量经济高质量发展对人民幸福感的带动作用。^[29]

通过以上文献可以发现，国内外学者和研究机构对于人民幸福生活的影响因素的研究比较成熟，但是大部分文献均采用个人主观幸福感作为因变量，客观衡量人民美好生活水平的文献较少。另外，虽然文献对经济高质量发展指标体系的衡量已经较为完善，但是缺乏进一步应用研究，尤其是其对于人民美好生活的影响方面仍有较大的研究空白。因此，本文采集2021年各省份相关数据构建经济高质量发展指标体系，同时基于CGSS数据构建更加客观实际的人民美好生活指标体系，重点探究经济高质量发展对人民美好生活的带动作用和影响路径，具有较高的理论和实践价值。

本文按照如下框架开展。第一部分针对经济高质量发展对人民美好生活的影响提出机制假设。第二部分对研究采用数据进行简单的介绍与描述性统计分析。第三部分分别构建了经济高质量发展和人民美好生活评价指标体系，并对构建结果进行简单分析。在第四部分实证研究中，采用多元线性回归方法进行分析，并综合考虑内生性、异质性、稳健性和中介效应对模型进行进一步修正。第五部分为小结与讨论。本文将微观变量与宏观变量相结合，通过模型构建探究经济高质量发展对人民美好生活的带动作用，是对现有经济高质量发展政策效果研究的重要补充。

一、经济高质量发展对人民美好生活影响的机制分析

经济高质量发展与人民美好生活是中国特色社会主义进入新时期后的新名词，相关理论研究仍然处于探究和摸索阶段，经济高质量发展对人民美好生活的影响机制研究尚为空白。因此，本文首先梳理了有关经济高质量发展和人民美好生活的相关概念和内涵，进一步搭建经济高质量发展对人民美好生活影响的理论分析框架，归纳出经济高质量发展对人民美好生活影响机制的研究假说，为后文的实证分析奠定基础。

（一）经济高质量发展的概念与内涵

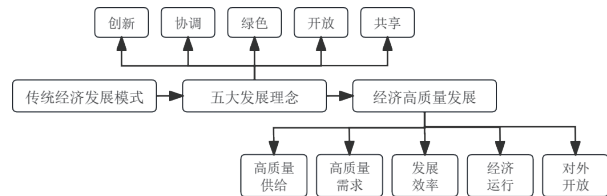
1. 经济高质量发展的概念

新中国成立以来，中央经济政策随着国内外形势的变化不断进行动态调整。从新中国建立之初面临严重的经济萧条和社会混乱而提出“以农业为基础，工业为主导”的方针，到改革开放初期面临经济困境、亟需求变之时提出“以市场为导向，加强宏观调控”的发展道路，再到新时代面临百年未有之大变局提出“创新驱动”和“经济高质量发展”的方略，体现了党和政府从重视经济增长数量、速度到重视经济发展质量的转变。习近平总书记在党的十九大报告中首次提出“经济高质量发展”这一概念，强调应当深刻认识到经济发展产生的新变化，不能再简单以增长率作为经济发展衡量标准，而应当更加强调经济发展内生质量，从而真正推进共同富裕，实现人民对于美好生活的向往。^[30]这一

论断强调了未来经济发展重点将转向创新驱动和产业升级，促进“五位一体”全面可持续发展，从而真正增进民生福祉。

2. 经济高质量发展的内涵

准确认识经济高质量发展的内涵有助于科学构建经济高质量发展评价指标体系。从上文关于“五大发展理念”的阐述可以看出，经济高质量发展的背后蕴含深刻的战略考量，是中國在面對經濟結構性矛盾、資源環境受到威脅、國內外局勢複雜多變的情況下做出的重大戰略抉擇，是中國特色社會主義進入新時期後更高質量、更有效率、更為穩定和更加開放的經濟發展模式。圖1展示了中國經濟發展的轉變過程。



> 图1 中国经济发展转变过程

高质量发展是拥有高质量供给体系的发展。随着中国经济从过去的高速增长阶段转向高质量发展阶段，传统的经济增长模式面临诸多挑战，突出表现为资源环境压力、产能过剩和经济结构性矛盾等问题。与之相对应的传统供给体系也很难满足人民美好生活的需要，无效产能过剩、有效供给不足等供给侧问题突出。因此，高质量发展需要增加有效供给，秉承创新发展理念，提高技术创新和研发能力，提升人力资源素质，加快新旧动能转换。

高质量发展必须要以高质量需求作为内生动力。2024年政府工作报告提出，要着力扩大国内需求，推动生活服务消费恢复。因此，高质量需求在推动经济高质量发展过程中的重要性不言而喻，集中表现为消费水平的不断上升、居民消费的不断升级以及城镇化进程的加快演进。

高质量发展应当同时注重经济效率和环境效率。随着人口的增长和经济的持续发展，资源的稀缺性日益明显。我国传统的高耗能、高投入和高污染的传统粗放型经济发展模式已经难以为继，如何高效利用资源、提高可持续发展能力成为高质量发展的关键因素。因此，本文从资本产出效率、人力资本贡献率和生态能源效率三个方面展示地区经济发展的效率。

高质量发展需要具备稳定性和安全性。经济稳定是维护社会和国家稳定的重要基础，对促进经济增长、保持社会和谐以及增强国家竞争力具有重要意义。因此，高质量发展应当确保增速稳、就业稳、财政稳、结构稳、金融市场稳。基于此，本文从增长质量、安全稳定、产业升级和风险防范四个方面综合衡量城市的经济增速、人民就业、产业结构和金融风险，以此反映城市经济发展的稳定性和安全性。

高质量发展是坚持更大范围、更高水平、更宽领域、更深层次对外开放的发展。中国改革开放四十年进程足以证明，只有坚持开放的发展战略，中国经济发展才有源源不断的动力。因此，在中国经济发展进入新时期后，全面提高对外开放水平，形成国际合作和竞争新优势，是经济高质量发展必不可少的要素。因

此,本文从对外贸易和利用外资两个方面来衡量城市的对外开放水平。

(二) 人民美好生活的概念与内涵

1. 人民美好生活的概念

人民美好生活一直以来都是党和国家的奋斗目标。“治国常,而利民为本。”让人民过上美好的生活,是党和政府治国理政的关键所在,也是实现中华民族伟大复兴的重要保证。人民美好生活强调的不是简单的物质富裕,更多的是一种在物质、精神、文化、社会等各个方面都能幸福满意的生活状态,是一种全面的、多元化的生活体验。2021年11月11日通过的《中共中央关于党的百年奋斗重大成就和历史经验的决议》提出了“十个明确”,其中着重提出了“必须坚持以人民为中心的发展思想”。^[31]只有真正做到把人民放在重心位置,才能真正实现为人民创造美好生活的目标。

2. 人民美好生活的内涵

正确把握人民美好生活内涵是有效构建人民美好生活评价指标体系的基础。人民美好生活水平不能简单从物质富足的角度进行衡量,而应当充分考虑人民对于教育、医疗、文化活动等多方面的需求。本文借鉴“五位一体”思想,从经济生活、政治生活、文化生活、社会生活和生态生活五个方面阐释人民美好生活的内涵,从而更加科学合理地构建人民美好生活评价指标体系。

稳定良好的经济生活是人民美好生活的基础。习近平总书记强调,建设现代化经济体系是党中央着眼于实现“两个一百年”奋斗目标、顺应中国特色社会主义进入新时代的新要求作出的重大决策部署。^[32]改革开放以来,我国始终将经济建设作为核心,通过扩大内需、对外开放等手段促进经济增长,极大改善了人民的生活水平。本文将从收入、资产和工作三个方面衡量居民的经济生活。

政治生活逐渐成为人民美好生活的重要因素。二十大报告中对加强公民政治参与做了深刻的阐述。^[2]近年来,党和国家始终致力于维护全过程人民民主这一社会主义民主政治的本质属性,国家制度建设和法治建设不断完善。因此依法享有政治权利也成为人民美好生活的重要衡量因素。

文化生活对于人民美好生活而言至关重要。根据马斯洛需求层次分析,对于居民个人而言,精神层面的满足是人类更高层次的需求。因此,要实现中华民族伟大复兴,不仅要求居民在物质上更加富足,也要求居民能够更好地享受精神世界。^[33]本文将从使用媒体情况和空闲时间使用情况衡量居民的文娱活动参与情况两方面反映居民的文化生活水平。

平稳有序的社会生活是人民美好生活的重要保障。居民始终是社会的一份子,难以独立于社会而生活。因此,社会服务体系的建设很大程度影响了居民的生活状态。其中,社会态度反映了居民心中社会建设总体水平,社会保障为公民提供了必要的风险防范,居民健康更是衡量美好生活必不可少的因素。

生态生活在人民美好生活水平的衡量中愈发重要。绿水青山就是金山银山,良好的生态环境不仅有助于地区经济的可持续发

展,也能够显著提高人民美好生活的水平。其中,空气质量和水质质量直接影响到人类赖以生存的根本,光污染和噪声污染问题也随着城镇化发展进程而日益严重。因此,有必要在人民美好生活评价指标体系中加入生态生活作为重要的一级指标。

(三) 经济高质量发展对人民美好生活的影响机制

由上文所述,经济高质量发展注重生态环境保护以及社会的公平公正,通过推动资源节约利用、环境污染治理以及对外开放、扩大就业和加强社会保障等措施,实现经济发展与环境、社会之间的协调发展。由此可见,经济高质量发展与人民美好生活息息相关,可以将经济高质量发展与人民美好生活纳入到同一个分析框架。本文借鉴生产函数和幸福指数函数,探讨经济高质量发展对人民美好生活的影响机制。

1. 模型设定

(1) 经济高质量发展。经济高质量发展是一种注重效率、创新和可持续性的经济增长模式,不仅关注经济增长的速度,更关注经济增长的质量和内涵。而式(1)所示的生产函数描述了投入要素如何转化为产出。本文将利用生产函数阐释经济高质量发展如何通过影响生产函数中的投入要素,从而对GDP产生影响。

$$Y = A \cdot f(K, L)$$

首先,研发和创新是经济高质量发展的驱动力。增加研发投入可以推动技术进步,提高全要素生产率,从而提高GDP。因而生产函数可以进一步扩展为:

$$Y = A(R) \cdot f(K, L)$$

其中 R 代表研发投入。 R 的增加可以提高技术水平 A ,从而在相同的资本 K 和劳动 L 的条件下提高产出 Y 。

进一步,教育水平、技能和健康状况等人力资本的提升是经济高质量发展的重要组成部分。人力资本的提高可以直接增加劳动生产率,从而提高GDP。因此可以将生产函数更改为如下形式:

$$Y = A(R) \cdot f(K, H)$$

其中 H 代表人力资本。通过增加教育和培训投入以及完善医疗设施,可以提高劳动力的技能水平和健康状况,从而在相同的资本投入 K 下提高产出 Y 。

此外,经济高质量发展强调环境保护和资源的可持续利用。故生产函数可以扩展为包含环境因素的形式:

$$Y = A(R) \cdot f(K, H, E)$$

其中, E 代表环境质量和资源的可持续性。

根据上述分析可知,经济高质量发展能够促进总产出 Y 的增长,即提高了人均GDP。因此,可将(4)式中的 Y 替换为 GDP :

$$GDP = A(R) \cdot f(K, H, E)$$

(2) 人民美好生活。人民美好生活意味着人民幸福感的提高。因此本文将采用世界幸福报告中提出的幸福指数函数衡量人民美好生活水平。

$$H = g(GDP, LE, SS, F, G, C)$$

其中, GDP 指人均GDP, LE 是人均寿命, SS 是社会支持, F 是自由度, G 是慷慨度, C 为腐败感知。

2. 影响机制

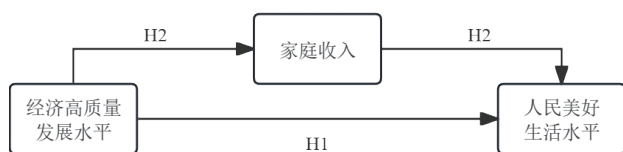


图2 经济高质量发展对人民美好生活的影响机制

（1）影响机制 I：直接效应

首先，经济高质量发展纠正了粗放型经济发展模式，强调提升产品和服务的质量，因此有助于居民获得更加可靠的物质，享受更高质量服务。其次，经济高质量发展不再“唯 GDP 论”，而是注重生态环境的保护，改善百姓的人居环境。最后，经济高质量发展也重视社会的公平和公正，不仅扩大了就业规模，还加强了社会保障等措施，真正让人民享受到经济发展带来的红利。

从生产函数和幸福指数函数分析，经济高质量发展强调研发和创新，注重生态环境的保护，着力提升人民的教育和健康水平，从而提高了人均 GDP，进而提升了人民幸福指数。因此，经济高质量发展能够促进人民美好生活水平。

根据以上分析，可以提出以下假设：

H1：经济高质量发展能够直接提高人民美好生活水平。

（2）影响机制 II：家庭收入的中介效应

经济高质量发展将会促使产业的发展扩大和转型升级，从而带来更多就业岗位和就业机会，提高了家庭成员的就业机会和收入来源。此外，经济高质量发展也将伴随着社会经济结构的优化和升级，有利于调整收入分配结构，减少收入差距，提高中低收入群体的收入水平。而家庭收入的提高显然将从物质和精神层面提高人民的美好生活水平。据此本文提出以下假设：

H2：经济高质量发展通过提高家庭收入间接改善人民美好生活水平。

二、数据介绍与描述性统计分析

（一）数据来源

在经济高质量发展评价指标体系方面，本文采用了 2021 年全国 31 个省（市、自治区）¹ 相关指标数据进行测算，数据来源于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国教育统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国高新技术产业统计年鉴》和各省统计年鉴、第三次国土调查主要数据公报等。

针对人民美好生活评价指标体系，本文利用中国综合社会调查（Chinese General Social Survey, CGSS）数据进行指标体系构建。CGSS 数据涵盖了社会、社区、家庭和个人等多个层次，详细调查了受访者的各项信息，是研究中国社会最主要的数据来源。本文选用现有最新的 CGSS2021 数据，经过数据预处理，最后得到有效样本为 8148 人。

针对控制变量，本文将其分为微观控制变量与宏观控制变量两个部分。其中，微观控制变量数据来自 CGSS，宏观控制变量数

据来自《中国统计年鉴》。

（二）变量选取

被解释变量为人民美好生活指数（*Happiness*）。本文利用 CGSS2021 相关数据构建人民美好生活指标体系，并计算出人民美好生活得分。

核心解释变量为经济高质量发展指数（*Economy*）。本文基于高质量供给、高质量需求、发展效率、经济运行和对外开放五个维度来计算各地区经济高质量发展水平。

控制变量包含微观控制变量和宏观控制变量两个部分。微观控制变量包含性别、年龄、身体健康状况、最高教育程度、婚姻状况、子女数量、户口、政治面貌、工作状况和经济地位等。对于性别，将男性设置为 1，女性设置为 0。对于身体健康状况，受访者在 1~5 分的量表作答，其中 1 分代表“很不健康”，5 分代表“很健康”。对于最高教育程度，同样设置了 1~13 分的量表，其中 1 分代表“没有受过任何教育”，13 分代表“研究生及以上”。对于婚姻状况，将问卷中婚姻状况为“未婚”“分居未离婚”“离婚”“丧偶”合并为“无伴侣”，赋值为 0；婚姻状况为“同居”“初婚有配偶”“再婚有配偶”合并为“有伴侣”，赋值为 1。对于子女数量，将问卷中关于儿子和女儿数量的问题答案进行合并。对于户口，将农村户口设置为 0，城镇户口设置为 1。对于政治面貌，将共产党员设置为 1，其他政治面貌设置为 0。对于工作状况，根据 CGSS2021 问卷调查中的问题“您的工作经历及状况是？”将“目前务农，曾经有过非农工作”“目前从事非农工作”“目前务农，没有过非农工作”等有工作的选项赋值为 1，将“目前没有工作，曾经有过非农工作”“目前没有工作，而且只务过农”和“从未工作过”等无工作的选项赋值为 0。对于经济地位，受访者在 1~5 分的量表作答，其中 1 代表“上层”，5 代表“下层”。宏观控制变量为每万人拥有图书馆建筑面积。

（三）描述性统计

针对控制变量的描述性统计如表 3 所示。

表 3 控制变量的描述性统计

变量	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值
性别	8148	0.452	0.498	0	1
婚姻状况	8148	0.866	0.341	0	1
户口	8055	0.305	0.461	0	1
政治面貌	8135	0.806	0.395	0	1
工作状况	8148	0.502	0.500	0	1
年龄	8148	48.644	17.574	15	96
子女数量	8139	1.659	1.240	0	13
个人最高教育程度	8127	5.310	3.314	1	13
身体健康状况	8142	3.482	1.093	1	5
图书馆面积	8148	138.379	38.829	84.2	238.9

三、指标体系构建与水平测度

（一）经济高质量发展评价指标体系

本研究借鉴马茹等（2019）提出的中国区域经济高质量发展

1 中国香港、澳门、台湾地区由于数据缺失，并未包含在内。

的评价指标体系^[34]，基于高质量供给、高质量需求、发展效率、经济运行和对外开放五个方面，构建了包含15个二级指标、28个二级指标的经济高质量发展评价指标体系（如表4所示）。

表4 经济高质量发展评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
高质量供给	创新能力	R&D 投入强度 ²
		万人发明专利拥有量 ³
	人才供给	每万劳动力中 R&D 人员占比
		就业人员受过高等教育的比例
	动能转换	R&D 经费内部支出企业资金与政府资金比
		有效发明专利情况
高质量需求	消费水平	城镇居民人均可支配收入
		农村居民人均可支配收入
	消费升级	居民人均交通通信消费支出
		居民人均教育文化娱乐消费支出
	城镇化进程	城市绿化覆盖率
		城镇化率
发展效率	资本产出效率	单位面积土地 GDP ⁴
		单位固定资产投资新增 GDP ⁵
	人力资本贡献率	劳动生产率 ⁶
		人才资本贡献率 ⁷
	生态能源效率	万元 GDP 能耗
		主要污染物人均排放量 ⁸
经济运行	增长质量	人均 GDP
		GDP 增速
	安全稳定	城镇登记失业率
		居民价格消费指数
	产业升级	知识密集型服务业增加值占 GDP 比重 ⁹
		高技术产业主营业务收入占规上工业企业主营业务收入比重 ¹⁰
	风险防范	规模以上企业资产负债率 ¹¹
		政府债务余额与 GDP 之比
对外开放	对外贸易	货物进出口总额占 GDP 比重
	利用外资	实际直接利用外商直接投资额占 GDP 比重

2 R&D 投入强度指 R&D 经费投入占 GDP 的比重。

3 万人发明专利拥有量 = 年末发明专利授权量 / 年末总人口

4 单位面积土地 GDP 指 GDP 与农用地和建设用地之和的比值。

5 单位固定资产投资新增 GDP 指每新增单位全社会固定资产投资产生的 GDP 增量。

6 劳动生产率指 GDP 与劳动力就业人口数的比值。

7 人才资本贡献率 = 人才资本增长率 / 地区生产总值增长率

8 主要污染物人均排放量指二氧化硫、氮氧化物和烟（粉）尘等主要污染物排放量与年末总人口数的比重。

9 参照 OECD 标准，知识密集型服务业包括信息传输、软件和信息技术服务业，金融业，租赁和商务服务业，科学研究和技术服务业4个行业。

10 参照国家统计局发布的《高技术产业（制造业）分类（2017）》，高技术产业是指国民经济行业中 R&D 投入强度相对高的制造业行业，包括：医药制造，航空、航天器及设备制造，电子及通信设备制造，计算机及办公设备制造，医疗仪器设备及仪器仪表制造，信息化学品制造等6大类。

11 规模以上企业资产负债率指规上企业总负债与总资产的比值。

在对所有指标数据进行标准化处理后，本文采用线性加权法对全国31个省（市、自治区）经济高质量发展总指数和各级分指数进行测算。以经济高质量发展总指数为例，用 I_i 来表示第 i 个省份经济高质量发展总指数，则

$$I_i = \sum_{j=1}^n U_j w_j$$

其中 w_j 表示第 i 个省份第 j 个指标的权重。本文认为，所有指标都有从不同方面反映了经济高质量发展的相关信息，难以比较指标之间的重要关系，因此采用等权重法进行计算。

根据表4所示的经济高质量发展指标体系和上述测算方法，本文测算了2021年全国31个省（市、自治区）经济高质量发展总指数以及五个方面的分指数，如表5所示。

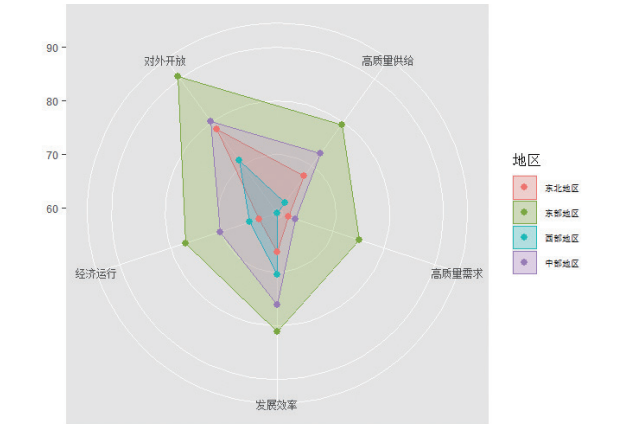
表5 2021 年中国地区经济高质量发展总指数和各一级分指数

排名	经济高质量发展总指数		经济高质量发展一级分指数									
			高质量供给		高质量需求		发展效率		经济运行		对外开放	
1	北京	89	北京	90	北京	89	北京	89	北京	87	广东	98
2	上海	87	江苏	88	上海	88	上海	89	上海	86	上海	97
3	江苏	84	浙江	86	浙江	83	江苏	85	浙江	84	北京	94
4	浙江	84	上海	85	江苏	78	福建	85	江苏	83	天津	92
5	广东	81	广东	84	天津	75	广东	82	广东	78	浙江	91
6	天津	78	天津	82	广东	75	湖南	81	陕西	77	江苏	90
7	福建	77	山东	80	内蒙古	74	河北	79	天津	75	山东	88
8	山东	75	安徽	77	福建	71	浙江	79	福建	74	海南	88
9	安徽	74	福建	77	山东	69	安徽	79	湖北	73	福建	86
10	湖北	74	湖北	77	辽宁	67	湖北	78	安徽	72	安徽	85
11	湖南	73	湖南	75	湖北	66	四川	78	江西	72	辽宁	84
12	重庆	73	重庆	74	湖南	66	山东	77	山东	72	陕西	84
13	陕西	72	辽宁	73	重庆	66	河南	77	重庆	72	河南	83
14	辽宁	70	河南	72	江西	65	陕西	77	湖南	71	重庆	83
15	江西	70	陕西	71	安徽	64	天津	76	海南	69	四川	83
16	河北	69	河北	70	宁夏	64	重庆	76	山西	68	河北	82
17	河南	69	江西	69	河北	62	辽宁	74	河南	66	广西	82
18	四川	69	四川	68	海南	61	广西	73	广西	66	湖北	80
19	山西	67	山西	67	四川	61	贵州	73	四川	66	江西	79
20	内蒙古	67	宁夏	67	吉林	60	江西	72	吉林	65	山西	77
21	广西	66	吉林	66	贵州	59	云南	72	青海	65	湖南	77
22	海南	66	内蒙古	64	云南	59	海南	71	辽宁	64	吉林	76
23	宁夏	66	黑龙江	64	山西	58	山西	70	河北	63	黑龙江	75

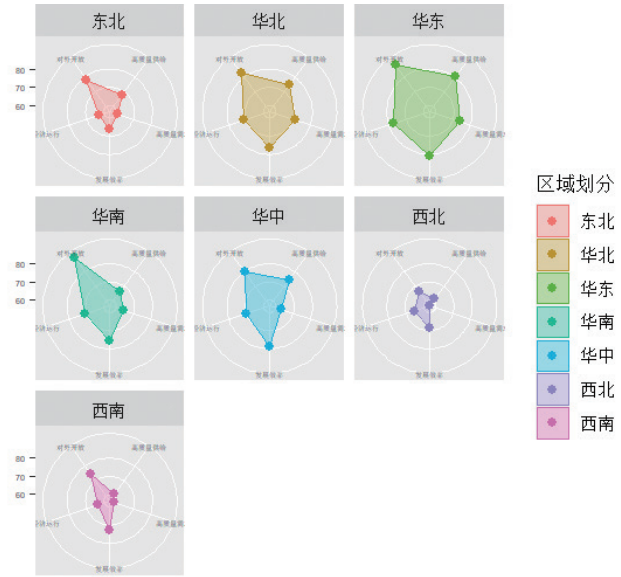
排名	经济高质量发展总指数		经济高质量发展一级分指数									
			高质量供给		高质量需求		发展效率		经济运行		对外开放	
24	吉林	65	广西	62	陕西	58	宁夏	69	内蒙古	63	云南	75
25	云南	64	云南	62	新疆	58	新疆	68	宁夏	63	甘肃	73
26	贵州	63	甘肃	60	黑龙江	57	内蒙古	67	云南	61	宁夏	71
27	黑龙江	61	贵州	59	河南	57	甘肃	67	西藏	61	内蒙古	68
28	甘肃	60	新疆	55	广西	57	吉林	65	新疆	61	西藏	68
29	新疆	60	青海	54	青海	54	西藏	65	甘肃	60	贵州	64
30	青海	59	海南	53	西藏	50	青海	62	黑龙江	59	新疆	55
31	西藏	56	西藏	41	甘肃	49	黑龙江	60	贵州	59	青海	48

从经济高质量发展总指数来看，全国大致可以分为三大梯队。“第一梯队”由北京、上海、江苏、浙江和广东组成。各省份经济高质量发展水平较高，各个方面发展也较为均衡。“第二梯队”包含天津、福建、山东、安徽、湖北、湖南、重庆、陕西、辽宁和江西。各省份经济高质量发展尚可，但均存在发展不均衡的现象。例如，虽然陕西省经济高质量发展总指数达到72分，但高质量需求仅有58分，存在明显短板。“第三梯队”包括河北、河南、四川、山西、内蒙古、广西、海南、宁夏、吉林、云南、贵州、黑龙江、甘肃、新疆、青海和西藏。各省份经济高质量发展比较落后，在五个分项上均有较大的提高空间。

为了更加全面地认识中国各地区经济高质量发展的情况，本文进一步绘制四大地区和七大区域经济高质量发展一级分指数雷达图（如图3、4所示）。从图3中可以看出，东部地区五个一级分指数均处于领先状态，东北地区 and 西部地区经济高质量发展较为落后。从更加具体的七大区域来看，华东区域和华北区域经济高质量发展平衡且突出，东北、西北和西南区域经济高质量发展较为落后，且存在明显短板。例如，西南地区高质量供给和高质量需求得分较低，仍然有较大的提升空间。



> 图3 四大地区经济高质量发展一级分指数雷达图



> 图4 七大区域经济高质量发展一级分指数雷达图

（二）人民美好生活评价指标体系

本文基于“五位一体”建设，分别从经济生活、政治生活、文化生活、社会生活、生态文明生活和其他六个方面，构建了包含22个分项指标的人民美好生活评价指标体系，如表6所示。

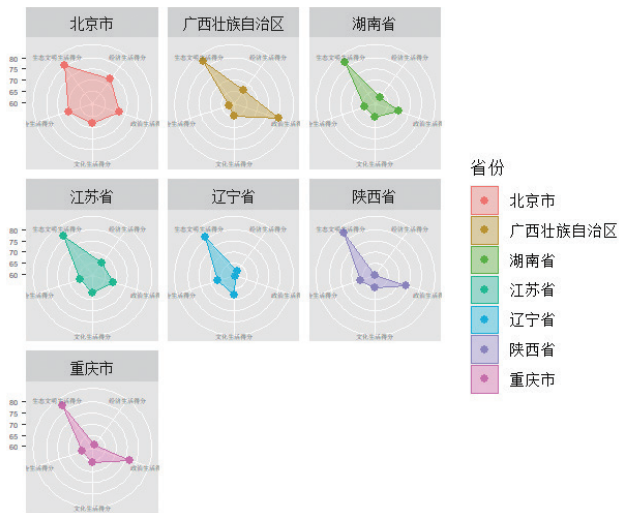
表6 人民美好生活评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
经济生活	收入	个人总收入
	资产	是否拥有汽车
		现住房套内面积
		房产数量
	工作	工作时间
		工作压力
政治生活	政治参与	民主投票
		参加工会
文化生活	文娱活动	平时使用媒体情况
		空闲时间使用情况
社会生活	社会态度	社会信任
		社会公平
		个人幸福
	社会保障	医疗保险
		养老保险
		商业性医疗保险
		商业性养老保险
	健康	就医频率
生态文明生活	环境	空气污染状况
		水污染状况
		噪音污染状况
		光照不足情况

在通过熵权法计算出权重后本文进一步计算出2021年全国19个省（市、自治区）¹²每一个样本的美好生活指数。本文抽取七大

12 由于疫情原因，CGSS2021仅有19个省（市、自治区）的数据。

地区的代表省份，计算该省份人民美好生活指数和各分项指数的平均值，绘制如图5所示的雷达图。



> 图5 七大地区代表省份的人民美好生活指数及分项指数雷达图

从图5中可以看出，以北京市为代表的华北地区人民美好生活指数较高，且每一分项指数较为平衡。其他地区人民美好生活指数尚有提高空间，在某些分项上存在明显短板。例如，以陕西省和重庆市为代表的西北地区 and 西南地区的经济生活指数评分较低，居民在物质层面还有许多需求亟待满足。值得注意的是，所有省份的生态文明美好生活指数均得到了较高的分数，这也体现了当下我国生态文明建设取得的显著成效。

四、实证研究

为探究经济高质量发展对人民美好生活的影响效应和带动作用，本文将进一步建立回归模型进行实证分析。

（一）基准回归分析

首先，本文研究经济高质量发展（*Economy*）对人民美好生活（*Happiness*）的影响效应，故具体模型设置如下：

$$Happiness = \beta_0 + \beta_1 Economy + \varphi X + \varepsilon_i$$

本文将计算出的全国各省（市、自治区）经济高质量发展指数和人民美好生活指数进行匹配，结果如表7所示。其中，模型1为仅加入经济高质量发展水平，模型2加入一系列控制变量，模型3为采用逐步回归筛选变量后得到的结果。

表7 基准回归分析结果

		模型1	模型2	模型3
		<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>
<i>Economy</i>		0.147***	0.064***	0.064***
		(0.018)	(0.020)	(0.020)
<i>Gender</i>			-0.070	
			(0.251)	
<i>Marriage</i>			1.578***	1.570***
			(0.380)	(0.379)
<i>Residence</i>			0.077	
			(0.295)	

		模型1	模型2	模型3
		<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>
<i>PoliStatus</i>			-0.934***	-0.922***
			(0.347)	(0.344)
<i>Work</i>			3.409***	3.389***
			(0.261)	(0.256)
<i>Age</i>			0.050***	0.050***
			(0.010)	(0.010)
<i>KidNum</i>			0.227*	0.225*
			(0.124)	(0.123)
<i>HighestEdu</i> ¹³	私塾、扫盲班		2.228	2.219
			(1.595)	(1.595)
	小学		2.271***	2.260***
			(0.460)	(0.456)
	初中		3.500***	3.497***
			(0.458)	(0.450)
	职业高中		4.920***	4.927***
			(1.048)	(1.039)
	普通高中		4.963***	4.970***
			(0.557)	(0.540)
	中专		3.712***	3.725***
			(0.706)	(0.691)
	技校		4.176*	4.188*
			(2.208)	(2.201)
	大学专科（成人高等教育）		7.549***	7.574***
			(0.799)	(0.783)
	大学专科（正规高等教育）		5.184***	5.205***
			(0.786)	(0.768)
	大学本科（成人高等教育）		6.978***	7.009***
			(0.884)	(0.864)
	大学本科（正规高等教育）		5.829***	5.860***
			(0.697)	(0.668)
	研究生及以上		5.897***	5.934***
			(1.181)	(1.160)
<i>Health</i> ¹⁴	比较不健康		0.607	0.604
			(0.615)	(0.615)
	一般		1.255**	1.257**
			(0.575)	(0.574)
	比较健康		1.412**	1.413**
			(0.579)	(0.578)
	很健康		1.701***	1.697***
			(0.620)	(0.620)

13 最高教育程度以“没有受过任何教育”作为基准组，下同。

14 身体健康状况以“很不健康”作为基准组，下同。

		模型1	模型2	模型3
		<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>
<i>EcoStatus</i> ¹⁵	中上层		1.904	1.909
			(1.765)	(1.765)
	中层		1.009	1.013
			(1.706)	(1.706)
	中下层		-0.469	-0.471
			(1.710)	(1.710)
	下层		-2.219	-2.228
			(1.716)	(1.716)
<i>Library</i>			0.011***	0.011***
			(0.004)	(0.004)
<i>N</i>		6207	6207	6207
<i>R</i> ²		0.011	0.114	0.114
<i>F-statistic</i>		69.106***	27.352***	29.831***

注：“***”、“**”、“*”分别表示1%、5%、10%水平下显著，括号内为标准误。下同。

从表7中可以看出，经济高质量发展对人民美好生活起到显著的正向带动作用，即经济高质量发展水平越高，人民美好生活水平越高。尽管随着控制变量的加入和改变，回归系数存在些许差异，但是正向的影响始终显著，说明经济高质量发展对人民美好生活的显著正向影响具有稳健性。

具体而言，在模型1中，经济高质量发展水平每提高1个单位，人民美好生活水平将会提高0.147个单位。在模型2、3中，随着控制变量的加入，回归系数下降，带动效应减少，但正向带动作用依然显著。从我国东部发达地区经济发展的实践来看，经济高质量发展在经济、社会和环境等方面都能够促进人民美好生活水平。首先，经济高质量发展为人民带来更加稳定的经济环境，有助于家庭收入的增加，提高了人民美好生活水平；其次，经济高质量发展能够更加有效地应对社会的风险，在医疗、养老等方面提供坚实的保障，改善了人民的生活；最后，经济高质量发展强调可持续发展，注重经济发展和环境保护双轨并行，有效改善了人居环境。

对于受教育水平，按照低等、中等和高等教育的标准划分¹⁶，可以发现受教育水平越高，美好生活水平也越高。从经济学角度解释，教育可以视作一种投资，可以提高劳动者的技能，使之能够胜任更复杂、更高薪的工作，从而提高家庭收入和生活水平。

此外，有伴侣、有工作、非共产党员、子女数量越多健康状况越好的群体，美好生活水平越高。年龄的增长也能够显著提高美好生活水平，但提高程度有限。从宏观层面来看，每万人拥有图书馆建筑面积越大，人民美好生活水平也越高。

由于本文的人民美好生活指数由经济生活、政治生活、文化生活、社会生活和生态文明生活五个方面构成，因此接下俩将对这五个部分分别进行回归分析，结果如表8所示。

15 经济地位以“上层”作为基准组，下同。

16 将“没有受过任何教育”“私塾、扫盲班”“小学”“初中”并为“低等教育”，将“职业高中”“普通高中”“中专”“技校”合并为“中等教育”，将“大学专科”“大学本科”“研究生及以上”合并为“高等教育”。

表8 人民美好生活分项指数基准回归分析结果

	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
	<i>EcoLife</i>	<i>PolLife</i>	<i>CulLife</i>	<i>SocLife</i>	<i>EnvLife</i>
<i>Economy</i>	0.045	-0.013	0.015	0.114***	0.002
	(0.051)	(0.048)	(0.010)	(0.022)	(0.015)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
<i>N</i>	6207	6207	6207	6207	6207
<i>R</i> ²	0.153	0.086	0.136	0.105	0.020
<i>F-statistic</i>	38.452***	20.089***	33.402***	24.890***	4.302***

注：控制变量同表7，下同。

从表8的结果可以看出，当前经济高质量发展主要显著提高了人民社会生活的水平，在经济生活、政治生活、文化生活和生态文明生活方面的影响并不显著。从理论分析来看，经济高质量发展强调协调和共享的理念，着力提升社会保障和公共服务，有助于人民美好生活水平的提高。从发展实际来看，当前我国在医疗、养老保险以及医疗服务、社会治理等方面不断改进，真正做到改善了人民生活。但同时也要清楚地看到，我国经济高质量发展尚处于初步阶段，还未能真正影响到人民的经济生活等其他方面，因此未来经济高质量发展还有很长的路要走。

（二）内生性与两阶段最小二乘

经济高质量发展对人民美好生活的影响存在明显的联立性内生性问题。一方面，经济高质量发展水平越高，可以提高人民的生活水平，因此人民美好生活指数将会提高；另一方面，人民美好生活水平越高，可以促进其工作热情，提高工作效率，进一步促进了经济高质量发展。因此，本文积极寻求工具变量来解决内生性问题导致的估计偏误。该工具变量要求外生，且需要与经济高质量发展具有高度相关性，但与随机扰动项无关。因此，综合考虑工具变量特征和数据可得性，本文最终选取人民主观幸福感作为工具变量。工具变量检验结果如表9所示，从结果中可以看出，人民主观幸福感是一个良好的工具变量。接下来，本文利用人民主观幸福感作为工具变量做两阶段最小二乘回归，结果如表10所示。

表9 工具变量检验

	df1	df2	statistic	p-value
Weak instruments	1	2005	10.08	0.00152***
Wu-Hausman	1	2004	28.19	1.22e-07***

表10 两阶段最小二乘回归结果

	因变量	
	<i>Economy</i>	<i>Happiness</i>
<i>SelfHappiness</i>	0.236***	
	(0.074)	
<i>Economy</i>		2.750***
		(0.500)
控制变量	已控制	已控制
<i>N</i>	2035	2035
<i>R</i> ²	0.307	0.132
<i>F-statistic</i>	30.686***	10.525***

从表10中可以看出,在第一阶段回归中,人民主观幸福感与经济高质量发展之间存在显著的正相关关系。在第二阶段回归中,在控制了其他因素后,经济高质量发展仍然可以显著地提高人民美好生活水平,经济高质量发展水平每增加1个单位,人民美好生活水平将提高2.750个单位。

(三) 异质性检验

1. 按照地理区域划分

前文在研究经济高质量发展对人民美好生活的带动效应时,将所有研究对象当成一个整体去考虑。事实上,对于不同地区的个体而言,经济高质量发展对人民美好生活的带动效应存在差异。因此,本文进一步将研究对象所在地区分为东部、中部、西部地区¹⁷,各地区具体省份如表11所示。

表11 三大地区包含省份

地区	省份
东部地区	北京市、福建省、河北省、江苏省、山东省、浙江省
中部地区	安徽省、河南省、湖北省、湖南省、江西省、山西省
西部地区	甘肃省、广西壮族自治区、内蒙古自治区、宁夏回族自治区、陕西省、重庆市

分别抽取三个地区数据后进行分别回归,结果如表12所示。可以看出,不同地区经济高质量发展对人民美好生活的影响效应存在明显差异:对于东部地区而言,经济高质量发展能够显著提高人民美好生活水平,中部地区经济高质量发展对人民美好生活水平没有显著带动作用,而西部地区经济高质量发展甚至会对降低人民美好生活水平。本文认为,中部地区经济高质量发展尚处于转型阶段,城乡之间存在较大差异,经济高质量发展难以真正惠及民生。对于西部地区而言,由于经济相对落后,高质量发展尚处于初级阶段,经济发展可能以牺牲居民美好生活作为代价(例如影响人居环境导致生活水平下降),因此经济高质量发展反而降低了居民生活品质。

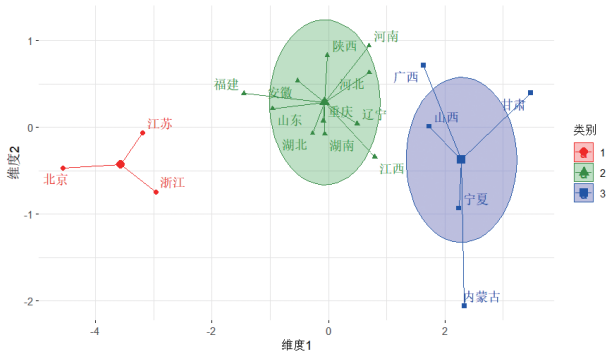
表12 分地区回归结果

	东部地区	中部地区	西部地区
	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>
<i>Economy</i>	0.140***	-0.024	-0.139***
	(0.043)	(0.091)	(0.054)
控制变量	已控制	已控制	已控制
<i>N</i>	2322	1843	1722
<i>R</i> ²	0.131	0.147	0.089
<i>F</i> -statistic	9.578***	9.206***	9.045***

2. 按照发达程度划分

由于按照地理位置划分,每个区域中经济高质量发展程度可能存在较大差异。因此,本文将根据经济高质量发展的五大维度对19个省(市、自治区)进行聚类。根据肘部图,可以大致将这些省份聚为3类区域,聚类结果如图6所示。

17 由于数据缺失,故无法研究东北地区带动效应的异质性。此外,各地区均存在省份数据整体缺失的情况。



> 图6 k-means聚类结果

本文将3类区域分别命名为“发达区域”“较发达区域”和“欠发达区域”,具体划分如表13所示。

表13 三大区域包含省份

区域	省份
发达区域	北京市、江苏省、浙江省
较发达区域	福建省、山东省、河北省、安徽省、河南省、湖北省、湖南省、江西省、陕西省、重庆市
欠发达区域	甘肃省、广西壮族自治区、内蒙古自治区、山西省、宁夏回族自治区

分别抽取三个区域数据后进行分别回归,结果如表14所示。

表14 分区域回归结果

	发达区域	较发达区域	欠发达区域
	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>
<i>Economy</i>	0.955***	-0.074	-1.839
	(0.214)	(0.051)	(4.606)
控制变量	已控制	已控制	已控制
<i>N</i>	1334	4458	415
<i>R</i> ²	0.148	0.105	0.156
<i>F</i> -statistic	7.785***	17.821***	2.547***

由表14可以看出,仅有发达地区的经济高质量发展能够显著促进人民美好生活水平,而较发达地区和欠发达地区的经济高质量发展对人民美好生活水平没有明显带动作用。结果也证明了当前我国发展仍然存在不平衡、不充分的现象,发达地区经济发展质量更高、人民也能因此享受经济发展带来的幸福生活;而较发达地区和欠发达地区的经济还未真正实现高质量发展,距离真正实现人民美好生活还有一定的距离。

(四) 稳健性检验

1. 随机抽样

为考察基准模型回归结果的可靠性,需要对模型的稳健性进行检验。本文首先采用随机抽样法,随机抽取50%的样本进行基准回归分析,结果如表15所示。

表15 随机抽样后的回归结果

	模型1	模型2	模型3
	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>
<i>Economy</i>	0.155***	0.071**	0.071**
	(0.025)	(0.028)	(0.028)

	模型 1	模型 2	模型 3
	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>
控制变量	已控制	已控制	已控制
<i>N</i>	3103	3103	3103
<i>R</i> ²	0.012	0.124	0.123
<i>F</i> -statistic	38.740***	14.988***	19.652***

从表 15 中可以看出，在抽取 50% 的样本后，经济高质量发展仍然能够显著正向带动人民美好生活，证明基准模型的结果是稳健的。

2. 替换核心自变量

进一步地，本文采用替换核心自变量的方法来检验基准模型结果的稳健性。本文选取人均 GDP 替换经济高质量发展指数，得到的模型结果如表 16 所示。

表 16 替换核心自变量后的回归结果

	模型 1	模型 2	模型 3
	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>	<i>Happiness</i>
<i>Economy</i>	3.269e-05***	1.890e-05***	1.895e-05***
	(3.356e-06)	(3.823e-06)	(3.815e-06)
控制变量	已控制	已控制	已控制
<i>N</i>	6207	6207	6207
<i>R</i> ²	0.015	0.116	0.116
<i>F</i> -statistic	94.867***	27.905***	29.978***

表 16 的结果显示，将经济高质量发展指数换成人均 GDP 后，经济高质量发展仍然可以显著提升人民美好生活水平。表 16 的结果与表 7 基本一致，证明模型具有较强的稳健性。

（五）经济高质量发展对人民美好生活影响的机制分析

对于机制分析，本文计划采用受访者家庭收入作为中介变量进行分析，模型如下所示：

$$Happiness = \beta_0 + \beta_1 Economy + \varphi X + \varepsilon_1$$

$$\ln(FamilyInc) = \gamma_0 + \gamma_1 Economy + \varphi X + \varepsilon_2$$

$$Happiness = \beta_0 + \beta_1 Economy + \beta_2 \ln(FamilyInc) + \varphi X + \varepsilon_3$$

其中，*FamilyInc* 表示受访者家庭年收入。模型结果如表 17 所示。

表 17 中介效应模型结果

	因变量		
	<i>Happiness</i>	<i>FamilyInc</i>	<i>Happiness</i>
<i>Economy</i>	0.066***	0.031***	0.012
	(0.020)	(0.002)	(0.020)
$\ln(FamilyInc)$			1.276***
			(0.122)
控制变量	已控制	已控制	已控制
<i>N</i>	5960	5960	5960
<i>R</i> ²	0.109	0.398	0.138
<i>F</i> -statistic	25.113***	134.970***	31.745***

从表 17 可以看出，式中的 β_1 、式中的 γ_1 以及式中的 β_2 均显著，证明中介效应存在。此外，式中的 β_1 不显著，说明模型为完全中介效应。进一步采用 Sobel 检验中介效应，并计算中介效应大小，结果如表 18 所示。结果显示，中介效应大小为 83% 左右，说明经济高质量发展首先影响了居民的家庭收入，进而影响了人民美好生活水平。

表 18 中介效应大小

	Estimate	95% CI Lower	95% CI Upper	p-value
ACME	0.05388***	0.04456	0.06	< 2e-16
ADE	0.00962	-0.02641	0.04	0.6
Total Effect	0.06350***	0.02529	0.10	< 2e-16
Prop. Mediated	0.82827***	0.51754	2.09	< 2e-16

五、小结与讨论

（一）研究结论

本文基于经济高质量发展背景，结合我国社会发展的主要矛盾，分别构造经济高质量发展和人民美好生活评价指标体系，进而通过构建回归模型分析经济高质量发展对人民美好生活的带动作用。具体结论如下：

（1）全国经济高质量发展存在地区差异。北京、上海、江苏、浙江和广东等省份经济高质量发展处在前列，各方面发展均衡；天津、福建、山东等省份处于中游，高质量发展取得一定成效，但在某些方面存在短板；河北、河南、四川等省份经济高质量发展比较落后，各个方面均有较大的提升空间。

（2）全国人民美好生活水平也存在地区不平衡现象。从七大区域来看，华北和华东地区人民美好生活水平较好，各方面发展较为均衡；其他地区人民美好生活指数尚有提高空间，在某些方面存在明显短板。

（3）从全国来看，经济高质量发展对人民美好生活水平有正向促进作用。从影响路径上看，经济高质量发展主要通过增加居民家庭收入来促进人民生活水平的提高。从地区来看，东部地区正向促进作用明显，中部地区作用不明显，西部地区甚至有抑制作用。从高质量发展状况来看，仅有发达地区具有明显正向促进作用，较发达地区和欠发达地区没有明显带动作用。由此也可以反映出我国发展目前存在不平衡的问题，经济高质量发展还未能真正全面促进人民美好生活水平的提高。

（二）政策建议

本文根据研究结论，提出如下政策建议：

（1）各地区应当因地制宜，着力引导地区经济高质量发展。第一，政府应当调整和优化产业结构，推动产业升级和转型，促进新兴产业和高科技产业的发展，提升经济的创新能力和竞争力。第二，政府应当优化人力资源结构，加强教育培训，提高劳动者素质和技能水平，着力培养高精尖人才，促进人力资源的有效配置和优化利用。第三，政府应当注重绿色发展，深化经济发展可持续观念，加强环境保护和资源节约利用，鼓励企业采取节

能减排的措施,推动绿色技术和绿色产业发展。第四,政府应当不断推进改革开放,加强与国际间的经济合作与交流,吸收国外先进技术和管理经验,推动国际贸易自由化和经济全球化,切实提高对外开放水平。

(2)各地区在经济发展的同时要注意惠及民生。因此,经济发展需要持续稳定健康向上,为实现人民美好生活打下基础。政府应采取措施鼓励创新、优化产业结构、扩大就业、提高收入水平,确保经济发展惠及广大人民群众。此外,在社会保障方面,政府应当建立完善的社会保障制度,包括社会保险、医疗保障、失业保险、养老保险等,提高社会保障水平,保障人民的基本生活权益。在教育方面,政府应当加大对教育的投入,提高教育资源配置效率,提升教育质量和普及水平,为人民提供更好的教育机会和条件。在医疗卫生服务方面,政府应当加强医疗卫生体系建设,提高医疗卫生服务水平,降低医疗费用负担,保障人民身体健康。在环境保护方面,政府应当加大环境保护力度,改善环境质量,提升人民的生活环境,保护人民的生态福祉。

(3)各地区应当根据地方实际发展状况制定经济发展政策、采取惠民措施,因地制宜推进经济高质量发展和人民美好生活水平提升。

①对于发达地区而言,经济高质量发展现阶段已经取得初步成效,能够正向促进人民美好生活水平的提高。除了满足居民物质生活外,还应当积极满足居民在文化休闲、环境保护等方面的需要。政府应当积极提供丰富多彩的文化活动和娱乐设施,鼓励居民参与体育运动和休闲活动;另外,政府应当着力实现绿色可持续发展的经济,增加公园绿地面积,加强环境保护和生态恢复,提高居民的生活质量。

②对于较发达和欠发达地区而言,经济高质量发展仍然存在短板,对居民生活质量的改善并不明显。因此,政府应当抓好主要矛盾,首先致力于提高人民的物质生活水平。政府应当鼓励经济多元化发展,同时积极扶持小微企业和个体经营者。另外,政府应当积极支持农村地区的发展,通过提供农业技术培训、农业生产资料支持以及专业人员培训等提高农产品质量,拓宽营销渠道。此外,政府还应当加大基础设施建设,如道路、桥梁、水利等,为居民的生活带来更多便捷。

参考文献

- [1]习近平:决胜全面建成小康社会夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www.gov.cn/zhuanti/2017-10/27/content_5234876.htm.
- [2]高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5722378.htm.
- [3]人民日报评论员:坚定不移推动高质量发展——论学习贯彻习近平主席十四届全国人大一次会议重要讲话[EB/OL]. [2023-12-26]. https://www.gov.cn/xinwen/2023-03/16/content_5746990.htm.
- [4]新华社评论员:必须以满足人民日益增长的美好生活需要为出发点和落脚点[Z]. [2024].
- [5]师博,任保平. 中国省际经济高质量发展的测度与分析[J]. 经济问题, 2018(4): 1-6.

- [6]朱彬. 中国经济高质量发展水平的综合测度[J]. 统计与决策, 2020, 36(15): 9-13.
- [7]王亚男,唐晓彬. 基于八大区域视角的中国经济高质量发展水平测度研究[J]. 数理统计与管理, 2022, 41(2): 191-206.
- [8]王静,方德斌. 基于“五位一体”的中国经济高质量发展指数研究[J]. 宏观经济研究, 2022(5): 22-34, 73.
- [9]董战山,吕承超. 实体经济高质量发展水平测度研究——以山东省为例[J]. 中共青岛市委党校青岛行政学院学报, 2023(3): 58-64.
- [10]SMITH A. An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1977.
- [11]国务院发展研究中心“中国民生指数研究”课题组,张玉台,吴晓灵,等. 我国民生发展状况及民生主要诉求研究——“中国民生指数研究”综合报告[J]. 管理世界, 2015(2): 1-11.
- [12]北京师范大学“中国民生发展报告”课题组,唐任伍. 中国民生发展指数总体设计框架[J]. 改革, 2011(9): 5-11.
- [13]SEN A. Capability and well-being [J]. The quality of life, 1993, 30: 270-293.
- [14]ESTES R J. Trends in world social development, 1970—1995: Development challenges for a new century [M] //Globalization and the Evolving World Society. Brill, 1998: 11-39.
- [15]MCGILLIVRAY M. Measuring Non-Economic Well-Being Achievement [J]. Review of Income and Wealth, 2005, 51(2): 337-364.
- [16]RAY A K. Measurement of social development: An international comparison [J]. Social Indicators Research, 2008, 86(1): 1-46.
- [17]OECD. Oecd better life initiative compendium of oecd well-being indicators [M]. OECD Portugal, 2011.
- [18]许宪春,任雪,汤美微. 关于中国平衡发展指数指标体系的构建[J]. 统计研究, 2020, 37(2): 3-14.
- [19]戈兴成,季琳. 美好生活评价指标体系构建: 一个初步框架[J]. 决策咨询, 2023(1): 80-86.
- [20]卿曹,孙晓敏. 基于熵权 TOPSIS 法的美好生活水平测度与综合评价[J]. 伦理学研究, 2023(5): 121-132.
- [21]林江,周少君,魏万青. 城市房价、住房产权与主观幸福感[J]. 财贸经济, 2012(5): 114-120.
- [22]赵世伟. 住房保障提升居民幸福感实证分析——基于 2017 年度中国综合社会调查(CGSS) [J]. 经济研究导刊, 2023(12): 89-92.
- [23]苏桔芳,王海成,郭敏. 食品价格上涨对中国居民主观幸福感的影响[J]. 中国人口科学, 2013(6): 59-70, 127.
- [24]郑君君,刘璐,李诚志. 环境污染对中国居民幸福感的影响——基于 CGSS 的实证分析[J]. 武汉大学学报(哲学社会科学版), 2015, 68(4): 66-73.
- [25]李梦洁. 环境污染、政府规制与居民幸福感——基于 CGSS(2008) 微观调查数据的经验分析[J]. 当代经济科学, 2015, 37(5): 59-68, 126.
- [26]杨胜利,谢超. 就业质量对居民幸福感的影响分析研究——基于 CGSS 2010 的实证分析[J]. 云南财经大学学报, 2015, 31(6): 50-57.
- [27]刘永君. 社会保险与居民幸福感提升——基于 CGSS2015 数据的实证分析[J]. 上海立信会计金融学院学报, 2023, 35(3): 69-79.
- [28]魏晓艳. 高等教育对主观幸福感的影响及机制——来自 CGSS2013-2021 的经验证据[J]. 北京社会科学, 2023(9): 114-128.
- [29]丁守海,徐政,张普阳. 新发展格局下我国经济高质量发展提升人民幸福感的实证研究[J]. 云南师范大学学报(哲学社会科学版), 2021, 53(2): 133-146.
- [30]深刻把握经济高质量发展的内涵要义[EB/OL]. [2024-03-07]. <http://theory.people.com.cn/n1/2023/0920/c40531-40081356.html>.
- [31]中共中央关于党的百年奋斗重大成就和历史经验的决议(全文)[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www.gov.cn/zhengce/2021-11/16/content_5651269.htm.
- [32]人民日报整版观察: 十年来经济建设历史性成就[EB/OL]. [2024-03-11]. https://news.cnr.cn/native/gd/sz/20221111/t20221111_526058386.shtml.
- [33]《习近平关于社会主义精神文明建设论述摘编》出版发行[EB/OL]. [2024-03-11]. <http://dangjian.people.com.cn/n1/2022/0921/c1117092-32530544.html>.
- [34]马茹,罗晖,王宏伟,等. 中国区域经济高质量发展评价指标体系及测度研究[J]. 中国软科学, 2019(7): 60-67.

数据视角下广西农业农村现代化的统计测度及预测研究

黄丽花, 黎玉芳*

广西师范大学数学与统计学院, 广西 桂林 541000

摘要: 本文通过构建广西农业农村现代化发展水平评价指标体系, 利用熵值法测算各个指标的权重, 并运用熵权—TOPSIS法测度2014–2023年广西整体和各地级市农业农村现代化发展水平。其次, 采用GM(1,1)模型对广西未来三年的农业农村现代化发展水平进行预测。最后, 基于得到的结论对广西农业农村现代化的发展提出合理性建议。

关键词: 农业农村现代化; 发展水平; 熵值法; 熵权—TOPSIS法; GM(1,1)

Statistical Measurement and Prediction of Agricultural and Rural Modernization in Guangxi from the Perspective of Data

Huang Lihua, Li Yufang*

School of Mathematics and Statistics, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi 541000

Abstract: This paper constructs an evaluation index system for the development level of agricultural and rural modernization in Guangxi, uses entropy method to measure the weights of each index, and uses entropy weight—TOPSIS method to measure the development level of agricultural and rural modernization in Guangxi as a whole and in prefecture-level cities during 2014–2023. Secondly, GM(1,1) model is used to forecast the development level of agricultural and rural modernization in Guangxi in the next three years. Finally, based on the conclusions, reasonable suggestions are put forward for the development of agricultural and rural modernization in Guangxi.

Keywords: agriculture and rural modernization; development level; entropy method; entropy weight TOPSIS method; GM (1, 1)

引言

为加快农业农村现代化, 坚持农业农村优先发展, 国务院印发了《“十四五”推进农业农村现代化规划》, 这为中国农业农村现代化的发展指明了方向。广西作为全国少有的宜农、宜林、宜牧、宜渔综合发展地区, 国家对该地区的农业农村现代化发展予以高度重视。2023年区政府印发了《广西加快推进现代设施农业发展实施方案(2023—2025年)》, 该方案强调在全区推进现代设施农业集约化、机械化、绿色化、数字化发展, 加快全面推进乡村振兴和农业强区建设。

当前, 关于农业农村现代化的国内外研究主要有以下几个方面。Sabia Kouser主要从农业现代化的纵向角度出发, 分析了不同生产阶段之间的直接关系^[1]。Dimitri在研究中提出了11项评估农业现代化的标准, 这为农业现代化发展评价提供了基础^[2]。Rocchi Lucia等认为新技术能够加快农业现代化的生态现代化转型^[3]。甘祖东运用熵权—TOPSIS法测度湖北省整体和各地市州农业农村现代化发展水平^[4]。陈莹和章磷在新质生产力的视角下通过极值法、熵权 TOPSIS法和障碍度模型分析了黑龙江省农业农村现代化发展水平及影响因素^[5]。蔡雪玲借助 CRITIC—熵权组合赋权方法与 TOPSIS评价模型测度中国31个省份的农业农村现代化水平^[6]。范晓慧, 张辉等利用GM(1,1)灰色预测模型对未来农业现代化发展水平进行了预测^[7]。吴振磊, 张瀚禹等使用GM(1,1)模型对黄河流域截至“十四五”末期的生态保护与农业现代化耦合协调度进行了预测^[8]。黄忠行, 刘艳慧等使用GM(1,1)分析了长江经济带农业农村现代化和乡村振兴未来的发展趋势^[9]。

一、研究设计

(一) 相关概念

农业现代化是指从传统农业向现代农业的转变, 以现代科学

为基础, 通过科技创新、基础设施建设、产业融合等方式促进农业转型升级, 提升新兴技术在农业领域的广泛应用, 实现科学化、集约化、市场化、社会化的一体化。

农村现代化是指通过科技进步、制度创新、基础设施建设和

基金项目: 国家自然科学基金(12361055)。

作者简介: 黄丽花(2002—), 女, 广西桂林人, 硕士研究生, 专业方向为应用统计;

通讯作者: 黎玉芳(1977—), 女, 广西桂林人, 广西师范大学数学与统计学院, 副教授, 硕士, 硕士生导师, 研究方向: 非参数统计, 应用统计, 邮箱: 53928208@qq.com。

社会发展，促进农村地区在各领域的全面改善，与城市协调一致，实现可持续发展进程。

（二）指标的构建

在借鉴现有评价指标体系的基础上，参考《广西推进农业农村现代化“十四五”规划》，构建了广西农业农村现代化评价指标体系，并根据公式（1）到公式（6）进行各指标权重的测算。

表 1 广西农业农村现代化发展评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位	权重	属性
农业现代化	农业生产投入	农业机械总动力	万千瓦	0.0658	正
		肥料使用强度	公斤 / 公顷	0.0978	负
		有效灌溉率	%	0.1104	正
	农业产出效益	粮食单位面积产量	公斤 / 公顷	0.0465	正
		农林牧渔服务业产值占比	%	0.0609	正
农村现代化	农村基础服务现代化	农村居民年人均用电量	千瓦时	0.1394	正
	农村公共服务现代化	平均每万农村人口拥有村民委员会数量	个	0.0847	正
	农村生态环境现代化	森林覆盖率	%	0.0715	正
农民现代化	农民生活水平	农村居民人均可支配收入	元	0.0936	正
		农村居民恩格尔系数	%	0.0619	负
	城乡融合	城镇化率	%	0.0711	正
		城乡居民可支配收入比	%	0.0964	负

（三）数据来源

本文将 2014—2023 年广西地区以及广西 14 个地级市的数据作为研究样本，数据主要来源于广西统计局、各市统计年鉴以及各地市国民经济和社会发展统计公报，其中个别缺失数据通过线性插值法测算补齐。

二、研究方法

（一）熵值法

熵值法主要用于对几个指标进行整体评价，是一种基于信息论的多指标评价方法。为消除数据的不同量纲，本文采用极差标准化方法对不同指标数据进行标准化。首先，分别对正向指标和负向指标进行标准化处理。

正向指标：

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (1)$$

负向指标：

$$X_{ij}^* = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (2)$$

其次，计算指标在所有年份中所占的比重：

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}^*}{\sum_{i=1}^n X_{ij}^*} \quad (3)$$

第三，确定各指标的信息熵：

$$E_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}}{\ln(n)} \quad (4)$$

第四，确定指标的信息冗余度：

$$S_j = 1 - E_j \quad (5)$$

最后，得到指标层的权重：

$$W_{ij} = \frac{S_j}{\sum S_j} \quad (6)$$

（二）熵权—TOPSIS 法

熵权—TOPSIS 法的思想是先通过熵值法客观地确定各个评价指标的权重，然后运用 TOPSIS 方法对不同方案进行排序和选择。

第一步，构建农业农村现代化加权决策矩阵：

$$R = (r_{ij})_{mn} = (w_j^* X_{ij}^*)_{mn} \quad (7)$$

第二步，根据加权规范矩阵 R 计算出正负理想值：

$$R^+ = \max(r_{1j}, r_{2j} \cdots r_{mj}) \quad (8)$$

$$R^- = \min(r_{1j}, r_{2j} \cdots r_{mj}) \quad (9)$$

第三步，计算正负理想值的欧氏距离 D_i ：

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - R_j^+)^2} \quad (10)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - R_j^-)^2} \quad (11)$$

最后，计算正负理想值的相对贴合度：

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (12)$$

其中， C_i 的值在 0~1 之间，值越大表明农业农村现代化发展水平越高，反之则越低。根据章磷等^[10]学者的研究可将其划分为以下四个阶段。

表 2 农业农村现代化发展阶段划分标准

发展水平	阶段划分
$C_i < 0.6$	发展起步阶段
$0.6 \leq C_i < 0.75$	转型跨越阶段
$0.75 \leq C_i < 0.85$	基本实现阶段
$C_i \geq 0.85$	全面实现阶段

（三）GM(1,1) 模型

灰色预测 GM(1,1) 模型主要用于小样本、不确定性和信息不完全的系统预测，是灰色系统理论中的一个基本模型。其构建过程如下：

设原始序列为：

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)) \quad (13)$$

经过一次累加生成序列：

$$X^{(1)} = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)) \quad (14)$$

其中 $X^{(1)}$ 和 $X^{(0)}$ 满足以下关系：

$$X^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k X^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

对累加生成的序列建立一阶线性微分方程模型：

$$X^{(0)}(k)+aZ^{(1)}(k)=b$$
 (16)

其白化形式为：

$$\frac{dX^{(1)}}{dt}+aX^{(1)}=b$$
 (17)

其中，将 *a* 和 *b* 分别作为发展系数和灰色作用量：

$$B=\begin{pmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix} \quad Y=\begin{pmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{pmatrix}$$
 (18)

$$U=[\hat{a},\hat{b}]^T=(B^TB)^{-1}B^TY$$
 (19)

通过 *a* 和 *b* 求解得到的时间响应序列为：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1)=(X^{(0)}(1)-\frac{\hat{b}}{\hat{a}})e^{-\hat{a}k}+\frac{\hat{b}}{\hat{a}},k=1,2,...,n$$
 (20)

最后通过一阶累减并还原预测值：

$$\hat{X}^{(0)}(k+1)=\hat{X}^{(1)}(k+1)-\hat{X}^{(1)}(k)=$$

$$(1-e^{\hat{a}})(X^{(0)}(1)-\frac{\hat{b}}{\hat{a}})e^{-\hat{a}k},k=1,2,...,n$$
 (21)

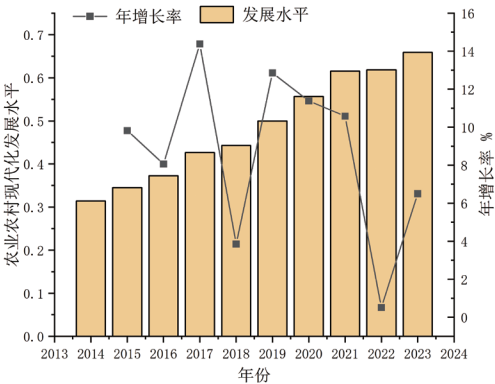
三、实证分析

通过公式（7）到公式（12）得到广西农业农村现代化发展水平和各维度综合得分以及各地级市农业农村现代化的发展水平。

（一）广西农业农村现代化整体发展水平分析

表 3 2014-2023 年广西农业农村现代化综合得分

年份	发展水平	年增长率（%）	年份	发展水平	年增长率（%）
2014	0.3141	—	2019	0.4997	12.86
2015	0.3449	9.82	2020	0.5566	11.38
2016	0.3727	8.06	2021	0.6155	10.58
2017	0.4263	14.38	2022	0.6186	0.52
2018	0.4428	3.85	2023	0.6588	6.50



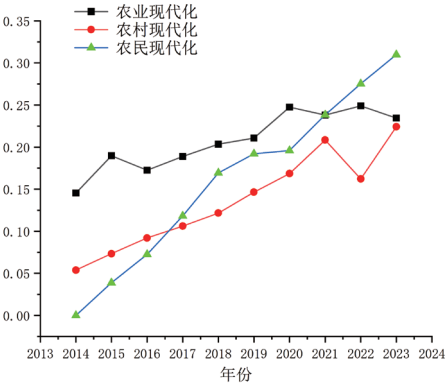
> 图 1 2014-2023 年广西农业农村现代化发展水平

表 4 广西各地级市 2014-2023 年农业农村现代化发展水平

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
南宁	0.2075	0.2186	0.2104	0.2203	0.2289	0.2268	0.2283	0.2271	0.2299	0.2299
柳州	0.1695	0.1781	0.1877	0.1921	0.2008	0.2133	0.2221	0.2266	0.2300	0.2327
桂林	0.2085	0.2190	0.2259	0.2226	0.2337	0.2425	0.2542	0.2609	0.2669	0.2760
梧州	0.1580	0.1662	0.1716	0.1779	0.1833	0.1923	0.1987	0.2009	0.2079	0.2139

从图 1 可以看到，广西农业农村现代化发展水平整体呈现不断上升的趋势，从2014年的0.3141上升到2023年的0.6588，年均增长速度为8.66%。根据农业农村现代化的划分标准来看，2014年至2020年为发展起步阶段，在该阶段发展速度较快，年增长率为10.06%。2021年至2023年进入转型跨越阶段，该阶段较上一个阶段的增长速度放缓，年增长率为5.87%。其中2018年增长率下跌，原因可能是广西部分地区遭遇了严重的自然灾害，导致农作物减产和损失。2020年至2022年连续三年的年增长率持续下降。这是由于疫情导致部分劳动者无法返回农村，减少了农业生产的劳动力供给，从而影响了广西农业农村现代化。

（二）广西农业农村现代化发展水平结构特征分析



> 图 2 2014-2023 年广西农业农村现代化各目标层得分

从图 2 可以看到农业现代化综合评分稳中有降，并且在 2014 年至 2023 年期间大多数年份均优于其他维度，但是在 2022 年出现下降趋势。从农业生产投入的角度来看，2021 年农业机械总动力和有效灌溉率均出现了轻微的下降，影响了农业生产的投入，从而影响农业生产的产出。

农村现代化综合评分从 2014 年至 2021 年持续上升，但是到 2022 年综合得分比上年下降了 0.045，从农村生态环境现代化的角度来看，森林覆盖率在 2022 年出现了下滑，从而影响了农村的生态建设。

农民现代化综合评分呈现不断上升的趋势，年增长率均高于其他两个维度。从农民生活水平的角度来看，2023 年农村居民收入水平与过去十年相比增长了 2.15 倍，收入水平的提高也使得恩格尔系数不断下降。其中 2020 年出现了短暂的下降趋势，因为 2020 年疫情初期引起的全国封锁，使得农资供应短缺、农产品无法及时运输至市场，导致部分农作物滞销，从而影响了农民的收入。

（三）广西各地级市农业农村现代化发展水平分析

从趋势上来看，各地市的农业农村发展水平总体呈上升趋势，其中北海、钦州、来宾的增长速度相对较快，年均增速保持在 7% 以上。从发展阶段上看，除贵港市在 2016 年和 2017 年短暂地步入转型跨越阶段之外，其他各地级市均处于发展起步阶段，

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
北海	0.1195	0.1264	0.1277	0.1363	0.1484	0.1563	0.1644	0.1823	0.2050	0.2306
防城港	0.1505	0.1477	0.1570	0.1661	0.1712	0.1897	0.1984	0.2070	0.2138	0.2254
钦州	0.0840	0.0928	0.0999	0.1083	0.1151	0.1411	0.1508	0.1606	0.1701	0.1801
贵港	0.1608	0.1712	0.7462	0.7498	0.1886	0.2036	0.2116	0.2196	0.2290	0.2384
玉林	0.1779	0.1879	0.1824	0.2007	0.2173	0.2261	0.2282	0.2393	0.2508	0.2599
百色	0.1697	0.1774	0.1786	0.1852	0.1923	0.2105	0.2184	0.2272	0.2347	0.2402
贺州	0.1447	0.1486	0.1509	0.1575	0.1627	0.2011	0.2072	0.2099	0.2178	0.2244
河池	0.1595	0.1670	0.1671	0.1701	0.1755	0.1884	0.1945	0.2042	0.2132	0.2178
来宾	0.1057	0.1120	0.1182	0.1245	0.1356	0.1581	0.1721	0.1763	0.1893	0.2019
崇左	0.1157	0.1206	0.1231	0.1313	0.1400	0.1537	0.1627	0.1728	0.1837	0.1904

这主要得益于这两年贵港市全面开展“宜居农村”活动，巩固和完善“生态农村”活动成果，加快了农业现代化步伐。

（四）广西农业农村现代化发展水平预测

1. 数据可用性检验

表 5 广西农业农村现代化发展水平 GM(1,1) 级比值

年份	原始值	极比值	年份	原始值	级比值
2014	0.314	—	2019	0.500	0.886
2015	0.345	0.911	2020	0.557	0.898
2016	0.373	0.925	2021	0.615	0.904
2017	0.426	0.874	2022	0.619	0.995
2018	0.443	0.963	2023	0.659	0.939

由表 5 可知，广西农业农村现代化发展水平的级比值在其标准级比值范围 [0.834, 1.199] 内，说明本文的数据适用于 GM(1,1) 模型的构建。

2. 模型参数求解

通过公式（13）到公式（19）求解发展系数 a 和灰色作用量 b ，结果如表 6 所示，发展系数为 -0.0812 ， $-0.0812 \leq 0.3$ ，说明所采用的数据模型更适合中短期的预测，因此本文预测未来三年得到的数据具有一定的参考价值。

表 6 GM(1,1) 模型构建结果

发展系数 a	灰色作用量 b	后验差比 C 值	小误差概率 p 值
-0.0812	0.3168	0.0215	1.000

3. 预测结果

表 7 广西农业农村现代化发展水平 GM(1,1) 模型预测值

年份	2024	2025	2026
发展水平	0.693	0.729	0.767

表 7 的结果表明，到 2026 年广西农业农村现代化的发展水平将达到 0.767，开始进入基本实现阶段。

四、结论与建议

（一）结论

第一，广西农业农村现代化发展水平整体呈现不断上升的趋势，其中 2014 年至 2020 年处于发展起步阶段，到 2021 年开始进入转型跨越阶段，但距离步入基本实现阶段仍然还有一定的距离。从三个维度的综合得分来看，农业、农村、农民现代化发展水平整体上是上升状态。

第二，广西各地级市所处发展阶段各异，但总体均呈现上升趋势，其中北海、钦州、来宾三市的增长速度相对较快，年均增

速均保持在 7% 以上。在研究年份内，除贵港市在 2016 年和 2017 年短暂地进入转型跨越阶段之外，各地级市的农业农村现代化均处于发展起步阶段。

第三，从预测的结果来看，广西农业农村现代化发展水平在未来三年持续上升，预计到 2026 年将进入基本实现阶段。

（二）建议

加大力度推进广西农业科技创新，加强与科研院所的交流与合作，引进优质高产作物品种，推广精准农业技术，发展设施农业和现代农业园区，依托自然资源，发展甘蔗、水果、蔬菜等广西特色优势产业，延伸产业链。

加强农村基础设施的建设，完善道路、供水、供电、通信等公共服务。同时，发展广西农村新产业新业态，依托自然风光和民俗文化，因地制宜发展乡村旅游和休闲农业，培育新型农业经营主体，激发农村的发展活力。

加强对农民的教育培训，开展实地调研并有针对性地组织实用技术培训，同时，多渠道拓宽农民增收，不断完善农村社会保障体系，切实保障农民基本生活。维护农民的合法权益，深化农村土地改革，保障农民承包和土地使用权，完善农业支持和保护制度，不断提高农民种粮积极性，稳定粮食播种面积。

参考文献

[1]Sabia Kouser, V. Ramya. Role of Drones in Modern Agricultural Applications [J]. Current Journal of Applied Science and Technology, 2020, 86(6):1352-1470.

[2]Dimitri. Land Suitability for Agrotourism Through Agriculture, Tourism, Beautification and Amenity (ATBA) Method [J]. Procedia Environmental Sciences, 2019, 24(8):122-228.

[3]Rocchi Lucia, Boggia Antonio, Paolotti Luisa. Sustainable Agricultural Systems: A Biliometrics Analysis of Ecological Modernization Approach [J]. Sustainable, 2020, 12(22).

[4]甘祖东. 湖北省农业农村现代化发展水平测度研究 [D]. 中南民族大学, 2023.

[5]陈莹, 章磷. 新质生产力视角下农业农村现代化水平测度及影响因素分析——基于黑龙江省数据 [J]. 农业展望, 2024, 20(11):53-60.

[6]蔡雪玲. 中国农业农村现代化统计实证测度研究 [J]. 统计与决策, 2024, 40(16):101-106.

[7]范晓慧, 张辉, 孙菊. 中国农业现代化统计测度及发展预测研究 [J]. 山西农经, 2024, (16):139-141.

[8]吴振磊, 张瀚禹, 程旭肿. 黄河流域生态保护与农业现代化协调发展: 特征成因与优化路径 [J]. 中国经济问题, 2024, (03):151-166.

[9]黄忠行, 刘艳慧, 郑善枫. 长江经济带农业农村现代化和乡村振兴耦合协调发展的时空演化及预测 [J]. 江西农业学报, 2023, 35(12):216-224.

[10]章磷, 姜楠. 黑龙江省农业农村现代化发展水平综合评价 [J]. 北方园艺, 2021(16):161-169.

大湾区低空经济发展水平测度

龚采月¹, 王孟欣²

1. 广州大学 经济与统计学院, 广东 广州 510006

2. 广州大学 金融研究院, 广东 广州 510405

摘 要： 低空经济作为一种新兴的经济形态，近年来呈现出蓬勃发展的态势，成为引领经济增长的新赛道。本文基于2012–2022年粤港澳大湾区9个城市的面板数据，构建低空经济发展水平测度指标体系，并运用熵值法进行客观赋权与综合评价。研究从发展环境、基础支撑、产业市场三个维度，系统评估大湾区低空经济的区域发展差异及动态演进特征。结果表明，大湾区低空经济发展呈现梯度化格局，深圳、广州等核心城市在各方面表现突出，而周边城市则在特色应用场景培育上具有潜力。基于实证分析，本文提出差异化政策建议，包括完善区域协同机制、优化产业空间布局、推动区域产业创新共同体建设等，以期为全国低空经济测度提供方法论参考，并为政策制定提供科学依据。

关 键 词： 低空经济；大湾区；发展水平测度；区域差异

Measurement of the Development Level of Low-altitude Economy in the Greater Bay Area

Gong Caiyue¹, Wang Mengxin²

1. School of Economics and Statistics, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510006

2. Institute of International Finance, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510405

Abstract： As an emerging economic paradigm, the low-altitude economy has exhibited rapid development in recent years, becoming a new driver of economic growth. The paper constructs an index system to measure the development level of the low-altitude economy based on panel data from nine cities in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area (GBA) spanning the period from 2012 to 2022. The entropy weight method is employed to assign objective weights and conduct a comprehensive evaluation. From the perspectives of development environment, foundational support, and industrial market, the study systematically assesses regional disparities and the dynamic evolution of the low-altitude economy within the GBA. The results reveal a hierarchical development pattern: core cities such as Shenzhen and Guangzhou demonstrate outstanding performance across multiple dimensions, while peripheral cities show potential in cultivating specialized application scenarios. Based on the empirical findings, the paper proposes differentiated policy recommendations, including enhancing regional coordination mechanisms, optimizing industrial spatial distribution, and promoting the construction of regional innovation communities. These recommendations aim to provide a methodological reference for the measurement of the low-altitude economy nationwide and offer a scientific basis for policymaking.

Keywords： low-altitude economy; Greater Bay Area; development level measurement; regional disparities

引言

低空经济是一种新型经济形态，它以低空空域为活动空间，依托有人或无人航空器活动进行商业化开发和运营，通过产业联动效应带动多领域协同发展。低空经济以无人机、通用航空等低空飞行活动为核心，涵盖物流运输、应急救援、城市管理、旅游观光等多个领域，近年来展现出广阔产业前景。作为全球新一轮科技革命和产业变革的重要方向，低空经济不仅涵盖高端制造、智能交通、数字服务等多元产业，还具有辐射范围广、产业链条长、融合程度高等特点。近年来，随着低空开放政策逐步推进、核心技术持续突破和应用场景不断拓展，中国低空经济已进入快速发展阶段，并成为培育新质生产力的重要抓手。

基金项目：2023年度全国统计科学研究重点项目（2023LZ030）。

作者简介：

第一作者：龚采月（2002.06–），女，广东汕尾人，广州大学经济与统计学院统计学专业硕士研究生，研究方向：数字贸易、经济统计。

通讯作者：王孟欣（1974.11–），男，河北保定人，广州大学金融研究院教授，经济学博士、博士生导师，广州数字贸易与科技金融研究中心主任，研究方向：数字贸易、经济统计。

粤港澳大湾区凭借其雄厚的产业基础、活跃的创新生态和完善的配套设施，在全国低空经济发展中占据领先地位。政策层面，大湾区依托《粤港澳大湾区发展规划纲要》等顶层设计，率先在深圳、广州等地开展低空管理改革试点；产业层面，大湾区内集聚了大疆、亿航智能等全球头部低空飞行企业，形成了涵盖研发制造、运营服务、基础设施等环节的完整产业链；应用层面，无人机物流、城市空中交通（UAM）、低空旅游等创新模式加速落地。尽管大湾区低空经济在飞行器技术、产业基础设施建设等方面正逐步向前发展，但仍面临诸多挑战。

在此背景下，科学测度大湾区低空经济发展水平，对于把握发展现状、识别区域差异、优化政策供给具有重要意义。本文通过构建综合评价指标体系，系统考察大湾区低空经济发展的时空特征，为推动区域低空经济高质量发展提供理论依据和政策参考。

一、文献综述

在2023年底召开的中央经济工作会议中，低空经济被明确列为重点培育的战略性新兴产业，这标志着我国在把握全球产业格局深刻变革机遇方面迈出了重要一步。当前，战略性新兴产业的测度研究已形成较为系统化的理论框架，但由于这类产业具有显著的带动力强、综合效益优等特性，传统的描述性分析方法已难以全面反映其发展实际。为此，学术界通过构建多元化的模型和指标体系，持续推进该领域测度方法的创新与完善。在研究方法方面，王馨培^[1]等创新性地运用投入产出模型，对我国战略性新兴产业发展进程进行了系统测度；王卉彤^[2]等则从收益质量、盈利能力、成长能力、偿债能力四个维度构建评价体系，对中国城市战略性新兴产业发展质量展开深入分析；程贵孙等^[3]则采用数据包络分析（DEA）方法，对中国战略性新兴产业的创新效率进行了实证研究。然而，值得注意的是，现有研究多集中于宏观层面的理论探讨和方法构建，针对具体战略性新兴产业的案例研究和定性分析仍相对匮乏，这一研究空白亟待学界进一步探索和填补。

作为战略性新兴产业的重要组成，当前学术界对低空经济的研究主要聚焦于概念界定、产业链解析与新业态融合等基础理论层面。覃睿^[4]通过系统分析，将低空经济的基本构成概括为“1个关键资源（低空空域）、3大核心产业（低空运输、作业与休闲娱乐业、航空载运与作业装备技术产业以及低空交通基础设施与服务业）和4个辅助种群（政府公共力量种群、科教文种群、投融资种群、中介服务种群）”，这一理论框架为后续研究提供了重要参考。周钰哲^[5]进一步指出，推动低空经济发展的核心要素涵盖空域管理改革、基础设施建设、关键核心技术突破、产业生态培育、应用场景拓展以及专业技术人才储备等多个维度。高世伟和李艳华^[6]则着重探讨了低空经济与数字经济、绿色经济等新兴经济形态的融合路径。张嘉昕和许倩^[7]发现，当前制约低空经济产业链发展的主要因素包括：产业链基础能力总体偏弱、生态系统支撑不足、协同机制不完善以及政策扶持精度不足等关键问题。钟成林和胡雪萍^[8]经过探讨，得出结论：数字新质生产力对低空经济存在赋能范围狭窄、赋能效应失衡、赋能基础薄弱以及赋能信息安全风险较高等现实困境。

尽管现有研究在理论层面取得了一定进展，但低空经济的测度体系构建仍显滞后，主要面临以下挑战：（1）新兴产业边

界模糊，导致测度对象难以精准界定；（2）区域发展不均衡，跨区域数据可比性不足；（3）传统产业测度指标对低空经济的新业态、新模式适应性较差；（4）部分关键数据（如低空飞行活动频次、商业化运营规模等）获取渠道有限，统计体系尚未健全。

基于此，本文聚焦大湾区低空经济产业发展水平测度问题，旨在构建一套科学、系统的评价指标体系，并运用熵值法进行客观赋权与综合评价。结合大湾区低空经济政策试点经验，提出差异化发展建议，为全国低空经济测度体系构建提供可推广的方法论参考。

二、研究方法 with 模型构建

粤港澳大湾区，包括中国香港特别行政区、中国澳门特别行政区和广东省广州市、深圳市、珠海市、佛山市、惠州市、东莞市、中山市、江门市、肇庆市。由于数据资料限制，本文仅对广东省内9个城市进行评价分析。

（一）指标体系构建

本文借鉴并融合了王珏和李子成^[9]的研究成果，同时参考了上海市智能制造产业协会《2024年中国低空经济发展指数报告》^[10]的指标体系设计理念。基于区域经济发展特征和产业实际需求，从发展环境、基础支撑和产业市场三个维度，构建了适用于大湾区的低空经济发展水平综合评价指标体系（见表1）。该体系既吸收了现有研究的理论框架，又结合大湾区低空经济发展的区域特色，在指标选取和维度划分上进行了针对性的优化与创新。

首先，构建低空经济发展水平综合评价指标体系，旨在系统测度低空经济在环境支撑、基础设施和产业规模等关键领域的发展态势与增长潜力。该体系由发展环境、基础支撑和产业市场三个核心维度构成。其次，发展环境维度通过区域宏观经济实力与政府科技投入两大要素，综合评估低空经济发展的基础条件，具体包括GDP总量、R&D经费投入强度、R&D人员人数及财政科学技术支出占比等二级指标。基础支撑维度聚焦低空经济所需的硬件设施与配套服务，涵盖在册通用航空机场数量、邮电业务总量及低空经济载体（低空经济相关产业园、孵化器与众创空间数量）等指标；产业市场维度则从市场主体活跃度与技术积累水平出发，选取无人机相关企业数量及有效专利数量等指标，以量化低空经济的市场化程度与创新能力。

表1 大湾区低空经济产业发展水平测度指标体系构建

	一级指标	二级指标	属性
低空经济发展水平	发展环境	GDP 总量	正向指标
		R&D 经费投入	正向指标
		R&D 人员数量	正向指标
		财政科学技术支出占比	正向指标
	基础支撑	在册通用航空机场数量	正向指标
		邮电业务总量（亿元）	正向指标
		低空经济载体数量	正向指标
	产业市场	无人机相关企业数量	正向指标
		无人机有效专利数量	正向指标

（二）研究方法

设有 h 个年份， m 个城市， n 项测评指标， X_{rj} 是第 r 个年份第 i 个城市的第 j 项指标值。

1. 在指标体系构建完成后，为确保不同量纲指标间的可比性，本研究采用极值法对各项正向指标进行标准化处理。具体公式如下：

$$Z_{rj} = \frac{X_{rj} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

式中， $j = 1, 2, 3, \dots, n; i = 1, 2, 3, \dots, m$ 分为为评价指标和评价对象的总数量； X_{max}, X_{min} 为所有评价对象中不同指标 j 的最大值和最小值； X_{rj}, Z_{rj} 为不同指标 j 标准化前后的指标值。

2. 为确保后续熵值法计算的数学严谨性，避免因标准化后出现零值而导致对数运算无意义的情况，本研究对标准化后的数据进行了整体平移处理，都加上 0.0001。

3. 将数据按照年份和地区进行归一化处理，具体公式如下：

$$K_{rj} = \frac{Z_{rj}}{\sum_{r=1}^h \sum_{i=1}^m Z_{rj}}$$

4. 通过熵值法这一客观赋权方法对各评价指标进行权重分配。基于所构建的指标体系，结合各城市具体指标数据，运用加权综合评价法对粤港澳大湾区低空经济发展状况展开系统评估。计算各项指标的熵值。

$$U_j = -k \sum_{r=1}^h \sum_{i=1}^m K_{rj} \ln K_{rj}$$

其中 $k = \frac{1}{\ln(h \times m)}$

5. 第 j 个指标的差异系数

$$g_j = 1 - e_j$$

6. 第 j 个指标的权重

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^p g_j}$$

其中 $j = 1, 2, \dots, p$

三、测度结果分析

（一）数据来源

本文选取了 2012-2022 年的大湾区除港澳以外 9 个地级市的

指标数据，原始数据主要来源于国家统计局、中国统计年鉴、广东统计年鉴、相关城市的国民经济和社会发展公报。在册通用机场数量来源于通用机场信息管理系统。无人机企业数量来源于天眼查。无人机有效专利数量来源于国家知识产权局。

（二）测度分析

本研究基于熵值法对粤港澳大湾区低空经济发展水平测度指标权重进行了系统测算。从权重分布结果来看（见表 2），三大一级指标中，基础支撑维度（0.514645）的权重最高，其次为产业市场维度（0.294965），发展环境维度（0.190391）相对较低，这一分布特征反映出当前大湾区低空经济发展更侧重于产业应用场景落地和基础设施配套建设。

在二级指标层面，权重分布呈现显著差异。产业市场维度中，无人机有效专利数量（0.161242）的权重显著高于无人机相关企业数量（0.133723），表明技术创新能力比市场主体规模更具评价价值；基础支撑维度呈现“软硬结合”特征，低空经济载体数量（0.226632）权重最高，其次为在册通用航空机场数量（0.208212），反映创新载体建设与物理基础设施同等重要；发展环境维度内部权重相对均衡，R&D 经费投入（0.078382）和 GDP 总量（0.0858）贡献度较高，体现经济基础与科研投入的协同支撑作用。

值得注意的是，差异系数分析显示财政科学技术支出占比（差异系数 0.0348）和 R&D 人员数量（0.0908）的区分度较低，可能反映地方政府在科技投入方面的同质化趋势。与此同时，低空经济载体数量（0.4278）和通用机场数量（0.3931）的高差异系数，凸显大湾区内部基础设施布局的非均衡特征。

表 2 大湾区低空经济发展水平测度各指标权重

	一级指标	二级指标	熵值	差异系数	权重
大湾区低空经济发展水平测度	发展环境 (0.190391)	GDP 总量	0.9142	0.0858	0.045473
		R&D 经费投入	0.8520	0.1480	0.078382
		R&D 人员数量	0.9092	0.0908	0.048122
		财政科学技术支出占比	0.9652	0.0348	0.018414
	基础支撑 (0.514645)	在册通用航空机场数量	0.6069	0.3931	0.208212
		邮电业务总量	0.8494	0.1506	0.079801
		低空经济载体数量	0.5722	0.4278	0.226632
	产业市场 (0.294965)	无人机相关企业数量	0.7476	0.2524	0.133723
		无人机有效专利数量	0.6956	0.30440	0.161242

（三）大湾区低空经济各个维度发展水平

基于大湾区低空经济产业发展水平测度指标体系以及各指标权重，测度 2012-2022 年大湾区各大城市各个维度的发展水平，具体见表 3 和图 1。

表3 2022年大湾区低空经济发展水平综合得分排序

城市	发展环境	排名	基础支撑	排名	产业市场	排名	总分	排名
广州	0.11851	2	0.30491	2	0.32188	2	0.74529	2
深圳	0.17865	1	0.36950	1	0.34811	1	0.89626	1
珠海	0.01297	7	0.04948	6	0.01688	5	0.07933	6
佛山	0.04283	4	0.05289	5	0.01859	4	0.11431	5
惠州	0.02192	6	0.12715	3	0.00908	6	0.15815	4
东莞	0.05266	3	0.07435	4	0.04216	3	0.16916	3
中山	0.02390	5	0.02477	8	0.00592	7	0.05460	8
江门	0.00821	8	0.04719	7	0.00013	9	0.05553	7
肇庆	0.00002	9	0.00004	9	0.00101	8	0.00108	9

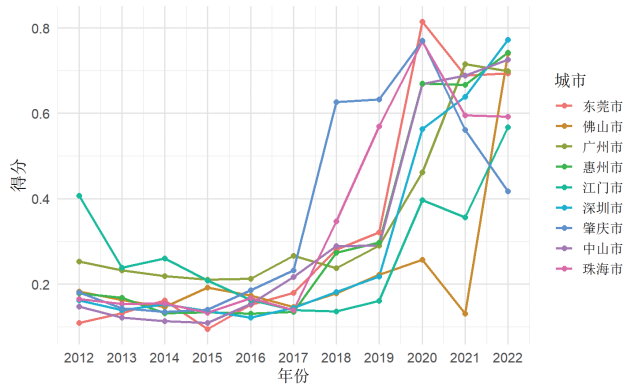


图1 2012—2022年大湾区各城市低空经济发展水平综合得分

1. 发展趋势

整体来看，大湾区各城市在该领域的发展呈现出“缓慢起步—加速提升—分化加剧”的阶段性特征。在2012至2016年期间，各城市得分整体处于较低水平，发展差距不大，说明低空经济尚处于探索和布局阶段，发展基础相对薄弱。自2017年起，城市间得分普遍上扬，反映出区域内政策导向、技术应用及产业推动等因素开始发挥效力，推动低空经济加速发展。

从个体城市表现来看，东莞市与肇庆市在2020年后发展速度尤为显著，得分快速上升，2021年更是分别达到本时段内的峰值，表现出后发优势及突出的发展潜力。深圳市与广州市则在整个周期内始终保持较高水平，显示出其雄厚的产业基础和持续的政策支持，是低空经济领域的引领者。此外，佛山市、江门市等地呈现出较大波动，得分曲线上下起伏较为明显，可能与地方产业结构调整、资源投入不均等因素有关。总体而言，2020年后城市间得分差异显著扩大，区域间呈现出明显的“分化发展”态势。

2. 综合情况

从低空经济发展水平的综合得分来看，粤港澳大湾区各城市呈现出明显的梯度分化特征。深圳以0.89626的总分高居榜首，展现出在低空经济领域的全面领先优势；广州以0.74529分紧随其后，位列第二。相比之下，肇庆仅得0.00108分，排名垫底，与深圳的差距超过800倍，反映出大湾区低空经济发展的极度不均衡。

从区域格局来看，深圳、广州两大核心城市在三个一级指

标上均包揽前两名，形成了明显的“双核驱动”格局。东莞（0.16916）、惠州（0.15815）等制造业强市位居中游，而珠海（0.07933）、佛山（0.11431）等城市虽然产业基础较好，但在低空经济领域表现平平。中山（0.05460）、江门（0.05553）和肇庆（0.00108）等城市则明显落后，发展水平严重不足。

3. 发展环境

从发展环境维度来看，深圳（0.17865）和广州（0.11851）作为核心城市，发展环境得分显著领先，反映出两地具备较强的经济基础和政策支持能力，为低空经济提供了良好的技术孵化与市场应用场景。深圳的突出表现与其科技创新生态和产业配套优势密切相关。

珠海（0.01297）、佛山（0.04283）、东莞（0.05266）等第二梯队城市得分较低，可能受限于城市规模和经济结构单一性问题。惠州（0.02192）、中山（0.02390）、江门（0.00821）等城市得分处于末端，表明这些地区在科技资源集聚和基础设施配套上存在明显短板。

4. 基础支撑

从基础支撑维度来看，粤港澳大湾区各城市低空经济发展呈现出明显的两极分化特征。深圳（0.36950）和广州（0.30491）在基础设施配套方面遥遥领先，而东莞（0.07435）、惠州（0.12715）等城市虽然在某些细分领域有所突破，但整体基础设施配套仍显不足。中山（0.02477）、江门（0.04719）和肇庆（0.00004）等城市的基础支撑得分普遍偏低，这将严重制约这些地区低空经济的起步发展。基础设施的严重失衡，不仅影响了区域协调发展，也可能成为制约大湾区低空经济整体发展的瓶颈。

5. 产业市场

从产业市场维度来看，大湾区各城市低空经济发展呈现出显著的“核心—边缘”分化格局。大湾区得分最高的分别是深圳（0.34811）和广州（0.32188），这两座城市形成明显的双核心驱动格局。具体来看，深圳和广州在无人机企业集聚和专利创新方面具有绝对优势，这为其低空经济的市场化发展提供了强劲动力。东莞（0.04216）凭借制造业基础，在产业市场化方面表现相对突出，位列第三。而珠海（0.01688）、佛山（0.01859）等城市虽然具备一定的产业基础，但在低空经济市场化转型方面进展缓慢。

其余城市的产业市场得分普遍偏低，反映出这些地区在低空经济市场主体培育和技术创新方面的不足。这种产业发展的严重失衡，不仅制约了区域协调发展，也可能影响大湾区低空经济生态系统的完整性。

四、结语

本文通过构建指标体系，运用熵值法对2012—2022年粤港澳大湾区9个城市低空经济发展水平进行评价。结果发现粤港澳大湾区低空经济发展呈现出显著的梯度分化特征，深圳、广州作为核心引擎已建立起相对完善的产业生态，而周边城市的发展滞后则制约着区域协同效应的发挥。面向未来，需要从以下几个方面重

点突破：

（一）构建“双核多节点”的区域协同发展机制。

深圳与广州应充分发挥低空经济核心城市的引领作用，通过共建低空经济创新联盟、共享试验空域资源等手段，带动东莞、珠海等节点城市协同发展。同时，应在肇庆、江门等相对落后的地区有序规划建设专业化低空经济产业园区，依托地方特色培育多样化应用场景，促进区域要素合理流动和产业高效集聚。

（二）加快完善低空经济基础设施网络。

应以通用机场体系互联互通为重点，统筹建设覆盖湾区的低空通信、导航与监视系统。建议设立区域性低空经济基础设施投资基金，优先支持基础设施相对薄弱区域，提升整体基础承载能力与服务均衡性，为低空经济发展提供坚实支撑。

（三）推动构建区域产业创新共同体。

应加快建立大湾区低空经济专利池，提升技术成果跨区域转化效率。鼓励龙头企业牵头组建跨区域创新联合体，强化与中小企业的协同创新机制。同时，在无人机适航认证、空域管理等关

键领域争取国家层面先行先试政策，推动标准体系建设和制度创新，提升湾区在低空经济领域的制度型竞争优势。

（四）推进统一市场建设与人才协同发展。

建议建立覆盖整个大湾区的低空经济市场一体化机制，包括产品标准、服务规范、飞行规程等方面的协调统一，消除区域壁垒，提升资源要素流动效率。同时，应构建区域性低空经济人才认证体系和执业互认机制，鼓励技术人员在区内自由流动和跨域合作，促进区域间人力资本的高效匹配与共享，增强湾区低空产业的整体创新活力。

展望未来，随着空域管理体制的优化、基础设施的完善、创新资源的集聚及《粤港澳大湾区发展规划纲要》的深入实施，大湾区有望在未来几年内建成全球领先的低空经济创新高地，形成“核心引领、多极支撑、梯度协同”的发展格局。与此同时，大湾区低空经济的发展实践将为全国提供可复制、可推广的区域协同发展经验，助力我国加快构建现代化空天交通体系，推动新质生产力加速形成。

参考文献

[1]王馨培,高艳云,李国荣.中国战略性新兴产业进程指数构建及评价[J].统计学报,2024,5(02):53-63.
[2]王卉彤,刘传明,刘笑萍.中国城市战略性新兴产业发展质量测度及时空特征分析[J].城市发展研究,2019,26(12):130-136.
[3]程贵孙,张雍,芮明杰.国有与民营企业发展战略性新兴产业相对效率研究——基于2005-2011年上市公司数据的实证分析[J].当代财经,2013,(10):96-105.
[4]覃睿.再论低空经济:概念定义与构成解析[J].中国民航大学学报,2023,41(06):59-64.
[5]周钰哲.低空经济发展的理论逻辑、要素分析与实现路径[J].东南学术,2024,(04):87-97.
[6]高世伟,李艳华.我国低空经济产业链和需配套解决的问题[J].港口经济,2013,(11):40-43.
[7]张嘉昕,许倩.低空经济产业链发展的制约因素与优化对策研究[J].经济纵横,2024,(08):63-70.
[8]钟成林,胡雪萍.低空经济高质量发展的新质生产力逻辑与提升路径[J].深圳大学学报(人文社会科学版),2024,41(05):84-93.
[9]王珏,李子成.低空经济对新质生产力的作用机制与因素分析——基于金融发展与企业集聚的调节效应[J].湖北经济学院学报,2024,22(03):86-100.
[10]上海市智能制造产业协会.2024年中国低空经济发展指数报告[R].2024.
[11]黄跃,李琳.中国城市群绿色发展水平综合测度与时空演化[J].地理研究,2017,36(07):1309-1322.
[12]刘成坤,江越,张启慧,等.数字经济发展水平的统计测度及时空演变趋势研究[J].工业技术经济,2022,41(02):129-136.
[13]欧进锋,许抄军,刘雨骐.基于“五大发展理念”的经济高质量发展水平测度——广东省21个地级市的实证分析[J].经济地理,2020,40(06):77-86.

范式理论视域下新质生产力、金融新质生产力与金融强国建设研究

刘娟

广州理工学院 经济管理学院, 广东 广州 510540

摘 要 : 文章从产业经济学与金融学视角对新质生产力、金融新质生产力、金融强国三个变量进行了诠释梳理, 并利用主成分分析法对三个变量构成进行了分析。运用范式理论的经验范式、理论范式、模拟范式、数据密集型范式, 认为新质生产力的落地需要金融新质生产力中长期资本的支持, 实体经济的“数智化转型、高质量发展”与“动力转换”均离不开金融长期资金的支持; 并从“新质生产力—金融新质生产力—金融强国”的链式传导路径与作用机制进行分析; 新兴产业与未来产业的崛起, 智能制造、智慧农业、智慧服务等新业态, 数据、创新、科技赋能实体经济的初创期与成长期均需协同金融新质生产力的支持; 实现经济强、金融强的范式理论应用。

关 键 词 : 新质生产力; 金融新质生产力; 金融强国

Analysis on New Quality Productive Forces, Financial New Quality Productivity and China's Financial Powerhouse from the Perspective of Paradigms Theories

Liu Juan

Guangzhou Institute of Science and Technology, Guangzhou, GuangDong 510540

Abstract : This article sorts out the interpretation of the three variables of new quality productive forces, financial new quality productivity and a financial powerhouse from the industrial economics and finance perspectives, analyzes the key factors of the three variables by using the principal components methodology. Based on the paradigm theory, applies the theoretical paradigm, simulation paradigm and data-intensive paradigm of the paradigms theories, believing that the implementation of new quality productive forces requires the support of medium and long-term capitals in the new quality productivity of finance. the "digital and intelligent transformation and high-quality development" and "power transformation" of the real economy cannot do without the support of long-term financial funds. the chain transmission paths and mechanisms of action from "new quality productive forces—new quality productivity of finance—financial powerhouse" are analyzed. the rise of emerging industries and future-oriented industries, the digital and intelligent transformation of enterprises, intelligent manufacturing, smart agriculture, smart service and other new business forms, as well as the initial and growth stages of data, innovation and technology empowering the real economy all needs the support of new quality productivity of finance simultaneously. the application of the paradigms theories are achieves a comprehensive economic and finance prosperity.

Keywords : new quality productive force; financial new quality productivity; China's financial powerhouse

引言

Deepseek 的火热, 使人工智能技术应用落实到具体的应用场景, 是新质生产力的很好诠释。2023 年, 习近平总书记在推动东北全面振兴座谈会上提出“新质生产力”, 认为“新”在新业态、新技术、新体系, “质”是质量、本质和品质, “生产力”又与“生产关系”之间有着紧密的联系。而李晓华(2023)认为“新质生产力”具有颠覆性创新驱动、产业链条新、发展质量高等特征。新质生产力是指以创新为主导的先进生产力形态, 它具有高科技、高效能、高质量的特征; 新质生产力通过技术创新和智能化生产, 提高生产效率与效益。然而新质生产力如何落地生根应用于实体经济的发展? 金融又如何为实体经济高质量发展、动力转换、数智化转型提供支持? 为探讨新质生产力、金融新质生产力、金融强国三个变量间的关系, 本文先从诠释入手。

（一）新质生产力的诠释

“新质生产力”现有学者从定性与定量两个角度分别进行了探讨。定性角度则主要从“新”“质”与“生产力”三个维度进行了诠释。第一维度“新”，任保平（2024）认为“新”在新能源、新材料、先进制造、电子信息等战略性新兴产业与未来产业形成新质生产力，形成新动能；“新”在“新科技革命、新产业变革，新动力、新模式”形成新的现代化动力；“新”在“新技术、新经济、新业态”。贺俊（2024）认为“新”在“新资本、新劳动、新技术和新制度”。第二维度“质”，“质”体现在具有高科技、高质量、高效能特征，形成的质量变革、效率变革、动力变革等；劳动生产率、资本生产率、全要素生产率的提升，新质生产力到新动能体现在供给侧“三大发动机”——制度变革、结构优化和要素升级。第三维度“生产力”，“生产力”则体现为从“土地、劳动、资本”转换为“数据、科技、创新”。

另一方面，张沥煊与张金昌（2024）则从定量和企业全要素生产率的角度度量新质生产力，运用2012-2022年A股制造业上市企业数据发现全要素生产率度量新质生产力体现在劳动者高素质化、劳动工具数智化升级、劳动对象绿色化，经济发达地区对新质生产力的促进作用更明显，地区与行业间存在差异^[9]。索洛认为经济增长不仅取决于劳动力投入和资本投入，技术进步也是一个重要因素。而罗默则认为长期经济增长依靠的是知识的不断累积。

蔡万焕（2024）认为“新质生产力”是人工智能、生物技术、新一代信息技术等为技术依托，以新能源、大数据等为新的生产要素，以战略性新兴产业和未来产业为产业载体的生产力发生质的飞跃^[8]。贺俊则认为“新质生产力”表面上是新技术和新产业的竞争，本质上是制度竞争^[10]。杨东¹认为新质生产力是新制度和新技术“双向驱动”形成的新型生产力，是技术革新、要素运用和制度适应等多个方面展现出前所未有的特点。

定量度量“新质生产力指数”可用国家统计局最新发布的“经济发展新动能指数”，该指数包括经济活力、创新驱动、网络经济、转型升级四个方面；该指数2022年发布，选定该年为基期指数为100，2023年该指数为119.5。

“新质生产力”必然要求在重大科技领域实现新突破，形成高科技自立自强，构建自主可控、安全高效的产业链供应链的重要基础。新质生产力由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生^[9]。表1对新质生产力进行主成分分析。

表1：新质生产力的主成分分析

一级指标	二级指标	三级指标	数据来源
新	新技术	科技创新综合能力 ²	世界知识产权组织（WIPO）
		研发投入	世界银行
		人均国际科技论文发表数	世界银行
		科技类诺贝尔奖得主数量	诺贝尔奖官方数据

1 杨东. 论中国特色新质生产力 [N]. 中央社会主义学院学报, 2024 (3) : 17.
2 王擎. 建设金融强国指数报告: 分析框架、指标体系与评价结果 [J]. 金融经济学研究, 2024 (9) : 154.

一级指标	二级指标	三级指标	数据来源
新		5G网络、宽带网络覆盖率、物联网设备接入与管理能力	中华人民共和国工业和信息化部、中国信息通信研究院
	新制度	制度建设	世界银行
质	高质量	品质、科技、客户满意度	行业不同 / 标准不同
	高效率	单位时间的产量、单位产品的生产时间、劳动生产率	
	动力变革	从土地、资本、劳动向知识、创新、数据、科技	国家知识产权局科技厅，国家数据局
生产力	数字生产力	劳动者、劳动资料、劳动对象“三位一体”的数字化，算力、数据生产力	
	智能生产力	人工智能、研发、生产、设计	
	绿色生产力	碳排放、ESG（彭博）环境评分 ³	和讯网、彭博网

资料来源：作者整理

（二）金融新质生产力的诠释

金融新质生产力尚无一准确定义，追溯《资本论》推断，生产力的发展包括生产工具、劳动者和生产关系的不断演化和提升。生产工具的革新和劳动者素质的提升是贯穿生产力进步的核心。金融发展也是以金融工具和金融配置方式的不断创新引导金融劳动力、金融劳动对象的变革。赵天越（2024）认为金融新质生产力应聚焦金融工具的创新，金融体系当前应重点关注如何优化资本流通机制，提升资源配置效率，将有限的金融资源配置到边际生产力更高的生产领域⁴。陆岷峰认为“金融新质生产力”是指在金融领域应用新技术和创新模式，提高金融服务的效率和质量，推动金融业的发展和经济的增长。金融新质生产力具有高度的服务化和个性化特征，可以根据客户需求提供个性化的金融服务。张壹帆认为金融新质生产力是金融科技的发展和应用，推动金融行业向数字化、智能化转型⁵。金融体系的改革和创新须紧紧围绕实体经济的发展需求开展，以提升金融服务实体经济的能力，金融新质生产力主成分分析见表2。

表2：金融新质生产力的主成分分析

一级指标	二级指标	三级指标	数据来源
金融新质生产力	长期资本	资本充足率	WIND数据库
		主权财富基金	IFSWF国际主权财富基金论坛
		国家和地方产业基金	CEIC中国经济数据库
		保险资金和养老金、个人养老基金	

3 张金清, 李梓豪. 公司高质量发展水平能否预测其股票市场表现——基于机器学习方法 [J]. 金融经济学研究, 2023 (11) : 54.
4 赵天越. 金融新质生产力: 理论基础、核心框架与发展策略 [M]. 宁夏社会科学, 2024 (5) : 111.
5 陆岷峰. 金融强国与金融新质生产力: 构建以数智化驱动的金融高质量发展新生态 [J]. 中国流通经济, 2024 (05) : 19.

一级指标	二级指标	三级指标	数据来源	
金融新质生产力	数字化、智能化设备	IT投入增长	中国金融科技发展研究报告	
		科研人员数量	《中国金融科技发展研究报告》	
		前沿技术应用	《上市公司年报》	
		金融大模型应用		
	个性化	金融产品	北京大学数字金融研究中心、数字普惠金融指数	
		金融服务	量化金融产品、量化投资	
		数智融合	大数据、大模型赋能产品与服务	
	科技、创新	新技术应用到金融领域，业务模式创新	数字员工	北京大学国家金融研究中心
			自助理赔	
			智能投顾	

资料来源：作者整理

金融新质生产力的发展，需契合新发展理念的创新、协调、绿色、开放、共享”五要素框架：一是创新维度，金融新质生产力如何依靠科技手段提升微观金融质效；二是协调维度，金融新质生产力如何注重金融服务的整体性和系统性，形成平衡发展的金融结构；三是绿色维度，金融新质生产力如何借助金融支持环保产业和绿色项目，助力实体经济绿色转型；四是开放维度，金融新质生产力如何聚焦金融体系的国际化发展，提升在国际市场上的核心竞争力；五是共享维度，金融新质生产力如何注重普惠和包容，全面提升人民福祉，缩小贫富差距^[11]。潜在的“金融新质生产力指数”包括科技金融投入、绿色金融发展、普惠金融覆盖、金融创新指标、资本市场支持、金融风险防控等指标。

（三）金融强国的诠释

张晓晶（2024）⁶认为“金融强国”有两层含义：一是指金融自身的强大，即从各方面指标来看，其金融体系在世界上处于强势地位；二是指一国的金融发展足以支撑其国力的强大。金融的作用在于把储蓄转化为投资，从而提高全社会的生产性投资水平。金融强国是指一国在金融领域具备强大的实力和影响力，基于强大的经济基础、具有领先世界的经济实力、科技实力和综合国力。孙嘉雯（2024）⁷提出共生理论下金融、科技与产业创新的理论，经济金融共生共荣为金融强国提供了理论基础。陆岷峰（2024）认为要实现金融业现代化和国际化，提高金融体系服务实体经济的能力^[15]。金融科技创新、市场开放竞争、金融体系稳健，引入数据分析和人工智能技术，提升数据的分析和应用能力，建立数据驱动的决策机制，实现数据驱动的管理和创新。金融强国可从“六个强大”诠释，即强大的货币、强大的中央银行、强大的金融机构、强大的金融监管、强大的金融人才队伍、

6 张晓晶. 锚定金融强国目标，推动金融高质量发展 [J]. 经济学动态，2024（2）：3-16.
7 孙嘉雯，陆岷峰. 共生理论下金融、科技与产业创新：构建可持续新质生产力发展模式的研究 [J]. 武汉金融，2024（8）：23-31.

强大的国际金融中心进行主成分分析见表3。

表3：金融强国的主成分分析

一级指标	二级指标	三级指标	数据来源	
金融强国	强大的货币	人民币在全球支付中的占比（人民币国际支付总额 / 全球国际支付总额）*100%	SWIFT 数据库	
		人民币在全球贸易融资中占比（人民币在全球贸易融资中的使用量 / 全球贸易融资总量）	SWIFT 数据库	
		人民币在全球外汇储备中占比（人民币外汇储备数额 / 可以确认币种的总外汇金额）	IMF 数据库	
	强大的中央银行	宏观调控	政策公告的频率和详细程度	资源配置效应
		币值稳定	数据和报告的公开程度	杠杆率
		风险防范能力、政策协调能力、金融基础设施	公众参与、反馈机制、跨周期、逆周期调节能力	
	强大的金融机构	服务科技企业	信贷渠道	
		资源配置能力	资金使用效率	
			资源配置效益	
			跨市场配置能力	
		金融机构的数量种类、资产规模、业务经营、服务能力、风险管理、盈利水平、国际影响等指标在国际上处于领先地位	银行、证券、保险、基金、期货、信托、债券、外汇	金融机构数量
				资产规模
				服务能力
				盈利水平
	强大的国际金融中心	金融市场齐全、金融服务业高度密集、金融监管灵活高效		
		国际市场影响力和金融产品定价权		
		香港、上海、深圳、北京国际金融中心地位		
	强大的金融监管	行为监管		
		功能监管		
		科技监管		
	强大的金融人才队伍	金融、产业和科技等背景的复合型人才	领军金融学者	
		即了解国情又具有国际视野复合型人才		
		老中青梯队结构金融科技、国际化、金融专业	年龄结构占比合理	

资料来源：作者整理

金融强国指数有：第一，西南财经大学发布的《金融强国指数报告2023》从2012年的79.57提升至2023年的83.84分，该指标包括经济基础、货币、中央银行、金融机构、国际金融中心、金融监管和金融人才队伍。第二，对外经济贸易大学发布《中国金融高质量发展指数》，该指标涵盖金融调控、金融市场、金融机构、金融监管、金融产品和服务、金融基础设施和国际金融体系、对外开放七大维度指标体系。第三，上海金融科技产业联盟会同上海财经大学、上海市金融信息技术研究重点实验室编制了全球金融科技中心发展指数。该指标考虑了金融科技发展水平、金融科技发展潜力、金融科技发展环境三个一级指标。从指标的契合度上看金融强国指数与金融高质量发展指数更符合本文立意。

一、文献综述

从“新质生产力—金融新质生产力—金融强国”整个链条传导和发展维度来看，三者之间紧密相联，相依相生，国家经济实力的强大无疑会带来其金融体系的强大。张旭、于蒙蒙（2024）认为生产力的跨越式发展过程历经自然生产力、劳动生产力、科技生产力、新质生产力四个阶段^[3]。新质生产力具有技术赋能效应、组织重塑效应、要素提升效应、补链强链效应、筑基强基效应助推现代化产业体系建设。

任保平（2024）认为新质生产力赋能中国现代化的重点在于构建现代经济体系、培育现代化新动能、提高供给体系质量，以数字经济赋能中国式现代化，进而推动新型工业化，形成新型工业化的新优势^[6]。《新产业标准化领航工程实施方案（2023-2035年）》指出未来产业包括元宇宙、脑机接口、生成式人工智能、生物制造、未来显示、未来网络、新型储能、量子信息、人形机器人等9大产业^[4]。

（一）新质生产力、金融新质生产力与金融强国三者间的作用机制

1. 新质生产力体现为以战略性新兴产业与未来产业为楔机，以金融新质生产力为资金支持

战略性新兴产业是指以重大发展需求和重大前沿技术突破为基础，对经济社会和长远发展具有重大引领带动作用的产业。如节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车等都属于战略性新兴产业。产业具有知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好等特点。未来产业由前沿技术驱动，当前处于孕育萌发阶段或产业化初期的产业，具有高成长性、战略性、颠覆性和不确定性，代表未来科技和产业发展方向。

新质生产力的提升离不开科技与创新，新质生产力专注培育新兴产业与未来产业，贺俊认为新质生产力的逻辑起点是制度供给，落脚点是全要素生产率为核心的经济效率，中间路径和实现机制是技术驱动下的资本、劳动等生产要素的高效组合和利用。徐枫（2024）认为服务新质生产力是金融支持高质量发展的关键着力点，由于地区的资源禀赋、产业基础、科研条件不

同，有选择的推动新产业、新模式、新动能发展，形成既符合国家发展新质生产力战略导向，又符合自身实际的新质生产力发展之路。找准自身的特色和优势，协同推进产业链、供应链、创新链、人才链跨区域融合和错位竞争，形成“科技—产业—金融”良性循环。

2. 金融新质生产力是联结新质生产力与金融强国目标的中介

“人工智能+”已成为发展趋势，科技发展、创新应用都离不开金融的资源配置，金融新质生产力将资源配置到新兴产业与未来产业的发展中，配置到科技与创新的发展中，将长期资本投入产业培植与发展中，支持高校跨学科与融合发展，消弭界线；现代化的产业体系则是基于多学科的融合发展。生产要素体现为大数据思维，生产力体现为人工智能思维，生产关系体现为区块链思维，数字化战略管理。金融机构的数智化转型，金融产品与金融服务的创新将为企业提供个性化的服务，借助科技工具，服务实体经济新兴产业与未来产业发展与民生工程，从前文“五要素、五维度”落实到具体实践环节，实现金融与经济的双向共赢。

3. 金融强国是新质生产力、金融新质生产力的最终结果

张明（2024）探讨了构建金融强国的国际金融方略，认为在全球经济三低一高”（低增长、低通胀、低利率、高政府债务）为特征的长期性停滞格局正转变为“三高一低”（较高通胀、较高利率、高债务、低增长）的滞胀格局。在滞胀格局之下，高利率与高债务之间可能形成恶性循环，进而给全球经济与金融带来新风险。而经济走出困境与困局，需要金融新质生产力的支持，需要等待产业生命周期熬过初创期的持续投入、产出低的局面以迎来市场转机，科技与创新伴随着高风险、高回报，只有技术与创新走向大量应用，新质生产力落地，才能迎接新的经济周期，实体经济强大必然带来金融机构规模、质量、效率的提升，金融强国是最终的结果呈现。

（二）新质生产力、金融新质生产力与金融强国的传导机制

新质生产力中观层面的新兴产业、新经济、新模式的发展，更多依靠新兴产业与未来产业及传统产业的转型升级，科技与创新赋能，使实体经济的发展呈现一种新模式。微观层面企业的数智化转型，需要金融新质生产力提供的长期资本支持，为实体经济发展注入新动能或降本增效，迎接科技创新浪潮而呈现新的金融产品与金融服务，使科技创新赋能金融机构的发展，扩大业务覆盖面与触及率。从而使新质生产力、金融新质生产力构成新产品与新服务闭环，推动经济形成“科技—金融—产业”链条复苏与增长，由实体经济的强大带动金融强国的目标达成，形成一个闭环链路，三者间相依相生，形成链式传导机制，牵一发而动全身。

中国式现代化的本质要求是实现高质量发展的首要任务，实现全体人民共同富裕是本质要求，实现物质文明、政治文明、精神文明、社会文明和生态文明水平，持续“五位一体”总体布局向更高阶段迈进^[2]。而加快发展先进制造业集群、壮大智能制造、生命健康、新材料等战略性新兴产业，深入推进传统产业数智化转型和数字产业创新发展是新质生产力的具体体现，这些都离不开金融新质生产力的赋能。

二、理论框架

库恩的范式理论则能诠释“新质生产力—金融新质生产力—金融强国”的作用机制与原理。范式 Paradigm 理论，托马斯·库

恩（Thomas Kuhn）在 1962 年出版的《科学革命的结构》一书中提出范式理论。中国经济经过几十年的发展无论是资源环境承载量还是人口红利都无以为续，需要新的范式突破，依靠科技创新、自主核心技术增强产业链韧性与安全性。

表 4：范式理论对本文的指导价值

范式理论	内容	指导价值
理论背景	范式理论由库恩提出，以规则 and 标准从事科学实践	定性范式、定量定律
核心概念和假设	范式是一种成就，包括定律、理论、应用和仪器，范式是一种标准，其作用是为科学研究提供模型	规则 and 标准是一种理论所规定的，理论是一种科学成就
理论框架和模型	范式是科学共同体公认的科学成就和标准	一个范式就是一个公认的模式或模式
应用范围和限制	学科基质“符号概括”“形而上学范式”“共同体成员共同承诺的信念”、价值、“范例”科学共同体共有的范例	
经验验证和实证研究	范式是共同体成员间的专业交流能够进行和专业判断达成一致的前提和基础	范式即学科基质包括学科共同体共同拥有的公式、模型、价值和范例，范式是公认的科学成就，包括定律、理论、应用和仪器，指出和规定了科学研究的内容；范式是一种“成见”是科学家们始终相信的形而上学性质；范式是一种世界观、一种标准、一种规则、并且不相容。
理论的发展和扩展	科学研究的第一二三四范式	第一范式：经验范式，以观察和实验为依据的研究；第二范式：理论范式，以建模和归纳为基础的理论学科和分析范式；第三范式：模拟范式，以模拟复杂现象为基础的计算科学范式；第四范式：数据密集型范式，以数据考察为基础，联合理论、实验和模拟一体的数据密集计算的科学大数据范式
实际应用和案例分析	范式理论研究方法拓展	实证主义、解释主义、批判理论、构建主义

> 资料来源：作者整理⁸

基于上述范式理论发展中的“经验范式—理论范式—模拟范式—数据密集型范式”，再结合战略性新兴产业发展有五大路径：1.实施重大工程，建设重大专项；引导产业集聚，建设生产基地，实行品牌战略，培育领军企业；研发核心技术，搭建共享平台，创新市场模式，打造新型产业链，发展高端生产性服务，助推战略性新兴产业。2.要扩张制造业占比，优化制造业结构，提高制造业效率，通过自主创新，实现战略性新兴产业和先进制造业前沿技术、复杂产品系统中关键技术的重大突破，倡导“工匠”精神，精专制造，打造系列著名国际品牌，实现学校企业双轨教育和培养建成先进制造产业集聚区。3.加强对新产品市场培育的研究，构筑战略性新兴产品市场培育的研究，构筑战略性新兴产业市场风险的防御体系。4.对现行战略性新兴产业政策效果进行评估，进行政策的进入与退出，对重点企业、重要基地生产经营状况进行实时分析，构建适宜战略新兴产业发展的现代生产经营模式，加强对全球新兴产业价值链、技术链、产业链形成过程的跟踪研究，研判嵌入全球新兴产业“三链”的契合点和突破口。5.通过长期深入的教化，让劳动者对技术规范、质量标准、制造流程、劳动制度等职业规范产生敬畏感，进而成为自己的终生信仰和精神图腾，构建起世界领先的制造业文化体系^[12]。“新质生产力—金融新质生力—金融强国”的链式传导路径，由理论到实践范式，由模拟工厂、模拟基地的经验范式再推广到数据密

集型范式，由追求规模经济再到范围经济。实体经济的强盛必然带来金融强国的目标实现，二者相得益彰、相辅相成。

徐帆（2024）认为适应大数据时代到来，数据信息、知识产权等要素在新质生产力中的重要作用。适应新质生产力企业全生命周期的融资新需求，为企业提供多种融资工具融合的、长短期资金相互配合的全周期金融服务体系。顺应新型产业关系下企业重组整合的需求，通过大力发展并购金融来激活并购重组市场，创新并购金融服务新模式。长期资本作为追求长期投资、战略投资、稳定投资的资本，是引领资本向发展新质生产力聚集的风向标，拓宽长期资本来源，使长期资本成为产业投资基金^[16]。

三、新质生产力、金融新质生产力与金融强国的其他理论指导与模式构建

（一）新质生产力、金融新质生产力与金融强国其他理论指导与作用机制

现有文献表明新质生产力在东部沿海地区特征较明显，在低温超导、量子计算、干细胞培养和分子生物学领域，我国已达到世界领先水平。新质生产力中的基础研究深化，原创技术策源地打造，关键共性技术、前沿引领技术、颠覆性技术不断突破，战略性新兴产业、新能源、新材料、高端装备制造等加速形成，新质生产力源自于基础科学研究的重大突破和对原有技术路线的根

8 韩继秀.什么是范式[J], 青年与社会, 2014（7）NO.20:316.

表5: 其他相关理论对本文的指导价值

理论	创始人	基本内容	社会意义	指导价值
循环经济理论	瓦尔特·施塔尔 (Walter Stahel)	主张通过循环再生利用资源降低资源消耗和环境污染, 促进经济可持续发展	提倡资源有效利用, 降低浪费, 促进可持续发展	可指导构建金融、科技和产业创新的可持续发展模式, 提高资源利用效率, 推动新质生产力的发展
创新理论	约瑟夫·熊彼特 (Joseph Schumpeter)	关注如何通过创新推动产业发展和提升生产力	促进技术进步、经济增长和产业升级, 保持竞争优势	可指导构建金融、科技和产业创新的可持续发展模式, 不断创新提高产品质量、开拓市场, 推动新质生产力的发展
资源基础理论	彼得·杜拉克 (Peter Drucker)	认为企业竞争优势源于独特资源和能力, 强调资源管理和整合	帮助企业发现和利用优势资源, 提高竞争力, 推动产业创新和发展, 实现数实融合	可指导构建金融、科技和产业创新的可持续发展模式, 提升企业核心竞争力, 推动新质生产力的发展
支持关系理论	西斯·利克特 (Rensis Likert)	支持关系是双向的, 领导者要考虑下属职工的处境、想法和希望, 帮助职工努力实现其目标, 使职工从中认识到自己的价值和重要性	相互支持原则体现科技研发与应用转化周期长, 需要企业长期投入、不断攻关	相互支持原则可以解释企业到产业的新质生产力与金融新质生产力、金融强国三者间的相互支持、共同推动科技发展与企业创新
制度变迁理论	诺斯	制度变迁的三块基石, 包括产权理论、国家理论和意识形态理论。自下而上的诱致性制度变迁 (需求主导型) 和自上而下的强制性制度变迁 (供给主导型)	当制度供给和需求基本均衡时, 制度是稳定的; 否则, 就会发生制度的变迁。企业为寻求增长需要不断打破现有平衡	新质生产力、金融新质生产力为制度变迁, 利润空间的压缩, 从供给主导型向诱致性制度变迁
信息生态链理论	林德曼	信息生产者、信息传递者和信息消费者三类。信息生产者创造和生产新信息; 信息传递者传输信息; 信息消费者具有信息需求并通过信息交流活动汲取信息的个人或团体	信息生态链中的各信息人的地位都是平等, 信息生态链中的信息人之间以共同利益为基础, 以资源共享和优势互补为前提, 形成合作关系。	政府、社会、企业间的商务信息系统构建、流通、管理、服务都离不开信息系统, 通过扩散与溢出产生相互影响

资料来源：作者整理

本性颠覆，形成具有技术创新体系和产业集群，带动经济高质量发展。新质生产力的结构效应赋能推动战略性新兴产业和未来产业的链条式与集群式发展，使其成为劳动生产率和全要素生产率最高的行业及部门。新质生产力聚焦的新技术、新产业、新业态和新领域，正是生产率高附加值的部门和产业，有利于通过乘数效应带动经济总量的持续增加和发展质量的持续跃升。

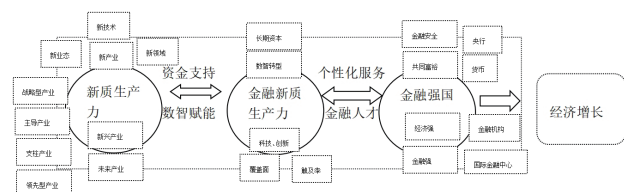
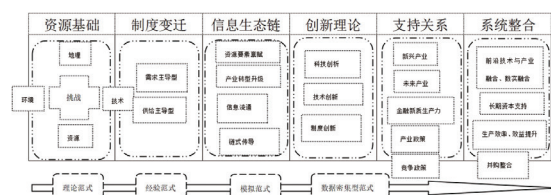


图1: 新质生产力、金融新质生产力、金融强国链式传导与作用机制

江飞涛(2018)认为宏观产业政策中政府干预以及干预方式的边界。产业政策应当以维护市场竞争、增进市场机能与扩展市场范围等基本取向,并以此促进产业与国民经济的健康发展。中等收入国家五大类产业划分及其产业政策制定的理论范式。产业政策与产业结构间的关系,产业政策与竞争政策和创新政策的相互融合,未来产业政策的发展方向以及优化办法。中等收入经济体的产业可以分成五大类:1.技术水平跟发达国家的产业还有一定差距的追赶型产业,2.已经处于领先或接近领先的领先型产业,3.过去符合比较优势、现在由于资本积累而失去比较优势的转进型产业;4.研发周期短、以人力资本投入为主的弯道超车型产业,5.为国家长远发展或出于国防安全的需要而发展的战略型产业。产业政策有效性依赖于制度环境,只有“适宜制度”才最

有利经济发展。制度环境和政策措施之间的互动关系,产业异质性、环境水平等因素^[13]。而新兴产业与未来产业处于产业生命周期中“初创期”的产业,初创期是从技术培育到产业化再到产业进入者数量达到顶峰期间,产业增速低甚至产业化未开始的阶段。未来产业尚处于技术发展初期和市场孕育孵化阶段,所涉及的核心技术都有从研发到扩散应用的不断成熟的过程,需经历从实验室孕育孵化的基础研发阶段到跨越“死亡之谷”的商业化转化阶段并最终得以在市场广泛普及应用的过程,此过程离不开金融新质生产力长期资本的支持,完成产业演化发展过程。

（二）构建新质生产力、金融新质生产力与金融强国发展模式



> 图2: 范式理论视域下新质生产力、金融新质生产力与金融强国传导路径与作用机制

齐骥(2017)认为应以“要素-逻辑-行动”激发微观主体创新、创业、创造的潜能,构建、塑造和强化长期增长的新动力,实现可持续发展的理论路径和实践范式。以产业融合、产城融合为重要维度和前置条件,以资源要素禀赋、经济、社会发展领域全面融合为立足点,实现创新单元、创新环境、创新基质和创新界面的协同,并创造经济增长动力更新、换档、超越的生态,突破单一的、静态的串联式产业链并重塑以“经济强国、金

融强国”为纽带的经济新秩序^[14]。

梁咏梅论证中国工业与中国经济增长间存在线性同向增减关系，所以产业实体经济兴衰直接关系到经济兴衰、民生就业、百姓收入，所以实体经济强大才能使百姓收入、消费呈现良性循环发展，朝共同富裕目标迈进。邓洲，李童（2024）⁹提出精准制造、柔性化、个性化制造带来精准经济，而数字化与智能化为精准制造、精准经济的发展创造可能，数实融合。范式理论视域下的理论范式、经验范式还是模拟范式、数据密集型范式，新质生产力初期的发展与市场的培植都离不开金融新质生产力中长期资本的支持与辅助，从无到有，从有到强的过程，正是范式理论指导实践，经验推广科技应用由构想走向实践的过程。

四、结论

（一）新质生产力在范式理论中的实践机制

在产业转型与产业升级迭代中依据地方资源禀赋特色，粤港澳、黄河流域、西部、东北各地由于要素资源禀赋不同，因此在产业空间布局、产业定位上应层次分明，错位发展，打造产业集群与先进产业园区，打造全国先进制造业基地构建起“新兴产业+特色产业+未来产业”的现代化产业体系。制造企业的供给侧结构性改革，通过技术、创新来完成企业的蜕变，人工智能、大数据、区块链、算力、大模型等新技术正在不断向产业渗透，智能制造、智慧城市、智能交通、智能农业、智慧服务等新型产业、新型组织形态正在兴起。新型城镇化、美丽乡村建设、精准扶贫政策正在形成以地域特色为主的“特色产业”，形成以宜粮则粮、宜牧则牧、宜渔则渔、宜林则林的良好生态构建格局，因地制宜，因城施策。

未来产业由前沿技术驱动，具有颠覆性、不确定性和前瞻性，是新质生产力的重要阵地。未来产业包括：元宇宙、脑机接口、量子信息、人形机器人、生成式人工智能、生物制造、未来显示、未来网络、新型储能等。目前国家正谋划未来产业标准研究，提升新产业标准的技术水平和国际化程度。未来产业的形成离不开政府政策的推动、龙头企业扶持、产业链链接、产业集群效应，培植地方以新质生产力构筑的未来产业依托区位优势形成排头兵。正是范式理论中由试点积累经验到规模推广应用；由理论到实践；由经验、模拟到规模应用的过程；也是范式理论在中国大地的实践检验与验证过程。

（二）新质生产力、金融新质生产力、金融强国的解决措施

针对前文的“新兴产业+特色产业+未来产业”，通过新质生产力的赋能实体经济，须着力在以下四个方面着手突破现有经济发展瓶颈形成新的地域特色与产业特色，实现经济的再次转型与发展。

（1）促进经济转型：新质生产力有助于推动经济结构的转型升级，发展高新技术产业和服务业，这些领域能带来新消费增长点，满足新需求，激发市场活力。如：文化创意产业、大健康产

业、文旅产业。

（2）创造新的就业机会：随着新产业和新技术的发展，可以创造更多与新质生产力相关的就业岗位，吸引劳动力参与。新兴产业、未来产业、特色产业发展将推动经济实现均衡发展，背靠地缘特色，增加新的工作岗位，增强人们的幸福感与归属感。

（3）改善生活质量：新质生产力的发展可以提高人们的生活质量，包括更好的医疗保健、养老服务、教育、人文环境、基础学科发展，有助于提升老年人的生活质量，减轻社会养老压力。为新兴产业、未来产业、新技术、新科技的发展提供动力支持，改善人们的生存环境与生活质量。

（4）促进教育和培训，激发创新和创业：新质生产力的发展需要高素质的劳动力，可以促进教育和职业培训体系的完善，提高劳动力的适应性和竞争力。新质生产力的发展环境鼓励创新和创业，可以为社会提供更多的发展动力和就业机会，有助于形成更加活跃的经济环境。依托新质生产力的落地实施与应用场景的开发，金融新质生产力为实体经济的数智化转型与新兴产业、未来产业的初创期、跨越死亡之谷的发展期提供赋能与长期资本支持。

综上所述，从范式理论视角下资源基础观、支持关系、循环经济理论、创新理论等分析了新质生产力通过产业链与资金链传导至金融新质生产力再通过金融机构完成金融强国的构建。

参考文献

- [1] 鲍宗豪.《中国式现代化源起、创新与发展》[M]. 东方出版社, 2023年.
- [2] 王军旗.《中国式现代化十三讲》[M]. 宁夏人民出版社, 2023年.
- [3] 张旭、于蒙蒙. 新质生产力的“述”与“论”：时代意义、实践路径与中国式现代化[J]. 河北经贸大学学报, 2024 (07) NO.45: pp.1-9.
- [4] 赵秋运, 严佳佳. 中国工业现代化、工业高质量发展与新质生产力[J]. 广西社会科学, 2024.NO.3: PP: 1-10.
- [5] 任保平. 以新质生产力赋能中国式现代化的重点与任务[J]. 经济问题, 2024 (5): 1-6.
- [6] 张游幻, 张金昌. 新质生产力的影响因素与作用机制研究——基于企业全要素生产率视角[J]. 国土资源科技管理, 2024 (05): 131-144.
- [7] 周文, 何雨晴. 新质生产力：中国式现代化的新动能与新路径[J]. 财经问题研究, 2024 (04): 3-15.
- [8] 蔡万焕, 张晓芬. 新质生产力与中国式现代化[J]. 浙江工商大学学报, 2024 (02): 29-38.
- [9] 盖凯程, 韩文龙.《新质生产力》[M]. 中国社会科学出版社, 2024.
- [10] 贺俊. 新质生产力的经济学本质与核心命题[J]. 人民论坛, 2024 (6): 11-13.
- [11] 黄群慧, 盛方富.《新质生产力系统：要素特质、结构承载与功能取向》[J].《改革》2024 (2) 15-24.
- [12] 李金华. 中国战略性新兴产业论[M]. 中国社会科学出版社, 2017 (8).
- [13] 李平, 江飞涛等. 重点产业调整和振兴规划研究：基于中国产业政策反思和重构的视角[M]. 中国社会科学出版社, 2018.4.
- [14] 齐骥. 文化产业供给侧改革研究：理论与案例[M]. 中国传媒大学出版社, 2017 (6).
- [15] 陆岷峰. 金融强国与金融新质生产力：构建以数智化驱动金融高质量发展新生态[J]. 中国流通经济, 2024 (5): 18-27.
- [16] 徐枫. 金融赋能新质生产力，助力改善民生建设访谈[N]. 中国社科院金融研究所, 2024 (12).

9 邓洲, 李童. 中国智能制造发展基础与发展方向研究[J]. 新经济导刊, 2024 (08): 24-30.

ESG 表现对企业新质生产力的影响研究

欧辉*, 祝恩晰, 刘沛晓, 彭心怡

湖南师范大学, 湖南 长沙 410081

摘 要 : 基于2013年至2022年中国 A 股上市公司的面板数据, 实证检验 ESG 表现对企业新质生产力的影响效应与作用机制。研究结果表明: (1) 企业 ESG 表现能够显著提升新质生产力; (2) 机制分析表明, 机构投资者关注在企业 ESG 表现对新质生产力的影响过程中, 发挥了部分中介作用; (3) 异质性分析表明, ESG 表现对新质生产力的影响存在显著异质性, 尤其在非国有企业、大型企业以及东部地区的企业中, ESG 对新质生产力的推动作用更为明显。该研究厘清了企业 ESG 表现与新质生产力的关系, 可为企业加速培育新质生产力提供经验证据。

关 键 词 : ESG 表现; 企业新质生产力; 机构投资者关注

Research on The Impact of ESG Performance on Enterprise New Quality Productivity

Ou Hui*, Zhu Enxi, Liu Peiyao, Peng Xinyi

Hunan Normal University, Changsha, Hunan 410081

Abstract : Based on panel data from Chinese A-share listed companies from 2013 to 2022, this study empirically examines the impact and mechanisms of ESG performance on enterprise new quality productivity. The research findings indicate that: (1) Corporate ESG performance significantly enhances new quality productivity; (2) Mechanism analysis reveals that institutional investor attention plays a partial mediating role in the process of ESG performance affecting new quality productivity; (3) Heterogeneity analysis shows that the impact of ESG performance on new quality productivity exhibits significant heterogeneity, with the promoting effect of ESG being more pronounced in non-state-owned enterprises, large enterprises, and enterprises in the eastern region. This study clarifies the relationship between corporate ESG performance and new quality productivity, providing empirical evidence for enterprises to accelerate the cultivation of new quality productivity.

Keywords : ESG performance; enterprise new quality productivity; institutional investor attention

引言

新质生产力的提升已成为推动经济高质量发展的关键因素。2024 年 5 月, 中华人民共和国中央人民政府官网发布了《习近平: 发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点》, 明确了提升新质生产力的工作重心与要求。而企业作为推动经济发展的核心主体, 是创新的知识生产和成果转化的中心, 对生产力的更新换代发挥着主导作用^[1], 在发展新质生产力、推动高质量发展承担极为重要的角色。早在 2004 年, 联合国全球契约与金融机构联合发布了《Who Cares Wins》报告^[2], 提出企业综合评价思路 ESG。目前, 优异的 ESG 表现给企业新质生产力提升注入新的技术能力^[3], 带动社会整体新质生产力水平的提升, 推动高质量发展。因此, 深入探究 ESG 表现对企业新质生产力的影响效应与其背后的作用机制, 对促进新质生产力水平的提升具有重要的理论和实践意义。本文通过对 A 股上市公司面板数据的实证分析, 探讨 ESG 评级对企业新质生产力的影响效应与作用机制, 并根据研究结果提出政策建议。

本文的边际贡献主要体现在以下几个方面: 首先, 从研究视角来看, 本文将 ESG 表现与新质生产力纳入同一研究范畴, 开创了二者关联研究的新思路。其次, 本文从机构投资者关注角度出发, 分析并实证检验了 ESG 表现对企业新质生产力的影响及其作用机制, 补充了 ESG 评级对企业新质生产力的影响路径。最后, 本文通过异质性分析, 对不同企业的 ESG 评级对新质生产力变化的影响进行了对比, 为企业开展 ESG 实践、加速形成新质生产力提供了实证依据。

项目/基金信息: 2024 年省级大学生创新训练项目(项目标号: S202410542107)。

作者简介:

欧辉, 湖南师范大学数学与统计学院, 博士, 副教授, 研究方向: 数字经济、随机过程及其应用, E-mail: bt_huiou@hunnu.edu.cn;

祝恩晰, 湖南师范大学数学与统计学院, 本科, 研究方向: 经济统计;

刘沛晓, 湖南师范大学数学与统计学院, 硕士, 研究方向: 数字经济、机器学习及其应用;

彭心怡, 湖南师范大学商学院, 本科, 研究方向: 应用经济学。

一、文献综述与研究假设

（一）文献综述

1. 新质生产力

自2023年9月习近平总书记在黑龙江考察调研时,首次提出“新质生产力”这一概念,学界围绕这一概念展开了多维度的探讨,主要聚焦于其理论逻辑^[4]、内涵特征^[5]以及历史演进^[6]等方面的学理阐释。在此基础上,进一步延伸至新质生产力赋能现代化产业体系^[7]、驱动数字乡村建设^[8]、推动农业数字化^[9]等。新质生产力被视为培育新兴产业的重要引擎,成为推动经济高质量发展的核心动力^[10]。此外,学界还深入探讨了数字化转型^[11]、生成式人工智能技术^[12]等新兴技术手段对新质生产力的赋能效应,以及职业教育在优化人力资本配置方面的作用,为新质生产力的发展奠定了实践基础^[13]。

进一步聚焦到企业层面的研究,学界从不同视角探讨了企业新质生产力的经济效应及其影响因素。一方面,部分研究揭示了企业新质生产力在缩小管理层与员工薪酬差距^[14]、增强企业韧性^[15]以及提升产业链与供应链稳定性^[16]等方面的重要作用。另一方面,学界深入分析了企业新质生产力的驱动因素,指出科技金融政策^[17]、数字普惠金融^[18]以及专精特新转型^[19]是推动新质生产力发展的重要外部条件。其中,技术创新^[20]被视为核心驱动力,通过技术突破与创新实践,企业能够显著提升生产效率与竞争力。

2. ESG

近年来,越来越多的投资者在对企业进行分析评估时主动将ESG纳入考察范畴^[21]。在安永发布的第六次全球机构投资者调查报告中,有90%的受访投资者表示在制定投资决策时会考虑企业在ESG方面的表现^[22]。学界对此展开了广泛研究,普遍认为良好的ESG表现能够显著提升企业价值^[23]、优化投资效率^[24]、增强企业声誉^[25],并通过提高企业韧性来增强其抗风险能力^[26]。然而,也有研究指出,对成长期企业而言,ESG的实施可能通过增加运营成本和压缩利润空间,削弱其成长能力^[27]。这种分歧表明,ESG的影响效应具有复杂性和情境依赖性,需要进一步深入探讨。

上述关于企业新质生产力及ESG的研究,为企业管理提供了重要的理论支持。然而,尽管研究揭示了新质生产力及ESG表现的重要性,也有相关研究表明,良好企业ESG表现可以促进绿色创新^[28]、有效提升企业的财务绩效^[29],实际应用中具体效应仍存在一定的挑战与变数。因此,后续研究亟需深入探讨ESG表现是否以及如何影响企业新质生产力,并进一步厘清其作用机制与边界条件。

（二）研究假设

1. 直接影响

根据资源依赖理论,企业需要通过外部资源的获取来维持生存和发展^[23]。技术创新是企业新质生产力发展的关键要素^[20],周期长、风险高,因此在初期需要大量资源投入。随着企业ESG表现的提升,企业能够更有效地获取创新所需的资源^[30],从而提高其新质生产力水平。

在环境责任方面,企业承担环保责任需要改进生产流程,会增加研发投入^[31],促进新质生产力的提升。就社会责任而言,企业通过履行社会责任能,增强投资者信心,进而获得更多资源和支持^[32]。

此外,从公司治理的角度来看,良好的公司治理能够通过股权制衡和激励机制,推动管理层更加重视研发投入,进一步提升新质生产力^[33],助力企业实现长期可持续发展。基于上述三个维度,本文提出:

H1: 良好的ESG表现能促进企业新质生产力水平的提升。

2. 间接影响

企业在环境保护、社会责任和公司治理方面的优异表现,为企业树立良好的品牌形象,提升投资者信任程度,从而吸纳更多的长期资本流入^[21]。通过外部资金流入,企业能够实现迅速融资,提高研发创新的投入,实现技术迭代升级,推动新质生产力的提升。同时,机构投资者对于企业ESG表现的重视,会促使企业更加注重内部ESG治理,优化企业的决策和改良资源配置^[34],也加强信息披露的透明度,提高企业在市场中的竞争力。基于上述观点,本文提出:

H2: 企业良好的ESG表现能够有效吸引机构投资者的关注,为其提供更多的资本支持,从而提升企业的新质生产力水平。

二、研究设计

（一）变量说明

1. 被解释变量

企业新质生产力水平(NPro)。根据宋佳等(2024)^[3]和张秀娥等(2024)^[35]的研究成果,并基于数据的可获得性,构建了一个多维度的企业新质生产力综合评价指标体系。具体的指标构成如表1所示,权重通过熵值法进行计算得出。

表1 企业新质生产力综合评价指标体系

目标层	一级指标	二级指标	指标解释	权重(%)
企业新质生产力水平	新劳动者	研发人员薪资占比	(研发人员薪资/员工总薪资)*100	20.3813
		研发人员占比	(研发人员数/员工总数)*100	9.1115
		高学历人员占比	(研究生及以上人员数/员工总数)*100	10.1066
	新劳动对象	固定资产占比	(固定资产/资产总额)*100	4.0221
		资本积累率	(当年所有者权益增长额/年初所有者权益)*100	10.9581
	新劳动资料	研发投入占比	(研发投入/应用收入总额)*100	7.8771
		无形资产占比	(无形资产/资产总额)*100	6.4247
		创新水平	Ln(专利授权数量+1)	8.7629
		绿色技术水平	Ln(绿色专利授权数量+1)	22.3553

2. 解释变量

企业ESG表现(ESG)。目前主要有华证、商道融绿、Wind和富时罗素等的ESG指标,其中华证的ESG数据较为完整,因此本文选取华证ESG评级作为本文的解释变量。

3. 控制变量

为减少遗漏变量偏差,参考李心茹等(2024)^[36]的研究,选取股权集中度、独董占比、董事会规模、两职合一、产权性质这6个变量作

为控制变量，具体变量描述见于表2；此外，考虑到异质性可能对结论产生的影响，本文还控制了企业行业固定效应和时间固定效应。

4. 中介变量

机构投资者关注（INSTI）。参考宋清华等（2023）^[37]的研究，利用上市公司所有机构投资者持股比例之和，来衡量机构投资者对企业的关注程度。具体变量定义如表2所示。

表2 变量定义表

变量性质	变量名称	变量符号	变量描述
被解释变量	企业新质生产力水平	NPro	根据所构建的指标体系利用熵值法计算得到
解释变量	企业 ESG 表现	ESG	华证 ESG 评分
中介变量	机构投资者关注	INSTI	所有机构投资者持股比例之和
控制变量	股权集中度	Herfindahl5	公司前5位大股东持股比例的平方和（Herfindahl_5指数）
	独董占比	Indep	独立董事占董事会比例
	董事会规模	Board	董事会人数的对数
	两职合一	Dual	董事长兼任总经理取值为1，否则取值为0
	审计意见	Opinion	财务报告被出具了标准审计意见，则取值为1，否则为0
	产权性质	SOE	国有企业取值为1，其他企业取值为0
	年度固定效应	Year	时间虚拟变量
	行业固定效应	Industry	行业虚拟变量

（二）数据来源及处理

选取2013—2022年中国A股上市公司作为研究样本，企业新质生产力层面的指标均来自CSMAR数据库与Wind数据库。利用R软件对数据进行匹配整合（以相同年份和企业代码为标准）；剔除*ST、ST企业，存在退市风险或有其他风险的企业不纳入本项目的考虑范围；剔除缺失值多的企业，对于剩余少量缺失值，用0进行填充，处理后共18540条数据。

（三）模型构建

为了验证企业ESG表现对新质生产力的影响，本文采取面板数据回归模型进行分析，构建式（1）来检验假设H1。

$$NPro_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 ESG_{it} + \sum \alpha_2 Control_{it} + \sum Year_t + \sum Industry_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

其中，NPro表示通过熵值法进行计算得出的企业新质生产力综合评价指标；ESG表示企业ESG表现，采用华证ESG评级指标衡量；Control代表控制变量；Year和Industry分别表示年度固定效应和行业固定效应。

三、实证分析

（一）描述性统计

从表3可以看出，企业新质生产力水平的平均值为4.566，且最大值为269.148，最小值为-20.086，极差相差较大，其标准差为5.558，说明不同企业之间的新质生产力水平存在较大差异。企业

ESG表现的平均值为73.210，最大值为92.930，最小值为41.190，标准差较大，不同企业之间的ESG表现也存在明显的差异。

表3 变量描述性统计表

变量	样本数	平均数	中位数	标准差	最小值	最大值
ESG	18540	73.210	73.470	5.461	41.190	92.930
NPro	18540	4.566	3.706	5.558	-20.086	269.148
INSTI	18540	0.4483	0.4679	0.238	0.000	1.0114
Herfindahl5	18540	0.151	0.118	0.114	0.000	0.810
Indep	18540	0.377	0.364	0.058	0.000	0.800
Board	18540	2.132	2.197	0.200	0.000	2.890
Dual	18540	0.229	0.000	0.420	0.000	1.000
Opinion	18540	0.978	1.000	0.147	0.000	1.000
SOE	18540	0.422	0.000	0.494	0.000	1.000

（二）基准回归

表4展示了基准回归结果。第（1）列的结果表明，不进行任何控制时，ESG表现对企业新质生产力水平的影响效应为0.0183，且在5%的水平下显著，初步验证了ESG表现对企业新质生产力有正向效应。第（2）列同时控制年份与行业固定效应时，第（3）列相比第（1）列在模型中加入一系列控制变量，第（4）列既加入了一系列控制变量，也控制年份与行业固定效应，这些同样在1%的水平下显著。表4整体结果显示，ESG表现对企业新质生产力水平具有显著的正向促进作用，并在不同模型设定下均得到了验证，即验证了假设1。

表4 基准回归结果表

变量	NPro			
	(1)	(2)	(3)	(4)
ESG	0.0183** (2.45)	0.0397*** (3.71)	0.023*** (2.95)	0.034*** (3.12)
Herfindahl5	—	—	-2.694*** (-7.26)	-0.691 (-0.75)
Indep	—	—	2.559*** (3.04)	1.093 (0.85)
Board	—	—	0.215 (0.86)	0.987** (2.21)
Dual	—	—	0.235** (2.31)	-0.281** (-1.98)
Opinion	—	—	2.142*** (7.66)	2.559*** (8.33)
SOE	—	—	-0.639*** (-6.97)	-0.478 (-1.63)
_cons	3.223*** (5.87)	5.026* (1.80)	0.022 (0.02)	1.122 (0.36)
Year	不控制	控制	不控制	控制
Industry	不控制	控制	不控制	控制
N	18540	18540	18540	18540
Adj_R2	0.0003	0.0511	0.0118	0.0556

注：括号内数值为t值；***、**和*分别表示1%、5%和10%的显著性水平。

（三）稳健性检验

1. 更换被解释变量测算方法

由于本文将熵值法替换为CRITIC法^[38]，该方法能够更好地考

虑指标间的相关性，并且提供更有针对性的权重分配。利用 CRITIC 法测算企业新质生产力水平，再次检验企业 ESG 表现对新质生产力水平的影响。从表 5 第 (1) 列可知，ESG 表现对企业新质生产力的回归系数依然在 5% 的水平下显著为正，结论仍与前文的研究结果保持一致，更换被解释变量测算方法并没有影响结果的稳健性。

2. 增加控制变量

为进一步缓解遗漏变量所产生的估计偏误^[39]，故将“董监高是否具有金融背景”与“管理层女性占比”作为控制变量加入基准回归模型。高管团队的金融背景能够直接反映企业的决策质量和资源配置效率，且女性高管在团队协作和企业文化建设等方面具有独特的优势。将这两个因素纳入控制变量，可以更好地消除其对企业新质生产力的潜在影响，提升模型结果的稳健性。表 5 中第 (2) 列所示，正向效应在 1% 的水平下仍然显著，表明 ESG 表现显著提升企业的新质生产力，且这一影响不受其他控制变量的干扰。

3. 分位数回归

为进一步探究 ESG 与企业新质生产力的关系是否受到新质生产力水平高低的影响，参考高杰英 (2021)^[24]研究方法，本文分别在新质生产力的 25、50 与 75 分位点进行了分位数回归，结果如表 5(3)、(4)、(5) 所示。ESG 系数在分位数回归中均显著为正，表明无论企业的新质生产力水平处于较高还是较低的状态，ESG 表现均对其新质生产力的提升具有促进作用。此外，新质生产力水平较低的企业（25 分位点），ESG 系数反而更大，说明对于新质生产力水平相对较低的企业而言，良好的 ESG 表现能够为其新质生产力的提升带来更高的边际效应。

表 5 稳健性检验结果表

变量	NPro				
	(1) 更换被解释变量测算方法	(2) 增加控制变量	(3) 25 分位	(3) 50 分位	(3) 75 分位
ESG	0.055** (2.52)	0.034*** (3.18)	0.054*** (17.74)	0.053*** (16.48)	0.044*** (7.34)
Female	—	1.399* (2.03)	—	—	—
FinBack	—	0.230* (2.13)	—	—	—
_cons	8.215 (1.32)	0.975 (0.32)	-5.772*** (-13.83)	-4.441*** (-10.13)	-2.833*** (-3.42)
controls	控制	控制	控制	控制	控制
Year	控制	控制	控制	控制	控制
Industry	控制	控制	控制	控制	控制
N	18540	18540	18540	18540	18540
Adj_R2	0.0552	0.0561	0.1251	0.1189	0.1105

注：括号内数值为 t 值；***、** 和 * 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

（四）内生性讨论

1. 工具变量法

由于企业 ESG 表现与新质生产力之间可能存在双向因果关系的问题，采用工具变量法缓解由内生性问题带来的影响。参考王

治等 (2022)^[30] 的研究，我们选择了企业所在城市的上市公司数量（Number）作为工具变量，采用 2SLS 方法进行检验。从相关性而言，企业的 ESG 表现与同城市内的企业数量高度相关，同一地区内上市企业较为集中时，市场竞争压力会更大，企业会更加关注提升整体 ESG 表现，以提升其市场竞争力。从外生性而言，企业所在城市的上市公司数量与企业新质生产力并没有直接联系，符合工具变量的外生性要求。

在第一阶段回归中，企业所在城市的上市公司数量与企业 ESG 表现之间的回归系数在 1% 的显著性水平下为正，表明该工具变量与被解释变量有显著的相关性。此外，KP-Wald F 统计量为 20.5989，远大于 10，进一步验证了工具变量的有效性，排除了弱工具变量问题。第二阶段的回归结果进一步表明，控制内生性问题后，企业的 ESG 表现与新质生产力之间仍然呈显著正相关关系。

2. 解释变量滞后处理

考虑到 ESG 表现对企业新质生产力可能会存在一定的滞后影响，参考卜国琴等 (2025)^[21]，对解释变量滞后一期（L1_ESG）和滞后两期（L2_ESG），来检验基础回归结果的稳健性。由表 6 (3) 与 (4) 列可知，ESG 表现滞后一期处理后的回归结果不显著，而滞后两期的回归结果显著，意味着企业 ESG 表现的即时影响可能未能直接体现在新质生产力上，但经过一定的时间滞后后，企业在 ESG 方面的投入和改进可能会通过一系列间接效应影响其创新能力和生产力的提升。这反映了企业在进行 ESG 改善时，短期内效果较为有限，但随着时间的推移，企业的 ESG 投资能够在长期内对生产力产生较为显著的正向影响。

表 6 内生性讨论表

变量	工具变量法		解释变量滞后处理	
	(1) First-stage ESG	(2) Second-stage NPro	(3) 滞后一期 NPro	(4) 滞后二期 NPro
ESG	—	0.422* (1.74)	—	—
Number	0.0003*** (4.54)	—	—	—
L1_ESG	—	—	0.016 (1.40)	—
L2_ESG	—	—	—	0.026** (2.20)
_cons	52.073*** (52.28)	-23.126* (-1.82)	4.004 (1.15)	16.678*** (3.65)
controls	控制	控制	控制	控制
Year	控制	控制	控制	控制
Industry	控制	控制	控制	控制
N	18540	18540	16686	14832
Adj_R2	0.1306	0.0570	0.0719	0.1227
KP-Wald F 统计量	20.5989			

注：括号内数值为 t 值；***、** 和 * 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

（五）机制分析

机构投资者更加注重企业的长期回报，更高的 ESG 表现的企

业会吸引投资者注意。投资者为这类企业提供较为长期且稳定的资金支持，推动新质生产力的提升。所以本文加入中介变量机构投资者关注进行机制分析，在基准回归模型的基础上构建如下中介效应模型：

$$INSTI_{it} = \beta_0 + \beta_1 ESG_{it} + \Sigma \beta_2 Control_{it} + \Sigma Year_i + \Sigma Industry_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$NPro_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 ESG_{it} + \gamma_2 INSTI_{it} + \Sigma \gamma_3 Control_{it} + \Sigma Year_i + \Sigma Industry_i + \epsilon_{it} \quad (3)$$

其中，INSTI代表中介变量机构投资者关注，采用所有机构投资者持股比例之和进行衡量，其他变量定义与基准回归分析一致。

从表7列(1)、(2)可知，ESG表现对机构投资者关注以及机构投资者关注对企业新质生产力的回归系数均显著为正，且加入机构投资者关注进行回归后，ESG表现对企业新质生产力的回归系数由0.034下降至0.032，说明机构投资者关注在企业ESG表现与企业新质生产力之间起到部分中介作用。进行1000次随机Bootstrap检验，95%的置信区间为(0.003142, 0.006593)，不包含0。上述分析结果表明，机构投资者关注的中介效应显著，ESG表现提升可以通过增加机构投资者关注来促进企业新质生产力发展。

表7 机制分析表

变量	机构投资者关注	
	(1)INSTI	(2)NPro
ESG	0.002*** (7.46)	0.032*** (4.68)
INSTI	—	2.564*** (7.77)
_cons	—	-2.385** (-2.55)
controls	控制	控制
Year	控制	控制
Industry	控制	控制
N	18540	18540
Adj_R2	0.4979	0.0783
Bootstrap(BC)置信区间	(0.003142, 0.006593)	

注：括号内数值为t值；***、**和*分别表示1%、5%和10%的显著性水平。

（六）异质性分析

不同企业在组织结构、发展战略和市场定位等方面存在差异，因此它们在提升新质生产力时可能会呈现出不同的效应。为了探讨这种异质性，本文采用了分组检验的方法，参考李心茹等(2024)^[36]，深入分析了企业的产权性质、规模以及所处地区等因素如何影响ESG表现对企业新质生产力的作用。

1. 产权性质异质性

将样本按照“国有企业”和“非国有企业”进行分组，并分别进行检验。表8的(1)、(2)列结果显示，在“国有企业”组中，在5%的显著性水平回归系数显著为正。而在“非国有企业”组中，同样表现出显著正向效应，且回归系数超过了“国有企业”组，表明非国有企业提升ESG表现对新质生产力的推动作用更加显著。非国有企业在市场竞争压力大，且在资本市场导向以及外部监管等因素的驱动下，会更加重视ESG表现的提升。

2. 企业规模异质性

参考丁守海等(2025)^[40]，按照企业市值规模的均值，将样本分为“大型企业”和“中小企业”两组进行检验。表8的(3)和(4)列结果显示，在“大型企业”组中，ESG表现的回归系数显著为正，而在“中小企业”组中，回归系数未达到显著水平。中小企业通常面临资金、技术和人才的短缺的问题，难以像有效地实施和提升ESG战略，可能缺乏有效的外部支持和政策引导，导致中小企业在提升ESG表现方面的投入相对不足，从而影响其对新质生产力的促进作用。

3. 地区异质性

按照企业所在地区，将样本划分为“东部地区”、“中部地区”和“西部地区”3组，从表8的(5)、(6)和(7)列可知，只有“东部地区”组的回归系数显著为正，而在“中部地区”和“西部地区”组中，回归系数均未达到显著水平。这一结果可能与中西部地区经济发展水平较低以及政策支持较弱有关。相比东部地区，中西部地区企业普遍规模较小，创新能力不足，企业更关注生存和进行成本控制，使得ESG表现的提升未能显著促进新质生产力的提高。

表8 异质性分析表

变量	NPro						
	(1)国有企业	(2)非国有企业	(3)大型企业	(4)中小型企业	(5)东部地区	(6)中部地区	(7)西部地区
ESG	0.027** (2.16)	0.036** (2.29)	0.083*** (4.62)	0.003 (0.19)	0.041*** (2.99)	0.023 (1.04)	-0.006 (-0.22)
_cons	-2.244 (-0.69)	5.726 (1.21)	-4.697 (-1.42)	2.307 (0.75)	2.790 (0.78)	2.616 (0.56)	10.464* (1.71)
controls	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
Year	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
Industry	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
N	7817	10723	8210	10330	12947	3111	2482
Adj_R2	0.0262	0.0871	0.0638	0.0981	0.0720	0.0494	0.0655

注：括号内数值为t值；***、**和*分别表示1%、5%和10%的显著性水平。

四、结论与建议

通过对企业ESG表现影响新质生产力的实证研究，得出以下主要结论：

第一，企业ESG表现能够显著提升新质生产力，并且在一系列稳健性检验后结果仍然有效。

第二，机构投资者关注在企业ESG表现对新质生产力的影响中发挥了部分中介作用。

第三, ESG 表现对新质生产力的影响存在显著异质性。在非国有企业、大型企业以及东部地区的企业中, ESG 表现对新质生产力的推动作用更为明显, 因其具备更强的资源整合能力和市场竞争力, 能够更有效地将 ESG 实践转化为生产力提升的实际成果。

基于上述结论, 本文提出如下三点建议:

从企业层面来看, 深化 ESG 实践, 将 ESG 纳入企业监管与治理体系。建议企业明确 ESG 风险管理责任, 将 ESG 因素融入企业管理结构和流程中, 以支持公司及董事履职。并且将 ESG 意识融入企业组织文化, 培养企业上下具备 ESG 意识的行为和决策文化。同时, 企业也应全面了解内外部环境、政策对 ESG 表现的影响, 精准洞察 ESG 风险, 进行动态监管, 及时调整企业决策行为, 以推动 ESG 表现稳步提升, 助力企业新质生产力的提高。

从机构投资者层面来看, 强化 ESG 投资理念, 发挥资本引导作用。机构投资者应加强对 ESG 因素的关注, 将其纳入投资决策框架, 引导资金流向 ESG 表现优异的企业。金融机构建立专门的 ESG 投资部门, 开发 ESG 相关金融产品, 为普通投资者提供更多的投资选择, 并根据多家评级机构的 ESG 评估结果, 优化投资组合, 吸纳更多的资金流向 ESG 表现优异的企业, 加快企业融资速度, 促进 ESG 与新质生产力的良性循环。

从政府层面来看, 实施差异化支持政策, 推动 ESG 实践的均衡发展。对于非国有企业和大型企业, 通过财政补贴、税收优惠等政策, 鼓励其加大创新投入, 提升资源整合能力和市场竞争力, 获得更为优异的 ESG 表现。对于东部地区企业, 鼓励其发挥示范效应, 开展企对企合作互助, 分享 ESG 治理经验, 带动中西部地区同行业企业共同发展。并且可对中西部地区的中小型企业进一步设立专项基金、提供技术援助等, 支持其在 ESG 表现上的优化与提升。

参考文献

[1] 宋劲松. 发展新质生产力需强化企业科技创新主体地位 [N]. 光明日报, 2024-04-16.

[2] 宋献中, 李双怡, 潘婧. ESG 评级分歧对企业社会责任行为的影响: 来自精准扶贫的证据 [J/OL]. 西安交通大学学报 (社会科学版), 1-18[2025-01-09].

[3] 宋佳, 张金昌, 潘艺. ESG 发展对企业新质生产力影响的研究——来自中国 A 股上市企业的经验证据 [J]. 当代经济管理, 2024, 46(06):1-11.

[4] 高帆. “新质生产力”的提出逻辑、多维内涵及时代意义 [J]. 政治经济学评论, 2023, 14(06):127-145.

[5] 张林, 蒲清平. 新质生产力的内涵特征、理论创新与价值意蕴 [J]. 重庆大学学报 (社会科学版), 2023, 29(06):137-148.

[6] 魏崇辉. 新质生产力的基本意涵、历史演进与实践路径 [J]. 理论与改革, 2023, (06):25-38.

[7] 王飞, 韩晓媛, 陈瑞华. 新质生产力赋能现代化产业体系: 内在逻辑与实现路径 [J]. 当代经济管理, 2024, 46(06):12-19.

[8] 王世泰, 宋成乾. 新质生产力驱动数字乡村建设的理论依据、影响因素与驱动策略 [J/OL]. 山西农业大学学报 (社会科学版), 1-8[2025-03-06].

[9] 曾志庆, 何邦路, 陈灿平. 新质生产力赋能农业数字化: 理论逻辑、国际经验与推进路径 [J/OL]. 山西农业大学学报 (社会科学版), 1-12[2025-03-06].

[10] 钞小静, 王清. 新质生产力驱动高质量发展的逻辑与路径 [J]. 西安财经大学学报, 2024, 37(01):12-20.

[11] 张夏恒, 肖林. 数字化转型赋能新质生产力涌现: 逻辑框架、现存问题与优化策略 [J]. 学术界, 2024, (01):73-85.

[12] 张夏恒, 马妍. 生成式人工智能技术赋能新质生产力涌现: 价值意蕴、运行机理与实践路径 [J]. 电子政务, 2024, (04):17-25.

[13] 霍丽娟. 职业教育赋能新质生产力发展的内涵要义、运行逻辑和推进路径 [J]. 中国职业技术教育, 2024, (12):3-11.

[14] 肖有智, 张晓兰, 刘欣. 新质生产力与企业内部薪酬差距——基于共享发展视角 [J]. 经济评论, 2024, (3):75-91.

[15] 刘达, 王晓丹, 王淑瑶, 等. 新质生产力赋能企业韧性——基于新型生产关系与生产要素的分析框架 [J]. 财经论丛, 2025, (1):15-25.

[16] 袁瀚坤, 徐政. 新质生产力赋能产业链供应链韧性提升研究——来自上市公司的经验证据 [J]. 新疆社会科学, 2024, (5):42-54, 180-181.

[17] 黄徐亮, 徐海东. 科技金融政策与新质生产力发展 [J]. 财经论丛, 2025, (1):47-58.

[18] 张会强. 数字普惠金融对新质生产力的影响及作用机制研究 [J]. 商展经济, 2024, (22):120-123.

[19] 简冠群, 郭阳阳. 专精特新转型与企业新质生产力发展——基于风险投资和耐心资本的证据 [J/OL]. 财经论丛, 1-15[2025-01-09].

[20] 王伟光, 宋洪玲. 战略性新兴产业创新何以提升企业新质生产力 [J]. 河南社会科学, 2024, (9):65-75.

[21] 卜国琴, 唐欣怡. 企业 ESG 表现影响绿色创新效率的效应与机制研究 [J/OL]. 科学与管理, 1-14[2025-01-09].

[22] 白雄, 朱一凡, 韩锦绵. ESG 表现、机构投资者偏好与企业价值 [J]. 统计与信息论坛, 2022, 37(10):117-128.

[23] 王琳璿, 康永辉, 董捷. ESG 表现对企业价值的影响机制研究 [J]. 证券市场导报, 2022, (05):23-34.

[24] 高杰英, 褚冬晓, 康永辉等. ESG 表现能改善企业投资效率吗? [J]. 证券市场导报, 2021, (11):24-34+72.

[25] 孙慧, 祝树森, 张贤峰. ESG 表现、公司透明度与企业声誉 [J]. 软科学, 2023, 37(12):115-121.

[26] 向雅婷, 吴佳豪, 王颖雁. ESG 表现对企业韧性的影响研究 [J]. 商展经济, 2024, (24):183-186.

[27] 李思慧, 郑素兰. ESG 的实施抑制了企业成长吗? [J]. 经济问题, 2022, (12):81-89.

[28] 孟猛猛, 谈湘雨, 刘思蕊等. 企业 ESG 表现对绿色创新的影响研究 [J]. 技术经济, 2023, 42(07):13-24.

[29] 彭满如, 陈婕, 殷俊明. ESG 表现、创新能力与企业绩效 [J]. 会计之友, 2023, (07):11-17.

[30] 王治, 彭百川. 企业 ESG 表现对创新绩效的影响 [J]. 统计与决策, 2022, 38(24):164-168.

[31] Pavelin S, Porter L A. The corporate social performance content of innovation in the UK [J]. Journal of Business Ethics, 2008, 80: 711-725.

[32] 熊国保, 罗元大, 赵建彬. 企业环境责任对创新绩效影响的实证检验 [J]. 统计与决策, 2020, 36(21):172-175.

[33] 高汉祥, 刘紫薇, 许鑫. ESG 推动国有企业公司治理与新质生产力协同发展: 理论框架和实践路径 [J]. 中国浦东干部学院学报, 2024, 18(05):47-56.

[34] 吾买尔江·艾山, 艾力扎提·吐尔洪, 郑惠. 机构投资者持股对企业价值的影响研究——基于 ESG 绩效的中介效应分析 [J]. 价格理论与实践, 2021, (03):79-82+167.

[35] 张秀娥, 王卫, 于泳波. 数智化转型对企业新质生产力的影响研究 [J/OL]. 科学学研究, 1-19[2025-02-05].

[36] 李心茹, 田增瑞, 常焙莹. 新质生产力、资源利用与企业组织韧性 [J]. 西部论坛, 2024, 34(04):35-49.

[37] 宋清华, 周学琴, 邓翔. ESG 评级与企业环保投资: 激励还是掩饰? [J]. 金融论坛, 2023, 28(11):60-70.

[38] 弋若兰. 我国上市公司信用风险评估研究——基于改进 CRITIC 熵权组合赋权-TOPSIS 模型 [J]. 投资与创业, 2022, 33(21):119-121.

[39] 欧辉, 刘沛姚, 张禹罗. 新质生产力对我国碳排放的影响及其空间效应研究 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2025, 48(1): 28-36.

[40] 丁守海, 陈雯雯. 企业市值规模对劳动力雇佣的影响 [J]. 湖南大学学报 (社会科学版), 2025, 39(01):35-44.

环境规制对绿色经济增长的空间溢出效应 ——以广东省为例

徐娟, 宋嘉禾, 张俊怡

广东财经大学 经济学院, 广东 广州 510000

摘 要 : 本文基于2003–2019年广东省各城市的面板数据, 构建空间杜宾模型分析环境规制对绿色经济增长的空间溢出效应及绿色技术创新的调节效应。结果表明: 广东省环境规制与绿色经济增长存在正相关性, 且绿色经济增长的正向空间溢出效应在各地市中均有明显体现, 绿色技术创新则对这一影响过程起到正向提升的调节作用。考虑地区异质性时, 环境规制对珠三角地区的绿色经济增长促进作用和溢出效应最强, 而后依次是沿海两翼经济带、粤北生态保护区。

关 键 词 : 绿色经济增长; 空间溢出效应; 广东省

The Spatial Spillover Effects of Environmental Regulation on Green Economic Growth — A Case Study of Guangdong Province

Xu Juan, Song Jiahe, Zhang Junyi

School of Economics, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : This paper is based on panel data from various cities in Guangdong Province from 2003 to 2019, constructing a Spatial Durbin Model to analyze the spatial spillover effects of environmental regulation on green economic growth and the moderating effects of green technological innovation. The results indicate a positive correlation between environmental regulation and green economic growth in Guangdong Province, with the positive spatial spillover effects of green economic growth being significantly evident across all cities. Green technological innovation plays a positively enhancing moderating role in this process. When considering regional heterogeneity, environmental regulation has the strongest promoting effect and spillover effect on green economic growth in the Pearl River Delta region, followed by the coastal economic zones and the Northern Guangdong Ecological Conservation Area.

Keywords : green economic growth; spatial spillover effects; Guangdong Province

引言

党的二十大报告明确提出, 要全面推进美丽中国建设, 统筹推进生态优先、节约集约、绿色低碳的协同发展。2023年广东省环保支出达462.64亿元, 是我国节能环保支出最高的省份, 对国家全面形成绿色发展新格局作出重要贡献。环境规制作为促进绿色经济和谐增长和实现可持续发展的重要手段, 其核心在于通过政策引导和制度约束, 推动企业和社会在经济发展过程中更加注重环境保护和资源高效利用, 从而实现经济、社会与环境的协调发展。本文以广东省为例, 探讨环境规制和绿色创新水平对绿色经济增长的影响研究, 以期为全国打造绿美生态建设提供广东样板。

一、文献综述

绿色发展的概念从经济增长与环境之间的冲突中引出。在世界文明发展史上, 由于西方国家进入工业社会较早, 工业生产与

环境保护之间的冲突率先凸显, 因此西方经济学者较早地提出绿色发展理念, 目的在于批评传统生产模式下人类活动对环境的破坏。20世纪60年代的时候, 肯尼思·E·博尔丁提出宇宙飞船经济理论, 指出地球的资源 and 资源再生能力有限, 地球需像宇宙

作者简介:

徐娟 (1979—), 女, 博士, 副教授。研究方向为区域经济学。E-mail: Xujuan429@163.com;

宋嘉禾 (2003—), 女, 研究生, 研究方向: 保险;

张俊怡 (2002—), 女, 研究生, 研究方向: 保险。

飞船一样进行物质循环利用而以此生存，在地球上建立绿色、封闭的经济体系是必要的^[1]。随后，戴利（2001）相继提出了稳态经济^[2]，皮尔斯（1997）提出绿色经济^[3]。上世纪70年代，赫尔曼·E·戴利（2002）提出了稳态经济的概念，认为有限的资源和环境将会抑制积极的增长，以此强调人类在发展经济时要从生态的角度作综合考量，向稳态经济的形态转变^[4]。1987年，世界环境与发展委员会通过《我们共同的未来》提出了可持续发展概念，从而将绿色、生态问题推向全世界。

在过去几十年时间里,学界对绿色发展的内涵展开了广泛的研究。其中,联合国开发计划署出版的报告中对我国绿色发展的内涵进行了深入阐述,强调绿色发展是经济增长与环境保护相协调的发展模式,其核心是以人为本。谷树忠(2016)提出以资源节约、环境友好、生态保护等为主要特征的绿色经济是绿色发展的核心^[5]。黄寰等(2019)提出绿色发展是高质量发展的深层次要求,认为资源利用效率的提高,可以使环境在其承载能力内实现可持续发展^[6]。

目前关于环境规制与绿色经济发展之间互动关系的讨论学者们观点不一。有的学者认为两者具有线性相关,如陈思杭等(2022)认为环境规制对绿色经济发展在短期内有抑制作用,而长期上具有正向促进作用^[7];张治栋等(2020)认为环境规制会抑制绿色技术效率增长^[8]。而还有学者认为两者的相关性是非线性的,如张英浩等(2018)认为环境规制水平对绿色经济效率的影响呈倒“U”型特征,即随着环境规制的加强绿色经济水平先上升后下降^[9];马珩等(2022)认为随着环境约束强度的增强,绿色经济效率呈“U”型变化趋势^[10]。

关于环境规制促进绿色经济的经济效应也有不少探讨。李毅等(2020)认为环境规制通过降低治污成本和生产技术进步的方式对绿色经济发展产生影响^[11],即企业通过绿色技术创新,实现资源高效利用、节能减排的目的,进而降低环境对企业的负面影响,这会提高企业的生产效率,提高绿色经济水平。高翠云(2020)认为具体体现在,环境规制影响人力资本、能源强度、产业结构等各方面,促进了企业进行绿色技术创新和产业升级,即创新效应,推动绿色经济发展^[12]。此外,也有学者以空间视角考察两者间的关系,并且大都认为两者存在空间溢出效应^[13-14]。

综上,关于环境规制和绿色经济效率的研究已经硕果累累,但仍存在以下不足:首先,现有研究多从城市群为主体来研究绿色经济增长的时空演变,但是探究环境规制对绿色经济增长的具体促进效应与作用机制,并且以城市为单元,研究广东地级市并分析其作用机制是否存在异质性的文献还非常少。其次,已有研究的研究角度和方法虽然丰富多样,但将环境规制与绿色经济的关系进行空间呈现和采用三种权重矩阵进行空间计量分析置于同一研究框架研究的文献还较少。本文从广东省绿色发展的视角,选取有代表性的变量探究广东省环境政策与绿色创新水平对绿色经济增长空间溢出效应的影响,边际贡献主要有以下两点:第一,系统探究了环境规制对绿色经济增长的空间效应、作用机制及其异质性特征,拓展了环境规制与绿色发展关系的研究维度。第二,实证检验了绿色技术创新在环境规制影响绿色经济增长过

程中的中介效应及其区域差异性,并基于区域异质性视角,深入剖析了绿色技术创新在环境规制促进绿色发展中的作用机理及其成因,为制定区域差异化政策提供了基于广东实践的经验证据。

二、影响机制及研究假设

（一）环境规制影响绿色经济效率的作用机制

环境规制对绿色经济效率的作用机制具有双重效应。除前文所述的积极影响外,环境规制也可能产生负面效应。随着环境规制强度的提升,企业为满足环保要求而购置环保设备等措施将显著增加运营成本,压缩利润空间,进而抑制企业开展绿色技术创新的积极性。然而,根据波特假说,从长期来看,技术创新带来的收益将超过污染治理成本。由于企业需要达到环境标准,绿色技术研发投入不仅能促进技术升级,还可为企业创造更大的利润空间,从而激励企业进行创新活动。为验证广东在这一影响过程的作用机制,本文提出假设1和假设2。

假设1: 环境规制对绿色经济效率有提升作用。

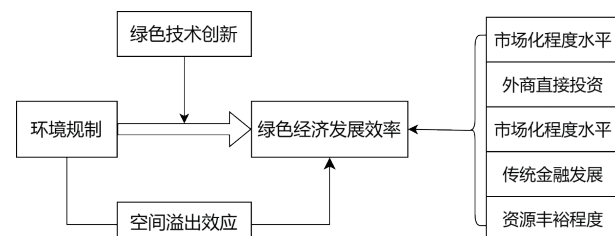
假设2:绿色技术创新在环境规制和绿色经济效率的影响机制中发挥中介作用。

（二）环境规制对绿色经济效率的空间溢出效应

某地环境规制达到一定程度后重工业等污染较重的企业会转移至周边环境规制力度较弱的地区,以节省企业成本,但是周边地区的环境会因重污染企业的转移而恶化,这一过程加强了区域间的空间关联性。但这一影响结果并不会持续很久,其原因在于,企业受利润驱动,会将建立更完善的环境友好型经营管理模式,并进行绿色技术创新来推动产业结构绿色化调整。这一过程产生的技术创新具有很强的正外部性,技术的外溢将进一步增强区域间的产品、人员等方面的积极互动,进而提高区域绿色经济效率。基于此,本文提出假设3。

假设 3: 某地的环境规制会对周边地区的绿色经济产生间接作用, 即存在空间溢出效应。

本文环境规制、绿色技术创新与广东省绿色经济效率发展间的作用路径可用图1来表示。



> 图1 影响机制

三、模型设定、变量选取及数据来源

（一）模型设定

借鉴郭炳南和王宇（2022）的相关研究，利用空间杜宾模型来检验环境规制对本地及邻地绿色经济增长的影响。模型设定如下：

$$Geg_{it} = \alpha_0 + \rho W \times Geg_{it} + \phi_1 W \times Er_{it} + \alpha_1 Er_{it} + \phi_2 W \times X_{it} + \alpha_2 X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

模型（1）用于分析环境规制对城市绿色经济增长的影响，为进一步分析其调节效应，在模型（1）中引入环境规制和绿色技术创新的交乘项，作为调节变量，得到模型（2）：

$$Geg_{it} = \alpha_0 + \rho W \times Geg_{it} + \phi_1 W \times Er_{it} + \phi_2 W \times Er_{it} + \phi_3 W \times Er_{it} \times Gtech_{it} + \phi_4 W \times X_{it} + \alpha_1 Er_{it} + \alpha_2 Gtech_{it} + \alpha_3 Gtech_{it} \times Er_{it} + \alpha_4 X_{it} + v_t + v_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式（1）和（2）中， Geg_{it} 表示*i*城市*t*年的绿色经济增长水平； Er_{it} 表示*i*城市*t*年的环境规制强度； X_{it} 表示控制变量； u_i 为个体固定效应； v_t 为年份固定效应； ε_{it} 为干扰项； ρ 为空间自回归系数；本文的空间权重矩阵 W 采用地理距离权重矩阵、经济距离权重矩阵以及经济地理嵌套权重矩阵。

（二）变量选取

1. 被解释变量

绿色经济增长（Geg）。当前对于绿色经济增长的测度主要分为三类：全要素生产率^[15-16]，综合指标体系方法^[17]，单位 GDP 污染物产出方法^[18-19]。全要素指标的综合指标选取与权重具有较大主观随意性，会导致测度结果的偏误，因而本文参考周杰琦和徐国祥（2020）以及苏丹妮和盛斌（2021）的方法^[20-21]，建立以下指标来反映绿色经济增长。测度思路如下：

第一，选取城市实际 GDP（ GDP_{it} ）、能源消耗¹（ E_{it} ）、工业烟（粉）尘排放量（ D_{it} ）、工业二氧化硫排放量（ S_{it} ）、工业废水排放量（ W_{it} ）五个指标作为绿色经济增长的测度基础指标。由于这五个指标具有不同的量纲，参考李玲玉和郭亚军（2016）^[22]，对指标进行归一化处理消除量纲的影响：

$$rx_{ijt} = \frac{x_{ijt} - \min\{x_{ijt}\}}{\max\{x_{ijt}\} - \min\{x_{ijt}\}} \quad (3)$$

其中， x_{ijt} 表示第*t*期*i*城市*j*指标； $\max\{x_{ijt}\}$ 和 $\min\{x_{ijt}\}$ 分别为*j*指标样本数据城市中最大值和最小值， rx_{ijt} 表示城市五个指标标准化后的结果。

第二，计算*j*城市*i*指标的调整系数：

$$\omega_{ijt} = \frac{rx_{ijt}}{rx_{jlt}} \quad (4)$$

其中， $\overline{rx_{jlt}}$ 表示样本数据城市指标*j*的平均水平。

第三，结合式（3）和（4），并借鉴林伯强和谭睿鹏（2019）的处理方法^[23]，对城市实际 GDP（ GDP_{it} ）等五个指标分别赋权重为1/3、1/3、1/9、1/9、1/9，综合加权后得到绿色经济增长指标：

$$Geg_{it} = \frac{1}{3} GDP_{it} \times \omega_{1it} + \frac{1}{3} E_{it} \times \omega_{2it} + \frac{1}{9} D_{it} \times \omega_{3it} + \frac{1}{9} S_{it} \times \omega_{4it} + \frac{1}{9} W_{it} \times \omega_{5it} \quad (5)$$

其中， Geg_{it} 值越大，说明绿色经济增长水平越高。

2. 解释变量

地区环境规制强度（Er）。本文参考张建鹏和陈诗一（2021）

1 能源消耗指标选用全社会用电量消费衡量，这是因为中国经济发展的基础能源是燃煤，然而燃煤广泛应用于发电领域，因此用电量消费与能源消耗呈现高度相关状态。

的研究思路^[24]，采用各地级市政府工作报告中“环境保护”相关词汇的词频与各地级市工业总产值占 GDP 比重的交互项作为测度该地级市的环境规制强度。原因在于，一方面，各地级市政府的工作报告中词频的出现在一定程度上反映了政府当年对环境治理力度的情况；另一方面，工业占比越高的城市，政府对环境的治理力度也不尽相同。

3. 调节变量

绿色技术创新（Gtech）能反应对绿色技术的重视程度及实际技术水平的变化，因此本文用其衡量各地的绿色技术创新水平。此外，为了消除量纲的影响，在实证中取自然对数。

4. 控制变量

本文综合周杰琦和韩兆洲（2020）^[25]、马勇和张航（2017）^[26]的相关研究成果，选取以下控制变量：（1）资源丰度（Nre）。因城市统计年鉴并无此类相关数据，所以本文选取采掘从业人数与城市年末从业人数总数之比作为替代测度变量。（2）市场化程度（Mar）。以私有部门职工数占当地从业人员总数的比重表示；（3）外资占比（Fdi），以实际利用外资与国内生产总值的比值表征；（4）传统金融发展（Tfd）。以地区年末金融贷款余额比国内生产总值衡量。（5）地区发达程度（Lnrgdp）。选用人均国内生产总值衡量，并作对数化处理。

（三）数据来源

本文以广东省21个地级市作研究对象，选取源于2003年至2019年间广东省统计年鉴和各地市统计年鉴的面板数据开展研究。针对各地级市统计年鉴中涉及价格水平的变量，本研究统一采用以2005年为基期的价格指数进行平减处理（鉴于城市层面价格指数数据缺失，本文以各城市所属省份的相应价格指数作为替代指标）。为了减少离群值对回归结论产生偏差，对文中所有变量进行1%的双侧缩尾处理。绿色专利授权量来源于国家知识产权局官网。选取的数据情况见表1。

表1 统计性描述

Variable	N	Mean	SD	Min	Max
Geg	357	0.606	1.052	0	4.103
Er	357	0.479	0.209	0.079	1.340
Nre	357	0.005	0.008	0	0.048
Mar	357	1.218	0.794	0.297	4.552
Fdi	357	0.090	0.175	0	1.061
Tfd	357	5.134	12.26	0.005	103.3
Lnrgdp	357	10.43	0.843	8.321	13.06
Gtech	357	4.646	2.093	0.693	10.18

四、空间溢出效应计量分析

（一）空间基本回归结果

本文采用时空双固定的空间杜宾模型。表2显示三种空间权重矩阵下的空间自相关系数 ρ 在1%的水平上显著大于0，表示广东省各市间的绿色经济增长有明显的空间集聚特征，即广东省各地

级市绿色经济增长的值若比周围、经济水平较近的地级市高,则周围、经济水平较近的地级市也可能较高,各市间的绿色经济增长有正相关性。

环境规制的回归系数在经济距离矩阵、地理距离矩阵、经济地理嵌套矩阵中分别通过5%、1%、1%的显著性水平检验,说明环境规制对广东省绿色经济增长有直接促进作用,假设1在考虑空间因素后得以进一步验证;环境规制的空间回归系数在经济距离矩阵、地理距离矩阵、经济地理嵌套矩阵中分别通过10%、10%、5%的显著性水平检验,说明广东省环境规制对绿色经济增长具有正向溢出效应,假设3成立。控制变量中,除了市场化程度在三种矩阵下均不显著外,其他四个控制变量均存在不同程度的影响。

表2 不同权重矩阵时空效应的SDM模型的回归结果

变量	空间权重矩阵		
	经济距离矩阵	地理距离矩阵	经济地理嵌套矩阵
Er	0.117**	0.131***	0.141***
	(2.29)	(2.58)	(2.87)
Nre	6.102**	3.966	4.968*
	(2.22)	(1.35)	(1.82)
Mar	0.051***	0.034**	0.036**
	(3.52)	(2.15)	(2.43)
Fdi	0.160**	0.222***	0.246***
	(1.97)	(2.86)	(3.16)
Tfd	-0.005***	-0.006***	-0.007***
	(-4.25)	(-5.37)	(-5.62)
Lnrgdp	0.210***	0.127***	0.113***
	(4.15)	(2.85)	(2.61)
W*Er	0.154*	0.608*	0.687**
	(1.79)	(1.83)	(1.96)
W*Nre	-0.170	-44.002	-69.259
	(-0.03)	(-1.57)	(-1.43)
W*Mar	0.013	-0.052	-0.111
	(0.44)	(-0.50)	(-1.10)
W*Fdi	0.151	1.331***	0.962**
	(0.99)	(2.70)	(2.31)
W*Tfd	-0.007***	-0.039***	-0.026***
	(-2.96)	(-5.17)	(-4.21)
W*Lnrgdp	-0.226**	-0.234	-0.260
	(-2.55)	(-1.01)	(-1.11)
ρ	0.310***	1.299***	0.867***
	(3.97)	(5.39)	(4.41)
个体固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
N	357	357	357
R ²	0.051	0.039	0.028

注:(1)括号内为t值。(2)***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著水平。

(二)空间效应分解

上文结果显示,在三种空间权重矩阵下,环境规制和绿色经济增长的空间自回归系数均显著为正,表明环境规制和绿色经济增长的正向溢出效应在广东省各城市间表现明显。进一步将空间计量模型中上述回归结果进行效应分解,结果见表3。

从表3可以看出,在三种空间权重矩阵下,环境规制作用于城市绿色经济增长的直接效应、空间溢出效应以及总效应均至少在5%的显著性水平下显著为正。具体来看,环境规制水平每提高一个单位,将使本地区绿色经济增长0.109%~0.121%,使邻近地区绿色经济增长提升0.098%~0.326%。由空间效应分解的量化系数来看,环境规制对地区绿色经济增长的直接效应占总效应的27.07%~52.66%,而对地区绿色经济增长的空间溢出效应占总效应的47.93%以上。

表3 时空固定效应的SDM模型的回归结果分解

空间权重矩阵	变量	直接效应	间接效应	总效应
经济距离矩阵	Er	0.109**	0.098*	0.207**
		(2.07)	(1.74)	(2.20)
	Nre	6.154**	-1.688	4.466
		(2.28)	(-0.34)	(0.86)
	Mar	0.053***	-0.001	0.051**
		(3.77)	(-0.06)	(1.96)
	Fdi	0.150*	0.087	0.237*
		(1.82)	(0.67)	(1.83)
	Tfd	-0.005***	-0.004**	-0.009***
		(-4.03)	(-2.32)	(-4.24)
	Lnrgdp	0.237***	-0.247***	-0.011
		(4.36)	(-3.06)	(-0.17)
地理距离矩阵	Er	0.109**	0.215**	0.324*
		(2.14)	(2.55)	(1.94)
	Nre	6.595**	-24.407*	-17.812
		(2.52)	(-1.94)	(-1.41)
	Mar	0.040***	-0.045	-0.004
		(2.85)	(-1.00)	(-0.09)
	Fdi	0.161**	0.517**	0.678***
		(1.97)	(2.16)	(3.03)
	Tfd	-0.005***	-0.015***	-0.020***
		(-4.08)	(-4.06)	(-5.31)
	Lnrgdp	0.151***	-0.196	-0.045
		(2.92)	(-1.55)	(-0.45)
经济地理嵌套矩阵	Er	0.121**	0.326*	0.447**
		(2.53)	(1.69)	(2.06)
	Nre	7.683***	-42.841	-35.158
		(3.03)	(-1.60)	(-1.34)
	Mar	0.042***	-0.079	-0.037
		(3.20)	(-1.49)	(-0.64)
	Fdi	0.216***	0.434*	0.650***
		(2.84)	(1.83)	(2.69)

空间权重矩阵	变量	直接效应	间接效应	总效应
经济地理嵌套矩阵	Tfd	-0.006***	-0.012***	-0.018***
		(-5.56)	(-3.18)	(-4.48)
	Lnrgdp	0.128***	-0.204	-0.077
		(2.79)	(-1.42)	(-0.60)

注：（1）括号内为 *t* 值。（2）***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著水平。

（三）调节效应分析

引入环境规制与绿色技术创新的交互项探究环境规制对绿色经济增长影响的调节效应，实证结果见表4。三种空间矩阵下的回归系数分别为0.096、0.101、0.130，且至少在10%水平显著为正；交互项的系数均为正，且通过1%水平的显著性检验，说明环境规制影响绿色经济的过程有绿色技术创新发挥正向的调节作用，即绿色经济增长能够改善各地级市的绿色技术创新能力，进而实现绿色经济增长，假设2得以验证。

表4 调节效应回归结果

变量	空间权重矩阵		
	经济距离矩阵	地理距离矩阵	经济地理嵌套矩阵
Er	0.096*	0.101**	0.130***
	(1.93)	(2.10)	(2.67)
Gtech	0.012**	0.018**	0.030*
	(1.96)	(2.42)	(1.69)
Er*Gtech	0.000***	0.000***	0.000***
	(4.66)	(3.36)	(3.23)
W*Er	0.126	0.227	0.715**
	(1.33)	(1.47)	(2.08)
W*Gtech	0.005	0.077	0.310*
	(0.14)	(1.18)	(1.71)
W*Er*Gtech	0.001***	0.001***	0.002***
	(3.75)	(4.50)	(3.95)
ρ	0.221***	0.377***	0.689***
	(2.83)	(3.15)	(3.37)
控制变量	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
<i>N</i>	357	357	357
<i>R</i> ²	0.305	0.292	0.305

注：（1）括号内为 *t* 值。（2）***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著水平。

（四）异质性分析

考虑到不同地区由于经济发展、要素禀赋等方面存在差异，这可能会导致环境规制对城市绿色经济增长的促进作用也会存在区域异质性。为了验证区域异质性的影响，本文基于广东三大功能区的划分将城市样本分为珠三角地区、北部生态地区以及沿海经济带，采用强度最高的经济地理嵌套矩阵进行空间回归分析。结果见表5第（1）至（3）列，可以看出：珠三角地区回归结果依

然在1%水平下显著且促进效应明显，系数为0.197；沿海经济带的环境规制回归系数为正值且在5%水平下显著，系数为0.164；北部生态区的回归结果在10%水平上显著，系数为0.077。三个地区的影响程度由大到小排序依次为：珠三角>沿海经济带>北部生态区，其原因可能是因为可能的原因在于：一方面，珠三角地区由于聚集了以高新技术产业为主的企业，经济发展水平较高。因此珠三角内的企业在面临排污费征收等环境规制政策时，倾向于充分考虑长期利润，进行绿色技术创新以减少污染排放，从而推动地区整体绿色经济发展；另一方面，与珠三角地区相比，广东省沿海两翼经济带和粤北生态保护区原有环境规制力度已较大，加之企业技术水平较低，难以进行高效率的绿色技术创新，环境规制对地区绿色经济效率的促进效应较弱。

表5 按功能区划分的异质性回归结果

	未加入绿色技术创新调节变量			加入绿色技术创新调节变量		
	珠三角	沿海经济带	北部生态区	珠三角	沿海经济带	北部生态区
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Er	0.197***	0.164**	0.077*	0.008***	0.003***	0.029**
	(2.72)	(2.07)	(1.86)	(4.56)	(2.21)	(2.87)
Gtech				0.064***	0.014	0.050***
				(7.47)	(1.01)	(2.59)
Er*Gtech				0.034***	0.014*	0.031**
				(5.18)	(1.82)	(2.20)
W*Er	0.418***	0.725***	0.860***	0.047	0.008	0.033
	(3.92)	(4.13)	(5.81)	(0.77)	(0.08)	(0.65)
W*Gtech				0.001	0.004	0.002
				(0.34)	(1.37)	(0.15)
W*Er*Gtech				0.064***	0.011***	0.001*
				(7.47)	(3.30)	(2.04)
ρ	0.880***	0.868***	0.872***	0.198**	0.245***	0.174***
	(4.51)	(4.43)	(4.44)	(3.92)	(2.40)	(4.00)
控制变量	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	119	85	153	153	119	85
<i>R</i> ²	0.979	0.969	0.961	0.951	0.988	0.976

注：（1）括号内为 *t* 值。（2）***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著水平。

五、结论与建议

（一）主要结论

本文结合三种不同空间矩阵，使用动态空间杜宾模型实证分析了广东省各城市环境规制力度对绿色经济增长的溢出效应作用机制，以及绿色经济增长水平的异质性，得出如下结论：

1.不同权重矩阵下,广东省各地环境规制对本地的绿色经济增长有明显的促进作用,且存在一定程度的空间溢出效应,本市的环境规制的增强可以带动相邻城市的绿色经济增长。

2.环境规制对绿色经济增长的影响呈现出“环境规制驱动绿色技术创新,进而促进绿色经济增长”的链式作用机制。无调节机制作用下三类地区环境规制对绿色经济增长均有显著影响,也具有显著的空间溢出效应;调节机制作用下三类地区环境规制对周边区域的绿色经济增长有促进作用,存在空间溢出效应。加入调节变量前后对三类地区影响程度由大到小依次为:珠三角>沿海两翼经济带>粤北生态保护区。

(二) 建议

1.重视经济集聚核心区域的纽带作用和绿色创新投入。如广东应以珠三角地区绿色经济增长为纽带,加强企业间与部门间的绿色技术创新协同合作,充分发挥绿色技术创新的正向调节作用,加大绿色创新补贴力度,引导资金向绿色产业集聚,促进绿色经济发展向周边区域辐射,形成良性带动效应。

2.坚持走能源清洁高效之路,推进环保科学技术的开发和应用。抓住影响绿色经济增长的关键因素促进绿色发展,重视资源丰富程度、外商直接投资、传统金融发展、经济发展水平四个影响因素对促进绿色经济增长的影响。

参考文献

- [1] Boulding K E .The economics of the coming spaceship earth. environmental quality in a growing economy [J]. 1966.
- [2] 戴利 (Daly, H.E.) 著. 诸大建, 胡圣等译.《超越增长:可持续发展的经济学》[M]. 上海:上海译文出版社, 2001:47-53.
- [3] 大卫·皮尔森著. 初兆丰, 张绪军译.《绿色经济的蓝图》[M]. 北京师范大学出版社, 1997.
- [4] 钟蓝.《2002年中国人类展报告》助推我们选择绿色发展之路 [N]. 中国信息报, 2002-07-03.
- [5] 谷树忠, 谢美娥, 张新华. 绿色转型发展 [M]. 杭州:浙江大学出版社, 2016:06.
- [6] 黄寰, 刘登娟, 罗子欣. 西藏自治区绿色发展水平测度与对策思考 [J]. 西南民族大学学报 (人文社科版), 2019, 40(03):126-129.
- [7] 陈思航, 雷礼, 周中林. 环境规制、绿色技术进步与绿色经济发展——基于长江经济带11省市面板数据的实证研究 [J]. 科技进步与对策, 2022, 39(10):52-60.
- [8] 张治栋, 陈竞. 环境规制、产业集聚与绿色经济发展 [J]. 统计与决策, 2020, 36(15):114-118.
- [9] 张英浩, 陈江龙, 程钰. 环境规制对中国区域绿色经济效率的影响机理研究——基于超效率模型和空间面板计量模型实证分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(11):2407-2418.
- [10] 马珩, 金尧娇. 环境规制、工业集聚与长江经济带工业绿色发展:基于调节效应和门槛效应的分析 [J]. 科技管理研究, 2022, 42(06):201-210.
- [11] 李毅, 胡宗义, 何冰洋. 环境规制影响绿色经济发展的机制与效应分析 [J]. 中国软科学, 2020(09):26-38.
- [12] 高翠云, 王倩. 绿色经济发展与政府环保行为的互动效应 [J]. 资源科学, 2020, 42(04):776-789.
- [13] 车磊, 白永平, 周亮等. 中国绿色发展效率的空间特征及溢出分析 [J]. 地理科学, 2018, 38(11):1788-1798.DOI:10.13249/j.cnki.sgs.2018.11.006.
- [14] 郭炳南, 王宇, 张浩. 数字经济发展改善了城市空气质量吗——基于国家级大数据综合试验区的准自然实验 [J]. 广东财经大学学报, 2022, 37(01):58-74.
- [15] 李金培, 徐丽群, 唐方成, 张珩. 公共交通服务效能如何影响城市绿色经济增长? [J]. 经济与管理研究, 2022, 43(06):90-105.
- [16] 曹雅茹, 王群伟, 周德群. 气候变化如何影响城市经济绿色增长:作用机制与南北差异 [J]. 系统工程理论与实践, 2022, 10(15):1-27.
- [17] 吴武林, 周小亮. 中国包容性绿色增长绩效评价体系的构建及应用 [J]. 中国管理科学, 2019, 27(09):183-194.
- [18] 刘锡良, 文书洋. 中国的金融机构应当承担环境责任吗?——基本事实、理论模型与实证检验 [J]. 经济研究, 2019, 54(03):38-54.
- [19] 谢东江, 胡士华. 金融杠杆与城市绿色经济增长——基于中国285个地级市及以上城市 [J]. 经济问题探索, 2021(11):150-163.
- [20] 周杰琦, 徐国祥. 全球化对绿色经济增长是“诅咒”还是“福音”?——基于要素市场扭曲视角的分析 [J]. 财贸研究, 2020, 31(08):14-27.
- [21] 苏丹妮, 盛斌. 产业集聚、集聚外部性与企业减排——来自中国的微观新证据 [J]. 经济学 (季刊), 2021, 21(05):1793-1816.
- [22] 李玲玉, 郭亚军, 易平涛. 无量纲化方法的选取原则 [J]. 系统管理学报, 2016, 25(06):1040-1045.
- [23] 林伯强, 谭睿鹏. 中国经济集聚与绿色经济增长 [J]. 经济研究, 2019, 54(02):119-132.
- [24] 张建鹏, 陈诗一. 金融发展、环境规制与经济绿色转型 [J]. 财经研究, 2021, 47(11):78-93.
- [25] 周杰琦, 韩兆洲. 环境规制、要素市场改革红利与绿色竞争力:理论与中国经验 [J]. 当代财经, 2020, (09):3-15.
- [26] 马勇, 张航. 金融因素如何影响全要素生产率? [J]. 金融评论, 2017, 9(05):1-17.

基于对应分析与层次聚类的网购消费者行为研究

蔡钰麟^{1*}, 张佳慧¹, 余梓润², 张境洋³

1. 韩山师范学院 数学与统计学院, 广东 潮州 521041

2. 中共饶平县委党校, 广东 潮州 515700

3. 澳门科技大学 商学院, 中国澳门 氹仔 999078

摘要： 本文结合对应分析与层次聚类方法，基于抖音商城平台的大规模订单数据，深入分析了电商交易数据中多维变量之间的对应关系及其结构特征，揭露了网购消费者在支付方式、购物时间段与地域分布等维度下的行为模式差异。研究结果为平台在支付系统优化、区域运营决策及精准营销实施提供了理论依据与数据支持。

关键词： 消费者行为；对应分析；层次聚类；电子商务

Research on Consumer Behavior in Online Shopping Using Correspondence Analysis and Hierarchical Clustering

Cai Yulin^{1*}, Zhang Jiahui¹, She Zirun², Zhang Jingyang³

1. Department of Mathematics, Hanshan Normal University, Chaozhou, Guangdong 521041

2. Party School of the CPC Raoping County Committee, Chaozhou, Guangdong 515700

3. School of Business, Macau University of Science and Technology, Taipa, Macau, China 999078

Abstract： This study combines correspondence analysis and hierarchical clustering methods to conduct an in-depth analysis of the relationships and structural characteristics among multidimensional variables in e-commerce transaction data, using large-scale order data from the Douyin Mall platform. The findings reveal the behavioral pattern differences of online consumers across dimensions such as payment methods, shopping time periods, and geographical distribution. The results provide theoretical foundation and data support for platform optimization in payment systems, regional operational decisions, and the implementation of targeted marketing strategies.

Keywords： consumer behavior; correspondence analysis; hierarchical clustering; e-commerce

引言

随着我国电子商务的高速发展，消费者的在线购物行为愈发呈现出多元化与复杂化特征。以抖音、腾讯视频号为代表的短视频平台推动了“内容电商”模式的兴起，显著改变了用户的购物路径、消费时间与支付习惯。在此背景下，系统探析网购消费者的行为模式，对于优化平台运营机制、提升用户体验以及制定差异化营销策略，具有重要的理论价值与实践意义^[1]。

现阶段，已有学者围绕传统电商模式下的消费者行为与营销策略展开了较为系统的研究。崔玉宾^[2]结合问卷调查与定性定量分析方法，以淘宝与拼多多分别代表传统电商与社交电商，构建了电商情境下消费者行为的基础分析框架；张亮^[3]探讨了用户画像算法在饲料电商精准营销中的应用，提出了相应策略模型，为传统农业企业提供了数据赋能；Liu等人^[4]聚焦移动支付对消费者决策路径的影响，拓展了支付方式与消费行为之间关系的研究维度。在统计方法应用方面，凌峰和戚湧^[5]分别基于对应分析与聚类方法，分析了区域资源配置与人口行为模式；景帅等人^[6]利用对应分析对不同成因的白云岩进行结构划分，并通过点聚图进行可视化呈现；吴翔华和李旺男^[7]亦运用对应分析方法深入探讨了南京江北新区人才安居方式及其影响因素；贺畅和李可^[8]则将对应分析引入新能源汽车消费者功能偏好研究，验证了该方法在复杂消费行为识别中的适用性。

尽管当前学术界在电商消费者行为研究的理论体系与方法应用方面已取得一定进展，但针对电商订单数据中多维分类变量之间的交互关系仍缺乏系统性的量化分析框架，尤其是在“内容电商”快速发展的背景下，消费者在支付行为、时间选择及地域特征等方面所体现出的复杂模式尚未被充分揭示。为弥补这一研究空白，本文借鉴 Van de Velden 等人^[9]提出的“分类数据降维与聚类分析相结合”的方法路径，融合对应分析（Correspondence Analysis, CA）与层次聚类法中的离差平方和法（Ward 法），以抖音商城平台的大规模真实订单数据为基础，围绕支付方式、购物时间段与地域分布三个核心维度开展深入建模与实证分析。研究结果不仅揭示了消费者行为的多维特征，还为电商平台在支付系统优化、区域差异化运营及用户分群策略的制定提供了有力的理论支持和数据依据。

作者简介：

蔡钰麟（1997-），男，广东潮州人，硕士，韩山师范学院数学与统计学院教师，研究方向：数据挖掘，E-mail: caiy197@163.com；

张佳慧（2004-），女，广东梅州人，本科，韩山师范学院数学与统计学院在读本科生，研究方向：统计学；

余梓润（1991-），男，广东潮州人，硕士，中共饶平县委党校教员，研究方向：经济学；

张境洋（2004-），男，广东潮州人，本科，澳门科技大学商学院在读本科生，研究方向：商业分析。

一、数据来源及其预处理

（一）数据来源

本研究所使用的数据来源于广东省潮州市某大型日用陶瓷生产企业，由企业通过“抖音商城”商家端导出，经脱敏处理后用于分析。数据内容涵盖订单编号、地区、支付方式、支付时间、商品数量、订单金额、运费及优惠金额等多个字段，共计161326条有效记录。该数据集规模庞大、覆盖范围广泛，具备较强的统计代表性，能够精准反映消费者的实际行为特征，同时有助于降低个体差异和随机因素对分析结果的干扰，从而提升研究结论的稳健性与解释力。

（二）数据预处理

本文基于原始订单数据，选取“地区”“支付方式”及“支付时间”作为核心特征变量。针对连续型变量“支付时间”，采用离散化处理方法^[10]，将其转化为分类变量“购物时间段”，并划分为凌晨（0:00-6:00）、早上（6:00-12:00）、下午（12:00-18:00）和晚上（18:00-24:00）四个时间区间，以便刻画不同时间段下消费者的行为特征。同时，对“地区”、“支付方式”和“购物时间段”三个分类变量进行独热编码（One-Hot Encoding）^[11]，将其转换为二值变量，提升后续建模与分析的可操作性。随后，根据研究目的和数据特点，对处理后的数据进行分组聚合，生成二维列联表，为开展对应分析提供结构化的数据基础。例如，以“支付方式”作为列变量、“购物时间段”作为行变量，即可构建列联表（见表1），该列联表可呈现不同购物时间段下消费者支付方式的分布差异。

表1 支付方式和支付时间的列联表

	微信支付	抖音支付	抖音月付	支付宝	合计
凌晨	3646	4972	4498	6229	19345
上午	5277	5511	4474	7913	23175
下午	7690	7864	6499	11643	33696
晚上	16260	21011	20270	27569	85110
合计	32873	39358	35741	53354	161326

二、研究方法

（一）对应分析方法

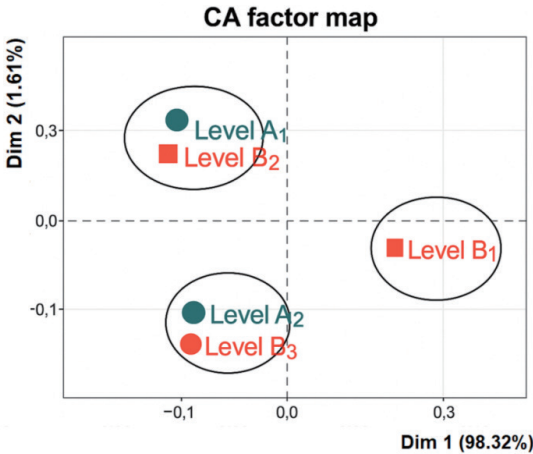
对应分析（Correspondence Analysis, CA）^[12]是一种用于处理分类变量之间关联关系的多元统计方法，常用于可视化列联表中行列变量之间的对应模式。其基本思想是将变量各水平映射至低维空间中，以坐标点的形式展示其相互关系。其具体操作流程如下：

1. 构建列联表：基于分类变量（如支付方式与地区）生成频数矩阵。
2. 标准化处理：将频数矩阵转换为比例形式，并计算行和列的边际分布。
3. 计算残差矩阵：在边际分布的基础上，提取变量之间的“偏离”信息，反映各类别间的差异。

4. 奇异值分解（SVD）：对标准化残差矩阵进行分解。

5. 坐标计算与绘图：将每个变量水平投影至二维坐标系中，距离越近表示关联性越强。

假设存在两组分类变量A（绿色，具有2个水平）与变量B（橙色，具有3个水平），进行对应分析并可视化，可以得到结果如下图1所示。

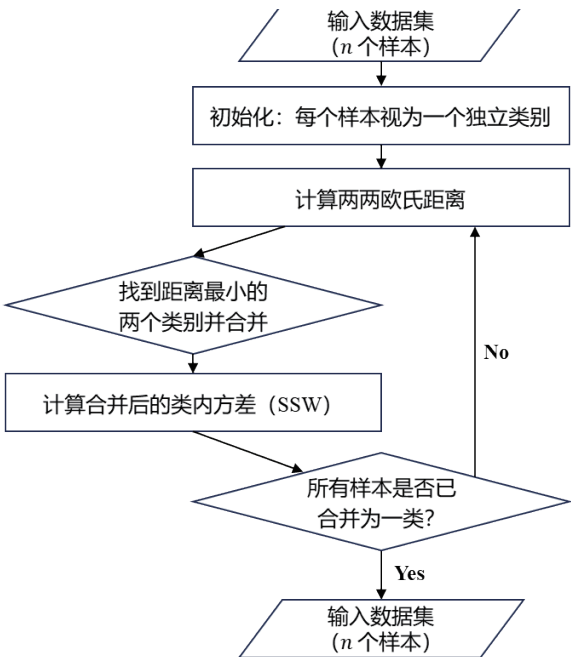


> 图1 对应分析结果示例

由图可知，变量A的第一个水平（Level A₁）与变量B的第二个水平（Level B₂）在二维空间中相互靠近，说明二者存在显著的关联关系。参考上述流程，使用对应分析将分类变量（地区、支付方式与购物时间段）的各水平映射至低维空间，以点的形式可视化呈现其对应关系和关联强度。

（二）层次聚类法

本研究基于对应分析所得的二维得分坐标，采用层次聚类法中的离差平方和法（Ward法）对各变量水平进行聚类分析^[13]。该方法以最小化类内方差为准则，在每一步合并两个聚类时，选择使类内方差增加最小的组合，从而保证类内样本的相似性，进而获得更为合理的聚类结构^[14]。具体实施流程如图2所示。



> 图2 离差平方和聚类法的流程图

三、实验结果与分析

（一）变量独立性检验

在开展对应分析之前，需要通过卡方 χ^2 检验确认变量间是否存在统计关联^[15]。若检验结果表明变量之间存在显著的非独立性，则说明它们之间具有潜在的相关关系，适宜进一步使用对应分析探讨其各水平之间的具体对应模式。本研究对“支付方式”“购物时间段”与“地区”三组分类变量两两组合进行独立性检验，结果如表 2 所示。

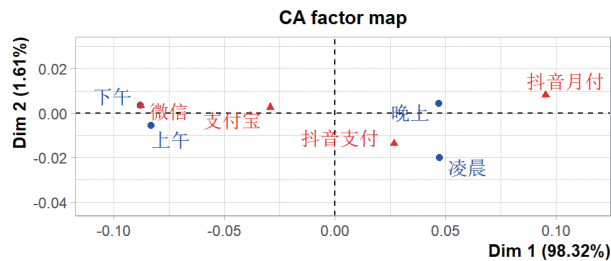
表 2 各组变量卡方检验结果

变量组合	χ^2 值	df	P 值	是否独立
支付方式、购物时间段	662.65	9	2.2e-16	否
购物时间段、地区	999.53	84	2.2e-16	否
支付方式、地区	1744.70	84	2.2e-16	否

由表可知，三组变量组合的 P 值均远小于显著性水平 0.05。因此，拒绝原假设，认为变量间均存在显著关联，有必要进一步通过对应分析方法揭示其具体的对应关系与结构特征。

（二）支付方式与购物时间段的对应关系

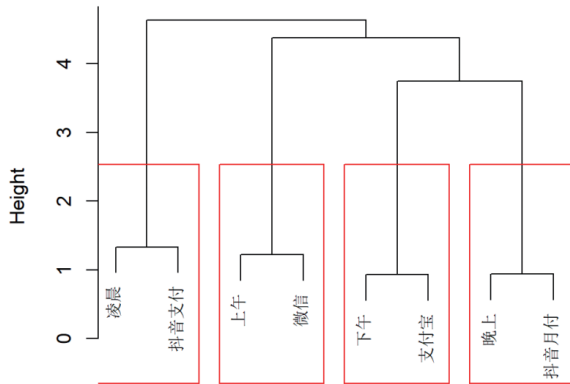
选取“支付方式”与“购物时间段”作为分析变量，构建二维列联表并进行对应分析，其结果如下图 3 所示。



> 图 3 支付方式与购物时间段的对应分析图

由上图可知，支付方式与购物时间段之间存在显著的关联性。第一主维度（Dim1）方差解释率高达 98.32%，表明该维度主要反映了支付方式与购物时间段之间的整体变异趋势。而第二维度（Dim2）方差解释率仅为 1.61%，说明其主要捕捉了支付方式在不同时段上的局部差异。

为了更直观地揭示支付方式与购物时间段的关系，采用 Ward 聚类法将上述二维平面图中的点进行聚类分析，并将其划分为四个主要类群。（见图 4）。



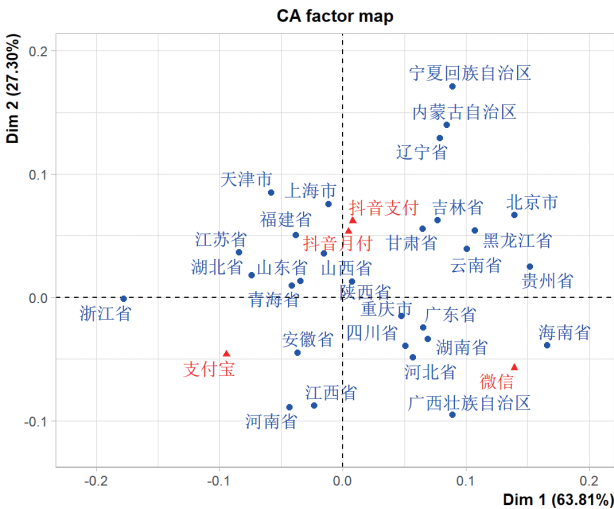
> 图 4 支付方式与购物时间段的聚类图

初步分析可以得到：

1. 抖音支付与凌晨购物归为同一类，表明选择该种支付方式的用户更倾向于在深夜进行消费。这可能与短视频平台的即时性、娱乐属性及其引发的冲动消费特征密切相关。
2. 微信支付与上午购物聚类在同一类别，反映出微信支付用户的消费高峰主要集中在日间，可能受工作日通勤、生活服务及商务支出等因素的影响。
3. 支付宝用户主要在下午时段活跃，与该支付方式在理财、分期付款及综合金融服务方面的特性相关，其用户可能具有更为理性的消费决策行为。
4. 抖音月付则与晚上购物群体高度契合，表明该信用支付工具更受夜间消费人群青睐，可能与消费者的超前消费习惯以及短视频电商平台的购物氛围相辅相成。

（三）支付方式与地区的对应分析

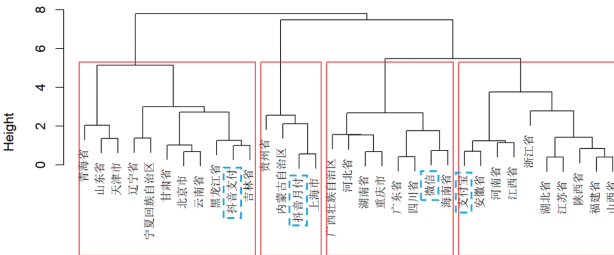
选取“支付方式”和“地区”作为分析变量，构建二维列联表并进行对应分析，其结果如下图 5 所示。



> 图 5 支付方式与地区的对应分析图

对应分析结果表明，消费者所在地与支付方式之间存在显著关联，第一维度方差解释率为 63.81%，累计解释率达 91.11%。整体来看，不同地区的支付方式选择呈现区域化特征。

进一步地，对上图中的点使用 Ward 法进行聚类，将其划分为四个主要类群，得到聚类树状图如下图 6 所示。



> 图 6 支付方式与地区的聚类图

初步分析可以得到：

1. 抖音支付与黑龙江省、吉林省、云南省等地区聚为一类，表明该类群中多数为北方及西部地区，消费者更倾向于通过短视

频平台完成购物，尤其在娱乐化、社交化的使用场景中，抖音支付的接受度较高。

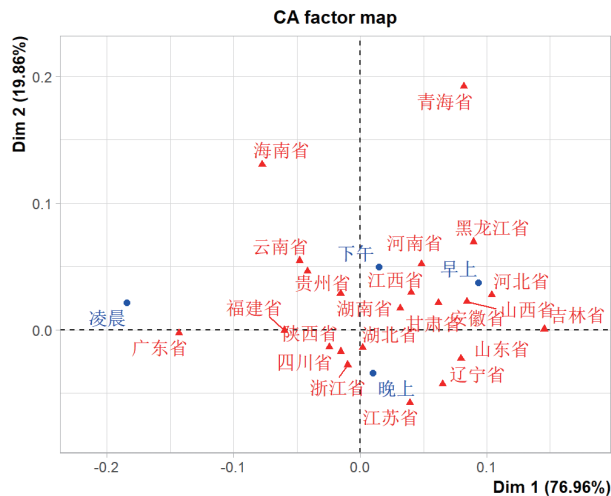
2. 抖音月付的使用群体主要集中在内蒙古自治区、上海市等地，用户更易受到短视频平台内容驱动的消费影响，偏好“先享后付”式的信用支付方式，该现象与平台的内容生态与分期推广策略密切相关。

3. 微信支付在广东省、海南省等地区的使用偏好明显，可能得益于其在社交支付、日常转账及本地生活场景中的高度融合，形成稳固的使用习惯。

4. 支付宝则在浙江省、江苏省、安徽省等东部沿海及中部省份占据主导地位，显示出其在上述地区具备较强的用户基础和金融服务渗透力，这与其早期推广策略和本地化运营优势密切相关。

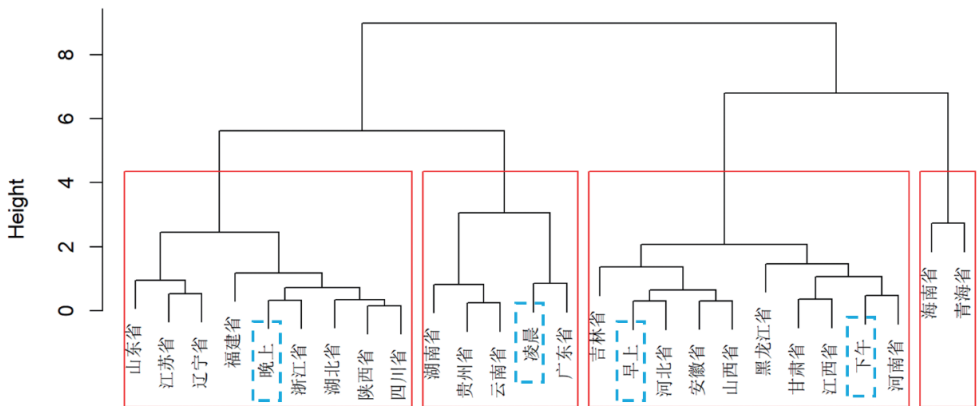
（四）地区与购物时间段的对应分析

选取“地区”和“购物时间段”作为分析变量，构建二维列联表并进行对应分析，其结果如下图 7 所示。



> 图 7 地区与购物时间段的对应分析图

由对应分析结果可知，消费者所在地与购物时间段之间存在显著关联性。第一主维度（Dim1）方差解释率为 76.96%，累计解释率达 96.82%，表明二维空间能较好地揭示两者关系。针对上图进行聚类，得到系统聚类图如下图 8 所示。



> 图 8 地区与购物时间段的聚类图

由聚类结果初步分析可以得到：

1. 江苏省、浙江省、湖北省、辽宁省等地区与“晚上”购物时间段聚合，说明这些地区的消费者更倾向于夜间购物，这与当地的夜间经济的活跃度以及年轻消费者群体的偏好有关。

2. 广东省、贵州省、云南省等地区形成一个独立类群，该类群中的消费者主要集中在“凌晨”消费，其购物时间分布也更加均衡，不易被归入单一时间段的聚类中。

3. “早上”和“下午”被归为同一类，表明这两个时间段在消费者行为模式上较为相似。在大多数地区，工作日的上午和下午都是消费者进行网购的主要时段，网购行为可能集中于工作间隙或休息时间，从而使其聚类结果趋同。

4. 海南省与青海省单独成类，这一现象可能是由于这两个省份的消费模式在数据中较为独特，有较强的地方特色且数据样本量相对较少，因此未能与其他地区或购物时间形成强关联。

四、结论和建议

本研究围绕电商交易数据，系统探讨了支付方式、购物时间段与地域特征三者之间的关联关系，揭示了网购消费者在多维属性下的消费行为差异。通过卡方独立性检验与对应分析方法，验证了变量间的显著相关性，前两个主维度的累计方差解释率均超过 90%，并以散点图形式对变量关系进行了可视化呈现，从而直观反映了各变量水平之间的对应结构。进一步，采用层次聚类法对高度相关的因素进行了聚类分析。研究结果显示，消费者在支付方式的选择上存在显著的时间偏好与地域差异，不同地区用户的购物时间分布亦表现出明显特征。基于上述发现，本文提出以下针对平台界面优化、区域精细化运营及用户精准营销的策略建议。

（一）支付工具与产品设计优化

针对不同地区用户的支付偏好，平台可在支付界面中优化支付方式次序的呈现逻辑。例如，在江苏、浙江等地优先显示支付宝，在广东、湖南则默认推荐微信支付。此举有助于简化用户的支付选择流程，提升支付便捷性与交易转化率。

（二）用户分群与精细化运营

依据地域维度构建用户分群模型，并联合支付平台推出区域

专属优惠方案，如“江浙支付宝红包专区”或“广东微信支付福利包”。同时，结合消费者在不同平台的使用偏好，开展定向广告投放与差异化营销策略。针对地区间的购物时间偏好差异，可在用户活跃高峰时段实施精准促销活动（如直播带货、限时折扣等），进一步提升用户参与度与购买转化率。

（三）系统资源调度与服务体验优化

平台应结合地域与时间特征，动态优化资源配置。例如，在夜间消费活跃地区（如江苏、浙江），可增强夜间物流配送能力，提升晚间购物履约效率；同时，根据各地不同时段的用户活跃度

动态调配服务器资源，从而提升平台的响应速度与系统稳定性，降低整体运维压力与技术成本。

（四）未来展望

本研究基于静态订单数据开展实证分析，未来可结合动态行为数据（如用户点击路径、停留时间等）进一步挖掘消费者支付偏好演变趋势。同时，引入人口统计学特征（如年龄、性别、收入等）进行多维用户画像建模，有助于实现更高粒度的市场细分与个性化营销策略优化。

参考文献

[1]陈红. 电子商务环境下消费者购买行为研究 [J]. 商场现代化, 2025, (02): 10-12.

[2]崔玉宾. 电子商务对消费者行为的影响分析——基于两种电商模式的比较 [J]. 商业经济研究, 2020, (10): 89-93.

[3]张亮. 基于用户画像算法的饲料电商精准营销策略研究 [J]. 中国饲料, 2024, (20): 100-103.

[4]Liu Y, Luo J, Zhang L. The effects of mobile payment on consumer behavior [J]. Journal of Consumer Behaviour, 2021, 20(3): 512-520.

[5]凌峰, 戚湧. 基于聚类与对应分析的江苏科技资源配置现状研究 [J]. 科技进步与对策, 2019, 36 (10): 41-48.

[6]景帅, 王起琮, 程浩, 等. R-Q 因子分析在塔里木盆地寒武系白云岩岩相分析中的应用 [J]. 桂林理工大学学报, 2020, 40 (04): 695-702.

[7]吴翔华, 李旺男. 基于对应分析的人才安居方式及影响因素研究——以南京江北新区为例 [J]. 现代城市研究, 2023, (09): 8-12.

[8]贺畅, 李可. 基于对应分析的新能源汽车智能化功能偏好研究 [J]. 汽车文摘, 2024, (12): 8-13.

[9]Van de Velden M, D'Enza A I, Palumbo F. Cluster correspondence analysis [J]. Psychometrika, 2017, 82(1): 158-185.

[10]Pivkin V Y, Pivkina I V. Processing of experimental data using discretization of their domains [J]. Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, 2010, 46: 507-509.

[11]Qiu J, Lin Z, Li Y. Predicting customer purchase behavior in the e-commerce context [J]. Electronic commerce research, 2015, 15: 427-452.

[12]Greenacre M J. Correspondence analysis [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 2010, 2(5): 613-619.

[13]Nielsen F, Nielsen F. Hierarchical clustering [J]. Introduction to HPC with MPI for Data Science, 2016: 195-211.

[14]Eszergár-Kiss D, Caesar B. Definition of user groups applying Ward's method [J]. Transportation Research Procedia, 2017, 22: 25-34.

[15]McHugh M L. The chi-square test of independence [J]. Biochemia medica, 2013, 23(2): 143-149.

广东省珠三角地区消费者对虚拟养老院的 认知与使用意愿调查

刘平¹, 谷卓桐², 谷佳桐^{2*}, 林丹琪³, 朱湘怡¹, 郑文烁¹, 全俊涛⁴

1. 广州理工学院 工商管理学院, 广东 广州 510540

2. 广州理工学院 经济管理学院; 广东特色金融与高质量发展研究中心, 广东 广州 510540

3. 广州理工学院 计算机科学与工程学院, 广东 广州 510540

4. 广州理工学院 人工智能学院, 广东 广州 510540

摘 要 : 虚拟养老院作为一种“人工智能+”新型居家养老模式前景广阔但市场接受度不高。结合网络文本挖掘和访谈调查, 了解珠三角地区3650名消费者对虚拟养老院的态度和消费感受, 使用多元回归模型和改良UTAUT模型探究虚拟养老院使用意愿影响因素。结果显示: 现有服务对象大多为消费水平较低的“三无老人”; 中青年有更高接受度; “数据鸿沟”成为使用意愿低的关键因素; 家政便民、医疗陪护、物业维修服务最受欢迎; 服务丰富度、个性化服务提供、他人推荐对虚拟养老院使用具有正向影响。由此, 提出坚持人本理念、注重服务包容性、构建合作性服务网络、消除技术障碍、强化情意交融服务过程等对策。

关 键 词 : 虚拟养老院; 认知调查; 使用意愿

A Survey on Consumers' Awareness and Usage Intention Toward Virtual Senior Care Platforms in the Pearl River Delta Region of Guangdong Province

Liu Ping¹, Gu Zhuotong², Gu Jiatong^{2*}, Lin Danqi³, Zhu Xiangyi¹, Zheng Wenshuo¹, Quan Juntao⁴

1. School of Business Administration, Guangzhou Institute of Science and Technology, Guangzhou, Guangdong 510540

2. Guangzhou Institute of Technology, School of Economics and Management; Guangdong Characteristic Finance and High-Quality Development Research Center, Guangzhou, Guangdong 510540

3. Guangzhou Institute of Technology, School of Computer Science and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510540

4. Guangzhou Institute of Technology, School of Artificial Intelligence, Guangzhou, Guangdong 510540

Abstract : The virtual nursing home, as an innovative "AI+" home-based elderly care model, boasts broad prospects yet faces low market acceptance. Our team, leveraging web text mining and interview surveys, explored the attitudes and consumption experiences of 3,650 consumers towards virtual nursing homes in the Pearl River Delta region. We employed multiple regression models and an enhanced Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) model to investigate factors influencing the willingness to use virtual nursing homes. The results indicate that current service users are mostly "three-no" elderly individuals (without income, living alone, and unable to self-care) with lower consumption levels; middle-aged and young people exhibit higher acceptance compared to the elderly; the "digital divide" emerges as a crucial factor in low willingness to use; housekeeping, medical attendance, and property maintenance services are the most popular; service richness, provision of personalized services, and recommendations from others positively influence the adoption of virtual nursing homes. Consequently, countermeasures such as adhering to a people-centered philosophy, emphasizing service inclusivity, building cooperative service networks, eliminating technological barriers, and strengthening emotionally engaging service processes are proposed.

Keywords : virtual nursing home; cognitive survey; willingness to use; influencing factors

项目/基金信息:

- 广州理工2025年国家级培育项目“中国民办高校数字经济新质人才融创教育体系构建研究(课题编号: 2025gjp001)”;
- 2024年广州理工质量工程项目“人工智能+数字经济专项人才培养计划(课题编号: 2024XZLGC13)”;
- 2024年广州理工教改项目“OBE理念下基于知识图谱的商科类课程数智化改革探索与实践(2024XJG011)”;
- 2024年度广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目“OBE理念下基于知识图谱的《数字经济概论》课程数智化改革探索与实践”;
- 2023年广州理工课程思政教改项目“文化自信视域下“讲好中国故事”的《统计学》课程思政设计与实践探索(课题编号: 2023KCJG15)”。

作者简介:

刘平(2004—), 女, 广东江门人, 广州理工学院本科在读, 研究方向: 数字经济与;
谷卓桐(1990—), 女, 吉林长春人, 广州理工学院经济管理学院专任教师, 博士, 中级, 研究方向: 数字经济;
谷佳桐(1990—), 女, 吉林长春人, 广州理工学院经济管理学院专任教师, 博士, 中级, 研究方向: 数字经济产业研究(谷佳桐系本文通讯作者);
林丹琪(2004—), 女, 广东汕头人, 广州理工学院本科在读, 研究方向: 计算机科学;
朱湘怡(2005—), 女, 广东惠州人, 广州理工学院本科在读, 研究方向: 数字创新;
郑文烁(2004—), 男, 广东汕头人, 广州理工学院本科在读, 研究方向: 市场调查;
全俊涛(2004—), 男, 广东东莞人, 广州理工学院本科在读, 研究方向: 人工智能。

引言

中国老年人口持续增长，2024年60岁及以上老年人达3.1亿，占全国人口22.0%^[1]。巨大的养老服务需求对传统的居家养老模式提出了严峻挑战。2023年1月9日，中共中央、国务院发布《关于深化养老服务改革发展的意见》要求推动养老模式创新。理想的智慧养老应具备实时在线、及时响应等个性化需求，能够实现除养老功能以外的医护、娱乐、温情等高阶服务，推动国家养老服务体系向智能化、个性化、多元化方向发展。

研究聚焦于当前虚拟养老院市场接受度不高的现实问题，通过珠三角地区的大范围消费者问卷调查，实证探讨虚拟养老使用意愿及其影响因素，为相关政策制定和虚拟养老院服务的优化提供参。

一、虚拟养老院定义

虚拟养老院是依托于政府建立的信息服务互联网平台^[2]，整合周边养老服务资源（如家政、送餐、医疗等），老人足不出户就能通过手机、电视或智能设备预约所需服务，让养老不在受制于地点、时间，减轻政府养老压力，提高老人晚年生活的质量。

它借鉴国际“智慧养老”理念创建的新型居家养老模式，是运用先进的技术融入传统居家养老，它不像传统养老院需要集中居住，而是用“线上调度+上门服务”的模式让老人留在自己家中养老，是“没有围墙的养老院”，它对于居家养老、社区养老、机构养老、智慧养老等传统养老模式具有创新意义。

二、虚拟养老院服务对象及方式

（一）服务对象

虚拟养老院服务对象分为三类^[3]：A类包括空巢老人、三无老人，政府部门将每月补贴180元的专项资金作为服务费用；B类指对社会做出贡献的老人，如科研工作者等人群，这类人群则享受每月50元的政府补贴；C类为有经济收入或生活条件较好人群，自行购买养老服务，在购买服务的同时，服务价格将会比市场价优惠20%左右，而这部分优惠，则由政府部门补贴给提供服务的企业。

（一）服务方式

虚拟养老院正式启动后，设立一个服务专线或线上统一平台。如果老人需要服务，只需拨打电话或线上下单，服务人员赶到现场。在此期间，虚拟养老院的指挥平台还会记录工作人员出发时间、到达时间和工作用时，并在服务完成后还要与老人通话，了解服务的满意度如何。

（一）服务内容

虚拟养老院主要提供服务是老年人的日常生活照料，服务项目包括护理、家政、就医、送餐、家政、保健、远程问诊、精神慰藉、娱乐学习、应急求助等^[4]。服务完毕，根据服务清单和价格按约定向老人收取费用。

三、虚拟养老院发展现状分析

（一）发展现状

虚拟养老院是2007年苏州市沧浪区最早开始建设，首家为居

家乐虚拟养老院^[5]。浙江、甘肃等省份，通过政府打造平台、加盟企业提供服务、老年人自助“点单”的虚拟养老院正成为越来越多老年人的选择^[4]。如下表1所示，各一线城市城市均开展了“虚拟养老院”探索，累计惠及约106万老年人。

表1 一线城市虚拟养老平台基本情况

城市	平台名称	运营方	服务特色	覆盖
北京	怡亲安安	北京市民政局	政府主导，整合三甲医院绿色通道	60万
上海	长者通	上海申养集团	方言语音控制+30分钟紧急响应	23万
广州	平安通	中国平安	智能手表跌倒监测+保险联动	15万
深圳	深业健康之家	深业集团	与社康中心数据互通，慢病管理	8万

数据来源：根据官网整理

多年来，虚拟养老院在多地推广，服务群体逐渐扩大、服务内容不断凸显多元、智能特征。上海“长者通”平台使用率从2021年的12%提升至2023年的35%，政府补贴占收入比重从80%降至45%^[6]。各新一线城市也纷纷利用特色技术开展创新模式探索（见表2），合作模式包括了政府购买与市场化运营协同，社区联动、企业转型等多种途径。

表2 新一线城市虚拟养老院模式及特点

城市	平台名称	特色技术	创新模式	服务订单量
苏州	居家乐 ^[7]	智能床垫生命体征监测	政府购买+市场化运营	日均3000单
成都	颐居通	川剧互动娱乐系统	文化养老+社区驿站联动	12万用户
南京	银城红日	AI营养师定制餐谱	物业公司转型（银城）	7万签约户
杭州	天猫智慧养老	天猫精灵语音下单	电商平台延伸服务	5万活跃用户

数据来源：根据互联网资讯整理

（二）存在问题

- 服务“叫好不叫座”：根据采访数据反馈，目前约60%子女知道有该服务，但实际使用率仅15%。
- 模式持续性困境：据统计开设一家最低规模的实体养老机构需要投入500万元资金^[8]，“虚拟养老院”依然大多数由政府主办或政府委托主办，承担着平台运作经费、入驻企业经营补贴等，加大地方政府财政压力也限制了服务能力提升。

3.盈利困难:70%企业依赖政府补贴,自身盈利能力弱,各地“虚拟养老院”注册的多,接受服务的少,多数以实体养老院提供居家服务的形式存在。

4.服务质量不稳定:且当前服务对象大多局限于“三无”“空巢”等消费能力低的老年人群体,并未有效扩展至全体居家老人。根据蓝皮书数据显示,超过五成老人因担心服务人员不可靠而拒绝下单,护工上门不及时、服务标准不统一问题也严重影响使用意愿^[8]。

四、虚拟养老院舆情分析

通过使用 Python 网络爬虫技术,在百度、知乎、小红书、微博四大平台爬取以“虚拟养老院”“没有围墙养老院”“互联网+养老院”等为关键词的2312条评论,利用 ROSTCM 工具对关键词进行分析,并绘制共线网络图谱,进一步完成情感极限分析,对“虚拟养老院”的网络舆情进行探究。

(一) 高频词汇抽取分析

如下图1“虚拟养老院”相关评论词云图反映了网民评价中的关注焦点,主要集中在服务质量、服务效率、信息化技术运用、政府补贴力度、服务专业化、服务的利用率、经济成本、老人对服务的购买能力、服务效率及智能化程度等方面。



> 图1“虚拟养老院”相关评论高频词云图

(二) 特征词分析提取

在汇总高频词的基础上,运用 ROST 人文社科研究大数据计算工具对所爬取的评论提取特征词、构建共现网络,如下图2显示虚拟养老院用户需求和功能相关评论的特征词共现网络图谱。

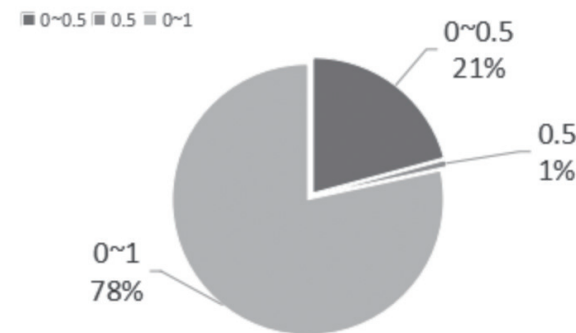


> 图2 虚拟养老院用户需求和功能相关评论的特征词共现网络图谱

进一步拆解高频词汇反映的用户需求与虚拟养老院服务的特征发现,对服务质量的需求是手机呼叫送餐方便、老人操作简单;对于服务效率的需求是上门及时,尤其是陪诊过程的满意度;对于信息化技术运用的需求是实现老人居家操作,同时服务的性价比及用户的购买力也是主要考虑的内容。

(三) 情感极性分析

使用 SnowNLP 内置情感词典对每条评论进行情感极性分析。将每条评论作为参数传入,调用 sentiments 属性获取情感分析结果。如果定义数值 > 0.5,则为正面情感,0~0.5表示负面情感,数值 = 0.5判断为中性情感,结果统计如图3。



> 图3 文本情感极性分析占比图

结果显示,网络上对于虚拟养老院的评价褒贬不一,其中取支持态度的评论较多。这一现象说明虚拟养老院仍有可观的发展前景,但如何消除用户的负面疑虑,促进虚拟养老院高质量发展的是必须思考的问题。

五、珠三角地区虚拟养老院认知与使用意愿调查

(一) 抽样及回收情况

调研范围集中在广州、深圳、珠海等城市,采用简单随机抽样的方法,共发放问卷4000份,收回有效问卷3650份,有效回收率为91.25%。为确保调研结果的广泛性和代表性,出于对潜在消费者的挖掘和消费意愿了解,调研对象以珠三角地区45-65岁群体为主。

(二) 受访者基本情况

本次受访者年龄集中在46-60岁,男性对于女性,健康者居多,与子女同住者最多。

表3 问卷调查受访者基本情况

调查内容		频数	百分比 %
年龄	18-30岁	0	0
	31-45岁	0	0
	46-60岁	1449	39.70
	60-75岁	1039	28.46
	76岁以上	1163	31.84
性别	男性	2065	56.55
	女性	1585	43.45

调查内容		频数	百分比 %
健康状况	非常好	771	21.12
	身体好	963	26.40
	一般	1079	29.57
	较差	616	16.90
	非常差	218	5.98
居住方式	独居	735	20.12
	与配偶同住	651	17.85
	与子女同住	1627	44.58
	养老机构	321	8.81
	其他	315	8.64

（三）问卷信效度分析

1. 问卷信度分析

如表4，信度系数值为0.840，大于0.8，研究数据信度质量高；各题项的CITC值均大于0.4，分析项之间具有良好的相关关系。

表4 问卷 Cronbach 信度分析

名称	校正项总计相关性 (CITC)	项已删除的 α 系数	Cronbach α 系数
服务人员的专业素质评价	0.651	0.809	0.840
服务内容丰富度评价	0.643	0.811	
服务响应速度评价	0.735	0.771	
价格合理性评价	0.673	0.798	
备注：标准化 Cronbach α 系数 = 0.842			

2. 问卷效度分析

如表5，通过因子分析，所有研究项对应的共同度值均高于0.4，KMO值为0.793，大于0.6，说明数据可以被有效提取信息。因子载荷系数绝对值大于0.4，表明问卷具有较高的效度。

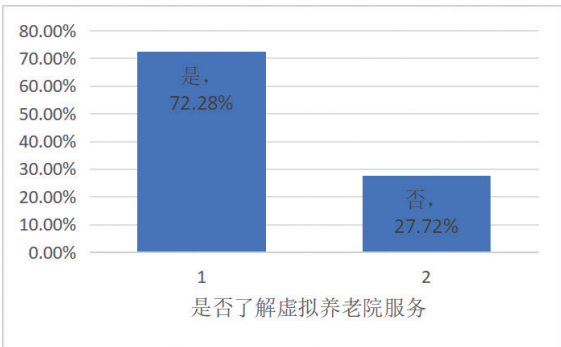
表5 问卷效度分析

名称	因子载荷系数 因子1	共同度 (公因子方差)
服务内容丰富度评价	0.798	0.637
人员专业素质评价	0.807	0.651
服务响应速度评价	0.863	0.744
价格合理性评价	0.825	0.680
特征根值（旋转前）	2.713	—
方差解释率 %（旋转前）	67.831%	—
累积方差解释率 %（旋转前）	67.831%	—
特征根值（旋转后）	2.713	—
方差解释率 %（旋转后）	67.831%	—
累积方差解释率 %（旋转后）	67.831%	—
KMO值	0.793	—
巴特球形值	305.944	—
df	6	—
p 值	0.000	—

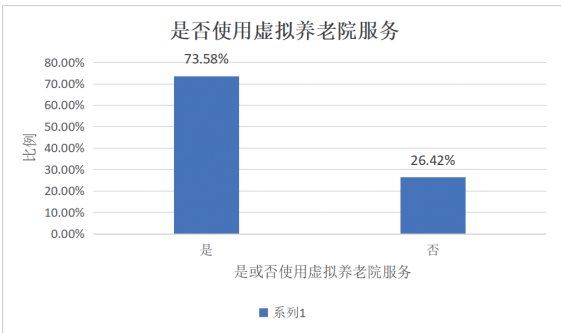
（四）虚拟养老院认知与使用情况

1. 虚拟养老院了解与使用情况

如图4调查结果显示，72.28%的人有了解过虚拟养老服务，27.72%的人没有了解过虚拟养老院服务。图5在珠三角地区被调查的人群中，使用过虚拟养老院服务的人占73.58%，没有使用过虚拟养老院服务的人占26.42%。



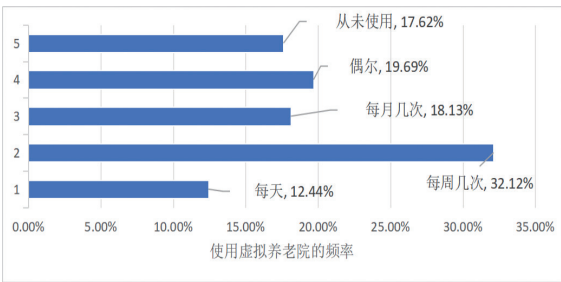
> 图4 虚拟养老院服务了解情况



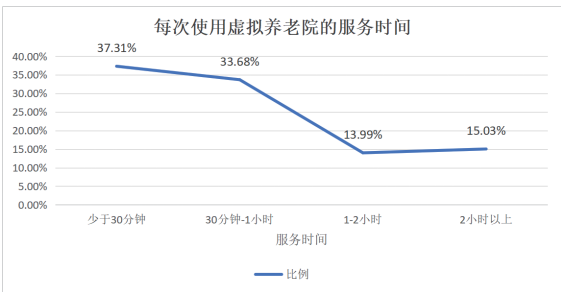
> 图5 虚拟养老院使用情况

2. 虚拟养老院使用频率与时间

如图6调查结果显示，使用虚拟养老院的频率最高的是每周几次的使用人群，占32.12%，最低的是每天使用的人群，占12.44%。图7为每次使用虚拟养老院的时间大多是少于30分钟，占37.31%，说明虚拟养老院仍有很大的进步空间。



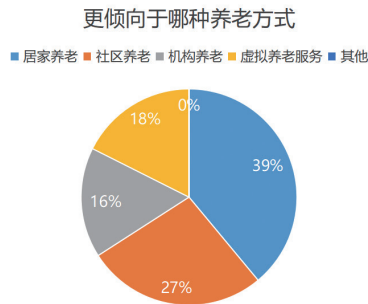
> 图6 使用虚拟养老院的频率



> 图7 使用虚拟养老院的服务时间

3. 养老方式选择

如图8调查结果显示,39%的人群选择居家养老,占比最大;16%的人群选择机构养老,占比最小。

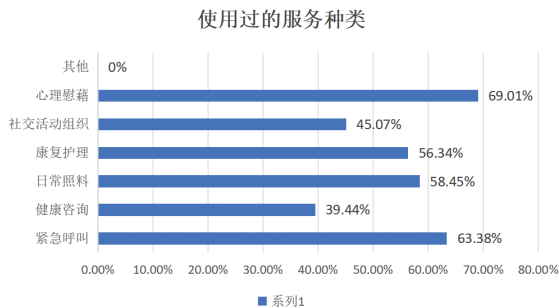


> 图8 养老方式选择

4. 虚拟养老院服务种类及评价

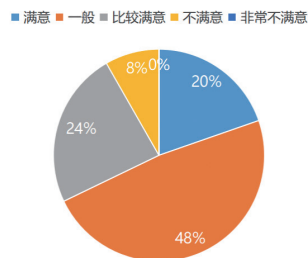
(1) 服务种类与内容丰富度评价

如图9调查结果显示,69.01%的人使用虚拟养老院服务用于心理慰藉,占比最高;其中最少的是用于健康咨询,占39.44%。图10调查结果显示,48%的人对虚拟养老院服务内容丰富度评价“一般”,占比最多,8%的人则评价为“不满意”,占比最少。



> 图9 服务种类

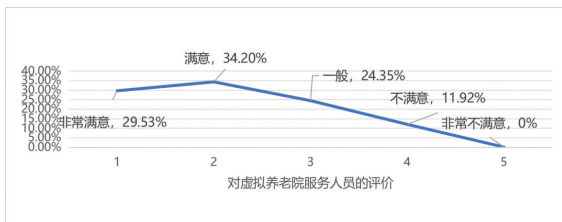
对虚拟养老院服务内容丰富度评价



> 图10 服务内容丰富度评价

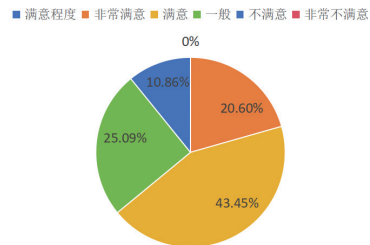
(2) 人员服务水平评价与响应速度满意度

如图11调查结果显示,对虚拟养老院服务人员的评价中占比最高的是34.20%,评价为满意;不满意占11.92%;非常不满意占0%。图12调查结果显示,对虚拟养老院响应速度评价满意的占比达到了43.45%;评价不满意的占10.86%,非常不满意程度占0%。



> 图11 人员服务水平评价

对虚拟养老院响应速度的满意度

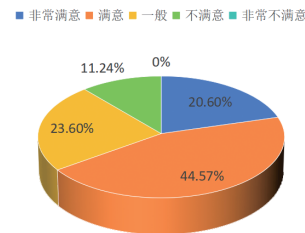


> 图12 响应速度满意度

(3) 服务价格满意度

如图13调查结果显示,44.57%的人对虚拟养老院服务价格表示满意,但仍有不满意的情况出现,说明在这方面还有待提升。

对虚拟养老院服务的价格合理性如何评价



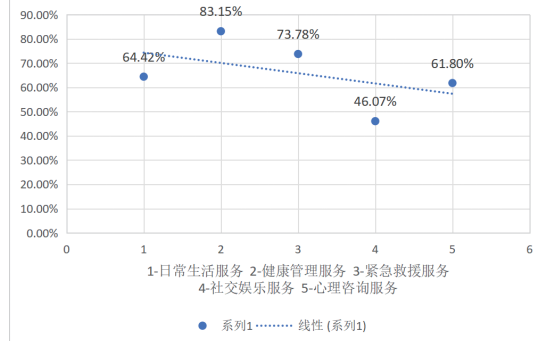
> 图13 服务价格满意度

5. 虚拟养老院服务诉求

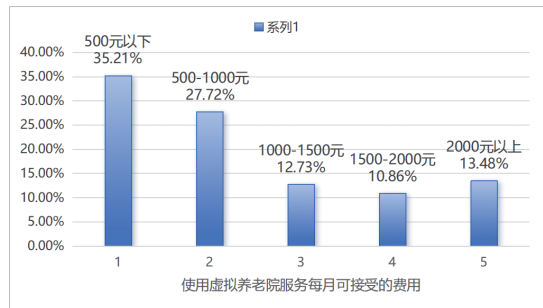
(1) 服务需求与价格需求

如图14调查结果,83.15%的人想要健康管理服务,服务需求较高,这也说明针对高需求服务种类的质量和水平也要相应提升。图15调查结果显示,使用虚拟养老院服务费用在500元/月以下的占比最高,整体上随价格的升高需求量下降。

获得不同种服务的期望值



> 图14 虚拟养老院服务需求期望值



> 图15 虚拟养老院价格需求

六、珠三角地区虚拟养老院发展对策建议

（一）建立动态服务清单分层服务破解供需错配

- 1.建立动态服务清单。依据本地对健康咨询和医疗陪诊的高需求，每季度更新服务项目，开发“家庭服务套餐”捆绑急救响应+住院陪护服务组合。需要明确提供服务价格清单。
- 2.提供需求分层服务。依托大数据平台，针对不同类型的老年人提供差异化服务，如对于 A类老人提供普惠保障，全额送餐补贴、助浴等刚性服务，补贴金额参考南京300元/月；针对 B类、C类老人，提供健康管理，开发 AI健康管家，数据直通社区医院；对于具有更高消费需求的老人增加情感服务，鼓励低龄老人服务高龄老人 换取积分，兑换文娱等其他活动或产品。

（二）轻量化适老化设备安排破解设备困难弃用

- 1.界面适老轻量化升级。开发粤语/客家话语音控制，推出“子女远程代下单”功能，推广误报率<3%的免操作设备，采用一键直达服务界面的手机等。
- 2.数据安全建设。通过服务人员认证、在服务确认环节增加“隐私盾牌”提示消除隐私担忧。

（三）重构运营模式破解补贴依赖难题

- 1.政企联动。政府购买基础服务，企业开发增值服务，加大招商引资力度，鼓励在物业管理行业中占据领先地位的企业进入虚拟养老院建设^[10]。
- 2.社区嵌入。社区驿站、社区服务中心、社工站、物业公司等联动参与，承接入户的最后一公里^[11]配送问题。
- 3.生态共建。与美团、叮咚买菜共享配送体系，降低成本。

- 4.精准补贴。将现行的“按人补贴”改为“按服务效果”支付，敦促服务方提升服务质量。

（四）通过标准化、质量监督与人才激励破解满意度瓶颈

- 1.标准化建设约束。制定《湾区虚拟养老院服务规范》，明确上门响应≤30分钟等，建立护工“服务轨迹追踪”系统迎合服务效率关注点诉求。
- 2.人才激励机制。实行“星级护工”认证，五星护工时薪提高50%；与高职院校合办“智慧养老微专业”^[12]，年培养5000名复合型人才。
- 3.质量监督体系。引入区块链技术实现服务过程不可篡改记录，委托第三方机构每月暗访抽查，提升服务综合质量。

七、结束语

人口老龄化与信息化浪潮的深度交织，使虚拟养老院成为破解传统养老困局的关键突破口。本研究通过珠三角地区3650份有效问卷调研，揭示了虚拟养老院面临的核心矛盾：超70%的知晓率与83%的健康管理需求彰显其市场潜力；以及操作复杂性、服务质量波动与盈利模式脆弱性制约着可持续发展。

粤港澳大湾区作为改革前沿阵地，应率先构建“需求分层响应-技术普惠适配-湾区标准共建”的发展生态。通过将健康管理、情感慰藉等高需求服务嵌入“数字政府”建设，联动社区物业打通“最后一公里”使虚拟养老院真正从政策概念转化为民生福祉。未来研究需持续追踪技术演进与代际观念变迁的交互影响，在老龄化社会的“数字鸿沟”上架设普惠之桥。

参考文献

[1]国家统计局. 中国统计年鉴2022 [EB/OL] 1-936.

[2]马琳. 社区养老育小建驿站联动才能解决燃眉之急 中国城市老人居家康复试点课题与实践五年来的建议 [N]. 中国房地产报, 2025-01-20.

[3]张滨阳, 方达, 杨汀. “虚拟老年”的养老新模式 [J]. 齐鲁周刊, 2015(7): 1-2.

[4]俞俊汝, 曹捷, 陈云敏, 等. 医养模式背景下老年人对虚拟养老院需求的研究——以徐州地区为例 [J]. 黑龙江医学, 2024, 48(18): 2254-2257+2261.

[5]燕澜月, 李晓霞, 何翻琴. 不住养老院照样开心过晚年 [N]. 甘肃经济日报, 2016-08-10.

[6]江月. 福利多元主义视角下多元主体参与虚拟养老院建设的研究 [D]. 上海: 华东政法大学, 2021.

[7]高彦娇, 李嘉宁, 赵颖. 居家乐虚拟养老院优化研究 [J]. 合作经济与科技, 2024, (10): 173-175.

[8]王茂松. “互联网+养老”实施背景下济南市虚拟养老院建设的需求及对策 [J]. 科技和产业, 2024, 24(14): 67-71.

[9]林婕, 孙靖, 沈娟. “互联网+养老”实施背景下虚拟养老院建设现状及问题——以苏州市为例 [J]. 科技风, 2022, (27): 167-169.

[10]高新芝, 黄学芳. 虚拟养老院的发展现状及路径分析——以甘肃省兰州市城关区为例 [J]. 就业与保障, 2024, (04): 94-96.

[11]周澜, 智磊. “互联网+”智慧居家养老服务体系及平台构建研究——以西安市 H区“虚拟养老院”为例 [J]. 产业与科技论坛, 2024, 23(05): 63-66.

[12]黄菊. 行动情境下虚拟养老院服务供给的行为逻辑与路径——以 G省 X虚拟养老院为例 [J]. 红河学院学报, 2023, 21(06): 86-90.

山西省“Z世代”人群对DIY手工制品的消费意愿现状分析

韩鑫钰, 赵晓丹, 王敏然, 杨甜

运城学院数学与信息技术学院, 山西 运城 044000

摘 要 : 习近平同志强调:“文化自信,是更基础、更广泛、更深厚的自信,是更基本、更深沉、更持久的力量”。坚定中国特色社会主义道路自信、理论自信、制度自信,说到底就是要坚定文化自信。优秀的传统文化是我们文化自信的重要来源,而这之中也不乏一些非遗传统手工。随着时代的发展,新时代的青年人越来越追求价值认同。通过调查DIY目前的知名度,刻画DIY手工制作者画像并分析影响购买DIY材料时的因素,来分析群体对DIY手工制品的感兴趣程度,为DIY提供一种更好的呈现和用户体验,并从市场需求、营销方式和传统文化结合方面对DIY手工制品提出策略建议。

关 键 词 : Z世代; DIY手工制品; 消费意愿; 传统文化

Analysis of the consumption situation of "Generation Z" people in Shanxi Province

Han Xinyu, Zhao Xiaodan, Wang Minran, Yang Tian

School of Mathematics and Information Technology, Yuncheng University, Shanxi 044000

Abstract : Comrade Xi Jinping has stressed that "cultural confidence is a more fundamental, broader and profound confidence, and a more basic, profound and lasting force." To strengthen confidence in the path, theory and system of socialism with Chinese characteristics means, in the final analysis, strengthening confidence in our culture. Excellent traditional culture is an important source of our cultural confidence, and there are also some intangible cultural heritage traditional handicrafts. With the development of The Times, the young people in the new era are more and more pursuing value recognition. By investigating the current popularity of DIY, DIY handmade portrait and analyze the factors of buying DIY materials, to analyze the degree of interest in DIY handmade products, for DIY to provide a better presentation and user experience, and from the market demand, marketing methods and traditional culture combination of DIY handmade strategy Suggestions.

Keywords : Generation Z; DIY handmade products; consumption willingness; traditional culture

引言

在追求时髦,独特,新颖的时代,充满时尚和个性的DIY制品更被消费者所喜爱。这些通过自己手工制作而形成的物品相较于传统物品来说,会更具有纪念意义。DIY手工成为了一种流行的休闲方式,与此同时,新时代的青年人也越来越追求价值认同,可以培养人们的创造力、动手能力和耐心,也是一种良好的社交活动,可以让人们相互交流、分享创意和经验。

现有研究表明DIY与非遗进行结合,分析当前“Z世代”消费者的消费心理,在与非遗、文创有机结合的情况下,能够对非遗保护、宣传起到一定的帮助作用^[1-8],并通过DIY文创助力非遗保护、传承与发展^[9-11]。基于DIY手工制作越来越受大家欢迎,为深入研究人们对手工制作的了解程度,明确DIY手工制作市场未来的发展方向,本文基于文献调查法、访谈调查法与问卷调查法展开了对于“Z”时代人群购买DIY手工制品的消费意愿与倾向情况的调查,以达到更好的了解手工DIY制品的未来发展情况以及“Z”时代人群的消费观念。

项目信息: 2024年全国大学生市场调查大赛山西赛区获奖作品

作者简介:

韩鑫钰,女,汉族,山西省吕梁市人,运城学院数学与信息技术学院助教,研究方向:抽样调查,应用统计;

赵晓丹,女,汉族,山西省运城市人,运城学院数学与信息技术学院在读本科生,研究方向:应用统计;

王敏然,女,汉族,山西省晋城市人,运城学院数学与信息技术学院在读本科生,研究方向:应用统计;

杨甜,女,汉族,山西省运城市人,运城学院数学与信息技术学院在读本科生,研究方向:应用统计。

一、调查方案设计及实施

（一）方案设计

本文基于文献调查法，通过查阅中国知网、报纸期刊等，了解目前手工DIY市场现状以及手工制品的种类和风格，为问卷设计奠定基础。

基于访谈调查法，挑选xx学院的大一、大二、大三和大四的学生作为典型代表，对抽取到的学生进行深度访谈并进行调查问卷的预发放，深入了解目前大学生对DIY手工制作的感兴趣程度、喜欢类型和体验感受等，为调查问卷设计的内容提供思路。

基于问卷调查法，我们利用线下访谈法和网上文献查阅来设计调查问卷，通过网络发放和现场发放调查表，采取不记名填写方式，且每个IP地址只能填写一份，以保证数据的真实可靠性。

（二）调查内容

关于“Z世代”，又称“网生代”“互联网世代”，我们进行相关检索，发现互联网对这一新潮名词有不同的解释，但共同的特点为受数字信息技术、即时通信设备、智能手机产品等影响比较大的人群。

结合山西省实际调查，我们将范围确定在了1997-2010年出生的人群。本次调查以山西省为例，选取山西省11个市的Z世代人群为调查对象，调查DIY手工制品的种类与风格，人们购买手工制品的意愿，消费者亲身体验手工制作的感受以及对DIY手工制作市场未来发展的期望。

（三）抽样设计

1. 预调查

在正式调查之前，我们通过对调查对象进行问卷预发放，对研究主题以及调查问卷的内容进行讨论，对于某些存在歧义和矛盾的问题进行删减和修改，并对问卷问题进行调序。调查中，共发放预调查问卷255份，回收255份，其中有7份问卷有由于没填完整以及前后有明显逻辑不符无法使用，视为无效，有效率约为97%。

2. 样本量的确定

本次调查的调查对象为山西省Z世代消费人群。采用分层随机抽样调查方式，按照山西省各市人口比例投放问卷，得到一个相对真实，合理的结果，参考价值更高。依据样本量计算公式最终得到最佳样本量为1066。

（四）问卷设计

1. 问卷结构

我们将调查问卷分为三个部分：个人基本信息、对DIY手工制作的了解与认识及个人的体验与感受，积极收集问卷并分析数据，了解被调查者对DIY手工制品的认知情况以及对相关传统文化的态度。

2. 数据处理

调查问卷整理完毕后，将选择题编号依次设置为A1，A2，A3，A4……，最终整合数据转化为Excel文件。本次调查最终得到有效问卷1116份，有效率为94.34%。

3. 问卷效度和信度检验

（1）效度分析

效度，即有效性，它是指测量工具或手段能够准确测出所需测量的事物的吻合程度。本调查将问卷进行效度分析，进行KMO和Bartlett的检验。

表1 效度检验表

KMO检验和Bartlett的检验		
KMO值		0.795
Bartlett球形度检验	近似卡方	5875.661
	df	171
	P	0.000***

如表1所示：KMO值为0.795，KMO值大于0.7，研究数据适合提取信息，效度很好。进而可以进行问卷的信度检验。

（2）信度分析

信度分析主要用来考察问卷中量表所测结果的稳定性以及一致性，即用于检验问卷中量表样本是否可靠可信。量表题型就是问题的选项，是分陈述等级进行设置的。

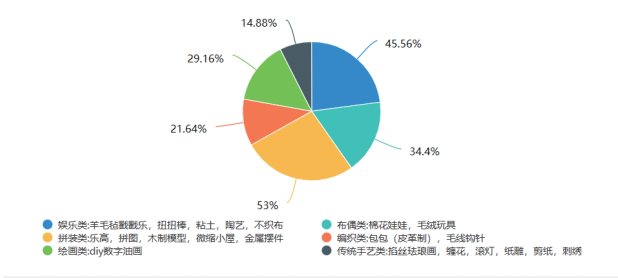
表2 信度检验表

Cronbach's α 系数	标准化 Cronbach's α 系数	项数	样本数
0.838	0.847	2	1116

据表2所示，信度系数Cronbach's α 值为0.838，大于0.8，信度质量高，该问卷的信度可接受。由此可得本问卷设计合理。

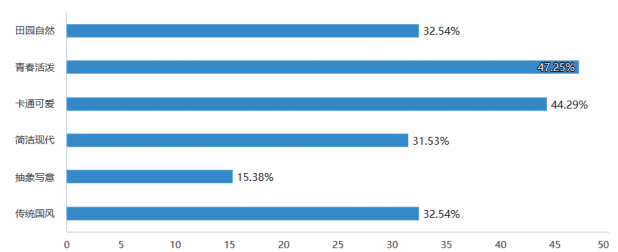
二、统计建模与分析

（一）DIY手工制品特征分析



> 图1 DIY手工制品种类分布图

由图1可知，娱乐类和拼装类手工制品是最受欢迎的，而传统手工艺类手工制品相对较少被接触。这些结果可以为相关行业提供市场需求的参考。



> 图2 DIY手工制品风格统计图

由图2分析发现，青春活泼和卡通可爱风格是最受欢迎的DIY

手工制品风格，田园自然和传统国风风格也备受喜爱，但简洁现代和抽象写意风格相对较少被喜好。

（二）刻画手工制作者画像

采用 k 均值聚类算法对手工制作者进行聚类分析。将三个类别的手工制作者按照聚类指标进行命名，分别为：尝鲜玩家（期望价格较低，制作频率较为稳定，一般感兴趣），兴趣玩家（期望价格最低，制作不具有规律性，很感兴趣），资深玩家（期望价格高，制作频率高，很感兴趣）。结果如下表 3 所示。

表 3 聚类中心点坐标表

聚类种类	感兴趣程度	期望价格	制作频率
资深玩家	2	4.870967741935484	6.806451612903226
尝鲜玩家	1.7464788732394365	2.0985915492957745	2.4788732394366257
兴趣玩家	2.015151515151515	1.924242424242423	7.000000000000004

在得到手工制作者的分类后，我们按照类别对手工制作者从社会存在特征（性别等指标）、制作行为特征（制作频次等指标）、购买行为特征（购买原因等指标）三个维度进行交叉分析，得到了不同类别群体的主要特征，从而刻画出相应的手工制作者画像，具体结果如下：

1. 尝鲜玩家。尝鲜玩家中，男女比例达到均衡，24-30 岁人群偏多。制作频率较为稳定，且选择个人制作；对 DIY 手工制品一般感兴趣，价格期望较低，在 10-50 元之间，购买手工制品用作收藏占比较多，IP 联名相对其他群体占比较大。

2. 兴趣玩家。兴趣玩家中，男女比例达到均衡；制作频率大多不固定，且选择个人制作，更喜欢原材料是按自己的需要分开购买；对 DIY 手工制品较为感兴趣，价格期望较低，在 10-50 元之间。购买目的与调查样本总体比例一致，影响制作者购买的因素与调查样本总体比例一致。

3. 资深玩家。资深玩家中，男性占比较多；制作频率较为集中且不固定，且选择个人制作，材料选择上则是散件购买与打包购买呈现 1: 1 的比例；对 DIY 手工制品较为感兴趣，价格期望较高，在 80 元以上。购买目的与调查样本总体比例一致，影响制作者购买的因素与调查样本总体比例一致。

（三）材料包各方面因素与对制作成品满意度的影响

在这里我们分析材料包的各个方面的因素对制作成品的满意度的影响。

表 4 多因素方差分析

项	平方和	自由度	均方	F	P	R ²	调整 R ²
截距	177.431	1	177.431	242.327	0.000***	0.336	0.246
工具全质量佳	3.115	4	0.779	1.064	0.376		
安全性强	3.857	4	0.964	1.317	0.265		
包装精美	0.193	4	0.048	0.066	0.992		

项	平方和	自由度	均方	F	P	R ²	调整 R ²
创意新颖	4.37	4	1.093	1.492	0.206	0.336	0.246
教程清晰	9.443	4	2.361	3.224	0.014***		
多人协作性	2.944	4	0.736	1.005	0.406		
价格适宜	3.229	4	0.807	1.102	0.356		
误差	150.1	205	0.732		NaN		

从由表多因素方差分析结果数据可知：

（1）对于变量工具全质量佳、安全性强、包装精美、创意新颖、多人协作性、价格适宜对手工制作者对制作 DIY 手工制品的满意程度没有显著性影响，不存在主效应。（2）对于变量教程清晰，对手工制作者对制作 DIY 手工制品的满意程度有显著性影响，存在主效应。

（四）DIY 手工制品的价值与传统文化相关性分析

研究您觉得 DIY 手工艺品的价值在哪？（A1）和如果通过制作 DIY 手工艺品了解到一些传统文化手艺，你会感到更有成就感吗？（A2）之间的线性回归分析。

表 7 线性回归分析结果 (n=100)

	非标准化系数		标准化系数	<i>t</i>	<i>p</i>	共线性诊断	
	<i>B</i>	标准误	<i>Beta</i>			VIF	容忍度
常数	-4.367	5.762	-	-0.758	0.450	-	-
A2	6.367	2.903	0.216	2.193	0.031*	1.000	1.000
<i>R</i> ²	0.047						
调整 <i>R</i> ²	0.037						
<i>F</i>	<i>F</i> (1, 98)=4.811, <i>p</i> =0.031						

从上表可知，DIY 的价值体现之一在于增加了传统文化，两者是正相关关系。说明 DIY 增加传统文化的占比，可以增加 DIY 在同类商品中的竞争力，可以通过 DIY 这个载体，传承和发扬传统文化。

三、结论与建议

（一）结论

1. DIY 手工制品感兴趣程度

（1）DIY 手工制品在受访者中有较高的吸引力，超过一半的受访者对其比较感兴趣，会自己购买制作。而不感兴趣的主要原因是因为太耗费时间和精力。

（2）不同性别样本对于对 DIY 手工制品感兴趣程度全部均呈现出显著性差异。

（3）手工精美、新颖创新、实用性强、具有珍藏意义以及能够了解传统手艺等方面是消费者认为的主要价值。

（4）多数受访者将 DIY 手工制品视为一种休闲娱乐方式，个

人兴趣爱好是制作 DIY 手工制品的最主要原因。

2. 消费者偏好

(1) 娱乐类和拼装类手工制品是最受欢迎的, 而传统手工艺类手工制品相对较少被接触。青春活泼和卡通可爱的风格最受大众青睐。

(2) 多数人更喜欢通过短视频、直播推荐了解 DIY 手工制品。

(3) 消费者对完成制品的满意程度与材料包的教程清晰有很大关系。价格适宜, 创意新颖, 多人协作性是能够让消费者再次购买材料包的重要因素。

(4) 通过手工制作者的期望价格, 制作频率与感兴趣程度分为尝鲜玩家(期望价格较低, 制作频率较为稳定, 一般感兴趣), 兴趣玩家(期望价格最低, 制作不具有规律性, 很感兴趣), 资深玩家(期望价格高, 制作频率高, 很感兴趣)三类。

3. DIY 价值与传统文化

(1) DIY 的价值与其背后的传统文化手工艺两者是正相关关系。通过制作 DIY 手工艺品了解到一些传统文化手工艺, 与制作后感到成就感产生正向影响。

(2) 完成 DIY 手工制作后, 大部分受访者愿意了解其背后的传统文化手工艺, 对传统文化手工艺有一定的兴趣和认知需求, 反映

了人们对传统文化的重视程度。

(3) 多数受访者希望 DIY 未来发展越来越好, 可以更好地与传统手工艺相结合, 传承和发扬传统文化, 从而实现 DIY 市场的永续发展。

(二) 建议

1. 市场需求

针对不同消费者的喜好, 制定符合各类消费者的手工制品。提高 DIY 制作的信息透明度, 降低制作难度, 吸引更多消费者参与制作。充分发挥手工制品手工精美、新颖创新的价值, 吸引广大消费者。

2. 营销方式

跟随时代潮流, 利用抖音等短视频平台, 激发消费者兴趣, 让更多的人了解手工制作, 体会亲手制作的意義。材料包价格合理, 富有创新性, 多人协作性, 同时注重制作教程视频的清晰程度, 可以提供更多的教程和指导材料。

3. 与传统文化相结合

将 DIY 手工制品与传统文化结合, 大力宣传所蕴含的传统文化手工艺和传统文化知识, 让更多消费者了解优秀传统文化, 满足消费者的需求。

参考文献

[1]张春雷. 基于 DIY 材料包引起的非遗培训议题 [J]. 岭南文史, 2023,(04): 39-41.
[2]王帅寅. DIY 文创之于非遗保护的意义——以泉州花灯为例 [J]. 美术教育研究, 2023,(21):62-64.
[3]吴婧, 肖黎, 祝婷, 等. “借” DIY 创新性传承传统文化的困境和对策研究 [J]. 现代商贸工业, 2022,43(23):63-65.
[4]黄婷, 肖黎, 何寒梅, 等. 传统文化的传承与 DIY 融合的创新模式研究 [J]. 现代商贸工业, 2022,43(22):92-94.
[5]官瑾. 从原材料开始的 DIY 生活 [J]. 走向世界, 2021,(41):40-43.
[6]胡秀琴, 贺鑫雨, 贺一乐, 等. 大学生 DIY 服饰创新设计模式探索与实践 [J]. 美与时代(上), 2020,(04):111-113.
[7]何天豪, 沈鸿晨, 吴雪, 等. 蛋糕 DIY 行业的市场分析和前景展望 [J]. 对外经贸, 2020,(02):51-53.
[8]林露. 非遗 DIY 体验馆受追捧体验式业态如何“保鲜”? [N]. 闽南日报, 2024-08-14(007).
[9]陈茹. 非遗 DIY 夏令营的课程设计与实践策略 [J]. 三角洲, 2024,(31):185-187.
[10]阙玉金, 丁美琴, 刘慧. 传统文化资源的传承发展模式与创新机制研究 [J]. 文化学刊, 2024,(06):211-214.
[11]陈道佳. 文化生态视角下黔东南苗族蜡染文创产品设计研究 [D]. 贵州大学, 2024.

基于 OBE 理念的医学专业课程教学改革探索 —以《MATLAB 医学图像处理》课程为例

刘凤¹, 彭艳敏², 郭水霞³, 赵维^{3*}

1. 天津医科大学总医院医学影像科, 天津 300052

2. 天津医科大学医学技术学院, 天津 300203

3. 湖南师范大学数学与统计学院, 湖南 长沙 410081

摘 要 : 医学大数据与人工智能技术快速发展背景下, 医学技术专业急需强化智能医学素养与数字诊疗能力, 培养具有医工融合创新思维、智能算法应用能力与精准医疗数据分析能力的复合型医学人才, 以适应智慧医疗时代的跨学科发展需求。本研究基于成果导向教育 (OBE) 的理念, 对《MATLAB 医学图像处理》课程实施系统性地教学改革。通过构建医学问题驱动“基础—拓展—创新”的模块体系, 重构课程目标、模块化教学内容、创新教学方法及建立多维评价体系, 以此夯实学生编程基础, 提升学生编程实践能力与医学数据分析素养。该项教学改革为培养复合型医学人才, 提供了可参考的路径, 后续将重点优化跨学科案例库建设, 完善个性化学习支持机制, 推动课程与职业需求深度对接。

关 键 词 : MATLAB; OBE; 课程改革; 医学专业课程

Pedagogical Reform of Medical Specialty Courses Based on the OBE Concept—A Case Study of the “MATLAB Medical Image Processing” Course

Liu Feng¹, Peng Yanmin², Guo Shuixia³, Zhao Wei^{3*}

1. Department of Radiology, Tianjin Medical University General Hospital, Tianjin 300052

2. School of Medical Technology, Tianjin Medical University, Tianjin 300203

3. School of Mathematics and Statistics, Hunan Normal University, Changsha, Hunan 410081

Abstract : Against the backdrop of the rapid advances of medical big data and artificial intelligence technology, there is an urgent need for medical technology programs to not only enhance students' literacy in intelligent medicine and capabilities in digital diagnosis and treatment but also cultivate composite medical talents equipped with the innovative thinking of medicine - engineering integration, ability to apply intelligent algorithms, and capability to analyze precision medical data. These skills will enable them to adapt to the needs of interdisciplinary development in the era of intelligent healthcare. Based on the concept of outcome-based education, this study implemented the systematic pedagogical reform of the "MATLAB Medical Image Processing" course. By building a "foundation - expansion - innovation" module system driven by medical problems, we reconstructed the course objectives, modularized the teaching content, introduced innovations in the teaching methodology, and established a multidimensional evaluation system to consolidate students' programming foundation, improve their practical programming skills, and enhance their literacy in medical data analysis. This pedagogical reform has provided a path that can serve as a reference for the cultivation of composite medical talents. In the future, we will focus on optimizing the construction of interdisciplinary case libraries, improving the personalized learning support mechanism, and promoting a deeper connection between the curriculum and career needs.

Keywords : MATLAB; OBE; curriculum reform; medical specialty courses

项目来源: 湖南省学位与研究生教学改革研究项目“课程思政背景下统计学课程教学改革的探索与实践”, (编号: 2022JGSZ030), 主持人: 郭水霞。

作者简介:

刘凤, 天津医科大学总医院医学影像科, 副教授, 博士, 天津, 邮编: 300052;

彭艳敏, 天津医科大学医学技术学院, 讲师, 博士, 天津, 邮编: 300203;

郭水霞, 湖南师范大学数学与统计学院, 教授, 博士, 长沙, 邮编: 410081;

赵维, 湖南师范大学数学与统计学院, 副教授, 博士, 长沙, 邮编: 410081, 通讯邮箱: 18182105361@163.com。

引言

国家“健康中国2030”战略正在深化实施，医疗数字化转型已经成为政策的焦点。《“十四五”大数据产业发展规划》明确指出，需加快医疗卫生机构数据共享，逐步推动诊疗信息标准化整合与智能化应用^[1]。2023年，教育部等五个部门颁布《学科专业设置调整优化改革方案》，强调新医科建设，需重点突破理念内容、方法技术与评价体系，大力培养兼具医学诊断与数据分析的复合型技能人才^[2]。

MATLAB凭借其矩阵运算架构及专业医学工具模块，在CT/MRI影像增强、病灶定位等临床场景中展现出独特优势。但在教学实践中，医学技术专业学生编程基础薄弱，数理知识储备不足，与传统工科教学模式难以匹配^[3]。面对“工具先进”与“技术基础储备”存在差距的现状，必须突破传统的教学模式，设计一门适合医学技术专业学生的MATLAB图像处理课程，这已然成为当前医学技术教育改革中的一项重要任务。

天津医科大学秉承“求真至善”的校训和“德高医粹”的育人理念，致力于培养理论基础扎实、实践能力突出，具备独立思考能力和创新精神的高素质医学人才。在医学教育改革深化的过程中，学校将跨学科能力培养作为提升人才核心竞争力的战略重点，大力推进信息技术与临床医学的交叉融合^[4]。《MATLAB医学图像处理》是面向医学技术专业大学三年级学生开设，作为一门融合编程与医学图像处理的实践性技术类课程，主要以MATLAB为教学平台，帮助学生掌握基础程序设计能力及其在医学图像处理中的应用。该课程的教学改革目前已进入实质性推进阶段。此次改革引入成果导向教育（Outcome-based Education, OBE）理念，围绕“理论与实践结合、知识与能力并重、学科交叉创新”三大核心，紧贴医学能力培养需求，着力提升学生的编程实践与科研转化能力，有效缩小“工具先进性”与“应用能力”之间的差距，为医疗智能化时代复合型医学人才的培养提供了有益思路。

一、课程教学中存在的问题

《MATLAB医学图像处理》课程的理论性较强，实践应用性高，当前课程设计仍以基础算法和代码编写教学为主，与医学领域智能化技术发展需求存在脱节，具体体现在以下方面：

（一）课程体系设置难以满足复合型人才需求，多数课程仍聚焦于基础语法与数学运算的知识架构，缺少以真实医学问题为驱动的模块化课程体系^[5-6]。以脑卒中病灶分割、疾病分类与预测等为代表的典型医学场景尚未被纳入教学案例库中，学生仅限于在类似于鸢尾花分类等虚拟数据集上进行基础算法的练习，导致学生面对真实医疗数据时出现代码移植能力弱、临床需求理解偏差等挑战。

（二）教学内容更新滞后于大数据技术发展速度，与临床智能化需求脱节。据MathWorks技术文档显示，2020-2024年间MATLAB通过多次重大版本更新（R2020a至R2024b），期间新增了医学影像标注、序列建模等专业工具。然而，医学院校现有教学内容仍以传统矩阵运算为主，采用线性架构的“教材章节式”教学模式。教学内容主要集中在编程技能的基础训练上，未能及时融入深度学习、影像组学等前沿工具与方法。

（三）教学方法单一，目前编程课程的教学模式主要采用“理论讲授+代码演示”的方式，更多以教师为主导，学生参与课堂的积极性不高^[7-8]。现有考核过度依赖纸笔测试，侧重对MATLAB语法规则的考查，而缺乏对真实医学数据处理与临床问题解决能力的评估。同时，项目考核选题较为单一且创新性不足，学生可能倾向于套用固定算法与模型，导致作业内容同质化程度较高。更需关注的是，学生在面对复杂医学案例的代码迁移能力不强，直接影响毕业生岗位适应能力，难以满足智慧医疗时代对医学人才的技术要求。

二、聚焦“OBE理念”的《MATLAB医学图像处理》教学模式

OBE理念为课程改革提供了新思路，其核心在于：以学生毕业时应具备的核心能力为出发点，通过“以始为终，反向设计”的方式，重构教学目标、课程内容和评价体系^[9]。传统的正向教学设计流程通常从设定课程目标开始，依据教材内容制定教学内容，并设计教学实施过程。其评价方式以纸笔测验和终结性评价为主，对学生学习成果的实际达成关注较少。相比之下，基于OBE理念的反向教学设计以职业能力为导向，围绕学生最终能力的达成来设定课程目标^[10]。通过模块化方式重构教学内容，并结合多样化的教学方法，推动“以学生为中心”的能力培养。两种教学设计思路形成了鲜明对比，具体对比如图1所示。

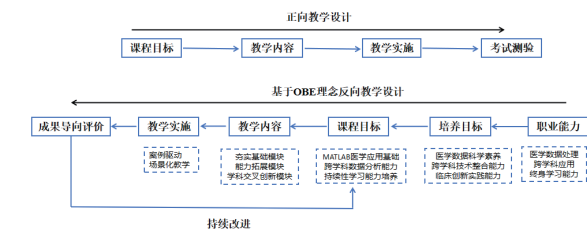


图1 正向教学设计和OBE理念反向教学设计思路对比

（一）调整课程目标和定位

结合医学专业实际，以职业能力培养为导向，按照人才培养方案，课程目标调整为以医学实际应用为核心，培养学生从基础编程到解决实际问题的能力，并强化其终身学习意识，以适应医学技术的快速发展。聚焦课程目标的三个维度如下：

1.掌握 MATLAB医学应用基础：理解 MATLAB的运行环境与核心功能，熟悉医学数据输入、存储及预处理流程，并掌握 MATLAB语法结构、数据类型及常用函数，能编写简单程序解决

医学数据清洗、简单可视化等问题，从而具备基于医学场景需求的程序构建能力。

2.培养数据分析能力：采用真实医学场景案例，开展 MATLAB 图像处理课程教学。在具体案例教学中，学生以小组协作方式，进行问题分析、算法选择、代码实现及结果验证过程，从而掌握数据预处理、统计分析与模型构建等方法，提升学生数据处理能力，深化跨学科思维素养。

3.持续性学习能力培养：利用在线课程、研讨会、学术论坛等平台 and 资源，引导学生关注医学数据分析的前沿知识和技术发展动态，培养其自我驱动的学习习惯；鼓励学生参与实践活动、技能竞赛与科研项目等，从而将理论学习与实践创新有机结合，为职业能力培养奠定坚实的基础。

（二）课程模块化重构——以成果导向为主进行重新编制

课程设置打破传统教学大纲框架，旨在夯实学生的编程基础，重点强化实际应用能力培养与学科交叉能力的提升。教学活动将教材知识与技能任务进行模块化划分，按实际应用场景分类知识点，帮助学生深入理解知识应用价值。根据成果导向原则重新进行课程调整和设置，经过重新设计的 48 学时课程，被划分为三个主要模块：夯实基础模块（12 学时，占总学时的 25%）、能力拓展模块（24 学时，占总学时的 50%）、学科交叉创新模块（12 学时，占总学时的 25%）。通过调整各模块的学时权重，强化医学图像处理能力与学科交叉融合的实践导向。课程内容进行同步更新，新增深度学习医学影像应用、生理信号特征提取等前沿内容，淘汰过时的传统数值计算案例，确保教学内容与医疗智能化发展趋势保持一致。具体课时分配详见表 1。

表 1 《MATLAB 医学图像处理》课程设置分配

教学模块	教学内容	课时分配
夯实基础模块	MATLAB 编程基础	4
	医学图像增强	4
	医学图像分割	4
能力拓展模块	医学数据可视化分析	4
	特征提取	4
	机器学习	8
	临床案例分析	8
学科交叉创新模块	基因数据与临床表型关联分析	4
	科研前沿拓展	4
	创新项目答辩	4

（三）教学方法创新：构建“医学场景化”教学生态

针对医学专业学生编程基础薄弱、课堂参与度较低等的问题，课程采用“医学场景化”教学策略，突破传统“课堂讲授 + 代码演示”的编程教学模式，将教学内容与医学实际需求深度融合。在基础模块和应用模块中，课程采用案例驱动教学法，围绕医学问题导向的实践场景展开。例如，课程引入 MRI 图像作为数据载体，引导学生进行图像特征提取，并基于所提取特征开展

模式识别分析。学生需要通过小组写作完成任务，强化问题解决能力与团队合作意识。在创新模块中，教学设计采用“提出医学实际问题—转化为科学问题—代码实现—结果验证”的任务驱动方法，促进学生在真实医学情境中系统掌握数据预处理、统计分析与模型构建的关键技能，从而提升编程能力与逻辑思维，培养跨学科的整合与复杂问题解决能力。整个教学过程强调互动式学习，课堂中鼓励学生积极提问和讨论，针对作业中出现的共性问题进行讲解与反馈，增强师生、生生互动，缓解学生的畏难情绪，激发编程兴趣。在随堂练习环节，通过 MATLAB 实时演示、代码检查与答疑，实现对学习问题的及时响应，进一步提升学生的学习体验和教学效果。

（四）考核体系改革：多维成果导向评价

成果导向教育强调“以学生为中心”，教学评价更多关注学生的学习成果与综合能力。因此，结合医学专业毕业要求、人才培养目标和毕业要求，设计多元化的考评体系。具体而言，以过程性评价和终结性评价来考查学生知识掌握程度、技能应用能力和问题解决能力。

其中，过程性评价聚焦学习参与度，包括线上、线下的课堂互动与随堂练习等，以评估学生学习积极性与小组协作能力等；借助在线测试、代码考查及阶段性项目考核，来检查学生 MATLAB 基础知识与代码编写的掌握情况。终结性评价则以解决临床问题为核心，通过设计项目实践考核，要求学生完成医学数据分析项目，重点考查学生算法选择、代码实现与医学逻辑解释等能力；期末综合课题则以自选医学领域问题（如医学影像分析、心电图分析等）为载体，评估代码质量、分析准确性、可视化规范性及报告撰写的科学性。通过多维成果导向评价方法，既确保学生掌握 MATLAB 医学编程基础知识，又培养其复杂临床问题解决能力，为学生科学研究、数据分析等职业发展奠定基础。为进一步提升教学效果，通过考评反馈的结果，对课程目标、教学实施过程进行持续改进。

（五）MATLAB 和影像数据融合的教学案例

基于 OBE 理念的反向教学设计，本文选取“MATLAB 静息态 fMRI 功能连接分析”作为学科交叉融合的代表性教学案例。该案例聚焦于利用 MATLAB 计算种子区域与全脑其他体素的功能连接，进一步完成数据分析与结果可视化，涵盖了神经影像处理、程序实现与数据解读等多个环节。通过该案例，学生不仅能够掌握静息态 fMRI 数据处理的基本流程，还能够提升跨学科综合应用能力。具体的反向教学设计详见表 2。

表 2 基于 MATLAB 的静息态 fMRI 功能连接反向教学设计

成果导向目标设定	具备医学影像数据处理能力、跨学科技术整合应用能力，能解决临床影像分析实际问题。
培养目标	培养医学数据科学素养，强化跨学科技术整合能力与临床创新实践能力。
教学目标	掌握 MATLAB 工具在静息态 fMRI 影像分析中的应用流程； 理解功能连接分析的医学意义，实现 MATLAB 与影像分析技术的交叉融合； 具备基于分析结果进行群体统计分析、可视化展示。

OBE 反 向教学设 计——基于 MATLAB 的静息态 fMRI功能 连接分析	医学背景：静息态 fMRI 在神经精神疾病诊断中脑功能研究中的临床应用；
	技术基础：MATLAB 工具与 SPM12、DPABI 工具箱的跨学科融合价值；
	目标成果：功能连接图与统计分析结果；
	具体代码分析流程： ①使用全脑灰质概率模板生成灰质掩膜，设定阈值 0.2，关联医学影像预处理逻辑； ②基于 AAL 脑模板选取第 35 脑区作为种子区域，理解脑区定位的临床意义； ③计算种子区域到灰质掩膜的功能连接，融合 MATLAB 数据处理与影像分析技术； ④完成 Fisher Z 变换并保存功能连接图，对接影像分析结果的标准化输出需求。
成果导向 评价与改进	评价维度一：学生根据功能连接图进行群体水平的统计分析，如双样本 <i>t</i> 检验，比较不同实验组或不同条件下的功能连接差异； 评价维度二：结果可视化分析，学生理解如何将生成的功能连接图进行可视化，以便展示不同脑区之间的功能连接关系。

具体程序及注释如图 2 所示，

```
1 clc, clear, close
2 [Data_grey, VoxelSize_grey, FileList_grey, Header_grey] = y_ReadAll('grey.nii');
3 %读取灰质概率模板
4 Data = Data_grey; Data(Data<0.2) = 0; Data(Data>=0.2) = 1;%生成灰质掩膜
5 y_Write(Data,Header_grey,'result\grey_mask.nii')%将灰质掩膜保存
6 [Data_aal, VoxelSize_aal, FileList_aal, Header_aal] = y_ReadAll('aal.nii');
7 [Data_tp, VoxelSize_tp, FileList_tp, Header_tp] = y_ReadAll('data');%读取样本数据
8 Data_tp_2D = reshape(Data_tp,[],size(Data_tp,4));
9 index_gm = find(Data);
10 seed = mean(Data_tp_2D(intersect(find(Data_aal==35),index_gm),:));%提取第35脑区的平均信号
11 fc_map = zeros(size(Data_grey)); zfc_map = zeros(size(Data_grey));
12 fc_map(index_gm) = corr(seed',Data_tp_2D(index_gm,:));%计算功能连接
13 zfc_map(index_gm) = atanh(corr(seed',Data_tp_2D(index_gm,:)));%Fisher Z变换
14 Header_tp.dt = [16 0];
15 y_Write(fc_map,Header_tp,'result\fc.nii')
16 y_Write(zfc_map,Header_tp,'result\zfc.nii')%保存Fisher Z变换后的功能连接图
```

> 图2 程序及注释

三、课程实施与效果评估

在课程教学改革实施之后，我们进行了广泛的数据收集与反馈。结果显示，在《MATLAB医学图像处理》课程结束后，大多数学生能运用 MATLAB 进行数据预处理，开展数据分析与医学图像处理，并进行结果可视化。与教学改革前相比，学生的学习积极性和在线编程的时长明显提升，主动探索医学相关编程问题的意愿增强，编程能力在实践中得到进一步提高。当然，改革不是一蹴而就的，在其推进过程中还是遇到了一些问题。比如部分同学的编程思维较弱，难以将医学问题转换为可理解的代码，需要对其提供个性化辅导；部分较为复杂医学案例教学中，学生虽掌握函数用法与编程规则，但对实际问题的分解时仍存在困难。这些问题要求进一步优化课程内容与教学资源，以强化 MATLAB 在医学领域的应用引导。

四、结论

本研究基于 OBE 理念探讨《MATLAB 医学图像处理》课程改革，通过构建“基础—拓展—创新”模块体系，采用“医学问题驱动”教学模式，实现编程技能与临床场景深度结合，解决了学生参与度低、知识迁移难的问题，有效提升学生医学图像处理与数据分析的能力。课程改革后，教学模式更关注学生个性化需求，能激发学生编程学习积极性，提高利用编程解决实际医学问题的能力。但是，课程改革是一项长期而艰巨的任务。在研究过程中，我们还发现以下核心问题：如何平衡基础知识的传授与应用能力的培养；如何在有限课时内，高效整合跨学科知识；如何满足不同学生个性化的学习需求等。后续将重点优化课程资源整合策略，建立个性化辅导机制，通过持续更新教学体系，进一步提升医学生编程技术与临床需求的适配度，为医学信息化发展提供复合型人才。

参考文献

[1] 中华人民共和国工业和信息化部. 工业和信息化部关于印发“十四五”大数据产业发展规划的通知 [Z]. 中华人民共和国工业和信息化部. 北京. 2021.

[2] 中华人民共和国教育部. 教育部等五部门关于印发《普通高等教育学科专业设置调整优化改革方案》的通知 [Z]. 中华人民共和国教育部. 北京. 2023.

[3] 高园园, 曹蕾, 王丹丹, 等. 新医科背景下医学生的 Python 课程教学设计与实践 [J]. 医学教育研究与实践, 2024, 32(02): 181-185.

[4] 司家瑞, 乔桢, 雷慧敏, 等. 在数据处理过程中培养医学生的计算思维 [J]. 中华医学教育探索杂志, 2017, 16(11): 1136-1139.

[5] 苏奎, 王涛, 董默. 生物医学工程专业 Matlab 课程教学改革探索 [J]. 医学信息杂志, 2017, 38(07): 91-94.

[6] 韩文静, 董建鑫, 周辰, 等. 人工智能背景下医学影像技术专业线代数课程教学改革与实践 [J]. 数理医药学杂志, 2024, 37(10): 799-805.

[7] 刘满兰, 李建辉, 关成斌. 基于 OBE 理念的《Python 程序设计语言》课程混合式教学方法探索 [J]. 计算机工程与科学, 2019, 41(S1): 203-206.

[8] 陆江东, 戴卓臣, 郑奋. “新医科”背景下基于医工结合能力培养的计算机课程教学改革 [J]. 教育进展, 2025, 15(1): 72-80.

[9] 李志义. 解析工程教育专业认证的成果导向理念 [J]. 中国高等教育, 2014, (17): 7-10.

[10] 刘衍聪, 李军. 基于 OBE 理念的应用技术型人才培养方案的设计 [J]. 中国职业技术教育, 2018, (14): 72-76+96.

新工科背景下统计学基础拔尖创新人才培养质量的应用研究

李纯净, 董艺, 柴雅婷, 袁晓惠*

长春工业大学, 吉林 长春 130012

摘 要 : 如今, 工程科技的不断进步和创新成为人类社会发展的关键推动力。在新工科的背景下, 培养基础学科的顶尖创新人才已成为我国高等教育强国建设的重要战略任务。本文通过梳理总结高校拔尖人才的培养经验, 结合统计学专业特色, 对统计学基础拔尖创新人才培养质量的教学平台与教学方法进行了研究探索, 并设计调查问卷对人才培养质量的影响因素进行实证分析, 给出了新工科背景下统计学基础拔尖创新人才培养质量的研究方法与建议。

关 键 词 : 新工科; 统计学; 人才培养质量

The Application Research on the Cultivation Quality of Outstanding and Innovative Talents in the Field of Statistics under Background of New Engineering

Li Chunjing, Dong Yi, Chai Yating, Yuan Xiaohui*

Changchun University of Technology, Changchun, Jilin 130012

Abstract : The continuous advancement and innovation in engineering and technology have become key driving forces for the development of human society. Under the context of new engineering disciplines, cultivating top-tier innovative talents in fundamental disciplines has become a critical strategic task in building China into a strong higher education nation. This paper reviews and summarizes the cultivation experiences of outstanding talents in universities, combines the characteristics of the statistics discipline, and explores the teaching platforms and methods for cultivating top-tier innovative talents in statistics. An empirical analysis is conducted through a survey questionnaire to examine the factors influencing talent cultivation quality. The study presents research methods and recommendations for enhancing the quality of cultivating outstanding and innovative talents in statistics within the new engineering discipline framework.

Keywords : new engineering; statistics; talent cultivation quality

引言

党的二十大报告强调了“为党育人、为国育才”的重要性, 特别指出要提升人才自主培养质量, 重点培养拔尖创新人才。这些人才是国家科技创新和社会经济发展的关键。新时代的拔尖创新人才不仅需要扎实的学科基础和科研能力, 还应具备创新意识、团队合作、跨学科思维和领导才能等综合素质, 以及社会责任感等人文素养, 这样能提高创新成果的有效转化率。统计学作为数据时代的关键学科, 其拔尖创新人才的培养尤为重要, 需要改革教育体制、课程设置和教学方法, 注重个性化培养, 挖掘学生潜能。本文旨在探索新工科背景下统计学基础拔尖创新人才的培养模式, 整合教学平台与方法, 推动科研创新。

一、文献综述

(一) “新工科”建设

党的十八大以来, 习近平总书记多次指出, 未来几十年, 新

一轮科技革命和产业变革将同我国加快转变经济发展形成历史性交汇, 工程科技进步和创新成为推动人类社会发展的

重要引擎。自2016年“新工科”概念提出以来, 教育部迅速推进建设, 形成了“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”, 旨在探索新时代工

项目/基金信息: 2023年吉林省高教科研重点课题, 新工科背景下统计学类课程的数字化教学资源平台建设研究, JGJX2023C29; 吉林省教育科学“十四五”规划2023年度一般课题, 统计学类基础拔尖创新人才培养模式研究, GH23347; 2022年吉林省高等教育教学改革研究课题, 立德树人背景下统计专业实验课程教学改革研究与实践, 20224BRW2A70048。

作者简介:

李纯净(1980—), 女, 理学博士, 长春工业大学数学与统计学院副教授(长春130012);

董艺(2001—), 女, 长春工业大学数学与统计学院硕士研究生(长春130012);

柴雅婷(1999—), 女, 长春工业大学数学与统计学院硕士研究生(长春130012);

通讯作者: 袁晓惠(1983—), 女, 理学博士, 长春工业大学数学与统计学院教授。

科教育的中国模式^[1]。新工科建设旨在培养具备“新素养”的未来工程人才。李慧等指出,课程思政应融入新工科专业建设,培养适应未来变化的高质量人才,实现教书与育人的统一^[2]。周波超等通过对比中美校企合作模式,提出了改进建议,为新工科建设提供参考^[3]。

（二）基础拔尖人才培养

随着新业态的兴起,传统理科和工科教育已无法满足时代需求,大学教育亟需转型。“新工科”强调科学、人文、工程的交叉融合,培养具备学科知识、整合能力、全球视野、领导力和实践能力的复合型人才,以应对复杂多变的社会环境,推动科技创新和社会发展。习近平总书记提出,“要全方位谋划基础学科人才培养”“走好基础学科人才自主培养之路”。基础学科是国家创新发展的关键,培养拔尖创新人才是重大战略任务。然而,国内关于研究型大学拔尖创新人才学业经历的研究主要集中在“制度”视角,探讨高校体制机制如何影响学生的学习效果,如马廷奇^[4],朱红^[5],李雄鹰^[6]。还有部分研究通过调查高校拔尖计划的学生现状,提出相关对策建议,为新时期加强高校基础学科拔尖创新人才培养提供依据和参考,如王磊^[7],张强^[8],徐艳茹^[9]。魏署光和陈敏认为要通过深入研究基础学科拔尖人才的成长发展规律、扎根中国大地培养基础学科拔尖人才的有效方法和高校基础学科拔尖人才培养效果评价机制,推动新时代高校基础学科拔尖人才培养质量提升^[10]。

（三）统计学专业人才培养

随着数据时代的到来,统计学专业成为新时代发展的重要支撑学科,拔尖创新人才培养效益日益凸显。国内学者对统计学人才培养进行了大量研究。傅德印建议从国家到高校层面创新制度和机制,加强专业建设,推动目标定位和人才培养体系的创新^[11]。高爽提出构建创新创业人才培养模式,提升学生实践能力和社会竞争力^[12]。赵丽萍等结合临床数据分析大赛,探讨了新医科人才培养的教学改革^[13]。

二、统计学类拔尖创新人才培养的教学平台与方法研究

在统计学领域,培养拔尖创新人才是教育的重要任务。本文结合统计学专业特色,探索新工科背景下统计学基础拔尖创新人才的培养模式,重点研究教学平台与教学方法的创新。

（一）教学平台研究

1.数字化教学资源平台:建设新工科背景下的统计学课程数字化平台,整合高等数学、概率论等课程,依托虚拟教研室和智慧课堂,实现线上线下融合,构建“智能+”时代的优质资源库。

2.课程思政融合:探索“三位一体”课程思政模式,将思政教育融入统计学课程,提升学生的法律意识、道德素养和社会责任感,培养具有爱国情怀的统计学人才。

3.竞赛平台管理体系:整合全国SAS数据分析大赛等竞赛资

源,搭建数字化教学平台,满足教师、学生和管理员的需求,支持竞赛报名、作品管理和证书发放等功能。

（二）教学方法研究

1.优化素质教育:通过思政课程和人文艺术课程,培养学生的胸怀格局、家国情怀和人文素养,强化思政引领作用。

2.大师引领师资建设:构建“大师+名师+导师”体系,聘请大师引领学术研究,名师授课提升课程质量,导师全程指导学生成长。

3.优化培养模式:基于“全人教育”理念,借鉴书院制模式,推行个性化培养和小班教学,深化教学改革,构建科学的课程体系。

4.导师制度:设立“育人导师”和“班级导师”,由一流专家和一线教师分别负责学生的学业、思想和生活关怀。

5.学科交叉与产学研融合:推进科教协同育人,打破学科壁垒,依托实训基地和竞赛平台,提升学生的创新创业能力。

（三）探索与创新

1.虚拟教研室与大数据融合:构建基于大数据的虚拟教研室平台,促进优质课程共建共享,推动基层教学组织建设。

2.课程思政与信息化改革:通过信息化教学手段,结合专业案例和社会经济数据,挖掘德育元素,提升学生的统计分析和问题解决能力。

3.竞赛平台建设:以赛促教、以赛促学、以赛促研,通过竞赛平台推动教育教学改革,全面培养学生的专业技能和实践能力。

三、统计学基础拔尖创新人才培养质量的影响因素分析

本节通过问卷调查(回收652份有效问卷),探讨影响统计学基础拔尖创新人才培养的关键因素,基于解释结构模型和三螺旋理论,构建了素质结构、培养结构和知识结构三个维度的分析框架。

（一）基于解释结构模型和三螺旋理论的影响因素构建

本文借鉴李高申的应用型创新人才培养解释结构模型^[14],基于“三螺旋理论”,将院校、企业、环境三个层面缩小至院校层面,构建了素质结构、培养结构和知识结构三个维度的影响因素。解释结构模型由J.N.沃菲尔德提出,用于分析复杂社会经济系统的结构问题。三螺旋理论由亨利·埃茨科维兹和劳埃德·雷德斯多夫提出,用于分析知识经济时代政府、产业和大学之间的互动关系。三者相互作用,形成螺旋上升的“三重螺旋”关系。在统计学基础拔尖创新人才培养中,知识、培养和素质三者紧密相连,构成了人才培养的“三重螺旋”。

基于解释结构模型和三螺旋理论,将影响因素分为素质结构(思政建设 X_1)、培养结构(师资力量 X_2 、学习资源 X_3 、培养模式 X_6 、学校政策 X_8)和知识结构(课程设置 X_3 、实验与实践机会 X_4 、竞赛培养 X_7)。问卷采用1-5标度法评估各因素的重要性。

表1 统计学基础拔尖创新人才培养质量的影响因素

维度	因素	说明
素质结构	思政建设	开展教育、引导和实践思想政治教育等
培养结构	师资力量	教师是否具有实践能力、是否有经验丰富 的外聘教师、是否对本校教师进行专业培训等
	学习资源	奖评机制、实验室、图书资料等是否满足需要
	培养模式	是否具有适合统计学人才培养的培养模式
	学校政策	各项规章制度、考奖评机制是否利于人才培养
知识结构	课程设置	统计学专业课程设置是否合理
	实验与实践机会	学校是否为学生提供试验与实践机会
	竞赛培养	是否积极组织和参加学科竞赛

（二）信效度分析

如表2所示，克隆巴赫系数为0.827，大于0.7，证明数据一致性和可信度较高。KMO值为0.953，大于0.7，且巴特利特球形度检验结果的显著性为0.000，小于0.05，说明统计学基础拔尖创新人才培养影响因素数据具有良好的信效度，说明调查数据具有可靠性和有效性。

表2 信效度分析

克隆巴赫系数		0.827
KMO 值		0.953
巴特利特球形度检验	近似卡方	6928.052
	自由度	28.000
	显著性	0.000

（三）因子分析

为了更好地了解哪些因素如何影响统计学基础拔尖创新人才的培养和发展，本文通过因子分析获得各影响因素的权重，一般来讲，权重越大，说明该指标对地方院校统计学基础拔尖创新人才培养质量的影响就越大，有助于优化学校的教育环境和培养模式，进一步提升统计学专业的教育质量和学术水平。

表3 总方差解释

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %
1	6.564	82.049	82.049	6.564	82.049	82.049
2	0.566	7.073	89.122	0.566	7.073	89.122
3	0.242	3.020	92.142			
4	0.183	2.285	94.428			
5	0.145	1.807	96.235			
6	0.128	1.601	97.836			
7	0.095	1.186	99.022			
8	0.078	0.978	100.000			

提取方法：主成分分析法。

表4 成分得分系数矩阵

影响因素	成分1	成分2
思政建设	0.106	1.259
师资力量	0.143	-0.177
课程设置	0.142	-0.118
实验与实践机会	0.142	-0.033
学习资源	0.143	-0.266
培养模式	0.144	-0.230
竞赛培养	0.137	-0.005
学校政策	0.141	-0.107

提取表3中特征值累计贡献率大于等于85%的因子个数，选出了两个因子，累计方差贡献率为89.122%，由表4得因子得分函数为

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0.106X_1 + 0.143X_2 + 0.142X_3 + 0.142X_4 + \\ &\quad 0.143X_5 + 0.144X_6 + 0.137X_7 + 0.141X_8 \\ Z_2 &= 1.259X_1 - 0.177X_2 - 0.118X_3 - 0.033X_4 - \\ &\quad 0.266X_5 - 0.230X_6 - 0.005X_7 - 0.107X_8 \end{aligned}$$

根据因子分析，第一个因子“教学环境”包含师资力量、课程设置、实验与实践机会、学习资源、培养模式、竞赛培养和学校政策。这些因素共同优化教育资源配置，激发学生创新思维和实践能力，提升综合素质，增强未来竞争力。良好的教学环境是培养高素质人才的基础。第二个因子“思政建设”侧重于培养学生的学术诚信和社会责任感，确保数据分析的伦理性和科学性。思政教育帮助学生关注社会效益和公平正义，激发其参与社会进步的动力，推动国家发展。加强思政建设是提升人才培养质量的重要保障。

综上，“教学环境”直接提升学生的学术和创新能力，“思政建设”间接促进全面素质发展。两者相辅相成，共同推动统计学专业人才培养的高质量培养。

四、结论及建议

本文针对新工科背景下统计学基础拔尖创新人才的培养，提出了教学平台、教学方法及影响因素的研究方法与建议，旨在推进数字化教学资源平台建设，促进课程思政与技能培养融合，并以竞赛为引导创新教学方法。

第一，比较研究法：结合新工科特点，推进线上线下结合的教学模式，创新多媒体课件，融入统计软件实例。通过观察法调研省属高校数字化教学资源平台现状，探讨共性及个性问题，推动高校统计类课程数字化平台建设。

第二，案例分析法：从能力和德育两个维度，将课程思政融入案例教学和实践教学，培养具有品德、应用能力和创新创业能力的高素质人才。通过案例教学法，将思政元素融入假设检验等教学内容，帮助学生树立正确的世界观、人生观和价值观。

第三，文献调查法：关注新工科背景下统计学类数字化教学

资源平台的前沿与热点，鼓励学生参加学科竞赛，设计“专业与共享型案例”库，将研究性、创新性内容引入教学平台。通过竞赛平台，激发学生主观能动性，提升知识实用性，并在数字化平台上建立竞赛论文库，促进师生互动。

第四，因子分析法：优化教学环境，构建多元化学术支持体

系，提供丰富实践机会，强化学生动手能力和创新思维。加强校企合作，设立实习基地和科研项目，融入思政元素，培养学生思想政治素质和社会责任感，全面提升统计学拔尖创新人才的培养质量。

参考文献

[1]周静,刘全菊,张青.新工科背景下实践教学模式的改革与构建[J].实验技术与管理,2018,35(03):165-168+176.

[2]李慧,李亮,刘崧佐.新工科视角下课程思政建设挑战及应对策略[J].黑龙江高教研究,2023,41(04):157-160.

[3]周波超,孙国强,王超.新工科建设背景下校企合作模式研究与实践探索[J].教育教学论坛,2023,(51):5-8.

[4]马廷奇.一流学科建设与拔尖创新人才培养[J].国家教育行政学院学报,2019,(03):3-10.

[5]朱红.建构一流本科生科研参与的大学环境——基于挑战与支持视角的质性研究[J].国家教育行政学院学报,2019,(04):47-54.

[6]李雄鹰,秦晓晴.“拔尖计划”学生学习性投入与学习收获的关系研究——兼论大学生深度学习的推进[J].江苏高教,2019,(12):102-108.

[7]王磊,蒋莹,明桦,等.基础学科拔尖学生培养模式对大学生创造性的影响[J].黑龙江高教研究,2020,38(01):71-76.

[8]张强,徐孝刚.基础学科拔尖培养计划学生德育现状调查研究[J].山东师范大学学报(自然科学版),2021,36(02):188-192.

[9]徐艳茹,刘继安,王培菁,等.基础学科拔尖计划项目本科生学业历程的自我塑造研究[J].江苏高教,2022,(11):32-38.

[10]魏曙光,陈敏.本科生学习效果影响机制研究——基于华中科技大学SSLD的分析[J].高等工程教育研究,2016,(02):167-173.

[11]傅德印.新时代统计学专业人才培养创新及路径[J].统计学报,2023,4(01):17-22.

[12]高爽.应用型高校经济统计学专业创新创业人才培养模式探索[J].科技创业月刊,2021,34(04):113-116.

[13]赵丽萍,刘文,蒋涛,等.从“首届临床数据分析大赛”浅谈临床试验统计学的人才培养[J].中国卫生统计,2023,40(04):590-592.

[14]李高申.应用型创新人才培养影响因素分析及对策[J].中国成人教育,2017,(05):69-71.

新工科背景下数据科学与大数据技术专业 人才培养体系构建

杨凯, 孙明昱, 王纯杰*

长春工业大学 数学与统计学院, 吉林 长春 130012

摘 要 : 本文主要在“新工科”背景下,对数据科学与大数据技术专业人才培养体系的构建进行探究,论述了在“新工科”背景下数据科学与大数据技术专业人才培养体系建设的意义,明确了“新工科”背景下该专业人才培养所面临的问题,并从精准的培养目标、精细的培养方案、精良的师资队伍、精实的实践平台、精当的人才检验五个方面为立足点,提出了构建人才培养体系的对策。最后,主张从思想政策、组织人员以及实践教学三方面保障相关人才培养体系构建实施。

关 键 词 : 新工科; 数据科学与大数据技术专业; 人才培养体系

Construction of Talent Training System for Data Science and Big Data Technology under the Background of New Engineering

Yang Kai, Sun Mingyu, Wang Chunjie*

School of Mathematics and Statistics, Changchun University of Technology, Changchun, Jilin 130012

Abstract : This paper mainly explores the construction of data science and big data professional talent training system under the background of "new engineering". This paper discusses the significance of the construction of data science and big data talent training system under the background of "new engineering", clarifies the problems faced by the talent training of this major under the background of "new engineering", and takes five aspects as the basis: precise training objectives, fine training programs, excellent teaching staff, excellent practice platform, and practical excellent talent testing. The countermeasures of constructing the system of talent training are put forward. Finally, it advocates the construction and implementation of the relevant personnel training system from three aspects: ideological policy, organizational personnel and practical teaching.

Keywords : new engineering; data science and big data; talent training system

一、问题的提出以及意义

2016年底,习近平总书记指出:“我们对高等教育的需要比以往任何时候都更加迫切,对科学知识和卓越人才的渴求比以往任何时候都更加强烈。”^[1]因此,教育部为贯彻落实习近平新时代中国特色社会主义思想,携手全国高校,积极推进“新工科”建设,培育高素质复合型“新工科”人才。

在新工科背景下,数据科学、大数据、人工智能等领域展现出迅猛的发展态势,为社会产业变革和科技创新注入了强大的动力和活力。以数据为核心的数字化转型浪潮正推动着数据科学与大数据技术的广泛应用,从而催生出一系列前沿技术、方法和工具,引领着人类社会向数据驱动的未来迈进。随着数字化转型的浪潮愈演愈烈,数据科学与大数据技术凭借其在现代社会和经济中的关键作用,成为推动行业创新发展的重要驱动力。然而,在传统的工科背景下,对数据科学与大数据技术的人才培养相对较少,传统工科专业人才缺乏对数据分析和处理的相关知识和技

能。因此,构建适应新工科背景的专业人才培养模式不仅是应对时代需求的必然选择,更是维系国家核心竞争力和发展动力的迫切要求。

二、人才培养体系之路,明确面临三大“关”

(一) 培养目标定位关

培养目标定位决定了人才培养的方向和质量,在整个人才培养体系中处于核心地位。学校在确立人才培养目标时不能一概而论,定位数据科学与大数据技术专业人才的培养目标需要平衡多元化需求、深度与广度、未来导向的挑战以及培养创新与综合能力。

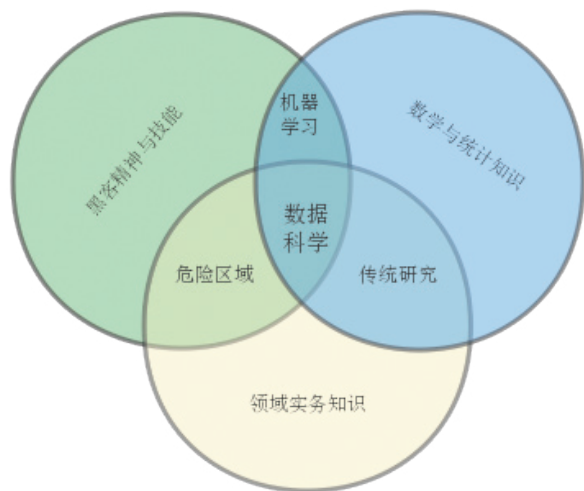
首先,需要平衡不同行业和领域对人才的需求,确定培养目标。这要求学校与行业保持密切联系,了解市场需求,并根据人才市场的动态进行调整。其次,需要明确数据科学与大数据技术专业的办学定位,数据科学与传统学科的区别在于其是一门交叉

项目/基金信息:国家自然科学基金项目(11901053);吉林省自然科学基金项目(20220101038JC);吉林省高等教育教学改革研究重点课题(JLJY202122172803)。

作者简介:杨凯(1984.08-),男,汉族,博士,副教授,博士生导师,主要从事时间序列分析,高等教育理论方面的研究工作。

通讯作者:王纯杰(1978.09-),女,汉族,博士,教授,博士生导师,主要从事生物统计分析,高等教育理论方面的研究工作。

型学科，数据科学处于统计学、机器学习与领域知识的交叉之处^[2]，如图1所示。但数据科学作为新兴研究，不仅仅是简单的“数据科学=统计学+机器学习”，学校需要权衡学科培养的深度与广度，确定适合自身定位以及学生需求的培养目标。数据科学与大数据技术领域的技术和应用在不断变化，学校需要根据未来的趋势和预测，调整培养目标。这要求学校具有前瞻性的眼光和能力，紧密关注行业的发展动态，参与相关研究和实践，将最新的技术和趋势纳入培养目标的制定。



> 图1 Drew Conway的数据科学韦恩图^[7]

（二）课程体系建立关

课程体系的建立是实现培养目标的决定根本保障，课程体系设计不合理，其结果必然导致人才培养方向的偏移和人才培养质量的下降。课程体系的固化会导致人才培养与社会需求脱节，人才社会适应性差。但同时注意的是，如果课程体系的改革仅仅片面追求课程数量和规模，也会使得课程建设“碎片化”，“割裂化”等问题。学校要充分认识到课程体系的建立不是一蹴而就或一朝一夕的事情，尤其是对于数据科学这样一门与领域知识和行业实践高度交融的学科，对于课程体系建设要不断深入、不断探索、不断提升。

由于数据时代瞬息万变，大数据人才需求也在相应发生变化，构建适合新工科背景下培养数据科学与大数据技术人才的课程体系的关键在于合理跨学科整合、及时更新技术与知识、设计实践环节、灵活调整课程设置以及建设优秀的教师队伍等方面。因此，要在“一个信念、两种意识和三个关键”的引领下建设适合学生发展的相对稳定的课程体系。具体来说，课程体系的建立要以提供适合学生发展的课程为信念，树立课程意识和课程体系意识，站在“整体育人”的高度搭建科学合理、充满活力的课程结构，并不断依据市场调研和人才需求动向，及时灵活的更新课程体系^[3]，才能实现育人目标和课程目标的对应转化。

（三）人才质量检验关

健全完备的人才质量评价和检验制度，是人才培养的质量的全面保障。对于以往传统学科，我们强调培养人才要一专多能，要具备专业的理论知识。而对于数据科学与大数据技术专业人

才。但数据科学和大数据领域发展迅猛，新的技术和方法不断涌现。新工科背景下，针对数据科学与大数据技术专业人才培养的评估和认证标准仍在完善中。目前缺乏统一的、权威的评估和认证体系，对学校的数据科学与大数据技术专业人才培养质量进行客观全面的评价仍然存在一定难度。克服这一难关，还需要学校与行业、学术界等各方面通力合作，共同努力提升培养质量和合格性的标准。

三、卓越人才培养体系，五“精”建设助构建

随着数据规模的爆炸性增长和技术的迅猛进步，对于具备数据分析、挖掘和应用能力的专业人才的需求也越来越迫切。因此，构建高质量的数据科学与大数据技术专业人才培养体系成为了一个迫切而重要的任务。在构建数据科学与大数据技术专业人才培养体系时，我们必须关注培养目标、培养方案、师资队伍、实训平台以及检验标准的建设等关键要素。

（一）精准的培养目标建设

根据教育部“双万计划”和“六卓越一拔尖”计划2.0文件精神，依托学校工科优势和专业特色，结合国家大数据战略和地方大数据人才需求，凸显“数据科学与大数据技术”理学专业的优势特色，对于数据科学与大数据技术专业，确定培养目标为：培养具有鲜明工科特色的创新型大数据分析人才。学校要紧跟“一个总体部署、三项核心任务”的步伐，践行新工科“数据科学与大数据技术”理学专业人才培养的革命。

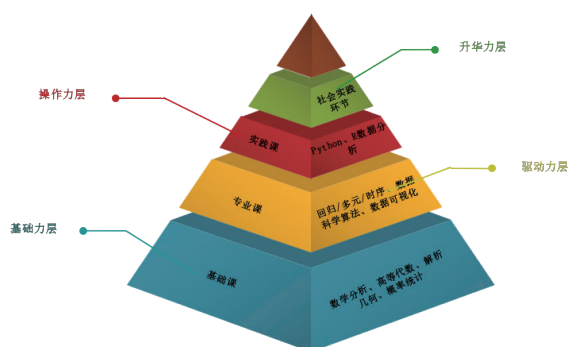
学校以德、智、体、美、劳五育并举，全面协调发展为宗旨，将培养目标具体分为了五个方面。首先，要求学生树立正确的“三观”：人生观、价值观和道德观。学生需要具有深厚的人文底蕴、严谨的科学精神，能够自觉遵守职业道德，承担和履行社会相应责任；第二，学生拥有一定的外语水平，可以熟练阅读外文文献，搜索外文资料资源，满足科学研究和实际工作需求；第三，培养学生具有较强的沟通能力、良好的协作精神。身为交叉学科人才，要在多学科背景下的团队中能够团结协作，积极探索，共同进步；第四，在扎实的专业理论基础之上，学生应具备一定的辩证意识和创新思维，掌握数据科学的基本知识和常用方法；最后，学生要做到“已知促行，以行求知”，将理论和实践相结合，熟练地搭建大数据分析平台，并在此基础上解决金融、经济、医疗、工业等领域的复杂问题。

（二）精细的培养方案建设

坚持“重理论”“强算法”“厚实践”的原则，根据培养目标和毕业要求，结合地方乃至全国数据产业的岗位需求，和学校的学科优势，合理的设置专业人才培养方案。依据“螺旋式上升，交互式发展”的指导思想，以地方工科院校为主阵地进行改革与实践，探索出一条新工科院校大数据专业的生存和发展之路。

学校以数据科学与大数据技术学科的交叉特点^[6]出发，建立以思政通识课程为引导，统计学、数学、计算机科学与技术学科为主干，实践教学为辅助的课程体系。学校开设了四大模块核心课程：数学模块、统计学模块、计算机科学模块和数据科学模

块,和两大特色课程:产学研合作、专业综合设计类课程,课程设计如图2所示。通过建立合理的课程体系,高质量培养优秀的数据科学与大数据技术专业人才,满足数字时代下国家和地方的经济社会发展需求。



> 图2 课程体系层次

（三）精良的师资队伍建设

坚持理论教学与实践教学相结合,打造“双师型”教师队伍。建立创新型人才培养体系,需要建设一支精良的师资队伍,提供高质量的教学和培养,培养出适应新工科需求的数据科学与大数据专业人才。

大数据专业的师资队伍建设,合理整合现有的教师资源,学校积极招聘具有相关学科背景和丰富教学经验的资深教师。教师要能够传授深入的学科知识,并帮助学生理解和应用数据科学与大数据技术的核心概念与技术。并且积极发展继续教育和专业,通过参加研讨会、研究项目、行业交流等多种方式,使得教师跟随数据科学与大数据技术领域的最新发展。为了培养适应市场需求的人才,还需要侧重企业导师的设立,建立企业导师库。学校聘请具有丰富行业经验的教师或将行业专业人士纳入教学团队,他们可以为学生提供现实世界的案例和实践经验,帮助学生更好地理解和应用数据科学与大数据技术。教师运用先进的教学技术和方法,结合实际案例和项目,提供实践机会,激发学生的学习兴趣和创新思维。“双师型”教师团队可以让学生既能获得专业的数据科学知识,又能得到实用的大数据分析技能。

（四）精尖的实训平台建设

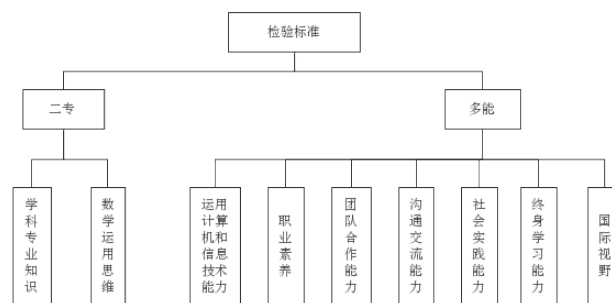
深入加强“产、学、研”融合,倾力打造“高、精、尖”实训平台。大数据分析与实践离不开精尖的实训平台。尤其是在新工科背景下,实训平台的搭建便于学生真切的了解大数据分析的具体任务,有助于学生从实践中获得生存技能。

学校着力研究大数据产学研实训平台的建设与改革方案,从与行业的合作、跨学科课程的提供、实验室和平台的搭建、强调实践与创新、推动学术研究以及建立行业导向的评估机制等方面入手。投资建设适用于大数据产学研实训的实验室和平台,搭建高性能计算环境、云计算平台、大数据处理和分析工具等,以支持学生进行实践和实验。同时,学校可以与云服务提供商合作,提供云资源来支持学生的大数据实训,鼓励学生参与大数据产学研实训项目,参与实际的数据分析项目、比赛或创新竞赛。学校设立专门的研究中心、实验室或项目,支持学生和教师的研究工作,并与行业合作推动学术成果的转化和应用。

（五）精当的检验标准建设

坚持以人为本,把人才培养的质量和效果作为检验一切工作的根本标准。学校要求本专业学生主要掌握数据科学和大数据技术的基本理论和方法,具备坚实的数学基础和娴熟的编程能力,培养一定的经济学素养,具有较好的理学素质,学习到大数据分析与应用、算法研发和计算机操作的基本训练,具有大数据处理和统计分析的基本能力。

在课程体系的框架下,培养出满足数据科学与大数据技术专业要求的“二专多能”人才,简要概括如图3。所谓二专,一“专”是指具有扎实的数据科学与大数据技术的理论基础和专业基础,掌握必备研究方法;二“专”是指拥有数据思维,根据数据的特点选用恰当的大数据分析方法进行分析、推断和预测,并会学以致用,融会贯通。“多能”,首先是“能”具备相关的计算机专业知识,拥有一定的编程和算法研发能力,可以熟练搭建大数据平台并进行大数据分析。其次,“能”有较好的科学与文化素养,有一定的军事基本知识和较强的社会责任感和良好的职业道德,能够践行社会主义核心价值观,并承担和履行相应的责任;“能”够与团队成员和谐相处,协作共事,并作为成员或领导者在团队活动中发挥积极作用^[4];然后,“能”有一定的沟通表达能力、在多学科交叉背景下的团队中发挥作用的能力,并能用外语在跨文化背景下进行沟通和交流;“能”对本专业、本行业领域中的复杂问题进行综合分析,并提出相应对策或解决方案;“能”有终身学习意识和自我管理、自主学习能力,不断进行知识更新和追求自我发展;最后,“能”具备一定的国际视野,政治思维和宽泛的国际视角,了解国际局势的新动态,与国外学者交流本专业中的新突破、新发展。



> 图3 “二专”多能人才检验标准

四、坚固人才培养体系,稳扎稳打保落实

（一）思想政策引导

以习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的十九大精神为指导,以《教育部办公厅关于推荐新工科研究与实践项目的通知》、《关于实施一流本科专业建设“双万计划”的通知》等文件精神为依据,保障数据科学与大数据技术人才体系培养的各项工作顺利实施。

（二）组织人员保障

成立“数据科学与大数据技术”专业人才培养体系建设领导小组,在领导小组的指导下,通过网络、电话和走访等形式广泛

调研，充分讨论，群策群力，调动一线教师的积极性，形成课程小组集中讨论培养方案和课程教学大纲，学时、学分、学期等诸多内容均要经过充分详细的讨论，以保障人才培养方案的质量。

（三）重视实践教学

坚持实行“企业导师制”，建立“产学研”^[5]实习基地，搭建大数据分析实训平台，保证学生可以边学边用，产学研结合，从实践中来，到实践中去。建立有效的反馈机制，提供持续的指导和评估，帮助学生不断改进和成长。通过定期的反馈、评估和追踪，帮助学生了解自己的优势和不足，制定个人发展计划，提升自身能力和素质。

五、结语

数据科学和大数据技术已经成为当今社会的核心驱动力，对于国家的创新、经济发展、社会治理和科学研究都起到了重要的推动作用。因此，在构建数据科学与大数据技术专业人才培养体系时，需要紧密结合国家和社会的需求。通过培养高素质的数据科学与大数据技术专业人才，可以为国家的发展和社会的进步提供重要的支持和推动力。同时，注重数据伦理和安全问题的培养，能够保障数据科学与大数据技术的应用是可信的，为国家和社会带来更多的福祉和利益。

参考文献

[1]杨建新. 全力行高等教育内涵式高质量发展 [J]. 群众, 2023(07): 52-53.
[2]朝乐门, 邢春晓, 张勇. 数据科学研究的现状与趋势 [J]. 计算机科学, 2018, 45(1): 13.
[3]刘颖, 王爱莲, 张可心, 等. 数据科学与大数据技术专业建设思考与洞见 [J]. 科教文汇, 2020.
[4]郝旭光. 论高水平大学课堂教学的“六度”——以“组织行为学”为例 [J]. 山东工商学院学报, 2023, 37(1): 39-48.
[5]李琪飞, 李寿图, 张钊. 新工科背景下产学研协同创新人才培养体系研究 [J]. 课程教育研究, 2019(11): 2.
[6]宋莹, 王兴芬, 张伟. 新工科背景下多学科交叉融合的大数据人才培养新模式探索 [J]. 创新教育研究, 2019, 7(5): 608-612.
[7]Schutt R, O' Neil C. Doing data science: Straight talk from the frontline [M]. O' Reilly Media, Inc., 2013: 7.
[8]Baumer B. A data science course for undergraduates: Thinking with data [J]. The American Statistician, 2015, 69(4): 334-342.

发展多层次社会保障体系目标下社会保障专业教学面临的挑战与对策研究

肖彩波¹, 刘红卫^{2*}

1. 桂林医科大学人文与管理学院, 广西 桂林 541199

2. 桂林电子科技大学数学与计算科学学院, 广西 桂林 541004

摘 要 : 健全多层次社会保障体系是老龄化社会发展的必然要求, 多层次社会保障体系的核心在于责任主体、筹资渠道、保障方式的多元化。健全多层次社会保障体系的目标对当前社会保障专业教学在教材内容、教学方法等方面提出了挑战, 迫切需要结合我国国情对社会保障专业教材内容进行修订和完善, 丰富教学方法, 激发市场和社会主体参与专业学生的培养过程, 为健全多层次社会保障体系目标的实现培养高水平的专业人才。

关 键 词 : 多层次社会保障体系; 专业教学; 挑战; 对策

Challenge and Strategy on Social Security Teaching and Learning with Multi-level Social Security System

Xiao Caibo¹, Liu Hongwei^{2*}

1.School of Humanities and Management, Guilin Medical University, Guilin, Guangxi 541199

2.School of Mathematics and Computing Science, Guilin University of Electronic Technology, Guilin, Guangxi 541004

Abstract : A sound multi-level social security system is an inevitable requirement for the development of an aging society. The core of a multi-level social security system lies in the diversification of responsibility subjects, financing channels, and security methods. The goal of improving the multi-level social security system poses challenges to the current teaching and learning of social security majors in terms of textbook content and teaching methods. It is urgent to revise and improve the content of social security professional textbooks in accordance with China's national conditions, enrich teaching methods, stimulate market and social entities to participate in the training process of professional students, and cultivate high-level professional talents for the realization of the goal of a sound multi-level social security system.

Keywords : multi-level social security system; professional teaching; challenge; countermeasure

引言

社会保障是推动全体人民共同富裕取得更为明显的实质性进展的重要手段, 2022年4月15日,《求是》刊载习近平总书记“促进我国社会保障事业高质量发展、可持续发展”的文章, 习总书记指出“社会保障关乎人民最关心最直接最现实的利益问题, 我们要加大再分配力度, 强化互助共济功能, 把更多人纳入社会保障体系, 为广大人民群众提供更可靠更充分的保障, 不断满足人民群众多层次多样化需求, 完善覆盖全民、统筹城乡、公平统一、可持续的多层次社会保障体系, 进一步织密社会保障安全网”。并提出要立足国情、积极探索、大胆创新, 建设中国特色社会保障体系^[1]。

多层次社会保障体系是各国社会保障发展的基本取向, 也是构建中国特色社会保障体系的既定目标。1994年, 世界银行在发布的《防止老龄化危机》中率先提出建立“三支柱”养老保险体系, 主张构建责任主体多元化、筹资渠道多样化、保障水平合理化的养老保险体系, 2005年, 又在“三支柱”的基础上提出“五支柱”改革思路, 在老龄化背景下, 构建多层次养老保险体系成为国际共识^[2]。我国在1991年提出构建多层次养老保险体系, 随着基本养老保险和基本医疗保险制度全覆盖的实现、社会救助兜底功能和社会福利促进发展功能的不断完善, 建立健全多层次社会保障体系成为我国社会保障制度发展的新目标。多层次社会保障体系的构建不仅会对社会保障

项目/基金信息: 广西哲学社会科学课题研究课题一般项目(23FGL029); 广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(2022KY0470); 广西八桂学者“社会医学与卫生事业管理”基金资助。桂林电子科技大学教育教学改革课程建设项目(JGKJ202324)。

作者简介: 肖彩波(1984-), 女, 河北石家庄人, 博士研究生, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向: 社会保障及相关;

通讯作者: 刘红卫(1978-), 男, 河北石家庄人, 博士研究生, 副教授, 硕士生导师, 研究方面为: 保险精算, 金融数学, 邮箱: lhw_28@163.com。

制度建设、政策改革及实践产生影响，还会对社会保障理论研究及社会保障专业教学产生影响，需要从专业课程完善、教材改编、教学内容及方法等多个方面进行调整，以符合多层次社会保障体系的理论内涵及实践要求。为此，本文将就相关问题展开讨论和研究，本文余下部分安排如下：首先，对多层次社会保障内涵及表现进行厘清和界定；其次，结合目前的教材内容、教学方法等论述多层次社会保障体系给社会保障专业教学带来的挑战；最后，探讨如何对现有的社会保障专业教学进行改革和完善以适应多层次社会保障体系发展的需求。

一、多层次社会保障体系的内涵及表现

二战结束之后，英国以贝弗利奇报告为蓝本在短短的三年时间内构建了一个包括社会救助、社会保险、社会补贴和社会服务等计划在内的社会保护网，为所有公民提供了一个“从摇篮到坟墓”的服务保障体系，率先建成“福利国家”。20世纪70年代的经济危机及日渐严重的老龄化问题使英国政府财政负担不断加重，其他西方国家也面临类似问题，各国开始探索社会保障改革方案。在此背景下，世界银行提出的“三支柱”养老保险方案得到了许多国家的认可和响应，2005年世界银行又在原来的基础上提出“五支柱”的养老保险体系^[9]。与政府负主要/全部责任的传统社会保障体系相比，不论是“三支柱”还是“五支柱”，都主张社会保障责任主体多元化、筹资渠道多样化和保障水平合理化，使制度发展更具可持续性，更符合人口老龄化及经济社会发展的需要，是我国多层次社会保障体系的理论渊源。

1991年6月，国务院颁布了《关于企业职工养老保险制度改革的决定》，提出逐步建立起基本养老保险与企业补充养老保险和职工个人储蓄性养老保险相结合的制度，即多层次养老保险制度，这也是我国较早对社会保障中的主要构成部分——养老保险制度进行的多层次界定，多数社会保障专业教材对多层次养老保险体系的界定也遵循了这一界定，如刘振江(1995)，王延中等(2017)等。也有部分教材从其他视角对多层次社会保障体系作了界定^[4-5]，如：谢冰主编的教材《社会保障概论》中提到多层次社会保障体系主要分三个层次，一是资金全部由财政负担的针对城乡贫困家庭和居民等特殊群体的“托底层”，二是权利与义务相关联的社会保险构成的“主干层”，三是包含企业年金、补充医疗保险等在内的“补充层”^[6]。郭士征在其主编的教材中专门用一章的内容介绍补充保障，并将补充保障定义为基本保障的补充，二者共同构筑了多层次社会保障体系框架^[7]。

此外，学术界也结合世界银行的“三支柱”“五支柱”理念对多层次社会保障体系内涵进行了相关探讨，郑定栓(1997)提出多层次社会保障体系包括：保障结构、保障项目的多层次，保障基金筹集的多层次，保障方式的多层次和保障待遇水平的多层次^[8]。林义(2017)认为多层次养老保险制度是多数发达国家的目标模式，其推进路线一般是基本+企业+个人储蓄养老保险的逻辑路线，但各层次的具体组合和二、三层次的发展重心，呈现出国家间差异化的发展趋势^[9]。郑功成(2019)认为多层次社会保障体系实质上是对原有单一层次法定社会保障的一场深刻的结构性改革，它重构了社会保障制度的责任分担机制，充分调动了市场

主体与社会力量参与的积极性，确保整个社会保障体系能够可持续发展^[2]，郑秉文(2019)根据商业保险参与社会保障体系的政策支持力度大小将其归纳为五种类型：普通型、合作型、补贴型、创新型和税优型，不同类型应采取不同发展思路来促进其在多层次社会保障体系中发挥相应的作用^[10]。尽管教材、学术期刊对多层次社会保障体系的描述存在一定差异，但在多层次社会保障体系的责任主体多元化、筹资渠道多样化等实质性方面是一致的。我国幅员辽阔，在长期的发展过程中，区域之间、城乡存在较大差距，多层次社会保障体系在我国的发展应遵循我国的国情，各层次构成情况及责任比例在不同区域及城乡之间应存在差异，而不应去完全按照“基本+企业+个人”的单一路线来推进。健全多层次社会保障体系目标对社会保障专业人才培养提出了更高的要求，对当前社会保障专业教学提出了挑战。

二、健全多层次社会保障体系对社会保障专业教学的挑战

党的十九大报告对多层次社会保障体系发展的描述是“按照兜底线、织密网、建机制的要求，全面建成覆盖全民、城乡统筹、权责清晰、保障适度、可持续的多层次社会保障体系”，二十大的描述是“健全覆盖全民的多层次社会保障体系”。从“全面建成”到“健全”体现了对我国多层次社会保障体系高质量发展的要求，从“权责清晰、保障适度”到“公平统一、安全规范”体现了多层次社会保障体系在不同发展阶段具体目标的差异。多层次社会保障体系发展目标等相关要求不仅对社会保障的具体实践及理论研究产生了影响，还对社会保障专业教学产生了很大的影响，对目前社会保障专业的教程内容、教学方法及教师知识结构提出挑战。

(一) 对社会保障专业教材建设的挑战

“健全”凸显了多层次社会保障体系从建成到高水平、高质量发展的要求，具体包括促进法定保障层次的成熟稳定发展、理顺不同层次间的关系及比重、推动商业保险的主动深度参与、修复家庭责任主体的功能、激发社会组织的参与等，与“建成”相比“健全”更强调公平统一和安全规范。多层次社会保障体系发展目标由“建成”到“健全”对社会保障专业人才培养提出了更高的要求，需要学生以社会保障专业知识为核心，结合其他有关专业知识，形成复合知识体系，即学生不仅要掌握社会保障专业基础理论知识，还应具备一定的保险学、社会学等相关专业的基础理论知识，并且在不同的专业知识之间建立起关系网络，才能

具备促进多层次社会保障体系高质量发展的基础。但已有社会保障专业教材仅发挥了介绍社会保障基础理论知识的作用,对多层次社会保障体系所涉及的多个主体、不同保障水平及保障目标方面关注较少,尚未在教材内容中融入多层次社会保障体系的多个主体、多样化筹资渠道等内容及理念。

已有社会保障专业教材对多层次社会保障体系的系统介绍较少,多数教材仅对多层次养老保险体系或多层次医疗保险体系等作了零散介绍,对社会保险与商业保险的关系的介绍也较少且非常笼统。如:仅对二者的区别和联系作了笼统的说明,并未结合具体的保障项目内容进行详细的说明。这就导致学生对多层次社会保障体系中法定保障项目的认识停留在表层,如:能认识到法定保障项目的保障水平是基本生活需求(或生存需求),是“雪中送炭”,但对什么时候送炭、送多少炭缺少评判,即对基本生活(生存)需求水平测定方法及合理性等方面缺少思考;已有教材多将商业保险比作是“锦上添花”,锦上添花的前提是有“锦”,即有完善的法定保障项目作为基础,但法定保障项目的完善对商业保险的购买是促进还是抑制,不仅与法定保障项目的保障水平有关,还与居民的保险意识、购买能力、保险市场发展情况等要素有关,不能因为商业保险购买率低就扩大法定保障项目的责任,要明确界定政府法定保障的权责界限,这也是社会保障能够形成安全规范、可持续发展的多层次保障体系的关键。

已有社会保障专业教材内容主要对现代社会保障理念及内容进行介绍,对中国传统保障理念的介绍不足。根据中国式现代化的本质要求,多层次社会保障体系高质量发展的实现需要以中国国情为基础,形成中国式多层次社会保障体系。结合中国国情发展多层次社会保障体系离不开对传统保障方式及理念的认识、学习和继承。在我国传统社会,绝大多数社会群体的保障来源主要是家庭、家族和宗族,并形成了以族产作为经济支持和家法族规作为制度性约束的保障机制,根植于我国乡土社会小农经济中的传统保障方式延续到民国年间仍然盛行不衰^[11],甚至在当代社会仍然可见宗族保障的影子,具有很强的生命力和适应力,应该成为我国多层次社会保障体系的一个重要构成部分,尤其是对欠发达地区农民而言,其购买商业保险的经济能力很弱,很难通过提升市场主导的商业保险产品购买率来发展第三层次,而第二层次的补充性质养老保险和医疗保险也很难发展,结合农村当前特点发展现代的家庭保障更具有可行性和现实性。但已有社会保障专业教材中对传统保障的理论介绍非常少,更多的教材是在介绍源于西方的现代社会保险等理论,使学生很难对我国传统保障方式形成系统的认识和理解,甚至产生我们一直在模仿西方的错觉,不仅不利于传统保障方式融入多层次社会保障体系,更不利于培养民族文化自信。

(二) 对社会保障专业教师理论体系的挑战

健全多层次社会保障体系需要对原有的保障政策进行改革、补充和完善,意味着相关政策内容调整将较为频繁,如:在医疗保险政策方面采取的付费方式改革、长护险的试点、个人养老金的试点、商业普惠险的推广等,以2020年国家医疗保障局主动公布的政策法规为例,仅2020年一年就有47项医疗保险相关的政

策,2021年有39项,2022年有31项,这些政策多数是与医疗保险制度有直接或间接关系,也反映出我国医疗保险制度改革处于高涨期,政策的变化及更新对教学内容提出了更高要求和挑战。由于教材内容更新通常存在时滞性,难以对社会保障相关政策变化做出及时修订,这就要求教师在备课过程中要尽可能的搜集并整理最新的社会保障相关政策内容,并将其与教材内容进行结合、更新,使教材内容能够实现与不同阶段社会保障体现发展目标相结合。

多层次社会保障体系应当是包括养老金和其他多项社会保障制度在内的多层次化,是整个社会保障体系的多层次化,也是需要同步调动政府、市场主体、社会组织等积极性的多层次化。多层次社会保障体系不仅包含社会保险,还包含社会救助和社会福利的多层次化,所涉及的主体不仅包含政府,还包含政府之外的市场主体、社会组织、家庭等主体,而且,在不同的保障项目实现多层次化的过程中不同主体发挥的作用是存在差异的^[12],如:由于救助对象的特殊性,社会救助的应是以政府责任为主的保障主体、保障项目、资金来源的多层次化;社会保险的对象是具有劳动能力的群体,其多层次化需要激发市场主体保障作用的发挥,政府在提供了基本的法定保障之后,需要对保险市场的规范发展进行有效监管,为公众购买商业保险提供放心、可靠的产品,促进以市场为主体的第二层次的发展;社会福利的多层次化更是一个涉及多元主体、多项内容交互发展、交互融合的过程。但现有的社会保障专业教材对社会救助、社会保险、社会福利的介绍仍以政府为主要责任主体而展开的,对其他主体应承担的责任涉及较少,需要专业教师在备课、授课过程中进行相关知识的补充、介绍和讲解,但由于这方面缺少成型的、系统深入的理论知识,专业教师自身的理解和认知等会对学生充分认识、理解多层次社会保障体系形成限制,部分学生仅能说出多层次养老保险体系或多层次医疗保险体系的构成,但对为什么发展多层次的养老或医疗保险、各构成部分间的关系、影响缺少认识,提到社会保障更多的是联想到政府,学生很少将社会保障与商业保险、民间传统保障等联系起来,这种割裂的理论认识不利于健全多层次社会保障体系目标的实现。

(三) 对社会保障专业传统教学方法的挑战

社会保障是一个与政策联系较强,受其影响较大的专业,传统的教学方法是课堂教师讲授为主的方式,这种教学方法主要是帮助学生形成对社会保障的理论认识,形成系统的知识框架,培养学生的理论素养。但理论和现实之间是存在差距的,而我国社会保障制度的具体政策又存在非常复杂的地域差异,拉大了学生所学的专业知识与将来工作后面临的实际情况之间的差距,这就需要专业教师除采取传统的理论讲授方法外,还应该将其他的教学方法,如:案例教学、PBL、翻转课堂等多种方式融入教学过程,激发学生学习的积极性,让学生通过搜集案例、实例等渠道,感受、发现社会保障的实际运行情况。在多层次社会保障体系发展的背景下,作为社会保障专业学生有必要了解商业保险公司的基本运行情况进行,如:掌握商业健康险的产品构成、投保条件、费率水平、保险责任等,了解商业保险公司的运营模式

等，而这些内容很难通过传统教学方法实现。

健全多层次社会保障体系的实践目标在理论上更加强化了社会保障的多学科交叉特点，管理学、经济学、社会学、财政学、医学等多学科的交互相融范围和深度将进一步拓展和加深，但各学科在知识架构、思路、理论体系等方面又存在较大差异性，在社会保障专业教学过程中不仅要让学生掌握本专业的基础知识，还要能在本专业知识与其它相关专业知识之间建立起联系，这种复合的、多元的人才培养要求对当前的专业教学方法也提出了挑战。如：为发挥所在学校的优势资源，医学类院校的社会保障专业学生培养目标通常为医疗保险方向，在具体培养过程中设置了基础医学概论、临床医学概要等医学类课程，培养学生懂医学、精医保的能力，但实际的教学效果却不甚理想，多数学生的医学基础知识学习仅是为了通过考试，对于学习医学知识的原因及与本专业的关联并不明确，难以将医学知识内容融入专业知识体系，二者之间仍是一种断裂的状态，该问题也是传统教学方法局限性的表现，在社会保障体系多层次化的过程中迫切需要改进传统的教学方法，形成一种兼顾多学科特点的复合教学方法，帮助学生构建多学科知识交叉的理论知识体系。

三、健全多层次社会保障体系下社会保障专业教学的对策

多层次社会保障体系是老龄化下对政府主导的保障项目的重新定位，旨在发展一种以政府法定保障项目为基础，其他主体提供的保障项目为补充的多元化且富有弹性的社会保障体系。在实现这一体系的过程中，既需要理论研究做指导，也需要政策制定者、实施者具备相应的认知，承担为社会培养专业人才的高校也应在社会保障专业教学工作中进行相应的改革以适应多层次社会保障体系发展的需求。

（一）强化多层次社会保障体系在教材内容中的系统呈现

教材是教学的重要工具，科学、完整、系统的教材内容可以为教学工作的开展提供良好的基础。在健全多层次社会保障体系的目标下，需提高社会保障专业教材内容中相关部分的完整性和系统性，明确我国多层次社会保障体系的构成及各主体的责任，在多层次社会保障体系背景下展开对社会保障概念的介绍和引入。人类社会所普遍面临的年老、疾病等风险是社会保障产生和发展的源动力，在现代社会保障制度产生之前，人类社会主要通过家庭（家族或宗族）、部落、宗教等方法减轻风险发生给正常生活造成的损失，这与农业社会以家庭为生产—消费单位的特点有很大关系。当进入工业社会后，生产、消费行为从家庭扩大到市场，生产、消费行为不仅影响到某一个家庭，还会影响其他家庭，乃至整个市场、社会和国家，企业和国家在应对社会成员所共同面临的风险中所应承担的责任也日益凸显，在多种因素的推动下，现代社会保障制度得以形成和发展。由此可见，社会保障仅是人类社会应对风险的一种方式，但并不是唯一方式，社会保障专业相关教材也应应对这一情况进行明确的阐述，让学生对社会保障形成客观、全面的认识。如：在介绍社会保障概念时，从风

险管理的视角入手，对多种风险应对方式进行概要介绍，进而引出其中以政府主导的风险应对方式——社会保障，让学生在开始就明确社会保障仅是多种风险应对方法中的一种，为深入学习掌握多层次社会保障体系的内容做好基础和铺垫。

（二）以多层次社会保障体系为基础，增加相关专业的知识内容

商业保险公司是多层次社会保障体系的一个重要参与主体，商业保险对多层次社会保障体系发展的贡献不仅在于责任主体之一的角色，还在于其可以为社会保险的发展提供技术支持和经验参考等，此外，需要明确保险公司主导的商业保险和政府主导的社会保险及其他主体之间的责任分担，并在不同部分之间建立顺畅的衔接机制，从而实现多层次社会保障体系的有机、持续发展，上述目标的实现，需要学生不仅掌握社会保障的专业知识，还需要对相关专业知识（如：保险学等）知识有一定的认识。

商业保险的产生早于社会保障，在其发展过程中逐渐形成了比较成熟的理论体系及技术手段。商业保险以市场为主导，遵循市场运行规则，与政府主导的社会保障有显著差异，但二者也有相通之处，也正是二者间存在的异、同，使其能够实现互相补充、互相促进，从而成为多层次社会保障体系的重要组成部分。已有教材内容可适当增加商业保险与社会保障关系的内容，如：说明商业保险产生的背景，商业保险出现之后为什么还会出现社会保障，商业保险和社会保障在风险应对中分别扮演什么角色等。此外，可尝试将商业寿险、健康险的相关知识融入社会养老保险、医疗保险等内容的阐述中，如：终身寿险的定价原理与社会养老保险费率厘定和养老金水平调整、商业医疗险的理赔及防诈骗措施与社会医疗保险基金的监管等。

（三）将我国传统的保障方式及理念融入社会保障专业教材内容

传统保障方式及由此形成的文化是我国多层次社会保障体系的重要内容。在长期的农业社会发展过程中，历代统治者继承了先秦时期尊老、敬老的传统，制定了“不时存问、赐授王杖、乡饮酒礼、赐爵授官”等一系列养老政策和措施，尽管这些政策和措施并不是常态化、普惠性的行为，经常出现中断和停滞，但有助于提高老年人的权威和社会地位，营造尊老敬老孝老的社会文化和道德规范。对于传统社会中的绝大多数社会群体来说，其保障来源主要是家庭、家族和宗族，族产为家族保障提供了经济支持，而家族族规则形是制度性的约束机制，家庭、家族和宗族保障是社会群众在长期的农业社会时期形成的为自己、家庭成员乃至家族成员提供保障的风险应多措施，与我国的传统文化息息相关，尽管这种传统的保障方式在工业社会发展过程中被削弱，但并未消失，仍发挥着难以替代的作用，尤其是在乡土社会特点浓厚的农村地区仍发挥着重要作用，传统的家族、宗族保障方式应构成多层次社会保障体系的重要部分（尤其是对农村多层次社会保障体系而言）。

此外，我国多层次社会保障体系演化的一个重要启示是：对国际经验的有效借鉴有可能使我们少走弯路，但只有全面、深刻的认识我国国情，方有可能使我们更好的避免失误，传统保障方

式的根深蒂固及发挥的重要作用是我国特有的国情,在农民商业保险的购买力较低时,以传统保障方式作为法定保障项目的补充是构建农村多层次社会保障体系的更可行的思路和方法。林义(2022)也认为社会保障与家庭保障的结合对于国家长治久安具有重要意义,社会保障改革发展战略须以强化家庭制度而不是削弱家庭根基为导向,^[14]中国优秀传统文化的融合创新和创造性转化在多层次社会保障制度发展中具有重要地位。社会保障专业教材中应对我国传统的保障方式进行相应的系统介绍,并将其融入多层次社会保障体系,形成具有中国特色的多层次社会保障体系,帮助学生科学、客观的认识多层次社会保障体系与我国传统保障方式之间的关系。

(四)采用灵活多样的教学方法提高学生对多层次社会保障体系的实践认知

促进教学方法的灵活化、多样化,处理好多层次社会保障体系下学科交叉的强化给社会保障专业教学带来的问题。多层次社会保障体系是对原有单一层次法定社会保障的一场深刻的结构性改革,在这一过程中将对社会保障责任主体、资金来源、保障方式等进行重构,不仅要建立起不同层次的保障项目,还要实现各

层次间的协调配合,形成一个紧密衔接的整体。上述目标对社会保障专业学生培养提出了更高的要求,需要学生在掌握社会保障理论知识的基础上,还要将本专业知识与其他相关学科领域知识进行衔接,在理论认识上形成一个系统和整体,这就需要采取多样化的教学方法,让学生在掌握本专业理论知识的基础上,对其他相关专业知识有所认识。为此,在理论知识教学过程中,充分发挥信息化优势,结合各种优质的网课资源,将相关专业的知识纳入本专业课程的授课过程中,如:在介绍社会保障与商业保险的关系时,通过插入保险学相关视频,让学生对商业保险形成一定认识,再讨论社会保障与商业保险之间的异同,进而分析二者在多层次社会保障体系中的地位和作用等。在提高学生理论与实践相结合方面,可在社会保障专业教学中探索发展伯顿·克拉克政府、市场、大学“三角协调模式”,乃至政府、市场、社会、大学的“四角协调模式”,激发市场和社会组织在社会保障专业教育中发挥作用,逐步形成产教融合协调育人机制和科教融汇发展机制,开拓学生视野,达到学生所学的理论知识与实践相结合的目的,为多层次社会保障体系健全培养高水平的专业人才。

参考文献

- [1] 习近平. 促进我国社会保障事业高质量发展、可持续发展[J]. 求是, 2022(05):1.
- [2] 郑功成. 多层次社会保障体系建设: 现状评估与政策思路[J]. 社会保障评论, 2019, 3(01):3-29.
- [3] 周弘. 社会保障: 现状与改革(二) 英国的“全民保障”[J]. 世界知识, 2001, (14):32-33.
- [4] 刘振江. 社会保障概论[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1995.
- [5] 王延中, 龙玉其. 生活保障概论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2017.
- [6] 谢冰主编. 社会保障概论(第二版)[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2015.
- [7] 郭士征主编. 社会保障学(第二版)[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2009.
- [8] 郑定铨. 建立健全我国多层次社会保障体系[J]. 经济动态, 1997, (05): 25-28.
- [9] 林义. 中国多层次养老保险的制度创新与路径优化[J]. 社会保障评论, 2017, 1(03):29-42.
- [10] 郑秉文. 商业保险参与多层次社会保障体系的方式、作用与评估——基于一个初步分析框架[J]. 辽宁大学学报(哲学社会科学版), 2019, 47(6):1-21.
- [11] 曹立前, 张占力. 试论明清宗族保障的经济支持与制度性约束机制[J]. 山东师范大学学报(人文社会科学版), 2009, 54(04):38-42.
- [12] 姚兆余. 传统农业社会中政府“养庶人之老”述论[J]. 中国农史, 2022, 41 (05):103-111.
- [13] 林义等. 多层次社会保障体系优化研究[M]. 社会科学文献出版社, 北京, 2022.

OBE-CDIO 协同机制下的《统计建模》 课程改革与实践

张春月

鞍山师范学院数学学院, 辽宁 鞍山 114007

摘 要 : 以 OBE (成果导向教育) 和 CDIO (构思、设计、实施、运作) 协同机制为理论支撑, 系统开展了统计建模课程的教学改革实践。具体措施包括: 首先, 清晰界定课程目标, 明确学生需掌握的核心知识与关键技能; 其次, 优化教学内容, 实用性与前沿性并重; 再次, 创新教学模式, 融合情境教学、项目学习与智慧课堂技术, 有效激发学生兴趣并提升互动效能; 最终, 融合过程性与结果性评价, 系统评估学习成效。这些改革举措不仅提升了学生的探究意识和解决实际问题的能力, 还对其它相关课程的教学改革具有重要的借鉴意义。

关 键 词 : OBE-CDIO 协同机制; 应用型人才; 统计建模; 课程改革; 实践教学

Reform and Practice of the "Statistical Modeling" Course under the OBE-CDIO Collaborative Framework

Zhang Chunyue

School of Mathematics, Anshan Normal University, Anshan, Liaoning 114007

Abstract : Grounded in the theoretical frameworks of OBE (Outcomes-Based Education) and CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) synergy mechanism, this paper systematically explores the teaching reform practices for the statistical modeling course. The specific measures include: first, clearly defining curriculum objectives to specify the core knowledge and key skills that students are expected to master; second, optimizing the teaching content by balancing practicality with cutting-edge advancements; third, innovating the teaching mode through the integration of situational teaching, project-based learning, and smart classroom technologies, thereby effectively stimulating student engagement and enhancing interaction efficiency; finally, integrating process-oriented and outcome-based evaluations to comprehensively assess learning effectiveness. These reform initiatives not only enhance students' inquiry mindset and problem-solving capabilities but also provide significant reference value for the teaching reforms of other related courses.

Keywords : OBE-CDIO collaboration mechanism; applied talents; statistical modeling; curriculum reform; practical teaching

引言

OBE (Outcome-Based Education, 成果导向教育) 理念, 采用逆向思维来设定课程目标, 以项目为驱动力的 CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate, 构思-设计-实施-运作) 框架, 则将“需求分析-模型设计-系统实现-成果应用”的全流程纳入教学环节。二者的有机结合, 促进了教育模式从单一的知识灌输向多元化能力培育的转变。

一、研究背景与文献综述

近年来, OBE-CDIO 协同机制在工程教育领域的应用愈发多

元。在地方应用型高校的研究中, 王春林等^[1]提出以行业需求为导向的产教融合模型, 强调校企协同来动态调整课程目标。胡凯等^[2]更进一步构建“五维一体”框架, 将项目实践与校企资源整

基金信息:

教育部产学合作协同育人项目 (编号: 231105181075449);

鞍山师范学院校级本科教学改革培育项目 (编号: 2023-15);

鞍山师范学院应用型课程建设项目阶段性研究成果 (编号: 2024-07);

鞍山师范学院校级科学研究项目 (编号: 23kxym040)。

作者简介: 张春月 (1984-), 女, 辽宁鞍山人, 讲师, 研究方向: 应用统计学。

合融入人才培养全过程，为网络工程专业创新能力培养提供了系统方案。

数学类课程方面，王一如^[3]基于运筹学教学实践，验证了 CDIO 四阶段模型对提升复杂问题建模能力的作用。刘洪秀等^[4]通过重构大数据课程体系，证实了 OBE 理念在跨学科技术融合类课程中的适配性。

随着研究向交叉学科拓展，漆世锴等^[5]在电子信息类实训课程中采用项目化教学，指出成果导向需紧密结合行业标准。王晓锋^[6]基于信息与计算科学专业的实践显示，校企共建实验室能有效解决理论与产业应用脱节的问题。杨雁^[7]针对新商科背景提出动态评价机制，强调教学反馈要贯穿人才培养始终。

值得关注的是，Smit 等^[8]实证发现，基于 OBE 的项目式学习可显著提高统计建模课程的学习效能。李明等^[9]构建了包含数据采集、分析与可视化的统计学教学模块，却未形成与 CDIO 阶段目标匹配的动态优化路径。王芳等^[10]虽提出动态教学模式，但仅侧重单一评价环节，未建立“目标-过程-反馈”的闭环体系。

当前研究存在三方面不足：一是多数成果聚焦工科专业（文献^{[1][2][5][6]}），针对统计建模课程的研究较少；二是教学模式设计多注重局部优化（如文献^{[3][4]}的项目设计、文献^[10]的评价机制），缺乏全流程协同机制；三是 OBE 与 CDIO 的融合路径在复杂统计建模场景中尚未形成可推广的范式。本文针对这些不足，系统整合目标导向与项目驱动机制，旨在构建适用于统计建模课程的动态协同教学模式。

二、OBE-CDIO 理念的理论框架及融合路径

通过课程目标规划、教学内容改进以及教学方法创新三个方面，在 OBE-CDIO 教育理念的引领下进行教学改革。

（一）OBE 理念：目标导向与逆向设计

OBE 的关键在于建立“成果定义—路径规划—持续优化”的闭环体系：

1. 能力框架构建：通过系统性的行业需求分析和往届毕业生就业数据的深入研究，教师提炼出五项核心能力要素（参见表 1）。这些能力指标全面反映了就业市场对人才的综合要求，涉及专业知识、实践能力及职业素养等多个方面。

2. 课程体系构建：以明确的能力培养目标为依据，将其分解为若干教学单元，并同步设计相适应的教学方法，并建立完善的评价机制。各教学单元均聚焦于特定能力的培养，教学方法保障学习效果，评价机制则用于检验学习目标的达成度；

3. 教学质量改进机制：结合在校生的学习反馈和企业用人需求信息，全面诊断教学过程中的不足之处，据此开展课程改革与教学优化，实现教学质量的持续提升。

表 1 《统计建模》课程核心能力目标

能力维度	具体描述	权重
数据预处理能力	掌握缺失值处理、特征工程及数据可视化技术	0.25
模型构建能力	熟练应用回归分析、机器学习与深度学习算法	0.30

能力维度	具体描述	权重
结果解释能力	基于业务场景解读模型输出，提出优化建议	0.20
团队协作能力	通过分组项目提升沟通、分工与冲突解决能力	0.15
创新应用能力	设计针对复杂问题的定制化建模方案	0.10

（二）CDIO 模式：项目驱动与四阶段实践

CDIO 模式着重培育学习者的工程实践操作能力、创新思维能力以及团队协作精神。将理论知识与实践操作融合为一体，关注学生在真实项目环境中的能力培养和专业化成长是此模式核心理念。

1. 构思阶段：“信用卡欺诈检测”等案例，适时引入真实场景下的数据集。对于信用卡交易数据，学生需要从交易金额、时间戳、地点位置等多个维度进行特征分析，以挖掘潜在的欺诈行为特征。确定用何种统计方法识别欺诈行为，通过进行系统的数据分析，学生能够运用专业理论明确建模目标。

2. 设计阶段：在金融风险控制领域中，逻辑回归模型在信用卡欺诈检测中具有广泛的适用性。所以在明确问题定义之后，学生可运用 Scikit-learn 等主流机器学习库和 Python 编程工具，挑选适合该问题的算法。

3. 实施阶段：学生通过学校教师和企业一起联合指导开展实践工作，将理论算法转化为可执行代码，并进行模型训练及参数调优。通过这一系列操作，不但提高了学生的专业能力，而且培养了团队协作精神。

4. 运作阶段：学生通过大数据分析系统等方法将改良后的模型整合到相关的业务系统中。学生还需要撰写项目报告来详细叙述研究背景、技术路线和最终的实现成果。最后展现“欺诈检测模型能够有效降低经济风险”这一类研究成果的使用价值。

（三）OBE-CDIO 协同机制：理论教学与实践能力的有机结合

1. 目标与过程的匹配：对于学生来说，构思阶段培养问题分析能力；设计环节强化逻辑思维；实施过程注重实践技能与团队协作；运作阶段则进一步加强成果转换能力和表达沟通技巧，从而有效推动 OBE 教育目标的实现。

2. 虚实结合：在 OBE-CDIO 框架下，虚拟仿真与实体项目相辅相成。借助全国大学生统计建模大赛等平台，创设模拟场景，学生接触实际问题与大量数据，不受时空限制，可多次尝试积累经验。实体项目如企业课题，为学生创造了深入了解企业运作需求及业务流程的条件，用理论知识解决实际问题，增强处理复杂问题的能力，体验企业文化的精髓，提升职业素养与团队协作的水平。

3. 综合评价：大力构建全方位动态评价体系，促使过程性与终结性评价有机统一。过程性评价关注学生在学习过程中的具体表现，如 CDIO 项目各阶段的团队协作、问题解决能力及编程实践等，教师给予及时反馈和指导；结果性评价在课程结束时进行整体考核，其中答辩环节用于检验学生对知识的掌握水平、语言表达能力及临场应变能力，而笔试部分则侧重考察学生对理论知识理解深度及其实际应用能力，从而全面、客观地反映学生的学习成效。

三、基于 OBE-CDIO 的《统计建模》课程体系设计

（一）明确课程目标，构建成果导向体系

1. 调研用人单位需求：通过与企业、用人单位对市场人才需求的分析，明确统计建模岗位所需的知识体系、专业技能和综合素养。

2. 制定课程目标：根据调研结果，结合应用型本科人才培养的要求，制定《统计建模》课程的明确目标。旨在帮助学生深入理解并熟练掌握统计建模的基本理论与方法，培养他们运用各类统计软件进行数据处理与分析的能力，使学生能够独立完成基础的统计建模项目，从而提升他们在实际应用中的统计思维和解决实际问题的能力。

3. 优化课程设计：教师依据教学目标系统整合教学资源。在理论教学中，重点对核心知识点和难点进行清晰且精炼的讲解，同时，加大实践教学的比例，推动理论知识向实践能力转化，学生解决复杂问题时，应用能力更强。

（二）重塑课程体系，优化模块化构建

本研究融合 CDIO 理念设计模块化课程架构，构建“基础→综合→创新”递进式的项目训练体系。在设计时，充分考虑模块间的逻辑性与连贯性，使各模块既独立又联系，围绕特定目标任务展开，具体内容详见表 2。

表2 建立 CDIO 理念下的模块化课程体系

模块	教学内容	教学方法
构思	基础：生活化案例解析（如学生成绩预测） 综合：多维度需求分析（如销售额预测场景） 创新：跨学科问题初步探索（如智能家居场景）	基础：课堂互动问答 综合：小组讨论 + 教师引导 创新：案例视频学习 + 头脑风暴
设计	基础：单模型基础原理（如线性回归公式推导） 综合：模型参数对比设计（如不同回归方法） 创新：简单系统原型设计（如图像分类流程）	基础：板书推导 + 代码填空 综合：案例模板修改 创新：开源项目复现指导
实施	基础：数据预处理分步操作（如缺失值填充） 综合：模型训练分段练习（如调参实验记录） 创新：模块化代码组装（如调用预训练模型）	基础：实验手册跟做 综合：小组分任务协作 创新：代码注释补充挑战
运作	基础：结果图表绘制与描述 综合：小组内部模拟答辩 创新：简化版项目展示（如海报制作）	基础：教师逐句反馈 综合：小组互评 + 教师总结 创新：班级内小型路演

（三）改进教学方法，提高实践技能

1. 项目驱动型教学法：在教学过程中，学生以小组为单位，通过教师的引导，系统性地开展项目规划、数据采集、模型构建及结果讨论等。为了指导学生构建质量监控模型，选用企业实际生产数据作为案例，实现课程知识点与实践环节精准对接，从而

深入剖析生产环节中的质量控制问题。

2. 案例型教学法：在教学中，教师从经济、管理以及社会学等多个不同领域，精心选取具有代表性的实际统计建模案例，引导学生开展案例的讨论与研究，使其在分析探索中提高了批判性思维和解决问题的能力。

3. 线上 + 线下教学模式：依托超星学习通平台，教师将教学视频、案例剖析等各种学习资源整合并呈现，学生可以通过这一渠道在课前自主完成预习任务，课堂上教师会对这些内容进行提问，并对重点内容深入讲解，课后通过此平台发布作业和互动讨论来进一步巩固课上所学知识。

（四）深化产教协同，优化实践平台

1. 实验室授课：建设了配备先进统计软件和硬件设施的统计建模实验室。而且开设实验课程来指导学生的实际操作，如数据分析和模型构建等。这一系列措施提升了学生的实际操作技能。

2. 校外实践基地建设：我校与中软国际教育科技（大连）有限公司达成战略合作协议，共同构建校外实训平台。学生在平台中可以亲身体验统计建模项目的实施过程，还能深入企业开展实习活动，从而掌握统计建模技术在实务中的应用方法。这一平台大大提升了学生的实践能力。

3. 产学研协作项目：为提高学生的创新实践能力与职业素养，教师团队大力推动校企合作，组织学生参与课题研究，运用项目驱动的教学模式，全面增强学生实践技能。

（五）构建多元评价，优化考核体系

1. 过程性考核：借助过程性评价体系，对学生的整个学习过程进行动态监测。重点关注学生在课堂上的互动参与度、课后任务完成质量，以及团队协作表现等。在精准教学实践中，教师通过及时发现学生的学习薄弱点，为其量身定制个性化学习策略。

2. 项目成果考核：对于学生完成的项目，从模型的精准度、创新水平及实际应用价值等多个角度进行综合考查。评价方式融合了教师评价、学生自评及学生之间互评，确保评价结果的全面性和客观性。

3. 理论知识考核：评价学生对统计建模理论知识的理解与掌握情况，一般采用传统的笔试形式。试题设计丰富多样，新增设案例分析与实践应用类题型，全方位考查学生运用所学知识解决实际问题的综合能力。

四、实践成效

（一）课程考核优化

通过对课程的优化，学生的综合素养得到了提升。根据 2023 年度教学评价数据结果，高达九成的学生能够独立完成数据整理、算法搭建及结果分析等任务，这表明，课程创新在增强学生的数据处理能力、提升算法应用水平及强化分析能力等方面，取得明显的效果。

（二）竞赛成果丰硕

改革后，学生在各类学科竞赛中体现出明显的进步。教学团队带领学生参与市场调查与分析大赛、全国大学生统计建模大

赛等国家级赛事，累计荣获省部级以上奖项 80 余项。特别是在 2023 年省级统计建模竞赛中，学生获得 14 个奖项，相比 2022 年改革前增加了 6 项，其中包含 3 项一等奖。这些成绩表明，学生已经掌握了统计建模理论并具备实践能力，也体现了课程改革在激发学生参赛积极性和竞争意识方面的成效。

（三）教学方法创新

采用项目驱动、案例分析及混合式教学等一系列措施，极大地激发了学生的学习热情，提高了他们在课堂上的参与度。项目驱动的实践教学以真实的项目实训为依托，让学生在实践中得到锻炼，强化学生团队协作意识；案例分析教学法则聚焦于真实案例的深度剖析，学生不仅拓宽了自身的知识面，还培养了其批判

性思维 and 创新能力；混合式教学体系整合了多模态教学资源，从整体上提升了学生的学习效率和效果。

五、结束语

本课程以 OBE-CDIO 教育理念为基石，精心构建了“目标引领—任务驱动—持续改进”的教学模式。研究结果显示，课程改革显著提升了学生将理论知识转化为实际能力的水准，强化团队协作能力，有效对接企业对高素质应用型人才的需求。在教学实施过程中，课程体系从目标设定、内容组织到评价机制设计都进行了系统性的优化，进一步深化了校企协同育人的长效机制。

参考文献

- [1] 王春林, 夏建军. 基于 OBE-CDIO 理念的地方应用型本科工科专业产教融合机制模型建构 [J]. 赤峰学院学报 (自然科学版), 2021, 37(4): 92-97.
- [2] 胡凯, 张宾. 基于 OBE-CDIO 理念的应用型创新人才培养五维一体框架体系研究——以网络工程专业为例 [J]. 德州学院学报, 2022, 38(4): 92-96.
- [3] 王一然. 基于 OBE-CDIO 理念的应用型本科运筹学课程探索与实践 [J]. 创新创业理论与实践, 2025(1): 154-157.
- [4] 刘洪秀, 贺鹏. 基于 OBE-CDIO 理念的大数据管理与应用专业人才培养模式改革 [J]. 科教之窗, 2023(12): 143-145.
- [5] 漆世锴, 梁琳琳, 曹晖, 等. 产教协同育人背景下基于 OBE-CDIO 理念的实践教学模式研究——以专业综合技能实训课程为例 [J]. 高等教育学刊, 2023(22): 122-125.
- [6] 王晓锋. 基于 OBE-CDIO 理念应用型人才培养模式研究——信息与计算科学专业 [J]. 现代商贸工业, 2024(1): 107-109.
- [7] 杨雁. 新商科背景下基于 OBE-CDIO 理念的人才培养模式探究——以大数据管理与应用专业为例 [J]. 江苏科技信息, 2024(14): 13-16.
- [8] Smith J, Brown K. Enhancing Statistical Modeling Courses through Project-Based Learning and Outcome-Based Education [J]. Journal of Educational Technology, 2023, 15(2): 112-125.
- [9] 李明, 张伟. OBE-CDIO 理念在统计学课程教学中的实践探索 [J]. 教育现代化, 2022, 9(3): 45-49.
- [10] 王芳, 陈强. 基于动态优化的统计建模课程教学模式研究 [J]. 高等工程教育研究, 2021, 39(4): 88-92.

高校虚拟教研室评价指标体系构建

王小刚

北方民族大学 数学与信息科学学院, 宁夏 银川 750021

摘 要 : 本文通过3个一级指标、9个二级指标和27个三级指标构建了虚拟教研室评价指标体系, 为虚拟教研室管理运行和质量监测提供了思路和借鉴。一级指标包括平台建设、服务成效和资源配置三方面, 平台建设是虚拟教研室发展的保障, 服务成效是教学质量和人才培养的核心支撑, 资源配置是教学创新的重要载体。

关 键 词 : 虚拟教研室; 评价指标体系; 基层教学组织

Evaluating Virtual Teaching-Research Units in Colleges and Universities

Wang Xiaogang

School of Mathematics and Information Science, North Minzu University, Yinchuan, Ningxia 750021

Abstract : This paper establishes a evaluation index system for virtual teaching-research units through three first-level indicators, nine second-level indicators, and twenty-seven third-level indicators, providing insights and references for management, operation, and quality monitoring. Platform development serves as the cornerstone for virtual teaching-research units' growth, service effectiveness acts as the fundamental pillar for teaching quality and talent cultivation, while resource allocation functions as a key driver.

Keywords : virtual teaching-research units; evaluation index system; basic-level teaching organization

引言

教研室作为基层教学组织的重要组成部分, 在人才培养、教学管理、资源共享等方面发挥着不可或缺的重要作用。随着大数据、人工智能、大模型、现代信息技术的不断发展, 信息化、智能化促使传统教研室向虚拟教研室转型迭代, 线上线下混合式开展教育教学活动打破了时空约束, 虚实结合的虚拟教研室逐渐形成新型基层教学组织, 为更好的促进学科发展、提升人才培养质量、推动教研改革提供了新思路。2021年, 教育部在开展虚拟教研室建设(教高司函[2021]10号)中指出“虚拟教研室是信息化时代新型基层教学组织建设的重要探索”, 2022年公布了两批虚拟教研室建设试点名单(教高厅函〔2022〕2号, 13号), 虚拟教研室作为新型基层教学组织得到了越来越多学者的关注。

虚拟教研室建设能够发挥一流专业、一流课程、教学名师团队等方面的示范引领作用, 充分利用“智能+”信息化技术在跨学科、跨地域间开展协同教学教研, 创新教学模式, 辐射推广可借鉴的教学方法, 完善课程(群)建设, 实现优质教学资源建设、共享、共用, 提升资源利用效率, 促进教育资源均衡发展, 更好的解决教育教学中共性问题, 推动学科发展, 培养高素质人才。

一、文献综述

已有的虚拟教研室研究可分为三类。一是理论研究方面, 大多从建设内涵特征、目标定位、建设路径、困难挑战及运行机制等方面展开。曾建潮等总结了虚拟教研室建设内涵, 分析了虚拟教研室四条建设的职能和使命, 探索了建设的定位和原则^[1]。桑新民等从虚拟社群和课件开放两类协同教研回顾了虚拟教研室发展, 以学习环境、学习主体与学习资源三要素为基础提出互动生

成学习理论, 从虚拟教研室建设的理论基础与工程设计思路出发, 设计了虚拟教研室工程建设模型, 提出了五个建设的战略重点^[2]。战德臣等认为基于现代信息技术平台, 由区域、院校、学科不同的教师联合开展协同教学研究与改革实践是虚拟教研室的重要组成部分, 总结了面向课程(群)、学科群和教研教改的三类虚拟教研室, 归纳了七大特征^[3]。严笑分析了传统教研室建设中存在的五个问题, 给出了虚拟教研室的建设内涵、困难挑战及运行机制^[4]。陈静和谢长法阐述了虚拟教研室内涵特征, 从起

基金项目: 宁夏回族自治区教育数字化战略行动揭榜挂帅项目“高校虚拟教研室构建”; 自治区级一流基层教学组织“统计与应用统计专业教研室”。

作者简介: 王小刚(1980.10—), 男, 汉族, 宁夏银川人, 教授, 博士, 研究方向: 经济与社会统计。

点、存在、成长和历史逻辑出发梳理了其建设逻辑框架，并提出了推进路径^[5]。李雪和张家琼分析了高校虚拟教研室的内涵特征、建设意义、现实挑战及推进路径^[6]。黄茂勇和徐爽分析了高职院校虚拟教研室的建构策略，基于共同体建构理论视角，认为高职院校虚拟教研室的内部结构上应包含情感、利益、资源及技术共同体四要素^[7]。

二是以课程（群）为例研究了虚拟教研室建设及运行机制。董春桥等探讨了面向课程的虚拟教研室建设与应用情况，从教师师资、教学内容、评价管理和线上平台等方面总结了课程类虚拟教研室的建设原则和方法^[8]。谢劲和何吉指出虚拟教研室包含区域协同育人、教师教学研究与教学资源共三部分，基于电路原理课程分析了虚拟教研室建构设计的平台、模式、成果和教学等四个模块^[9]。金霞等分析了现有教研室存在的问题，讨论了虚拟教研室建设目标、建设内容等，探索教研室运行机制^[10]。

三是从不同理论角度展开了虚拟教研室研究。祖强等基于协同学理论对虚拟教研室进行分析，给出了建设路径^[11]。孔亚璋等基于“教学学术共同体”视角解析“新教研”理念，从教学范式、课程、资源、平台与团队五个方面进行阐述，分析了建设思路与实施路径^[12]。杨挺和李素军基于社会互赖理论视角，从目标、行动等五个要素及负责人、制度等四个支持条件出发总结了共生共长的虚拟教研室教师共同体构建框架^[13]。

已有研究大多聚焦与虚拟教研室内涵特征、建设路径、运行机制等，对虚拟教研室建设提供了理论保障，但是仍存在一些不足：一是系统性建设框架研究较少，缺乏全过程整体设计；二是尚未涉及评价指标体系的研究，难以科学评估建设成效并进行质量监测。本文旨在构建科学、合理的虚拟教研室建设框架与评价体系。

二、评价指标体系构建

（一）指标体系设计原则

构建科学、合理的虚拟教研室评价指标体系，对于客观评估建设成效有重要意义。在设计评价指标体系时，应当遵循科学性、系统性、可操作性及可持续等原则。科学性指的是指标设计能反映教育教学规律、虚拟教研室特征、建设水平及实际效果。系统性指的是指标体系应覆盖虚拟教研室建设的关键环节，并形成有机整体。可操作性要求指标数据能够获取且可测量，评价方法简便易行。可持续要求指标体系能促进虚拟教研室长期可持续发展，能反映动态变化。

（二）指标体系构建

简言之，虚拟教研室是通过线上线下相结合的教学研究活动构成^[2]，将原有的小范围互助合作升级为跨学科、跨地域协同交流，能够将优秀师资、最新的教育教学理念和教学模式、优秀教学资源等以低成本、无障碍的进行共享，缩小时间、空间距离带来的差距，因此对高校教育教学升级、教师无边界交流分享、学生学习能力提升等都具有重要意义。

本文构建了包含3个一级指标、9个二级指标和27个三级指

标的虚拟教研室评价指标体系。虚拟教研室的建设目标应至少涵盖教育教学平台建设、服务成效和资源配置三方面，因此一级指标包括平台建设、服务成效和资源配置三个维度。平台建设包括硬件和软件，硬件是管理机制、运行机制、保障机制等，软件是在线协作平台，如集成资源共享、教学组织实施、数据分析等功能模块。服务成效是建设的核心，包括教师、学生和社会影响三方面。教师层面包括教学改革实践、教学创新等，学生层面由学习质量、知识巩固、能力提升、素养提升等构成，社会影响涵盖合作项目、交流辐射等。资源配制包含资源数量、质量与共享。通过建设虚拟教研室，旨在打破时空限制，构建跨学科、跨地域的“教、学、研、用”共同体，实现优质教学资源共建共享，创新教育教学模式，提升人才培养质量。具体评价指标见表1。

表1 评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	主要观测点
平台建设	管理机制	教学管理制度	组织架构完整性、规章制度健全性
		创新激励制度	
	运行机制	教学创新制度	衡量教学运行时长、参与广度和深度及更新频率
		教学运行制度	
		教学评价制度	
	保障机制	运行经费保障	衡量长效性与稳定性
		技术支持保障	
服务成效	教师	教学创新模式	衡量教学理念、教学模式、教研科研、学科竞赛
		教研改革实践	
		科研水平提升	
		学科竞赛指导	
	学生	知识巩固	衡量学生知识、能力、素养等
		能力提升	
		素养提升	
		参与度	
		满意度	
	社会影响	合作项目	衡量辐射交流等社会影响力
		宣传报道	
		交流辐射	
资源配置	资源数量	资源多样性	衡量教学资源种类
		课程覆盖率	
	资源质量	原创性	衡量教学资源质量
		创新性	
		规范性	
		更新频率	
	资源共享	共享范围	衡量教学资源共享
		获取便捷性	

（三）评价过程说明

在具体的评价中，以下几点需要注意。1.考虑到各校的人才培养定位不同、学科专业的特殊性 & 师资资源等差异，表1给出的三级指标并没有完全细化，可根据具体情况进一步细化或优化。2.一些指标如管理制度等，既可以采取定量的连续变量，也可以使用定性的离散变量，这仍然取决于具体的虚拟教研室评价目标。3.权重赋予非常重要。作者建议将服务成效的权重设置为最大，因为服务成效考量的教师教学能力和学生学习质量是虚拟教研室评价中的重点。平台建设的权重次之，虚拟教研室长期可持续发展离不开良性的管理、运行制度和保障机制。资源配置的权重最低，为防止低质量教学资源、低层次的刷数据行为。同时，资源访问量、视频时长等指标的权重不应设置过大。4.数据收集时应结合多元评价，即定量定性评价相结合、过程结果评价相结合、内部外部评价相结合等。5.可通过平台数据分析、问卷调查、学生访谈座谈等多种方式获取信息对数据进行监督反馈，将

评价结果反馈给师生，为虚拟教研室更新和完善提供助力。6.评价的最终目的是为了持续改进和优化虚拟教研室建设，可根据具体成效增加支持力度，给予激励，使虚拟教研室发展形成良性循环。

三、结论

本文构建了包含平台建设、服务成效和资源配置3个一级指标、9个二级指标和27个三级指标的虚拟教研室评价指标体系，为虚拟教研室评价提供了思路。平台建设是虚拟教研室发展的保障，服务成效则是教学质量和人才培养的核心支撑指标，资源是教学创新的重要载体。随着信息化的不断深入，融合跨学科、跨地域的虚拟教研室将在教学模式创新、学术交流、信息交互、资源共享等方面迎来更广阔的发展空间。

参考文献

[1] 曾建潮, 吴淑琴, 张春秀. 虚拟教研室: 高校基层教研组织创新探索 [J]. 中国大学教学, 2020,(11):64-69.

[2] 桑新民, 贾义敏, 焦建利, 等. 高校虚拟教研室建设的理论与实践探索 [J]. 中国高教研究, 2021,(11):91-97.

[3] 战德臣, 聂兰顺, 唐德凯, 等. 虚拟教研室: 协同教研新形态 [J]. 现代教育技术, 2022,32(3):23-31.

[4] 严笑. 大学本科虚拟教研室建设探析 [J]. 高教论坛, 2022,(5):58-61.

[5] 陈静, 谢长法. 数字化转型下虚拟教研室建设的逻辑框架与推进路径 [J]. 电化教育研究, 2023,44(6):54-59+73.

[6] 李雪, 张家琼. 高校虚拟教研室建设的内涵、挑战与推进路径 [J]. 教育理论与实践, 2024,44(33):9-13.

[7] 黄茂勇, 徐爽. 虚拟教研室赋能“双师型”教师专业成长的价值向度与建构策略 [J]. 中国职业技术教育, 2025,(6):104-112.

[8] 董春桥, 王秀萍, 王琳玲. 智慧虚拟教研室的建设与实践——以“环境监测”课程为例 [J]. 高等工程教育研究, 2022,(5):119-123.

[9] 谢劲, 何吉. “智能+”时代教研室的变革图景: 虚拟教研室——以清华大学“电路原理”课程虚拟教研室为例 [J]. 现代教育技术, 2022,32(5):102-109.

[10] 金霞, 张得礼, 王珉, 等. 面向一流课程的三融合虚拟教研室建设探索 [J]. 高教学刊, 2025,11(8):45-48.

[11] 祖强, 马贺, 乔宏志. 协同学理论视角下虚拟教研室建设研究 [J]. 中国大学教学, 2022,(5):51-55+74.

[12] 孔亚晔, 崔艳秋, 王亚平, 等. “新教研”: 课程(群)类虚拟教研室建设路径研究 [J]. 高教学刊, 2023,9(10):23-26.

[13] 杨挺, 李素军. 共生共长: 虚拟教研室教师共同体构建研究 [J]. 中国大学教学, 2024,(12):73-79+91.

基于数据测量和对比分析的教学设计 ——以“用相似三角形解决实际问题”为例

曹晓荣

东台市实验中学, 江苏 盐城 224200

摘 要 : 本文以苏科版九年级下册“用相似三角形解决问题”为例, 设计了一项基于数据测量和对比分析的初中数学项目化学习活动。通过结合物理、地理等跨学科知识, 学生以家乡名胜“海春轩塔”高度测量为真实情境, 开展四项探究活动: 测量和搜集不同条件下物体的影长与物高比值、分析平行投影性质、利用 GeoGebra 模拟验证规律, 最终建立相似三角形数学模型解决实际问题。

关 键 词 : 应用意识; 项目化学习; 初中数学; 相似三角形; 跨学科整合

Teaching Design Based on Data Measurement And Comparative Analysis - Taking "Solving Practical Problems with Similar Triangles" as an Example

Cao Xiaorong

Dongtai Experimental Middle School, Yancheng, Jiangsu 224200

Abstract : This paper designs a project-based learning (PBL) activity for junior high school mathematics based on data measurement and comparative analysis, using the example of "Solving Problems with Similar Triangles" from the Grade 9 textbook of Jiangsu science and technology publishing house. By integrating interdisciplinary knowledge of physics and geography, with the measurement of the height of a local landmark, the "Haichuanxuan Pagoda," students carry out four exploratory activities: measuring the ratio of object height to shadow length under different conditions, analyzing the properties of parallel projection, validating patterns using GeoGebra simulations, and ultimately, establishing a mathematical model of similar triangles to solve real-world problems.

Keywords : application awareness; project-based learning; junior high school mathematics; similar triangles; interdisciplinary integration

引言

2022年版新课标指出在初中阶段就要重视培养学生的应用意识和创新意识, 指出应用意识主要是指有意识地利用数学的概念、原理和方法解释现实世界中的问题。指出跨学科项目式学习活动是增强学生应用意识的良好载体。初中数学教学过程中, 教师需引进项目式课程, 有效跨学科融合, 打造多元化的学习项目, 结合丰富的研学活动, 带动学生进行拓展性学习探究, 使学生的数据分析观念和应用意识得到加强, 学生的数学核心素养得到提升^[1]。

一、内容分析

(一) 教学背景

本节课内容是在学生已经掌握了全等、相似三角形的性质, 经历过几何图形在实际生活中的应用, 且拥有了数学建模经验的条件下, 进一步体验从实际生活中抽象出数学问题, 将生活问题

过渡到数据建模, 经历探究相似模型中严密的比例运算, 找到解决实际问题的方法^[2]。

(二) 教学目标

- 认识平行投影, 并会根据平行投影画图, 利用平行投影下物高与影长的关系原理进行相关测量和计算;
- 通过对实际问题的研究, 进一步建立“相似三角形”模

项目/基金信息: 江苏省“十四五”教育科学规划重点课题——多源数据融合技术在义务教育评价改革中的应用研(XC-b/2021/13)。

作者简介: 曹晓荣, 中共党员, 教育硕士, 东台市实验中学中学一级数学教师, 盐城市教学能手, 东台市优秀教育工作者, 获盐城市优质课一等奖, 基本功竞赛一等奖, 先后开设省级市级公开课, 讲座等十余次, 先后在省级期刊发表论文十余篇。

型，从而解决问题；

3.通过在生活情境中经历发现问题、提出问题、分析问题和解决问题的过程，培养抽象能力、模型观念和应用意识^[3]。

二、教学设计

（一）情境导入

海春轩塔为东台西溪旅游观光主要景点之一，数学课外兴趣小组来到西溪景区参观海春轩塔，发现海春轩塔的塔内为空，无楼梯可上，发现海春轩塔的高度不可直接测量^[4]。

师：你有没有办法得到海春轩塔的高度？（学生提供多种方法）

师：我们来看看数学兴趣小组是用什么方法测量塔高的？

兴趣小组成员回答：我们发现可以测量的只有塔底的周长，太阳光照射下塔形成的影子的长度。于是提出猜想：塔的影子长和塔高有没有一定的数量关系呢？

为了探究这个猜想，我们查阅了相关资料，了解了一些相关的知识。

问题1：影子是如何产生的？

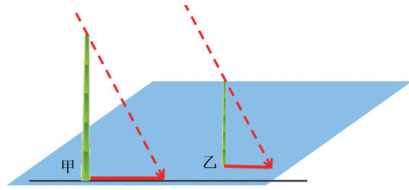
问题2：太阳光为何看起来是平行的？

（二）活动生悟^[5]

问题3：如何画平行光照射下竹竿的影子？

同学们，看到这张图你会想到哪个成语？立竿见影！

（活动一）某一时刻，甲竹竿在阳光下的影长如下图所示，你能画出此时乙竹竿的影子长吗？（用线段表示）



（小组讨论，合作完成，组长进行组内巡查点评，再拍照上传，进行组间点评，再由学生总结平行投影的画法）

师：通过画图，你有什么发现？

问题4：平行光照射下物高和影长的比值受哪些因素的影响？

师：我们数学兴趣小组针对这个猜想已经做了相关项目式活动，收集了相关数据。

下面有请兴趣小组组长汇报项目活动情况。

项目一：太阳光照射下，同一时刻，同一地区，不同物体竖立于地面，测量物长和影长。



8:00	竖直物体长（cm）	20	14.3	19.5	19	14.5
	影长（cm）	36	26	35	34	26
	比值	0.555555556	0.55	0.557142857	0.558823529	0.557692308
11:00	竖直物体长（cm）	15	19	14.7	11.7	7.5
	影长（cm）	9	11.4	8.8	7	4.5
	比值	1.666666667	1.666666667	1.670454545	1.671428571	1.666666667

第一小组汇报：我们小组成员在东台市区上午8:00测量不同物体的物高和影长，得出一组实验数据，到了11:00再次测量不同物体的物高和影长，得出第二组数据，由这两组数据我们得出猜想：太阳光照射下，同一时刻，同一地区，不同竖直物体的物长和影长的比值相同。

项目二：太阳光照射下，同一时刻，同一地区，不同物体斜立于地面，测量物长，垂直距离和影长。



8:00	竖直物体长（cm）	20	14.3	19.5	19	14.5
	影长（cm）	36	26	35	34	26
	比值	0.555555556	0.55	0.557142857	0.558823529	0.557692308
8:00	斜放物体长（cm）	14.7	7	22.5	17.6	8.1
	物高（cm）	11.5	6	19.5	14.5	6.2
	影长（cm）	20.6	10	35	26	11
	物长与影长比值	0.713592233	0.7	0.642857143	0.676923077	0.736363636
	物高与影长比值	0.558252427	0.6	0.557142857	0.557692308	0.563636364

第二小组汇报：在第一组实验中，有些同学的实验数据误差很大，小组成员分析原因时发现，原来部分同学将物体斜放在地面，不是竖直放置的。于是我们猜想：不同物体是物高与影长成比例！于是我们让斜放物体的同学测量影子长度的同时，也要测量物体的垂直距离和水平距离！发现垂直距离与实际影长的比才接近同一时刻竖直放置的物长与影长的比。从而得到猜想：太阳光照射下同一时刻，同一地区，不同物体的物高和影长的比值相同。

10: 00	新疆伊犁			陕西耀州			北京		
竖直物体长 (cm)	26.2	135.8	165	14	18	27	14.3	13.8	16
影长 (cm)	75	392	465	15	19	29	15.8	15	17.5
比值	0.34933	0.346428	0.35483	0.933333	0.947368	0.93103	0.90506	0.92	0.91428

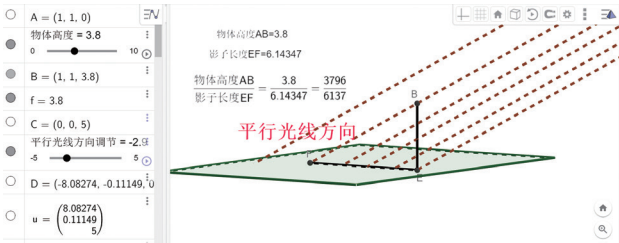
地区	冬至日正午 12: 00	
	太阳高度角	物高 / 影长
乌鲁木齐	22.5度	0.414
西藏拉萨	37.5度	0.767
陕西耀州	31.5度	0.613

第三小组汇报：我们结合地理知识，觉得同一时刻不同地区的物高与影长比值可能不同，于是就联系了新疆，耀州，北京的网友，请他们在同一天的上午10:00用不同的物体测量影长和物高，收集实验数据，发现三个地区的物高与影长的比值差异很大。但有同学提出这个10:00严格来说不算三个地区同一时刻，为了体现同一时刻，同学们又从网上搜索了乌鲁木齐，耀州，拉萨三个地区冬至日正午12点的太阳高度角以及物高与影长的比值，因为冬至日太阳直射南回归线，此时北半球各地正午太阳高度角达到一年中的最小值。

通过查找资料我们发现：纬度越高的地区，正午太阳高度角越小，影子就越长，因此物高与影长的比值也就越小。

从而得到猜想：在平行光的照射下，在同一时刻，同一地区，不同物体的物高与影长成比例。

项目四：利用 GeoGebra 模拟平行光照射下，同一时刻，同一地区，不同物体竖立于地面，物高与影长的关系。



第四小组汇报：由于前面三个小组的实验数据都是有限的，为了体现数据的无限性，我们利用 GeoGebra 模拟平行光照射，用模拟数据得出同一时刻，不同物高与影长的比值是定值，而不同时段或不同地区，太阳光角度不同时，相同物体竖立于地面，物高与影长的比值不同。

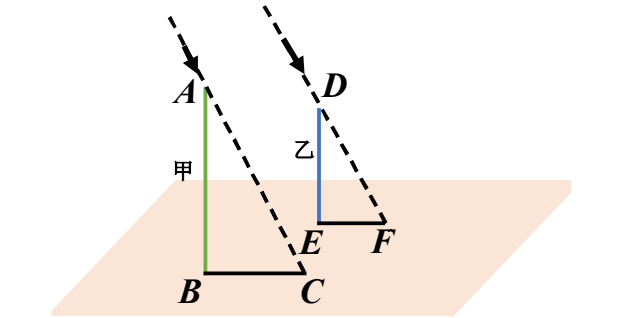
（活动二）师：你能用学过的知识证明物高与影长之间的定量关系吗？

项目三：太阳光照射下，同一时刻，不同地区物体竖立于地面，测量物长和影长。



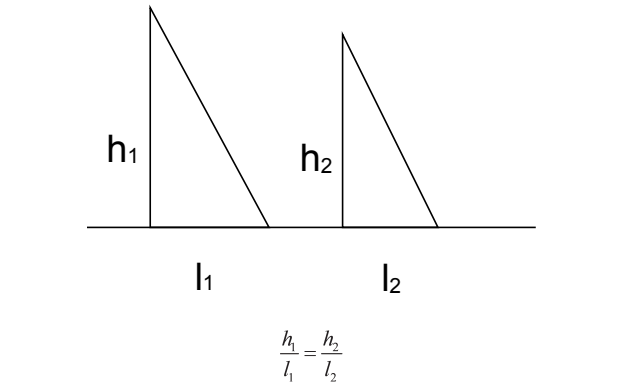
（小组讨论，组内互评，请学生板书，教师点评）
生：我们可以用数学模型——相似三角形来证明。

【分析】建立如图所示的模型，
 $\because AC \parallel DF, \therefore \angle C = \angle F, \because \angle B = \angle E = 90^\circ,$
 $\therefore \triangle ABC \sim \triangle DEF, \therefore \frac{AB}{DE} = \frac{BC}{EF}, \text{ 即 } \frac{AB}{BC} = \frac{DE}{EF}.$



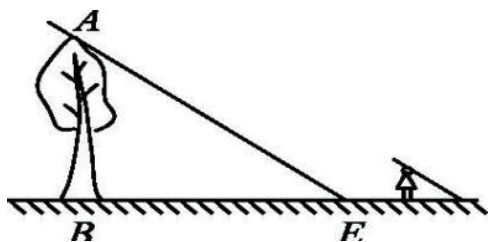
【结论】在平行光的照射下，在同一时刻，同一地区，不同物体的物高与影长成比例。

符号语言：由平行投影的性质得：



- （三）应用生效
1. 数学课外兴趣小组来到黄海森林公园，身高为1.5m的小华在阳光下的影长为2.1m，此时她身后一棵水杉树的影长为10.5m，则这棵水杉树高为（ ）
A. 7.5m B. 8m C. 14m D. 15.75m
 2. 数学课外兴趣小组测得一棵水杉 (AB) 的高度为7.5m，下午某一个时刻它在水平地面上形成的树影长 (BE) 为10m，小组成员

想要站在这棵树下乘凉，身高为1.5m小丽最多离开树干 ____m 才可以不被阳光晒到。



3. 数学课外兴趣小组在测量同一时刻的物高和影长时，测得等腰三角尺的影长为50cm，等腰三角尺的高60cm，底34cm，算出物高与影长比值为1.2，小组其他的测量数据算出同一时刻物高与影长的比值为0.9，你知道他们哪里出了问题吗？



师：最后，我们回到开始兴趣小组提出的问题，请问你有什么办法测量海春轩塔的高度吗？

4. 小睿在阳光下，测量出海春轩塔在地面上的影长为13m，同一时刻，测得直立于地面长1m的木杆的影长为0.8m.通过测量算出塔的底层直径为7.2m，则海春轩塔的高度为____m.（精确到0.1m）



（四）课堂小结

通过整个项目式学习过程，你有哪些收获^[6]？

三、结语

通过项目式的方式研究平行投影，使学生深入理解数学知识，提升他们的数学素养，培养了他们的探究能力和创新精神，同时将数学知识与其他学科相结合，增强学生的跨学科整合能力和应用能力，学生经历合作探究、大胆质疑、交流创新，培养学生的团队合作精神和沟通能力，通过丰富的学习资源探寻不同视角，多维度思考，适时地利用现代信息技术，进而探究得到物高与影长的关系，真正体会用数学的眼光发现生活规律的乐趣，培养用数学的思维思考解决现实世界中问题的能力，增强了学生的应用意识^[7]。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部，义务教育数学课程标准（2022年版）[S].北京：北京师范大学出版社，2022，1-128页.
- [2] 刘春江，聚焦模型观念的初中数学项目化学习——以“嫌疑人X的现身”为例[J].上海课程教学研究，2023(09)，40-46页.
- [3] 李新菊，HPM视角下渗透数学建模思想的教学设计——以“相似三角形的应用”为例[J].数学教学通讯，2022（06），26-28页.
- [4] 孙卫波，以活动为载体 践行学科融合——以六年级“节约用水”主题活动为例[J].云南教育（小学教师）2024(07)，55-57页.
- [5] 杨梅芳，在阅读中感悟数学[J].教育研究与评论（中学教育教学）2012(02)，34-38页.
- [6] 陈武惠，“综合与实践”的教学路径探究——以“设计遮阳篷”为例[J].中学数学教学参考2023(12)，11-13页.
- [7] 朱静安，“双减”背景下初中数学作业的优化设计策略初探[J].中学数学教学参考2024(06)，76-78页.

不同层次学习者学习风格与英语成绩之间的相关性 ——基于英语教学统计数据的分析

张玉翠

石家庄医学高等专科学校公共课部, 河北 石家庄 050500

摘 要 : 随着语言学的认知与心理学转向, 学习风格与英语学习成效之间的联系再度被重视。为了解 Kolb 学习风格及其学习方式与英语成绩之间的内在联系, 选取本科与高职高专学生为研究对象, 收集其学习风格量表、CET-4 阅读成绩以及期末综合成绩进行统计分析。结果发现, 不同层次学生在学习风格与学习方式上的偏好相似, 发散型与同化型学习风格者明显多于聚合型和适应型学习风格者。学习风格、学习方式与英语综合成绩之间没有相关性, 但与单一性任务有显著相关性。就上述发现, 提出教师教学中的相应对策。

关 键 词 : 层次; Kolb 学习风格; 学习方式; 英语成绩; 阅读成绩

A Study on the Relationship between Learning Styles and English Performance of Different Levels of Learners —Based on an Analysis of Statistical Data of English Teaching

Zhang Yucui

Department of Public Courses, Shijiazhuang Medical College, Shijiazhuang, Hebei 050500

Abstract : Along with the cognitive and psychological shift in linguistics, the connection between learning styles and English performance has once again got attention. To know the intrinsic relationship between Kolb's learning styles and English performance, undergraduates and vocational college students were chosen as research subjects. Their learning styles, CET-4 reading scores, and final exam scores were collected to put into a statistical analysis. The results show that students at different levels have similar preferences in learning styles and learning modes. Students with diverging and assimilating learning styles are significantly more than those with converging and accommodating learning styles. There is no correlation between students' learning styles, learning modes, and their final exam scores, but there is a significant correlation in a singular task of reading. Based on the above findings, corresponding strategies in teaching are proposed.

Keywords : level; Kolb learning styles; learning mode; English performance; reading performance

引言

学习风格作为学习者个体偏好的重要方面之一, 对学习效果有较大影响^[1]。学习风格是学习者处理信息以及吸收信息时通常使用的方法。无论学习环境或学习材料如何的变化, 这些学习方法具有相对稳定性。学习风格不仅影响学习者的自主学习效果^[2], 还会影响其课堂学习效果。每一种学习风格有其独特的学习特点, 教师使用的教学方法或者学习环境均会影响学生的课堂学习效果^[3]。与学习者学习风格相匹配, 学习任务通常会更快地完成; 相反, 学习者的学习过程则会变得艰难, 考试表现也会受到影响。因此, 研究学生的学习风格对提升教学效果有指导意义。关于 Kolb 的学习风格, 国外已经做了大量研究, 并且在理论和实践上取得了很大成就。但国内对 Kolb 学习风格的研究不多, 且较国外研究不够深入, 尤其是在第二语言习得领域^[4]。本研究将从 Kolb 学习风格理论角度, 研究不同层次学生的学习风格偏好, 探索学生的学习风格与英语成绩之间的相关性。

一、Kolb 学习风格理论

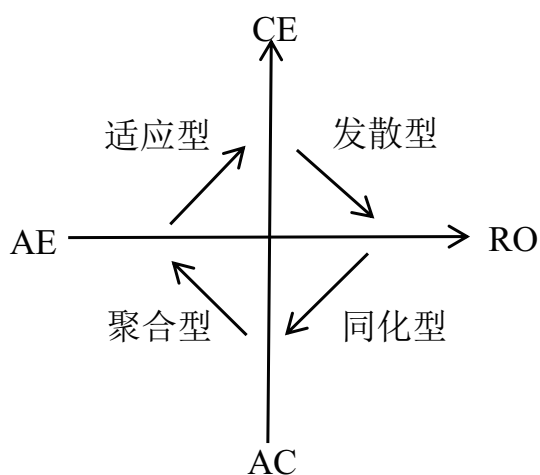
Kolb 认为学习是一个过程。在这个过程中, 人们通过他们的

经验获取新信息。而学习风格就是个人在感知和处理信息的方式上的偏好。他将学习过程分为四个阶段: 具体经验阶段 (CE)、省思观察阶段 (RO)、抽象概括阶段 (AC) 和主动实验阶段

项目信息: 本文系横向课题“法律英语教学实训方法研究”的阶段性成果。

作者简介: 张玉翠 (1988-), 女, 汉族, 石家庄医学高等专科学校公共课部外语教研室讲师, 主要从事外国语言学及应用语言学研究, 邮箱: zhangyucuiyucui@163.com。

(AE)。这四个阶段分别代表四种学习方式。四种学习方式又可以分为两个维度。其中,CE和AC分别位于感知维度的两极。感知维度指人们在感知环境和从经验中吸收信息的方式上的偏好。RO和AE则是另一个维度——信息处理维度的两极。这一维度指人们在处理和转化新信息的方式上的偏好。两个维度相交构成了四个象限,分别代表四种学习风格:发散、聚合、同化和适应。如图1所示^{[5][6]}。



> 图1 Kolb 学习风格类型图

发散型:当学习者的风格是发散型时,他们在CE和RO两种学习模式上具有主导能力。如果他们能够经历,就会学习得更好。在经历过程中,他们会仔细观察,从不同的角度获得信息。他们富于想象,并且在“头脑风暴”上做的很好。他们富有情感,对人感兴趣。因此,他们喜欢小组工作,倾听别人的想法,并最终做出决定。他们往往还对文化具有广泛的兴趣,特别是在艺术领域。

同化型:当学习者的学习风格是同化型时,他们在AC和RO模式下表现得更好。他们喜欢观察,并且可以从观察中获得广泛的信息,然后思考其中的规则、本质或合适的理论。他们不关注人,对观察各种事物和抽象的观点更感兴趣,并且更关注其合理性而非实践性。他们擅长归纳推理和从混乱的现象中获得综合的观点。所以,在信息和科学领域会表现很好。

聚合型:聚合型学习风格的人在学习中擅长AC和AE模式。他们喜欢将得到的信息抽象为可适用的理论,或者从这些信息中找到实际的用途,然后在实践中通过演绎推理和具体的步骤来运用这些理论。因此他们擅长通过思考来解决问题,以及发现问题的本质。这也是为什么聚合型学习风格的人会花更多的时间去接受新事物并做出决定。他们也专注于单一的正确答案。所以具有单一正确答案的传统智能测试可能适合他们。此外,具有聚合型风格的人与发散型风格的人正相反。他们是非感情化的,兴趣范围很窄,喜欢处理技术任务,而不是社会和人际问题。

适应型:当学习者倾向于适应型学习风格时,他们喜欢通过CE模式和AE模式来学习,喜欢冒险和在实践中学习,并且在需要时,迅速改变学习方法。这是因为他们擅长适应环境。所以,适应型风格的人们会毫不犹豫地执行他们的计划,他们喜欢把事情付诸行动或实验。他们更多地依赖于自己的感受,而不是逻辑

思维,在以行动为导向的职业中工作得更有效。在学校学习中,更倾向于小组学习。这种学习风格与同化型风格相反。

二、研究方法

(一) 研究问题

本研究旨在解决如下个问题:1.不同层次学生的学习风格是怎样的?不同层次间学生的学习风格是否存在差异?2.不同层次学生的学习风格、学习方式与英语成绩是否具有相关性?

(二) 受试

本科层次的研究对象是从河北的两所省属重点大学中随机选出的,总共172名学生。最终,完成有效调查的研究对象为159人。其中,医学生84人,文科生75人,男生36人,女生123人。高职高专层次的研究对象是从河北省一所民办医学专科院校中随机选出的,总共156名学生。最终,完成有效调查的研究对象为124人。其中,男生61人,女生63人。

(三) 研究工具

1. 调查问卷

为调查学生的学习风格,本研究使用了Kolb的学习风格量表^[7]。该量表具有较高的信度和效度,被广泛应用于教育研究^[8]。该量表主要包含12道题目,每个题目有四种选择,依次代表CE学习方式,RO学习方式,AC学习方式和AE学习方式。受试者将最适合自己的情况排名为4,其次为3,其次为2,最后为1。然后,分别计算四种学习方式的得分,并依据学习方式得分判断学生的学习风格。

2. 阅读测试

阅读测试由三篇来自CET-4的阅读文章组成,用以本科层次学生的英语成绩。英语四级的阅读题目不仅适合本科层次的学生,作为全国性考试,还具有较高的效度和信度。三篇文章共包含15道单项选择题,每题答对得1分,测试总分15分。为深入探讨不同类型英语题目与学习风格之间的相关关系,这些问题被进一步细分为三类:细节题(7道)、主旨大意题(4道)和推断题(4道)。由于高职高专层次学生英语水平较本科层次学生偏低,不能进行相同的阅读测试,搜集高职高专学生的期末成绩作为参考数据。

(四) 研究过程

阅读测试与学习风格量表数据的收集由受试的英语授课教师来完成。依托实际的英语课堂,保证受试在自然状态下认真完成阅读测试与学习风格问卷。根据CET-4考试时长,要求受试在40分钟内完成阅读测试和问卷调查。高职高专层次受试的学习风格量表完成时间为10分钟。受试均被告知,调查所得数据只用于科学研究,且答题结果不影响英语课程考核的最终结果。

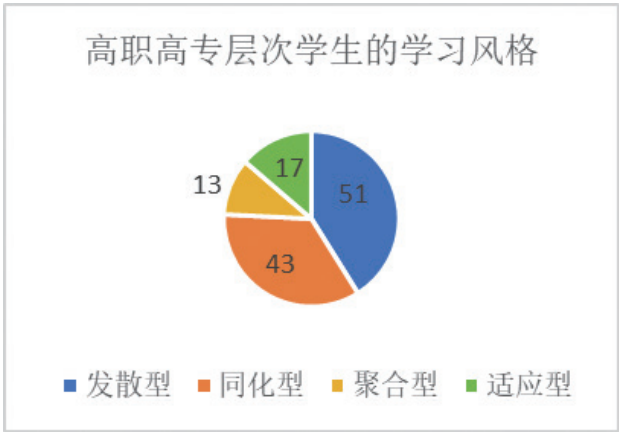
(五) 数据分析

数据收集完毕后,根据受试在学习风格问卷上的回答,计算受试在各个学习方式下的得分,并根据受试在四种学习方式上的得分确定其学习风格。然后,判断并统计受试在三类阅读题目上的得分以及阅读测试的总得分。最后,将以上数据输入SPSS软件,进行描述性分析、单因素方差分析和相关分析。

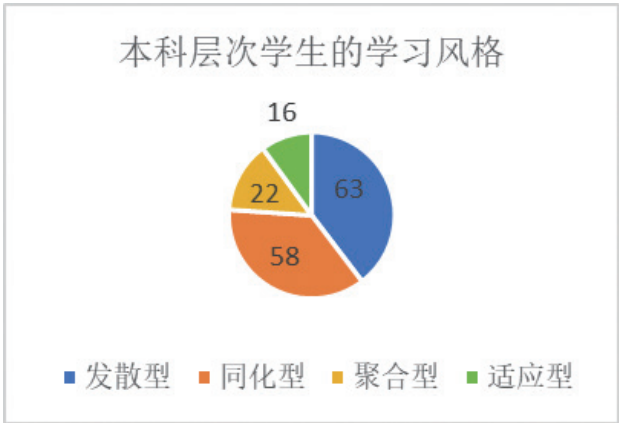
三、结果与分析

（一）不同层次学生的学习风格现状

通过描述性分析，统计不同层次学生的学习风格偏好。发现不同层次学生在学习风格偏好上相似，没有较大差异，如图1、图2所示。其中，发散型学习风格人数最多，其次为同化型，聚合型与适应型学习风格的学生人数较少。这与王江铭等在其对医学专业学生学习风格研究中得到的结果一致^[9]。发散型与同化型学习风格的相同之处在于学生在处理信息时倾向于使用省思观察（RO）的学习方式。而聚合型与适应型学习风格的相同之处在于学生在处理信息时倾向于主动实验（AE）的学习方式。在我国的教育模式中，一直推崇课堂讲授的方式，因此，大部分学生倾向于省思观察的学习方式，进而更倾向于发散型与同化型学习风格。



> 图2 高职高专层次学生的学习风格



> 图3 本科层次学生的学习风格

从表1、表2中可以看出，无论是本科层次学生，还是高职高专学生在RO学习方式上得分最高，并且不同层次学生在各个学习方式上的得分接近。这与不同层次学生在学习风格上表现出的相似一致。

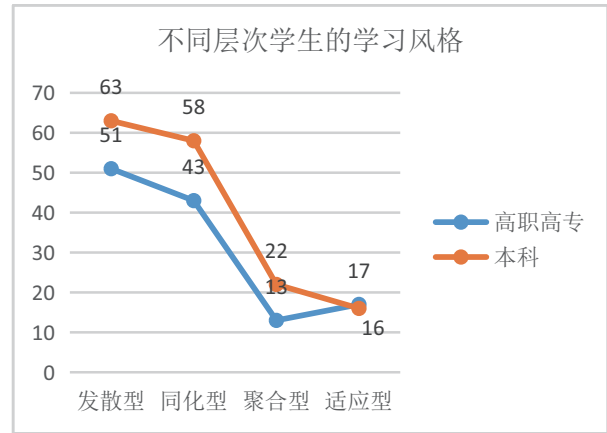
表1 本科学生学习方式的描述性统计

学习方式	最小值	最大值	平均值
CE	15	43	27.04
RO	19	44	32.42
AC	16	45	30.28
AE	14	46	30.26

表2 高职高专学生学习方式的描述性统计表

学习方式	最小值	最大值	平均值
CE	14	46	29.19
RO	15	43	31.48
AC	17	44	31.29
AE	14	43	28.04

通过折线图对比不同层面学生的学习风格差异，发现本科层次学生中聚合型学习风格人数略多于适应型学习风格人数，而高职高专学生中适应型学习风格人数略多于聚合型学习风格，如图4所示。这两种学习风格的区别在于，在获取信息时，聚合型学习风格者更倾向于抽象概括，而适应型学习风格更倾向于具体经验。本科与高职高专学生的最初区别在于高考的分值。从学生发展的角度来看，抽象概括能力比利用具体经验的能力有更高的难度。相应地，具有较强抽象概括能力的学生在高考中更易获得高分。因此，本科生中聚合型学习风格者略多，高职高专学生中适应型学习风格者略多是合理的。



> 图4 不同层次学生的学习风格

（二）学习风格、学习方式与英语成绩的相关性

通过单因素方差分析发现，高职高专学生的学习风格与英语期末成绩之间无明显相关性，分析结果如表3所示。学习风格是学习者获取信息与处理信息的习惯性方式。Kolb认为，不同的学习风格适合于不同的学习任务。虽然学习风格没有好坏之分，但存在某些学习风格更适合某类学习任务的情况^{[10][11]}。高职高专学生的期末成绩包含英语多类知识与技能的考核，甚至一些其它的过程性考核。因此，期末考核势必包含不同类型的任务。学习风格与英语综合成绩之间无明显相关性是可以理解的。李丽匣等在研究中同样发现不同学习风格在英语整体考核成绩上没有显著性差异^[11]。鉴于此，不再分析高职高专学生的学习方式与英语成绩之间的相关性。

表3 高职高专学生学习风格与成绩的单因素方差分析

成绩	平均值				F	p
	发散型	同化型	聚合型	适应型		
期末成绩	80.65	79.53	82.38	82.65	0.414	0.743

*p<0.05 **p<0.01

本科学生在阅读测试中的得分情况如表4所示。学生在细节类题目上略高于其它两类题目。细节题的解答技巧为从文章中找出

问题的答案。相比推理类与主旨类题目难度较低。细节题的解答技巧也与大部分学生所擅长的省思观察（RO）学习方式相匹配。因此，学生在细节类题目上获得较高分值。

表4本科学生阅读成绩的描述性统计

题目	最小分	最大分	平均分
细节类 (7分)	0	7	3.61
推理类 (4分)	0	4	1.72
主旨大意类 (4分)	0	4	1.72
所有题目 (15分)	1	13	7.04

通过单因素方差分析法发现，不同学习风格的学生在细节类题目上存在显著差异，如表5所示。细节类题目的 Sig. 为 0.003，小于 0.05，即不同学习风格者在细节类题目上的得分存在显著差异。但是，在其它类型题目或整个测试上未出现显著差异。推理类与主旨类题目依托对语句的理解，比细节类题目难，会消减差异。因此，这两类题目较难出现显著差异。

表5本科学生学习风格与阅读成绩的单因素方差分析

题目	平均值				F	Sig.
	发散型	同化型	聚合型	适应型		
细节类	3.98	3.36	2.91	4.00	4.794	.003
推理类	1.78	1.60	1.95	1.56	.725	.539
主旨大意类	1.68	1.86	1.50	1.63	.862	.462
所有题目	7.44	6.83	6.36	7.19	1.216	.306

为进一步了解产生显著差异的学习风格，对细节类题目下学习风格与阅读成绩进行事后分析，如表6所示。在细节类题目上，发散型学习风格者得分显著高于聚合型学习风格者，对应的 Sig. 为 0.016，小于 0.05。其它任何两类学习风格的组合均未产生显著差异。由 Kolb 学习风格类型坐标图（如图1）可以看出，发散型与聚合型学习风格位于“相冲”的两个象限。这意味着，无论在获取信息上还是在处理信息上，两者倾向的方式是完全相反的。因此，两类学习风格者在细节类题目上容易表现出显著差异。而发散型学习风格者更擅长细节类题目，是因为其在获取信息上更注重经验与细节，在处理信息时又擅长省思与观察，与细节类题目解题技巧相匹配。

表6本科学生阅读成绩与学习风格的事后分析

细节类题目	学习风格	平均值	平均值差异	Sig.
	发散型	3.98	.622	.092
	同化型	3.36		
	发散型	3.98	1.075	.016
	聚合型	2.91		
	发散型	3.98	-.016	1.000
	适应型	4.00		
	同化型	3.36	.453	.608
	聚合型	2.91		
	同化型	3.36	-.638	.416
	适应型	4.00		
	聚合型	2.91	-1.091	.108
	适应型	4.00		

通过相关性分析发现，本科学生的细节类题目得分与 CE 和 AC 学习方式显著正相关，Sig. 分别为 0.005 和 0.016，小于 0.05，相关系数为 0.221；本科学生在整个阅读测试上的得分与 AC 学习方式显著负相关，Sig. 为 0.026，小于 0.05，相关系数为 -0.191，如表7所示。CE 与 AC 学习方式均为获取信息的方式，因此，这两类学习方式较易产生显著相关。CE 学习方式注重经验，有利于学习者在文章中寻找相似信息点以解答细节题；而 AC 学习方式注重抽象概括，则会阻碍学习者直接从文章细节中寻找信息点。RO 和 AE 学习方式属于处理转化信息的方式，在 CET-4 阅读细节类题目作答中较少使用。因此，RO 和 AE 学习方式在细节类题目上较难产生显著相关。整个测试得分与 AC 学习方式之间的显著相关，则源自于细节类题目与 AC 学习方式之间的显著负相关。

表7本科学生阅读成绩与学习方式的相关性分析

题目		CE	RO	AC	AE
细节类	皮尔逊相关	.221	.122	-.191	-.120
	Sig.	.005(*)	.125	.016(*)	.130
推理类	皮尔逊相关	-.032	.012	-.152	.150
	Sig.	.693	.885	.055	.060
主旨大意类	皮尔逊相关	-.038	.095	-.017	-.021
	Sig.	.639	.234	.828	.788
所有题目	皮尔逊相关	.092	.108	-.176	-.010
	Sig.	.246	.174	.026(*)	.905

*相关性在 0.05 水平上显著（双侧）。

四、结论与思考

不同层次学生在学习风格与学习方式偏好上相似，发散型与同化型学习风格明显多于聚合型和适应型学习风格者。学习风格、学习方式与英语综合成绩之间没有相关性，但与单一任务有显著相关性。发散型学习风格者在细节类阅读题目上的得分显著高于聚合型学习风格者。CE 学习方式与细节类阅读题目显著正相关，AC 学习方式与细节类阅读题目显著负相关。针对上述研究结论，对教师教学提出如下对策。

首先，由于学生倾向于不同的学习风格和学习模式，教师的英语教学应当使自身的教学风格与做题技巧匹配学生的学习风格和学习方式。例如，对于更偏爱同化型风格的学生，教师可以通过定期计划和呈现知识系统的形式来教学。在教学过程中，他们还可以通过列举现象来归纳理论。如果教师尊重学生的学习风格，用恰当的方法进行教学，学生可以更有效地学习。相反，如果教学风格与学生的学习风格不匹配，学生的学习将会更加困难，甚至失去学习动力。

其次，讲授学习风格、学习策略等相关知识，弥补学生在学习风格上的短缺。通过了解自己的学习风格、学习方式和相关理论，学生可以自主运用学习策略来弥补自身不足，尤其是对于完成不熟悉的学习任务^[12]。例如，学生喜欢同化型风格，可以适当

训练自身对情绪的敏感性和发挥想象的能力，以此弥补在发散型学习风格上的不足。由于每个学习风格都有其优缺点，发展学生不同学习风格上的能力有利于学生处理学习中的各种任务。

最后，在教学中运用已有的研究成果。例如，发散型学习风格的学生在细节问题上做得更好，并且 CE 模式与学生的阅读成绩呈正相关。教师应该教授一些与发散型风格和 CE 模式相关的阅读技能和学习策略，以提高学生在细节问题上的阅读成绩。偏爱 CE

模式和发散型风格的人善于组织各种信息，从他们看到的各种信息中找出自己想要的信息。教师可以引导学生练习对信息的敏感性和从原始的阅读段落中找出答案的能力。

将英语学习细化可发现与不同学习风格之间的相关性，进而利用学习风格的特点改善教学。未来研究中，可继续从专业特点、年龄、性别、学习内容等不同角度深入探究学习风格与英语成绩之间的相关性，进而有针对性地解决英语教学中的困境。

参考文献

[1]王琦,余胜泉,万海鹏. 基于“风格-内容-行为”的三维学习风格倾向诊断模型设计及其适应性学习应用[J]. 现代教育技术, 2024, 34 (07): 102-112.

[2]邱飞岳,张蓓蓓,陈春风. 混合教学模式下中职学习风格与自学能力的关系研究[J]. 职业技术教育, 2022, 43 (23): 34-40.

[3]周晓美,谷桂芳,尹雪燕,等. 新护士基于学习风格的规范化培训效果评价[J]. 护理学杂志, 2024, 39 (07): 1-4+21.

[4]王栋,戴炜栋. 学习风格与二语学习任务相关性——一项基于 Kolb 学习风格模型的实验研究[J]. 《外语界》, 2013, 1, 28-35.

[5]Kolb D. A.. Learning Style Inventory and Technical Manual [M]. Boston, MA: McBer, 1985.

[6]曾诗颖,朱渊. Kolb 经验学习理论在护理教育领域的应用进展[J]. 护理学杂志, 2019, 34 (24): 95-98.

[7]谭顶良. 《学习风格论》[M]. 南京: 江苏教育出版社, 1995.

[8]侯小雯,贾一丹,江丰光. 不同学习风格类型的大学生在线学习适应性研究[J]. 教学研究, 2023, 46(06):1-10.

[9]王江铭,梁红敏,李红宾,等. 医学专业学生 Kolb 学习风格偏好及潜在影响因素[J]. 昆明医科大学学报, 2023, 44(07):168-172.

[10]Kolb, A. Y. & Kolb, D. A.. Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education [J]. Academy of Management Learning & Education, 2005, 4(2), 193-212.

[11]李丽恒,卢冀伟,孟庆有,等. 学习风格与考核成绩相关性研究——以 Kolb 学习风格理论为基础[J]. 高教学刊, 2020, (35):82-86.DOI:10.19980/j.cn23-1593/g4. 2020.35.020.

[12]Kolb, A. Y. & Kolb, D. A.. Experiential learning theory as a guide for experiential educators in higher education [J]. Experiential Learning & Teaching in Higher Education, 2017, 1(1):7-44.

医学院校硕士毕业论文统计问题分析及对统计教学策略的启示

易颖, 刘裕*

广州中医药大学公共卫生与管理学院, 广东 广州 510006

摘 要 : 目的: 分析医学院校硕士毕业论文撰写过程中出现的统计问题, 思考统计教学方法的改进策略。方法: 通过审阅最近几年的毕业论文总结问题。结果: 出现的问题包括统计方法选择不当、论文摘要统计部分书写不规范、缺少样本量的计算、统计图表问题、统计结果书写格式问题、对显著性的理解问题等, 建议: 提出了在相应的教学中要注重统计学的教学策略, 比如采用多种教学方法来提高教学效果、理论与实践同样看重、提高学生实践能力、增加统计软件训练、创新考核方式、科研反哺“统计学”课程教学和注重过程评价与及时反馈。

关 键 词 : 医学院校; 硕士毕业论文; 统计问题; 教学策略

Analysis of Statistical Issues in Master's Thesis of Medical Colleges and Their Implications for Statistical Teaching Strategies

Yi Ying, Liu Yu*

School of Public Health and Management of Guangzhou University of Chinese Medicine,
Guang Zhou, Guangdong 510006

Abstract : Objective: To analyze the statistical issues that arise during the writing process of master's theses in medical schools and to consider strategies for improving teaching methods. Method: Summarize the issues by reviewing recent graduation theses. Result: The problems include improper selection of statistical methods, non-standard writing of statistical parts in paper abstracts, lack of sample size calculation, problems with statistical charts, formatting of statistical results, and understanding of significance. Suggestions: It is proposed to pay attention to teaching strategies in statistics in corresponding teaching, such as using multiple teaching methods to improve teaching effectiveness, valuing theory and practice equally, enhancing students' practical abilities, increasing statistical software training, innovating assessment methods, scientific research feedback for "statistics" course teaching, and emphasizing process evaluation and timely feedback.

Keywords : medical school; Master's thesis; statistical problems; teaching strategies

引言

统计学在科学研究中诞生成长, 已经成为自然科学和社会科学研究不可缺少、不可替代的一种方法^[1]。在医学院校, 毕业论文的撰写离不开统计学方法, 出现的统计问题往往是一些常见且关键的问题, 这些问题可能源于对统计概念理解的不深入、统计方法的误用或滥用, 以及数据分析的不严谨等。我们在对医学院校的硕士毕业论文进行统计学审查时发现很多问题, 比如科研设计、推断统计方法的选择问题、论文摘要和方法部分的统计学介绍不完整、样本量的计算问题、图表问题等, 结果解释等方面也不同程度地存在一些问题。笔者以最近几年盲审的硕士毕业论文为主, 总结常见的统计问题, 提出正确应用统计时必须注意的事项, 并提出了在相应的教学中要注重统计学的教学策略, 为医学院校学生及医学工作者、教育者在医学研究中正确应用和教授统计方法提供参考。

基金项目: 广东省教育科学规划课题(高等教育专项)(2024GXJK007); 广州市哲学社会科学发展“十四五”规划2024年度课题(2024GZGJ273); 广东省中医药健康服务与产业发展研究中心招标项目(2024ZDA01); 广东省卫生经济学会科研项目(2023-WJMZ-19; 2024-WJMZ-19); 广州中医药大学人文社会科学培育项目(2024ZXPY22); 广州市卫生健康科技项目(2025A031001)。

作者简介: 易颖, 山东兖州人, 讲师, 硕士学位, 研究方向: 卫生事业管理、医学统计学、数学模型。电子邮箱: shandongyy@gzucm.edu.cn

通讯作者: 刘裕, 广东梅州人, 副研究员, 博士学位, 研究方向: 医疗大数据方法及其应用。电子邮箱: liuy683@gzucm.edu.cn

一、常见的统计问题

（一）统计方法选择不当

部分学生在进行数据分析时，可能未充分考虑数据类型和研究设计，而错误地选择了统计方法。在选择统计方法时，应充分考虑数据的类型、分布、样本量以及研究目的等因素，确保所选方法与研究问题相匹配。毕业论文中所用统计方法必须根据数据情况认真选用，例如 t 检验用于两组均数的比较，特别是在大样本或服从正态分布的小样本数据中，当方差齐性时，选择成组 t 检验；当方差不齐时，可以选择 t' 检验或用成组的 Wilcoxon 秩和检验。方差分析（ANOVA）适用于两个以上样本均数的比较，特别是当各个样本是相互独立的随机样本，且各样本来自正态总体且各处理组总体方差齐性时。 t 检验和方差分析要求数据来自正态分布，这是因为 t 统计量和 F 统计量是基于正态分布推导出来的，所以要求数据服从正态分布。如果数据不服从正态分布或者是等级数据，或者是一端或两端是不确定的数据，这时候秩和检验（非参数检验法）是不错的选择，比如在小样本偏态分布数据中，成组的 Wilcoxon 秩和检验是一个常用的选择^[2-6]。

（二）论文摘要统计部分书写不规范

摘要部分摘要应阐明所用的统计分析方法，比如不能笼统地写“回归分析”、“统计分析”。还有一些缺乏统计推断结论的表述，未体现统计推断的结果。有意义的结果，建议报告精确的 P 值（至少保留三位小数）；重要的指标，还需要报告描述性指标（均数/标准差、有效率等）。例如：A 组患者的收缩压下降 12.2 ± 3.4 毫米汞柱，B 组患者的收缩压下降 12.2 ± 3.4 毫米汞柱，差异有统计学意义（ $t=2.78$ ， $P=0.003$ ）。回归分析的结果，如 Logistic 回归建议报告 OR 值及其 95% 可信区间，线性回归建议报告系数 β 值。

（三）方法部分缺少样本量的计算

有些学生在确定样本量时，未充分考虑研究的实际需求、效应大小、置信水平以及检验功效等因素，导致样本量过大或过小，影响研究的准确性和可靠性。在医学领域，样本量的计算可能比较复杂，因为它需要考虑到多种因素，如研究类型（如临床试验、观察性研究等）、研究设计（如随机化、配对等）、数据类型（如计量资料、计数资料等）以及研究目的等。

在实际应用中，可以使用一些专业的统计软件（比如 PASS）或在线样本量计算器来进行样本量的计算。这些工具通常可以根据用户输入的研究参数（如置信水平、检验功效、总体标准差、差值等）来自动计算出所需的样本量。下面列举一部分常用的样本量的计算：

1. 病例对照研究设计所用的样本量计算公式

计算病例对照研究中样本量的公式如下：

$$n = \frac{(z_{\alpha/2} + z_{\beta})(P_1(1-P_1) + P_2(1-P_2))}{(P_1 - P_2)}$$

其中， n 表示所需样本量； $z_{\alpha/2}, z_{\beta}$ 分别为显著性水平为 α 和统计功效为 β 时的标准正态分布分位数； P_1, P_2 分别为疾病暴露组和非暴露组的发生率。

在进行病例对照研究时，需要确定显著性水平和统计功效的值，一般情况下显著性水平 α 取 0.05，统计功效 β 取 0.8。同时，需要根据已有的研究或预调查估计疾病暴露组和非暴露组的发生率，以确定样本量。

需要注意的是，在病例对照研究中样本量的计算需要考虑多种因素，如疾病的罕见程度、预计的暴露率等，因此需要进行合理的调整和修正。同时，在实际研究中，样本量的大小也受到研究时间、研究费用等限制因素的影响，需要在实践中灵活应用^[4-6]。

2. 估计总体均值时样本容量的确定

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 \sigma^2}{E^2}$$
， $z_{\alpha/2}$ 为标准正态分布的分位数，比如 $\alpha = 0.05$ 时， $z_{\alpha/2} = 1.96$ ， σ 为总体标准差，可以用预调查或参考文献中的样本标准差来代替， E 是估计误差^[4-6]。

3. 估计总体比例时样本量的确定

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 \cdot \pi(1-\pi)}{E^2}$$
， $z_{\alpha/2}$ 为标准正态分布的分位数，比如 $\alpha = 0.05$ 时， $z_{\alpha/2} = 1.96$ ， E 是估计误差， π 是总体比例，可以用预调查或者参考文献中的样本比例代替，或者 π 未知时，可取使方差达到最大的值 0.5^[4-6]。

（三）方法部分应单列一节交待用何种统计方法及统计软件以及版本号

阐明每种统计方法的具体应用场合或对应的指标数据。参考下段进行：

对数值数据进行正态检验（报告正态检验结果）。如果服从正态分布，使用均数 \pm 标准差进行描述；不服从正态分布，使用中位数、上四分位数（Q1）、下四分位数（Q3）进行描述。数值数据服从正态分布时，两组比较使用 t 检验；非正态分布，用非参数统计方法。数值数据服从正态分布时，多组比较使用方差分析，使用 LSD 方法（或 SNK、Bonferroni 等方法）进行两两比较；不服从正态分布，用多组非参数统计方法。分类资料，描述每个分类的频数及频率，使用卡方检验比较不同组别的分类资料（如性别）。使用 SPSS 26.0 软件（或其它软件名称及版本号）进行统计学分析， $P \leq 0.05$ 认为差异有统计学意义。根据变量的分布特征，中位数（Q1，Q3）和均数 \pm 标准差择一展示即可。

（四）统计图表的使用

在制作统计图表时，部分学生可能存在信息表达不完整、不清晰或误导性的情况。例如，未明确标注数据单位、未区分不同的数据类型等。另外做的图表与数据类型不匹配、或者图表不够美观的情况都有出现。可以按照如下两点制作图表。

1. 两组患者一般资料以及治疗前主要指标的均衡性检验应列于同一表格。如表 1 所示。

表 1. 两组患者常见指标的表达式

	治疗组 (N=50)	对照组 (N=50)	t 值	P 值
指标 1 ($\bar{x} \pm s$)	29.14 \pm 4.41	76.58 \pm 5.38	26.40	<0.001
指标 2 [M(Q1, Q3)]	27.2(14.8, 39.7)	26.4(12.5, 42.3)	1.45*	0.742
...				

*使用秩和检验 (Z 值)。

2. 多用图表展示数据及相应信息

描述性统计中,图的使用能增加美观性和可读性,一般的描述性的图,比如线图、柱形图、饼图等必须有相应的统计表,以方便于他人引用,图表编号为阿拉伯数字,即图1、图2。另外表格变量名如果没有特殊情况,应使用中文名。表格构成比在表头已列单位(%),具体数值可以不再附百分比符号,以减少版面占用,表格应采用三线表展示,跨页表格,需要重复表头。表格中相同的变量应保持相同的小数点后位数等。

(五) 统计量书写格式问题

在撰写医学院校毕业论文时,遵循正确的书写格式是确保论文质量的关键。符号和公式的使用应准确无误,避免出现错别字、多余或遗漏的字句行段等错误。在描述统计方法和结果时,应使用专业术语和规范的表达方式。统计量 t 、 Z 等应注意斜体,尤其是卡方统计量,要用公式编辑器打出斜体的卡方统计量 χ^2 ,而不是写成 X^2 。所有统计检验结果均应给出检验统计量(如 t 值、 χ^2 值、 F 值等)和尽可能精确的 P 值(至少保留三位小数)。 P 值不应记为0,而应记为 $P<0.001$,而不是 $P<.001$,另外 P 值不能报告为1.000,而应报告为 $P>0.999$ 。

(六) 从显著性到有统计学意义

在统计学和科研领域中,“显著性”(significance)和“有统计学意义”(statistically significant)这两个概念是紧密相关的,但它们在具体含义和应用上有所不同。下面是对这两个概念的详细解释和它们之间的关系:显著性是指观察到的效应或差异不太可能是由随机误差或偶然性引起的,换句话说,它评估了观察到的结果是否可能是由研究中的因素(如实验干预、变量等)真实引起的,通常使用显著性水平(如 P 值)来量化显著性。 P 值表示观察到的数据或更极端数据在假设为真(通常是零假设,即没有效应或差异)的条件下出现的概率。如果 P 值小于预定的显著性水平(如0.05),则通常认为结果是显著的。而有统计学意义是当观察到的效应或差异在统计学上被认为是显著的,即不太可能是由随机误差或偶然性引起的,我们说这个结果是有统计学意义的。温忠麟在《屡遭误用和错批的心理统计》^[7]一文中提到对于“差异显著”,很容易被误解为“差异重要”、“差异大”。为了避免这种错误,很多统计著作已经将“显著”改为“有统计学意义”,例如将“差异显著”改为“差异具有统计学意义”^[8]。

(七) 研究假设不同于统计假设

研究假设(Research Hypothesis)和统计假设(Statistical Hypothesis)在科学研究中有不同的含义和应用。研究假设是研究者根据已有的观察现象、理论知识和推断,对研究问题背后的机理或关系提出的可能的解释或预测,它基于研究者对研究问题的理解和已有的研究基础,用来指导研究的进行和结果的预期。统计假设则是通过统计推断来对总体特征或参数值进行判断的假设,统计学中的假设检验分为零假设和备择假设,零假设 H_0 通常是无差假设,比如零假设是两正态总体均值无差异,备择假设 H_1 是对立假设,比如两正态总体均值有差异^[4-6]。举例说明,在现实情况下,如果我们研究的是某种药物的疗效,事实上我们希望药物是有效疗的,我们的研究假设就是药物有效疗,即按照某种效

应指标计算的两正态总体的均值是有差异的,而统计零假设 H_0 却是按照某种效应指标计算的两正态总体的均值是无差异的,这时很多人会把研究假设与统计假设搞混淆,把研究假设当成了统计零假设 H_0 ,特别是对初学者,容易犯这样的错误,统计教学中要特别注意用实例,尤其是已经发表的论文为参考,为学生讲解清楚研究假设和统计假设的区别。

二、对教学的启示

医学院校硕士毕业论文作为学生学术能力的重要体现,其质量不仅关系到学生个人的学术发展,也反映了学校的教学质量和科研水平。因此,对医学院校硕士毕业论文的统计问题进行深入分析,并据此提出相应的教学策略,具有重要的现实意义。以下是对统计学教学的一些讨论和建议:

(一) 在统计学教学中,可以采用多种教学方法来提高教学效果

可以采用案例教学:通过引入实际案例,让学生在实践中学学习和掌握统计学知识。案例教学可以帮助学生更好地理解统计学的应用和意义,激发学生的学习兴趣。多媒体教学:利用多媒体手段展示教学内容,如PPT、视频等,使教学更加生动、形象。多媒体教学可以帮助学生更好地理解和记忆统计学知识。互动式教学:通过提问、小组讨论、角色扮演等方式,增加学生的参与度,激发他们的学习兴趣。这种教学方式有助于培养学生的批判性思维和解决问题的能力。实验教学:通过统计分析软件的实验操作,让学生亲自进行数据分析,培养学生的动手能力和实践能力^[8]。

(二) 理论与实践一样看重、提高学生实践能力、增加统计软件训练

医学统计学偏向于对实际数据分析和处理,与其他领域学科联系紧密,是研究各领域具体数量的方法论。可以进行跨学科合作:与其他医学课程(如流行病学、临床医学等)的教师合作,共同设计跨学科的教学内容和案例,使学生能够更好地理解统计学在医学领域的应用。医学统计学更加注重运用统计学方法,借助计算机分析处理社会生活中实际数据,揭示数据中的客观规律,实用性较强。理论推导不可或缺,但也不能喧宾夺主,要增加实验教学环节,让学生亲自进行数据分析,培养学生的动手能力和实践能力,布置小组实践作业。另外增加软件教学的广度,也要重点深入介绍一到两款统计软件,比如基本无需编程的SPSS软件和需要编程的R软件^[9]。

(三) 科研反哺“统计学”课程教学,培养学生的统计思维能力

科研反哺教学可以促进教学与科研的有机统一,提高学生专业学习兴趣,夯实学术基础,培养学生的统计思维能力,提升学生的创新思维能力。

1. 引入前沿科研成果

统计学是一门不断发展的学科,新的理论、方法和应用不断涌现。在教学过程中,教师可以积极引入前沿的科研成果,让学

生了解统计学领域的最新进展和热点问题。这不仅可以激发学生的学习兴趣，还可以拓宽他们的视野，提高他们的学术素养。

2. 采用科研反哺“统计学”课程教学

临床医学生在研究生阶段除了掌握必备的临床知识和技能之外，也始终以科研论文课题的推进为着力点，课题的推进需要医学统计知识的支撑，而统计分析也不能脱离实际的科研背景。在科研反哺“统计学”课程教学中，教师可以采用科研式教学方法，让学生参与到科研活动中来^[1]。例如，可以组织学生进行小组讨论，探讨某个统计学问题或课题；带领学生参与到教师的科研项目中，承担一定的研究任务。这样可以让学生更加深入地了解统计学的研究方法和思路，提高他们的科研能力和创新能力。

3. 鼓励学生积极参与申请科研项目并自主承担科研项目

在一项对研究生的研究发现，97.08%的学生希望医学统计学教学中更强调研究设计和科研思维的培养^[10]。教师可以鼓励学生积极参与申请科研项目，让他们在科研活动中深入了解统计学的研究方法和思路。通过参与科研项目申请，学生可以积累丰富的科研经验，提高他们的自主科研能力和自我创新能力^[11]。同时，参与自主科研项目还可以让学生更好地了解统计学领域的最新进展和热点问题，为他们的未来发展打下坚实的基础。

（四）注重过程评价与及时反馈

通过创新考核学生方式，可以更全面地评价学生的能力和表现，激发学生的学习兴趣 and 积极性，促进他们的全面发展^[12]。在课程开始时，明确列出整个学期或学年的学习目标，并分解为若干阶段性小目标。这样，学生可以清楚地知道在每个阶段应该达到的学习水平^[13]。定期组织师生反馈会议，让学生有机会表达他们的学习感受和困惑。教师可以根据这些反馈调整教学策略和方法^[14]。注重过程评价：注重学生在学习过程中的表现和进步，而不仅仅是结果，通过观察学生的课堂参与、讨论、合作等过程，来评价学生的学习态度和能力^[15]。及时反馈：给予学生及时的评价反馈，帮助学生了解自己的学习情况和需要改进的地方。同时，鼓励学生进行自我反思和自我评价，促进他们的自我提升和成长^[16]。

经过对医学院校硕士毕业论文中统计问题的深入分析，我们不难发现，统计知识在医学研究中的应用至关重要，它不仅关乎研究的科学性和严谨性，更是确保医学成果能够准确、有效地转化为临床实践的关键。医学院校应充分认识到统计知识在医学教育中的重要性，采取切实有效的措施来加强统计教育，提升医学生的统计素养和实践能力。只有这样，我们才能培养出更多具备科学精神和创新能力的高素质医学人才，为医学事业的繁荣发展贡献自己的力量。

参考文献

- [1] 张节松, 科研反哺“统计学”课程教学研究与案例设计[J], 教育教学论坛, 2024(3): 153-156.
- [2] 张厚璪, 徐建平. 现代心理与教育统计学第3版[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2009.
- [3] 温忠麟, 心理与教育统计[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 2006.
- [4] 方积乾, 徐勇勇, 陈锋, 卫生统计学第七版[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
- [5] 孙振球, 徐勇勇, 医学统计学第3版[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
- [6] 马斌荣, 医学科研中的统计方法第四版[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [7] 温忠麟, 吴艳, 屡遭误用和错批的心理统计[J], 华南师范大学学报(社会科学版), 2010(1): 47-54+158.
- [8] 缪萍萍, 实践教育模式下经管类专业统计学课程改革设计——以南京财经大学红山学院为例[J], 现代商贸工业. 2024, 45(04): 156-158.
- [9] WILKINSON L, The Task Force on Statistical Inference. Statistical Methods in Psychology Journals: Guidelines and Explanations[J], American Psychologist, 1999, 54(8): 594 - 604.
- [10] 张庆英, 张建军, 陈晓丽, 张燕虹, 林昆, 吴库生, 刘彩霞, 李克, 郭巍, 许茜, 研究生医学统计学教学满意度及需求调查研究[J], 华南预防医学. 2018, 44(06): 572-574.
- [11] 马莹莹, 崔文昊, 数据科学专业核心课程的教学设计与思考——以统计学习课程为例[J], 高教学刊. 2024, 10(33): 42-45.
- [12] 付小雪, 胡声丹, 杨洁敏, 丁静林, 医学院校的R语言课程教学重构探索[J], 中国现代医生. 2024, 62(31): 85-89.
- [13] 曹文君, 石嫫, 饶华祥, 郭崇政, 基于“1+5”阶段性整合式临床医学专业研究生医学统计学课程教学模式构建[J], 中国卫生统计. 2022, 39(01): 137-139.
- [14] 蔡晶, 中医院校研究生医学统计学教学困难及改革措施[J], 福建教育学院学报, 2022(7): 79-81.
- [15] 王素珍, 陶恩学, 石福艳等, 大数据驱动背景下多元化医学统计课程体系的构建及教学模式的改革[J], 中国卫生统计. 2019, 36(05): 763-765.
- [16] 刘媛洁, 王家美, 赵宏等, 多元化教学在医学统计学教学中的探索[J], 现代预防医学. 2020, 47(02): 381-384.

智能体在虚拟教研中的应用设计与分析

卓晓莉¹, 廖俊龙¹, 黄子彪¹, 朱映辉^{1*}, 黄穗^{2*}

1. 韩山师范学院 计算机与信息工程学院, 广东 潮州 521041

2. 北京中软国际教育科技股份有限公司, 北京 100000

摘 要 : 在教育数字化转型浪潮中, 虚拟教研作为新兴的教研模式逐渐兴起。智能体凭借其自主性、交互性和智能性等特点, 为虚拟教研带来新的机遇与变革。聚焦于智能体在虚拟教研中的应用设计, 为虚拟教研的创新发展提供理论支撑, 为智能体与教研的深度融合提供实践指导。首先分析了虚拟教研的现状与挑战, 其次凭借对智能体应用的需求分析, 提出智能体在虚拟教研的应用方案, 通过调查评估, 验证了智能体在虚拟教研中的实际应用效果, 最后对智能体在虚拟教研中的应用前景进行了展望。

关 键 词 : 智能体; 虚拟教研; 教研创新

Application Design and Analysis of Agent in Virtual Teaching and Research

Zhuo Xiaoli¹, Liao Junlong¹, Huang Zibiao¹, Zhu Yinghui^{1*}, Huang Sui^{2*}

1. School of Computer and Information Engineering, Hanshan Normal University, ChaoZhou, GuangDong 521041

2. Beijing Zhongruan International Education Technology Co., Ltd. Beijing 100000

Abstract : In the wave of digital transformation in education, virtual teaching and research has emerged as a new model of educational research. Agent, with its autonomy, interactivity, and intelligence, brings new opportunities and changes to virtual teaching and research. By focusing on the design of agent application in virtual teaching and research, it provides theoretical support for the innovative development of virtual teaching and research and practical guidance for the deep integration of agent and educational research. Firstly, it analyzes the current status and challenges of virtual teaching and research. Secondly, based on a demand analysis of agent application, it proposes an application scheme for agent in virtual teaching and research. Through surveys and evaluations, the practical application effects of agent in virtual teaching and research are verified. Finally, it offers prospects for the application of agent in virtual teaching and research.

Keywords : agent; virtual teaching and research; educational research innovation

引言

在教育信息化与“智能+”战略推进下, 虚拟教研应运而生, 通过提供在线平台打破了时空局限, 以全力应对国家关于高等教育发展和人才培养质量的挑战^[1]。该教研模式是教育现代化的重要方向, 能有效实现资源同享及协同创新, 缩小教研差距, 稳步维护教研公平, 不过它仍存在资源存储分散、缺乏个性化需求以及多成员协作效率不高等问题, 制约其应用效果的最大化。智能体凭借感知、决策、学习和协作能力, 为解决这些问题提供了解决路径^[2]。智能体是人工智能重要分支, 它实时监测平台数据, 通过实时反馈与评估, 便于教师进行教学调整, 增强教研的互动效果, 还能实现个性化推荐, 促进区域间的交互式协作, 推动教研的发展与创新。

一、虚拟教研的现状分析

(一) 虚拟教研的定义及特点

虚拟教研是种形式丰富、强互动性、资源充沛的教研交流活动, 借助互联网资源和数字化工具, 为用户提供在虚拟环境中进行共

享资源和协作学习的平台^[3]。通过在线平台, 教师可以随时随地分享教学资源 and 研究成果, 获取专家及同行的反馈, 拓宽学术视野, 在教学实践中灵活运用教学成果^[4]。这一新型教研模式不仅提高了教研活动的覆盖面, 而且它帮助教师完善自身专业能力, 满足学生个体的需求并且激发教学创新, 为构建教育全新生态模式提供帮助^[5-7]。

基金项目: 广东省本科高校在线开放课程指导委员会重点研究课题 (2022ZXKC310); 广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目 (粤教高函【2023】4-282“软件与智能物联网产业学院”); 广东省教育厅科研项目“重点领域专项” (2023ZDZX1014); 广东省普通高校重点实验室 (数据科学与智慧教育重点实验室, 编号2022KSYS003)。

作者简介:

卓晓莉 (2003-), 女, 韩山师范学院计算机与信息工程学院2023级软件工程卓师班学生;

廖俊龙 (2003-), 男, 韩山师范学院2023级软件工程卓师班学生;

黄子彪 (2004-), 男, 韩山师范学院2023级软件工程卓师班学生;

通信作者: 朱映辉, 教授, 硕士; 黄穗, 高级系统工程师, 本科。

（二）虚拟教研的现状与挑战

当前在科技和政策的两重推动下，虚拟教研正在疾速传播，融合在线平台和教育平台不断地扩大应用范围，形式和内容逐渐多样化和综合化，涵盖学习空间、数据分析和专业培训等功能，为不同教师提供平等教研机会^[8]。不过虚拟教研面临技术水平差异、沟通障碍及安全隐私等多重挑战，这些挑战迫使虚拟教研进行技术改进，使其能够利用智能工具、沟通手段和安全机制，让该教研模式更加注重易用性、沟通效率 and 安全性，帮助教育领域用户更好地适应虚拟教研环境，克服沟通障碍，保障平台信息安全，为教育事业的发展提供了源源不断的动力来源。

二、虚拟教研对智能体的需求

（一）智能体定义与特性

智能体是能够自我运行和决策的程序或系统，被广泛应用于软件程序和硬件中，具有交互能力、自主性、导向、适应能力^[9]。凭借这些特点，它们能在动态环境中灵活应对，与人类进行协同任务，提高协作效率。智能体在教育领域中依赖于多种算法和模型的协作，涵盖感知、决策、学习和协作环节，不断融合虚实场景的交互，创新教学内容和革新教学平台，整合各方师资，实现教学资源的最优化，有效支撑了教研体系的数字化转型升级。依据“评价—反馈—改进—再评价”机制，智能体能够收集学习者的多模态数据，动态评估虚拟教研活动数据，为教师生成数据报告，实现教学质量的持续提升^[10]。

（二）虚拟教研对智能体技术的需求

1. 整合教学资源

（1）信息检索。为防止教师花费大量时间在海量资料上，虚拟教研需要智能体根据不同情形，提供对应的教学资源，以满足教学需求的多样性。

（2）资源融合。智能体具备整合多方资源的功能，有机融合多种形式的资源，帮助教师高效地开展教研，同时为学生提供丰富立体的学习材料。

2. 优化教学策略

（1）模拟教学场景。智能体可以构建虚拟课堂，模拟学生的反应和互动，让教师提前预估教学效果，判断教学环节的有效性，及时发现问题并进行优化，进而调整教学策略，从而提高教学设计的科学性和可行性。

（2）推荐教学策略。基于数据分析得到的学生的学习进度和知识点掌握程度，智能体可以推荐采用讨论、案例分析与小组合作等不同的教学方法，帮助教师更好地组织教学活动，提升教学效果。

3. 促进教师发展

（1）知识更新与拓展。教学知识日新月异，虚拟教研需要智能体为教师提供与时俱进的教育理念、学科前沿知识等，帮助教师及时获取行业动态，融合设计教学方案，更好地适应教育变革的需求。

（2）教学反思与评价。智能体可以帮助教师进行教学反思，分析教学过程的数据，并提供详细的评价报告，提供针对性地

改进教学方法，提升教学质量。

4. 协作教研与交流互动

（1）跨时空协作支持。智能体可以提供更为便捷的协作平台，为用户交流、资源共享、协作提供在线场所，促进教师之间的合作与交流，提高教研效率。

（2）智能互动。在教研交流过程中，智能体可以作为引导者，根据讨论的主题和内容，适时地提供相应素材，引导教研活动深入展开。同时智能体还可以对教师的交流内容进行分析 and 总结，提炼关键信息，为教研活动提供有价值的参考。

5. 数据驱动的决策

（1）分析教学数据。智能体能够全面、准确地收集教研中的各种数据，深度挖掘分析这些数据，帮助教师更好地了解教学现状和学生的学习情况。

（2）决策建议与预测。由数据分析的结果，智能体可以为教师提供建议，还可以对教学效果进行预测，提前预警可能出现的问题，使教师能够提前采取措施，优化教学决策，提高教学质量。

三、智能体在虚拟教研中的应用设计

（一）系统架构设计

智能体在虚拟教研中的系统架构主要由前端、后端和数据库三部分组成，形成了一个协作高效、智能支持的综合性平台，如图1所示。

（二）功能模块划分

智能体在虚拟教研中的功能模块如图2所示，这些模块相辅相成，共同构建了智能化、精准化、高效协作化的虚拟教研平台。

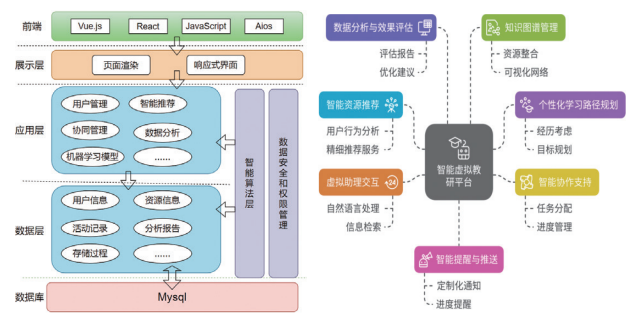


图1 智能体在虚拟教研中的系统架构图

图2 智能体在虚拟教研中的功能模块图

（三）智能体关键功能实现

基于功能模块划分，给出实现该功能的算法和技术，总结出智能体在虚拟教研应用中的效果，如表1所示。

四、效果评估与挑战分析

（一）评估方法

通过采用线上线下发放混合式问卷调研，共发放300份问卷，回收273份。参与调查问卷的成员中涵盖学生、教师、教育研究人员，问卷内容围绕虚拟教研中的核心需求展开，包括使用频率、功能实现效果评价、用户使用意愿等，从多维度分析智能体应用与虚拟教研的效果。

表1 智能体关键功能实现表

功能	实现途径	应用效果
虚拟助理交互	由自然语言处理（NLP）与情感识别算法进行用户与系统之间的无缝沟通。	理解用户的查询意图，提供精准的信息检索。
数据分析与效果评估	作为关键功能，它通过大数据分析技术、机器学习算法和教育数据挖掘技术，分析学生学习数据，评估学习效果。	实时反馈学生学习情况，帮助教师及时调整教学策略，优化教学效果。
个性化学习路径规划	运用深度学习算法，依据学生兴趣倾向与学习进程等方面，定制适宜的学习路径，预测性分析技术能够提前识别可能的学习困难，采取预防措施。	提供更高效的学习体验，让学生以积极态度进入知识海洋。动态调整学习路径以满足学生个性化需求。
智能协作支持	采用多智能体协作算法，支持多个用户之间的任务分配及有效协作。	协调不同角色的教育工作者共同完成复杂的教学研究任务，提升教研活动的效率。
知识图谱管理	运用实体识别、关系抽取等知识图谱构建技术以及可视化技术，构建、维护和应用知识图谱。实现教学资源的智能管理、知识关联与推理	实现教学资源的智能管理、知识关联与推理。不仅能提供可视化网络图，还提供了进度管理服务。
智能资源推荐	采用推荐系统算法和个性化推荐技术，综合运用大数据分析 with 用户画像技术，根据用户行为分析推荐适合的学习资源。	提供精准推荐，满足学生的学习需求，提升学习效果。
智能提醒与推送	运用行为分析和实时监测技术，精准判断并触发相应的提醒与推送任务。	允许自定义提醒和推送的设置，进一步提高准确性和用户体验。

（二）评估结果

在回收的问卷中：（1）97.5%的调查者反馈智能体在获取资源方面提供了有效帮助，能快速定位所需资料，节省了备课和查找资料时间，如图3所示。这与大模型能快速获取海量知识、多语言支持及跨学科关联搜索等特性息息相关，迅速调取互联网上的公开信息（如学术论文、教材、新闻、案例等），帮助师生即时定位相关领域的关键知识点。（2）在师生的教研、学习中使用智能体的频率在每周2次以上的占比达到90%；同时，98%的受访者认为智能体的应用提高了教研及学习的参与度，分别如图4、5所示。其中处理的问题主要集中在教学资源推荐（40%），教学策略建议（30%）和学生数据分析（20%）。

从调查结果可见，智能体的引入为教师教研带来效率提升与深度创新：通过数据驱动精准诊断学情、辅助跨学科资源整合，助力教师从重复劳动转向个性化教学设计与教育研究；同时为学生学习创造个性化与沉浸式体验，通过自适应学习路径规划、实时反馈纠错及虚拟场景互动，激发学习兴趣，弥补能力差异，推动了“因材施教”规模化落地。

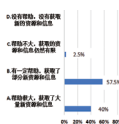


图3 智能体是否帮助用户获取教研资源



图4 在虚拟教研中智能体使用频率

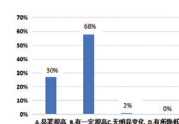


图5 智能体能否提高教研参与度

（三）挑战与对策

尽管大多数用户对智能体在虚拟教研上的效果给予肯定，但其应用仍存在安全风险问题，容易出现隐私泄露，同时稳定性欠佳导致功能容易出现故障，平台与教学工具间不具有很好的兼容性，常常使系统奔溃，降低了用户的期待值和使用率。在精准答复或涉及价值理念等特定场景，智能体还需要进一步完善。面对这些挑战，我们应顺势而上，在技术升级算法，强化其在创造性思维激发方面的表现，教学资源层次上拓展获取途径并严格把关，确保优质资源。完善用户管理机制严格保护用户个人隐私，保障数据质量和安全。各地区应定期对平台进行技术检查，及时更新和升级硬件设备，提高系统稳定性与兼容性，保障用户顺畅的学习体验。

五、结论与展望

在教育革新下，个性化学习和协作共享以及数据驱动决策成为主流趋势，智能体技术正大步迈向生成式 AI、元认知支持的认知智能化升级、VR/MR 整合的多模态融合学习，极速扩大其在虚拟教研的美好应用前景。虚拟教研突破了时空限制，整合全球优质教育资源推动教育更加公平化，激发教师创新教学思维及助力教育发展，促进教研新形态的数智驱动性。通过结合智能体的深度分析数据功能，提供精准有效的教学建议，使教师能够调整教学策略。虚拟教研融合智能体能够快速检索资源以及分析学生学习数据，有效提升教研效率和质量，还能提供个性化的教研方案与学习指导。智能体与教师互动激发创新思维，促使教师探索新类型教学方法，赋予教育革新活力，推动创新教育模式适应时代需求。

未来应全力攻克动态反馈难题，实现对教学行为、学习状态的精准分析，这样智能体给出的教学建议才更贴合实际，并且积极探索教育机构、科技企业是学校间高效合作模式，整合资源形成合力推动智能体技术在教育领域的广泛应用。

参考文献

- [1] 谢劭, 何吉. “智能+”时代教室的变革图景: 虚拟教研室——以清华大学“电路原理”课程虚拟教研室为例[J]. 现代教育技术, 2022, 32(05): 102-109.
- [2] 陈逸晗, 李艳. 智能技术支持的虚拟实验助推科学教育新发展[J]. 上海教育, 2025, (05): 60-63.
- [3] 危英. 基于虚拟教研室的高职教师教研共同体建设研究[J]. 科教文汇, 2024, (15): 144-147.
- [4] 巩湘红, 孙晓燕. 新媒体时代虚拟教研平台赋能高校外语教师专业发展研究[J]. 新闻研究导刊, 2024, 15(16): 49-54.
- [5] 张克俊, 伍文棋, 陆国栋, 等. 数字化视野下虚拟教研室建设的历程、内容与路径[J]. 高等工程教育研究, 2024, (04): 147-152.
- [6] 刘晓宇, 张衍伟, 李高建, 等. 基于虚拟教研室开展智慧教研的价值、困境及路径[J]. 教学与管理, 2025, (01): 29-33.
- [7] 曾建潮, 吴淑琴, 张春秀. 虚拟教研室: 高校基层教研组织创新探索[J]. 中国大学教学, 2020, (11): 64-69.
- [8] 郭绍青, 王家阳. 教育智能化: 技术赋能乡村教育公平的新路径[J]. 中国电化教育, 2025, (02): 67-74+83.
- [9] 陈昌凤. 智能平台兴起与智能体涌现: 大模型将变革社会与文明[J]. 新闻界, 2024, (02): 15-24+48.
- [10] 谢鑫, 赵正, 崔永辉. 基于多专家智能体的智能化课程评价模型设计与应用[J/OL]. 航海教育研究, 1-8[2025-03-22]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1305.G4.20250312.2227.002.html>.

大数据时代经济统计专业课程思政融合教学评价研究

徐丽, 张振华*

广东外语外贸大学 数学与统计学院, 广东 广州 510006

摘 要 : 研究以大数据时代为背景, 基于利益相关者理论, 融合 CIPP 评价模式和 OBE 教育理念, 采用定性定量相结合的方法, 通过多渠道数据获取, 形成了包含 3 个一级指标, 12 个二级指标、40 个三级指标的课程思政融合教学评价体系。基于《非参数统计》课程的案例分析显示, 课程思政融合整体良好, 但在教学资源、专业融合、教学方法创新、学生认知理解及创新能力等方面需进一步加强。研究为《非参数统计》以及经济统计专业其他课程的课程思政融合提供了评价框架和实践指导。

关 键 词 : 大数据; 非参数统计; 课程思政融合; 熵值法; 教学评价

Evaluation of Ideological and Political Integration in Economic Statistics Major Courses in the Era of Big Data - Taking Non parametric Statistics as an Example

Xu Li, Zhang Zhenhua*

School of Mathematics and Statistics, Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou, Guangdong 510006

Abstract : This study firstly explored the integration of ideological and political education in Non parametric Statistics in the context of the big data era. And then constructed a scientific, comprehensive, dynamic, and integrated teaching evaluation system. This system was based on stakeholder theory, integrates Context-Input-Process-Product (CIPP) evaluation model and OBE education concept, adopted a combination of qualitative and quantitative methods, with data extracted from multi-channel. Finally, we obtained an ideological and professional integration teaching evaluation system, which includes 12 secondary indicators and 40 tertiary indicators. The case analysis showed that the integration of ideological and political education in the curriculum was overall good, but there was a need to further strengthen teaching resources, professional integration, innovative teaching methods, students' cognitive understanding, and innovative abilities. This study provides an evaluation framework and practical guidance for the integration of ideological and political education in non parametric statistics and other courses for the major of economic statistics.

Keywords : big data; non-parametric statistic; ideological and political integration; entropy method; teaching evaluation

引言

随着大数据时代对统计专业人才的需求日益增长, 课程思政建设成为高校人才培养的重要举措。然而, 在《非参数统计》等专业课程中, 缺乏科学、全面的教学评价机制, 限制了课程思政改革的深入发展。本研究旨在构建一套科学、全面的课程思政融合教学评价体系, 并以《非参数统计》课程为例进行实证研究。本研究基于利益相关者理论, 结合 CIPP 评价模式和 OBE 教育理念, 通过定性定量相结合的方法, 构建了包含规划、实施、效果三个一级指标的课程思政融合教学评价体系。

一、《非参数统计》课程教学与评价现状

(一)《非参数统计》教学与研究现状

《非参数统计》课程在统计专业培养目标中占据重要地位,

但现有教学模式仍然以传统教学法为主^[1], 存在学生参与度较低、缺乏实践机会等问题。这很大程度上影响了学生的学习积极性与主动性, 不利于经济统计学专业“厚基础、宽口径、重实践”培养目标的实现。为此, 国内外学者对该课程的教学模式进行了大

基金项目: 本文系“2024 年度广东省本科高校教学质量与教学改革工程 <经济统计和数据科学课程教研室> (粤教高函 [2024] 30 号); 广东省 2023 年度省级一流本科课程《统计学》线下一流课程 (粤教高函 [2023] 33 号); 广东省 2021 年省级一流本科专业建设点《经济统计学》(132-GK23G194); 广东外语外贸大学 2022 年度校级教学质量与教学改革工程 (高等教育教学改革类_思政课程改革专项)《非参数统计》课程思政融合教学效果评价研究 (广外教 [2022]50 号)”的研究成果。

作者简介: 徐丽 (1984.03-), 女, 福建龙岩人, 广东外语外贸大学, 副高, 硕士, 经济与社会统计;

通讯作者: 张振华 (1972.10-), 男, 湖南郴州人, 广东外语外贸大学, 正高, 硕士, 统计机器学习理论与应用。

量研究,包括案例教学法^[1-3]、任务驱动法^[4]、案例教学法与问题教学法相结合^[5]等。近年来,以专业课程为载体,探讨课程思政的建设问题成为教学研究的热点之一。然而,尽管已有研究者探讨了《统计学》、《国民经济统计学》与《概率论与数理统计》等课程的课程思政建设问题^[6-10],尚未有研究立足于《非参数统计》探讨经济统计专业的课程思政建设问题。

（二）课程思政教学评价现状

近年来,课程思政建设已成为我国高校落实立德树人根本任务的重要举措。然而,如何有效评价课程思政教学效果,仍是摆在教育工作者面前的一大难题。在现有的教学评价实践中,仍以传统的评价方式为主,未能基于课程思政背景进行有效考核。现有教学评价体系存在诸如对学生需求分析不够充分,指标体系选取具有一定主观性以及评价主体单一等问题^[11,12]。对此,研究者进行了广泛的探讨,取得了较为丰富的研究成果,主要涉及课程思政背景下教学评价体系的构建与教学评价方法两个方面。

在课程思政教学评价体系的构建方面,以CIPP(Context-Input-Process-Product)评价模式为基础,有研究者尝试构建包含学习目标、学习内容、师德师风等多个维度的高校课程思政教学评价体系,以期全面评估高校课程思政的教学质量^[11];还有研究者将课程思政建设的共性以及《中药学》课程思政建设的特性融入CIPP评价模式,以背景评价、输入评价、过程评价、成效评价四个方面为切入点,构建了包括8个一级指标,24个二级指标的课程思政教学评价指标体系^[13]。此外,还有研究者将OBE理念引入课程思政教学评价,从学生学习结果的角度出发,构建以学生为中心的评价体系,关注学生的知识、技能、态度和价值观等方面的提升^[14]。

在课程思政的教学评价方法方面,许多研究者主张采用多元化的评价方法,包括学生评教、同行评价、专家评价、教学督导等^[15],以获得更全面、客观的评价结果。而且,课程思政教学评价应将定量评价与定性评价相结合,既关注学生的学业成绩,也关注学生的思想政治素养和价值观的提升^[16]。此外,还有研究者尝试将模糊综合评价法应用于课程思政教学评价,以解决评价指标难以量化的问题^[16,17]。

综上,已有不少研究者对课程思政融合教学评价进行了广泛的研究,取得了一定的成果。然而,现有研究主要集中在通识教育课程和工科、医学类课程,针对经济统计专业的课程思政融合教学评价研究相对较少。此外,现有研究大多基于单一的评价模式和方法,缺乏系统性和全面性。本研究以经济统计专业的核心课程——《非参数统计》为例,基于利益相关者理论,结合CIPP评价模式与OBE教育理念,构建了一套具有科学性、全面性、动态性与融合性的课程思政融合教学评价体系,以期在经济统计专业课程思政建设提供有益参考。这对促进高等学校课程思政与专业教学有机融合,提升课程思政教学效果,最终实现全程育人、全方位育人具有重要意义。

二、《非参数统计》课程思政融合的教学设计

课程思政建设旨在解决专业教育和思政教育“两张皮”问

题,是一个系统性工程,需从教学目标、教学内容、教学方法与教学评价等方面进行系统性重构。

在教学目标的设计上,除了传统的知识目标与能力目标外,新增思政目标。思政目标的设定是课程思政建设的关键,旨在培养学生的科学精神、社会责任感和积极向上的人生态度。例如,通过《非参数统计》课程的学习,可以引导学生用唯物主义、历史唯物主义原理分析问题,解决问题,培养学生耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度,以及树立心系社会并有时代担当与家国情怀的精神追求。

在教学内容的设计上,课程思政融合主要包括知识点与思政元素的融合、案例教学以及实践教学的设计。为提高课程思政融合的效果,激发学生的学习兴趣,培养学生的实践能力和创新精神,还需进行教学模式与教学方法的改革。为此,除传统的课堂讲授之外,将结合案例教学法、问题教学法、讨论法、启发式教学与实践教学等多种方法进行教学,具体融合路径详见附表1。

三、《非参数统计》课程思政融合的教学评价体系构建

为更好地促进课程思政融合,切实落实立德树人根本任务,构建相适应的教学评价体系是教学评价改革的关键。为此,《非参数统计》课程需要改革传统的教学评价方法,综合采用过程性评价与终结性评价相结合,定性评价与定量评价相结合等多种方式。

（一）指标体系构建原则

指标体系的构建应遵循“O-C-W-I-S-D”原则^[18],即目的性(Objective)、完备性(Complete)、可操作性(Workable)、独立性(Independent)、显著性(Significant)、动态性(Dynamic)。进一步结合本研究目的,课程思政融合效果评价时应遵循科学性、全面性、动态性与融合性等原则。其中,科学性是指引入现代化的评价方法和技术,确保评价结果客观公正;全面性是评价指标体系应涵盖课程设计、教学过程、学生反馈、用人单位评价等多个维度,全面反映教学质量和效果;动态性是指应通过持续的数据收集和分析,实现对教学质量的实时监控和调整;融合性是指评价指标体系应特别关注课程思政内容与专业知识的有机结合,确保两者相辅相成,共同促进学生的全面发展。

（二）指标体系构建的基本思路

根据利益相关者理论^[19],课程思政与专业教学融合效果评价涉及地方教育行政部门、地方高校、高校教师、学生及用人单位等多重利益相关者。本研究基于利益相关者理论,以CIPP评价模式为基础,同时遵循“教师为主体,学生为中心”的教育理念,构建了一套课程思政融合教学评价指标体系,以下是构建这一体系的详细基本思路:首先,分别基于教育行政人员、高校教师与用人单位视角设计专家咨询函,并结合咨询函结果设计三级指标体系。其次,确定各级指标权重。最后,基于文本分析、专家评价、问卷调查与网络爬虫等多种方式搜集数据,由此得到包含3个一级指标,12个二级指标和40个三级指标的指标体系(表1)。

表1 课程思政融合指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标内涵	数据来源
思专融合 规划评价 (A1)	课程思政 目标设定 (C1)	与专业人才培养目标的融合度(X1)	课程思政目标与专业人才培养目标的一致性和协同性	专家评价
		与社会主义核心价值观的融合度(X2)	课程思政目标是否体现了社会主义核心价值观,以及融合的深度和广度	专家评价
		思政目标清晰度(X3)	课程思政目标的表述是否明确、具体,易于理解和执行	专家评价
		教学资源丰富度(X4)	教学资源的种类和数量以及是否能够满足教学需求	专家评价
	思专资源规 划(C2)	教学资源质量(X5)	教学资源的准确性、深度和广度以及资源的更新频率	专家评价、学 生评价
		教学资源适用性(X6)	教学资源是否符合教学目标、适应教学内容和教学方法的能力	学生评价
	思专制度规 划(C3)	思专融合规章制度(X7)	学校或学院为推动思政教育与专业教育融合而制定的规章制度,包括政策指导、管理流程等	Python爬虫、 专家评价
		思专融合激励机制(X8)	涉及对教师和学生参与思专融合的奖励措施,以激发其积极性和创造性	Python爬虫、 专家评价
		思专融合评估机制(X9)	对思专融合实施效果的监测和评价体系,确保融合目标的实现	Python爬虫、 专家评价
		课程思政与专业知识的融合度(X10)	衡量课程思政内容与专业知识结合的紧密程度,是否能够相互促进	专家评价
	专业融合 (C4)	课程思政与专业课程的衔接度(X11)	衡量课程思政内容是否能够自然地融入到专业课程体系中,形成有机的整体	专家评价
		课程思政与专业实践的结合度(X12)	衡量课程思政理念是否能够在专业实践中得到体现和应用,促进学生的实践能力和价值观的培养	专家评价
		教学方法创新性(X13)	衡量教师采用的教学方法是否新颖、有效,例如案例教学、项目教学、翻转课堂等	专家评价
	教学融合 (C5)	教学方法多样性(X14)	衡量教师采用的教学方法是否多样化,例如讲授法、讨论法、实验法、实践法等	专家评价
		教学内容科学性和时代性(X15)	衡量教学内容是否符合科学原理,是否与时俱进,是否能够反映学科前沿	专家评价
		思政意识和思政能力(X16)	衡量教师对思政教育的理解和重视程度以及教师将思政元素融入专业课程意识和能力	同行评价
思专融合 实施评价 (A2)	师资融合 (C6)	教学和科研水平(X17)	衡量教师的教学技能、教学方法和科研成果	同行评价、科 研成果统计
		教学团队协作性(X18)	衡量教师团队成员之间的沟通、合作和协调能力	教学评价
		师德师风(X19)	衡量教师的道德品质和行为规范	同行评价、 学生评价
	理念融合 (C7)	学生对课程思政的认知和理解(X20)	衡量学生对课程思政目标、内容和方法的了解程度以及学生对课程思政价值的认同程度	学生问卷调查
		教师对课程思政的认知和理解(X21)	衡量教师对课程思政理念的理解程度以及教师将思政元素融入专业课程意识和能力	教师问卷调查
		学院对课程思政的认知和理解(X22)	衡量学院对课程思政建设的重视程度以及学院为课程思政建设提供的支持和保障	学院文件分析
		学生参与度(X23)	衡量学生在课堂上提问、回答问题、参与讨论的频率和积极性	雨课堂
	教学过程 (C8)	教学互动(X24)	衡量教师与学生之间、学生与学生之间的互动方式,例如提问、讨论、小组合作、案例分析等	雨课堂
		教学反馈(X25)	衡量学生对教学的反馈意见,如对教学内容、教学方法、教师授课等方面的评价	学生评价
		课堂氛围(X26)	衡量课堂上的学习氛围,例如是否积极向上、是否鼓励创新、是否尊重学生等	同行评价

一级指标	二级指标	三级指标	指标内涵	数据来源
思专融合 效果评价 (A3)	思专融合接受度 (C9)	学生接受度 (X27)	学生对课程思政和专业融合接受程度	学生问卷调查
		教师接受度 (X28)	教师对课程思政和专业融合接受程度	教师问卷调查
		企业接受度 (X29)	企业对课程思政和专业融合接受程度	企业问卷调查
	思专融合认可度 (C10)	学生认可度 (X30)	学生对课程思政和专业融合的认可程度	学生问卷调查
		教师认可度 (X31)	教师对课程思政和专业融合的认可程度	教师问卷调查
		企业认可度 (X32)	企业对课程思政和专业融合的认可程度	企业问卷调查
	思专融合效果 (C11)	学生的思想政治素质 (X33)	衡量思专融合对学生价值观、理想信念、社会责任感等方面的提升效果。	辅导员评价
		学生的专业素质 (X34)	衡量思专融合对学生专业知识、专业技能、专业素养等方面的提升效果。	教师考核
		学生的创新能力 (X35)	衡量思专融合对学生创新思维、创新方法、创新实践等方面的提升效果。	学生成果统计
		学生的道德品质 (X36)	衡量思专融合对学生道德认知、道德情感、道德行为等方面的提升效果	辅导员评价
		教师教学能力 (X37)	衡量思专融合对教师思政意识、思政能力、教学方法和教学效果等方面的提升效果	同行评价、学生评价
		学生的专业知识与技能 (X38)	衡量学生对专业知识的掌握程度和应用能力	企业问卷调查
用人单位 满意度 (C12)		学生的思想政治素质 (X39)	衡量学生的价值观、社会责任感、团队合作精神等	企业问卷调查
		学生的创新意识和实践能力 (X40)	衡量学生的创新思维、创新方法、创新实践能力	企业问卷调查

四、案例分析

以《非参数统计》为例，基于表3构建思专融合教学评价体系。每个指标得分从1分至10分不等，二级指标与三级指标均采用逆向递归法得到。具体而言，二级指标得分由每个二级指标下的三级指标得分与其对应的权重相乘并将所有结果相加得到；一级指标得分由每个一级指标下的二级指标得分与其对应的权重相乘并将所有结果相加得到。三级指标计算方法如下：（1）专家评价法¹：10位统计领域专家对教学资料进行打分，用于计算X1—X5、X7—X15；（2）传统教学评价数据：从常规评价中获取X5、X6、X19、X25与X37的评分；（3）同行评价：教学竞赛同行评审结果用于X16—X19、X22、X26、X37的计算；（4）学生问卷调查：50名2020级经济统计专业学生的问卷数据用于X2、X27、X30的评分；（5）平台数据分析：雨课堂平台数据用于X23、X24的评分；（6）教师问卷调查：15名专任教师的问卷数据用于X21、X28、X31的评分；（7）企业问卷调查：企业人事专员的调查结果用于X29与X32的计算；（8）绩效统计数据：内部绩效评估结果用于X34—X36的评分²。值得注意的是，对于有多个数据来源的指标，例如X5、X19、X37，最终评分是通过将

1 选取10位统计领域的校外专家，分别来自厦门大学（1人）、海南大学（2人）、湖南大学（1人）、暨南大学（1人）、华侨大学（2人）、江西财经大学（1人）、广东财经大学（2人），涵盖讲师（2人）、副教授（6人）与教授（2人）。提供教学大纲、教案、Python爬虫相关资料给专家，让专家依据资料打分，选取10位专家的评分中位数作为代表值。

2 50名2020级经济统计专业学生各项成绩的中位数作为代表值。

不同来源的评分加总后除以来源的数量来计算平均分得到。各级指标权重设定说明如下；考虑到AHP层次分析法与熵值法各自的优点和不足，该指标体系采用AHP—熵值法进行赋权^[23]。其中，三级指标采用熵值法赋权，以增强计算结果的科学性和客观性；对于定性化的一级指标与二级指标则采用AHP层次分析法，根据每个指标的重要性，进行两两比较从而确定权重^[20]。由此得到基于《非参数统计》课程的思专融合教学评价体系各指标数值及权重，如表2所示。可以看出，《非参数统计》课程在思政融合度评估中获得了8.48分（满分10分），显示出课程在结合专业知识与思政教育方面取得了积极成效。

进一步从二级指标来看，思专融合规划得分8.24分，说明学院在课程思政融合的规划方面较为完善，思政元素与专业知识结合紧密，课程目标与人才培养目标、社会主义核心价值观相契合，但在思专资源规划方面稍显不足，表现为教学资源的丰富度与适用性不足，建议增加与《非参数统计》课程相关的思政教学资源，提升资源的针对性和实用性；思专融合实施得分8.44分，说明《非参数统计》课程思政融合的实施过程中，教学内容科学性、时代性强，教师思政意识和能力较高，但仍存在不少问题，例如课程思政与专业实践的融合度、教学方法的创新性需提升，学生对课程思政的认知和理解有待深化，建议通过案例教学和实践环节增强学生的参与感和认同感；思政融合效果得分8.63分，说明课程思政融合在学生接受度、认可度以及用人单位评价等方面表现良好，但学生的创新能力提升效果得分较低（7.50分），需加强对学生创新思维和实践能力的培养。

表2 基于《非参数统计》的课程思政融合指标体系

一级指标	数值	权重（%）	二级指标	数值	权重（%）	三级指标	数值	权重（%）
思专融合 规划评价 （A1）	8.24	15	课程思政目标设定 （C1）	8.75	40	与专业人才培养目标的融合度（X1）	8.50	34
						与社会主义核心价值观的融合度（X2）	9.25	33
						思政目标清晰度（X3）	8.50	33
			思专资源规划 （C2）	7.61	30	教学资源丰富度（X4）	7.00	35
						教学资源质量（X5）	8.05	37
						教学资源适用性（X6）	7.80	28
			思专制度规划 （C3）	8.17	30	思专融合规章制度（X7）	8.50	34
						思专融合激励机制（X8）	8.00	31
						思专融合评估机制（X9）	8.00	35
			专业融合（C4）	8.27	30	课程思政与专业知识的融合度（X10）	9.00	34
						课程思政与专业课程的衔接度（X11）	8.00	30
						课程思政与专业实践的结合度（X12）	7.80	36
			教学融合（C5）	8.17	30	教学方法创新性（X13）	7.50	39
						教学方法多样性（X14）	8.00	24
						教学内容科学性和时代性（X15）	9.00	37
思专融合 实施评价 （A2）	8.44	45	师资融合（C6）	8.95	20	思政意识和能力（X16）	9.00	12
						教学和科研水平（X17）	8.80	23
						教学团队协作性（X18）	8.50	33
			理念融合（C7）	8.26	10	师德师风（X19）	9.50	32
						学生对课程思政的认知和理解（X20）	7.20	35
						教师对课程思政的认知和理解（X21）	8.60	29
			教学互动参与度 （C8）	8.87	10	学院对课程思政的认知和理解（X22）	9.00	36
						学生参与度（X23）	8.00	26
						教学互动（X24）	8.20	24
			思专融合接受度 （C9）	8.71	25	教学反馈（X25）	9.80	26
						课堂氛围（X26）	9.50	24
						学生接受度（X27）	8.60	23
			思专融合认可度 （C10）	8.40	25	教师接受度（X28）	9.30	37
						企业接受度（X29）	8.20	40
						学生认可度（X30）	8.10	34
思专融合 效果评价 （A3）	8.63	40	思专融合效果 （C11）	8.68	35	教师认可度（X31）	8.60	36
						企业认可度（X32）	8.50	30
						学生的思想政治素质（X33）	9.60	24
			用人单位满意度 （C12）	8.76	15	学生的专业素质（X34）	8.40	12
						学生的创新能力（X35）	7.50	24
						学生的道德品质（X36）	9.50	23
						教师教学能力（X37）	8.20	17
						学生的专业知识与技能（X38）	8.80	20
						学生的思想政治素质（X39）	9.00	41
						学生的创新意识和实践能力（X40）	8.50	39

五、结论与展望

文章基于利益相关者理论，结合 CIPP 评价模式与 OBE 教育理论，构建了一套包含规划、实施、效果三个一级指标的课程思政融合教学评价体系，并以《非参数统计》课程为例进行案例分析。结果显示，课程思政融合度较高，但在教学资源、课程与实践结合度、教学方法创新性、学生认知理解及创新能力提升等方面仍有待加强。为提升课程思政融合效果，提出如下建议：（1）丰富教学资源：教师定期更新教学资源，学院开发引进优质资源，学校建立共享平台，提高资源利用率。（2）强化实践结合：教师设计实践环节，引导学生将思政元素应用于实际问题解决；学院拓展实践平台，学校注重实践效果考核。（3）创新教学方法：教师利用现代信息技术丰富教学手段，探索翻转课堂等新方法；学院与学校设立激励机制，鼓励教师开展教学研究。（4）加强思政引导：教师引导学生树立正确价值观，关注学生反馈，调整思政策略；学院拓展创新平台，教师鼓励学生创新思维，加强实践指导。

参考文献

[1]侯震梅,周勇. 非参数统计案例教学模式探索[J]. 现代商贸工业, 2017(36):162-163.

[2]王敏,李娟,张敏,等. 案例教学法在非参数统计教学中的应用[J]. 教育教学论坛, 2016(5):139-140.

[3]王德运,王林珠,徐德义. 基于创新能力培养的非参数统计课程案例教学研究[J]. 大学教育, 2020(1):98-100.

[4]许宏飞. 任务驱动法在非参数统计教学中的应用[J]. 现代商贸工业, 2018(31):154-155.

[5]刘庆华,何芳丽,陆任智. 非参数统计课程 CBL 与 PBL 相结合教学模式的探索

[J]. 科技视界, 2020, (34): 35-37.

[6]闫兰香. 新文科视域下高校统计学课程教学改革探索与实践[J]. 河北师范大学学报(教育科学版), 2022, 24 (04): 121-124.

[7]郝红霞. 财经类高校统计学课程思政教学改革的探索与实践[J]. 科教导刊, 2021, (14): 163-165.

[8]周川,薛艳. 课程思政背景下高校智慧课堂教学设计——以国民经济统计学为例[J]. 教育信息化论坛, 2021, (09): 127-128.

[9]马昕. 《概率论与数理统计》课程思政教学改革的实践与探索[J]. 高教学刊, 2021, (03): 135-138.

[10]陈晓坤,宋朝红. 基于三全育人理念的大学数学课程思政教学改革实践与思考——以《概率论与数理统计》课程为例[J]. 湖北经济学院学报(人文社会科学版), 2020, 7 (09): 148-150.

[11]陈晋,许瑶. 高校课程思政教学评价指标体系的构建[J]. 武汉理工大学学报(社会科学版), 2024, 37(3):124-132.

[12]王红艳,刘珊,曹俊,等. 护理专业“课程思政”教学研究应用现状探析[J]. 医药高职教育与现代护理, 2024,7(2):107-111.

[13]韩雪,刘晨旭,王亚芬,等. CIPP 评价模式下高等院校《中药学》课程思政教学评价指标体系的构建[J]. 河北中医药学报, 2024,39(3):77-80.

[14]杨歌谣,张明权. 高职 经管类专业课程思政教学评价体系构建和实施策略研究——基于 OBE 理念[J]. 现代商贸工业, 2024,24:113-116.

[15]陈婷婷. 新文科视域下金融市场学课程思政育人实效评价研究[J]. 商业经济, 2024,580(12):184-186.

[16]付裕. 基于层次分析的课程思政教学质量评价体系构建[J]. 现代职业教育, 2023(5):1-7.

[17]李玉青,谭琴,徐伟. 基于熵权法改进 TOPSIS 模型的课程思政教学评价体系构建——以数学建模课程为例[J]. 教育观察, 2024, 13(31):1-6.

[18]彭张林,张爱萍,王素凤,等. 综合评价指标体系的设计原则与构建流程[J]. 科研管理, 2017,S1:209-215.

[19]王飞,唐杰,庄敏. “三全育人”背景下课程思政与专业课融合教学效果评价[J]. 中学政治教学参考, 2021,39(10):35-37.

[20]龙少波,李洁雨,左渝兰. 我国居民消费环境评价指标体系的构建与测度[J]. 改革, 2023,350(4):81-98.

附表 1 《非参数统计》课程思政融合路径

教学周	思政教学内容	课程思政目标	思政教学环节设计	教学方法	时间分配
1	非参数统计的产生与发展	（1）比较中外非参数统计发展史，引导学生总结历史经验，了解国情。（2）学习陈希孺等优秀统计学家热爱祖国、兢兢业业工作的光荣事迹，增强爱国主义情怀。	（1）课外阅读：非参数统计发展史、陈希孺：中国数理统计的一代宗师 （2）课堂讨论：非参数统计发展的几个阶段及特点；中外非参数统计发展对比（中国的非参数统计起步较晚，原因是什么？近些年有哪些发展？）；介绍一位我国的数理统计学家；其他读后惑。	讨论法	介绍非参数历史与陈希孺生平（5分钟）+课堂讨论（15分钟）
2	统计数据	（1）提高专业素养，培养科学精神与创新精神。（2）增强学生对大数据时代伦理问题的认识。	（1）课堂讨论：大数据时代数据类型有何变化？大数据时代可能带来什么不利影响？ （2）以小组为单位，搜集大数据时代数据隐私、数据伦理相关案例。	讨论+案例分析	课堂讨论（5分钟）+数据隐私、数据伦理案例报告（10分钟）
5	Kolmogorov-Smirnov 正态性检验	（1）提高专业素养，培养严谨、求实的工作作风与踏实的工作态度。（2）通过研究我国社会现实问题，增强主人翁意识与社会责任惑。	以小组为单位，搜集中国各城市农民工结婚年龄相关数据，利用 K-S 正态性检验分析中国超大城市（北上广深）新生代农民工与其他城市的新生代农民工结婚年龄分布是否存在差异。	案例教学法	预计用时 15 分钟
6	Brown-Mood 中位数检验	（1）提高专业素养，培养严谨、求实的工作作风，引导学生合理消费，树立正确的金钱观。（2）通过研究中国现实问题，发现我国经济发展中的优势与不足，激发爱国热情，为建设祖国努力奋斗。	以期刊论文《基于 Brown-Mood 中位数检验的小企业债信用评级体系》作为教学案例，利用 Brown-Mood 中位数检验法构建我国小企业债信用评级体系。	案例教学法	预计用时 15 分钟

教学周	思政教学内容	课程思政目标	思政教学环节设计	教学方法	时间分配
8	Kruskal-Wallis单因素方差分析	(1) 搜集我国受教育水平与收入相关数据,了解时事政治,研究中国问题,认识国情,激发爱国热情。(2) 利用 K-W 单因素方差分析法分析数据,有力驳斥“读书无用论”与“知识贬值”等负面报道,引导学生树立积极向上的学习态度。	以小组为单位,搜集我国近30年来收入与受教育水平相关数据,并利用参数与非参数的单因素方差分析法分析收入与受教育水平的关系,对比两种方法的分析结果,思考两者的异同。	问题教学法+讨论法	预计总共需20分钟,其中基本教学案例计划用时15分钟;扩展案例计划用时5分钟
12	Ridit 检验法	(1) 引导学生关注社会热点,利用所学专业知识分析社会问题,增强主人翁意识与社会责任感。(2) 引导学生积极开展社会调研,并通过调研数据搜集、调研报告撰写等环节强化实践能力和创新能力,培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。	以教师指导的2023年“正大杯”全国市场调查大赛全国三等奖作品《后疫情时代,中成药消费意愿及其影响路径研究》为教学案例,讲授 Ridit 检验基本原理及其在变量筛选中的应用。	案例教学法	预计用时15分钟
13	Spearman 秩相关检验	(1) 对数据进行统计分析时,合理选用所学的统计方法,不歪曲数据特征,实事求是,培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。(2) 利用非参数统计中的 Spearman 检验验证“高智商是否高情商”,引导学生不仅要注重科学知识的学习还应当有意识培养自己的高情商,正确处理与同学及师长的关系,树立正确的人生观、价值观与世界观。	以小组为单位,基于31个学生的 IQ 和 EQ 数据,利用参数统计中的 Pearson 相关与非参数统计中的 Spearman 秩相关分析 IQ 与 EQ 的关系,对两种方法的结果进行对比分析,思考两者的异同。	问题教学法+讨论法	预计用时15分钟
16	核密度估计	(1) 核密度估计不仅需考虑样本点本身,还应考虑相邻样本点的影响,由此引导学生用系统的、全面的观点看问题,坚持唯物辩证法,用发展的观点看待问题。(2) 引导学生树立积极向上的人生态度,谨慎交友,注重朋友圈的影响。(3) 通过研究中国现实问题,发现我国经济发展中的优势与不足,激发爱国热情,为建设祖国努力奋斗。	以期刊论文《中国城镇化对居民消费影响的实证研究》作为教学案例,通过讲授核密度估计相邻样本点“共享信息”这一思想引导学生用系统的、全面的观点看问题。	案例教学法	预计用时15分钟
18	教学实践周	提高学生科研能力和创新意识,并培养学生对大数据技术的兴趣。	师生共研创新创业项目,如设计数据隐私保护方案。	实践教学	预计3学时

“课程思政”视域下课程项目化教学设计的 ——以面向对象程序设计为例

付玉珍

茂名职业技术学院计算机工程系，广东 茂名 525000

摘 要： 在“面向对象程序设计”课程的项目化教学中，以“数字技术服务社会”为核心理念，通过“社会需求导向+专业技术实践”的双维驱动模式，系统挖掘各教学项目的思政内涵，实现知识传授、能力培养与价值引领的深度融合。课程基于数字助力环保、数字助农、数字育人、数字安全等国家战略需求设计项目案例，在项目主题、技术实现、成果评价分享等环节有机融入“科技向善”、“职业规范”、“社会担当”等思政要素，引导学生从“技术学习者”成长为“社会服务者”。通过“项目任务-专业技术-社会价值”的三阶教学设计，培养兼具工程素养与社会责任感的数字化人才。

关 键 词： 课程思政；项目化教学；教学设计；服务社会

Research on Project-based Instructional Design From The Perspective of "Curriculum Ideology and Politics" —A Case Study of Object-Oriented Programming

Fu Yuzhen

Computer Engineering Department, Maoming Polytechnic, Maoming, Guangdong 525000

Abstract： In the project-based teaching of Object-Oriented Programming, the core concept of "digital technology serving society" is adopted, and a dual-driven model combining social demand orientation and professional technical practice is implemented to systematically explore the ideological and political dimensions of each teaching project. This achieves deep integration of knowledge imparting, skill cultivation, and value guidance. The course designs project cases based on national strategic needs such as digital environmental protection, digital agriculture assistance, digital education, and digital security, organically incorporating ideological and political elements—including "technology for good," "professional ethics," and "social responsibility"—into project themes, technical implementation, and outcome evaluation. This approach guides students in transitioning from technical learners to social contributors. Through a three-stage teaching design of "project tasks → professional skills → social value," the course cultivates digitally competent talents with both engineering proficiency and social responsibility.

Keywords： curriculum ideology and politics; project-based teaching; instructional design; serve society

引言

《高等学校课程思政建设指导纲要》指出，全面推进课程思政建设必须聚焦立德树人根本任务，这是课程思政建设的核心要求^[1-2]。在此背景下，积极探索专业课程思政建设的有效路径，充分发挥其育人功能，具有重要意义^[3]。因此，本文以“面向对象程序设计”课程为例，对照《纲要》要求，以“数字技术服务社会”为主线推进项目化课程思政建设，并结合教学任务分情境设计思政主题，这一模式对程序设计类课程实现全过程、系统化的思政教育具有重要借鉴意义。

一、课程思政融入现状及项目化课程思政设计思路与路线

（一）专业课程融入课程思政的现状

1. 思政融入存在被动性

由于工科教师普遍存在人文素养不足、对课程思政内涵理解不够深入等问题，其自主挖掘和融入思政元素的能力相对薄弱，往往依赖政策推动或固定模板，致使专业课程教学中的思政教育难以与专业知识教学实现有机融合^[3]。

2. 思政融入实施过程存在零散化、生硬化现象，缺乏顶层设计与系统规划

在专业课程教学中，思政内容融入的碎片化现象突出，主要表现为思政元素仅简单附着于离散的知识点或孤立案例，未能系统性实现专业教学与思政教育的协同推进^[4-5]。

3. 思政融入方式单一，方法灵活性不足

思政融入的常见方式以理论说教、案例附加为主，缺乏互动式、体验式、项目式等多样化教学方法，导致思政实施效果有限。

4. 思政融入局限于课堂教学

思政教育局限于课堂教学，呈现出时空局限性，未能全程全方位深入学生认知和行为。

（二）项目化课程思政设计思路与路线

以“数字技术服务社会”为主线，构建“社会需求导向-项目任务驱动-价值内化升华”三位一体的课程思政设计思路，将思政教育有机融入全流程。首先从真实社会公益项目需求出发，识别现实问题并确定项目主题；随后通过任务分解和技术实践，掌握专业知识和技能；进而在思考与创新行动中探索解决方案；教师以项目任务为载体，围绕专业知识、技能和职业素养开展教学；学生以任务需求为导向，在“做中学、学中思、思中行”的实践中同步提升技术能力和价值认知，形成“学思结合、知行合一”的教学模式^[6]。这一模式不仅强化学生的工匠精神和责任感，更通过“教”与“学”的目标统一，促进了专业技能与思想品德的协同发展，切实落实立德树人的根本任务。具体实施路线依托以下四个环节推进：

1. 项目设计阶段：通过“社会痛点识别→主题凝练→任务分解”转化机制，锚定思政结合点，选取绿色环保、野生动物保护、数字助农、数字育人等具有社会价值的真实议题。如通过“农产品数据的管理与分析”项目渗透数字技术助力乡村振兴战略，在项目主题、任务设计等环节中自然融入民生关怀，使专业学习与社会责任同向同行。

2. 课堂实施阶段：任务驱动渗透价值，通过“基础任务→综合任务→拓展任务”的层层递进的设计，确保学生逐步掌握核心技能并提升综合素养，如在“垃圾费用计算及分类”项目中，利用公益性任务特质激发学生专业学习的使命感，同时在项目实践等具体任务中渗透工匠精神、精益求精的职业态度，实现能力培养与情感培育的双重目标。

3. 课后深化阶段：拓展认知维度，引导学生深入调研，结合

相关政策文件、案例报告等进行拓展学习，建立对社会问题的责任感和系统性认知。鼓励学生基于文献研读与小组研讨，提出兼具创新性、可行性的优化方案，并尝试动手实践完成，深化对“数字服务社会”价值观的认知。

4. 成果转化阶段：构建“评价-分享-服务”机制，通过开展技术指标完成度+社会效益实现度等多维评估；继而组织优秀方案分享，促进价值观共鸣；最终推动可行方案落地将其推动转化为社会服务的公益项目，如指导学生发挥专业特长，投身“百千万工程”建设，为乡村提供特色服务，形成“学习-实践-服务”的闭环机制，完成从学习成果到社会服务的价值跃迁^[7-8]。

以上四环节按照“项目承载价值-实践任务渗透思政-服务升华认知”的浸润式育人机制，实现专业知识学习与价值观塑造的同步内化。

二、项目化课程内容建设

（一）项目一：垃圾费用计算及分类

1. 学习目标

掌握 Java 数据类型、常量变量等基础语法要素；熟练运用运算符、表达式及流程控制结构；理解并应用数组等基础数据结构；培养解决实际环境问题的编程能力。

2. 项目子任务设计

任务一：为践行绿色发展理念，开发垃圾处理费用计算程序。用户输入日均垃圾量即可获知月度费用，直观体现“污染者付费”原则，培养环保意识。

任务二：为贯彻“谁污染谁付费”原则，开发分段收费程序。根据某市阶梯收费标准计算费用，通过技术手段落实环保政策，强化垃圾减量意识。

任务三：为响应国家垃圾分类政策，请设计一款垃圾自动归类程序，帮助用户将垃圾投放到正确的垃圾箱中，从而使用户无需记忆复杂的分类规则，轻松参与环保行动。

3. 课程思政融入点

本项目通过“技术规范-社会价值-职业责任”三维度实现思政元素的有机融入，通过严格遵循 Java 语法规则、代码编写标准，培养学生遵守技术标准的职业素养；借助环保主题项目，引导学生认识技术解决社会问题的价值，增强社会责任感；通过项目实践强化学生用技术服务社会的职业追求和创新解决民生问题的使命感。

（二）项目二 基于面向对象编程的野生动物保护

1. 学习目标

掌握类与对象、封装性等面向对象基础特性；理解继承、多态等面向对象核心机制；培养基于抽象类与接口的系统架构能力；提升解决生态保护实际问题的工程实践能力。

2. 项目子任务设计

(1) 任务一：请根据公园管理局记录的野生动物信息表，设计一个动物类，便于对保护动物信息进行信息化处理。

(2) 任务二：在对保护动物信息化管理过程中，发现大熊猫的年龄数据有误，请对保护动物信息添加验证逻辑，保障年龄为正

数,确保保护动物信息的正确性。维护保护动物信息的一致性和有效性。

(3)任务三:为了更精细地记录受保护动物的特征和行为,请根据受保护动物类别图,通过父类定义共性,子类扩展个性,既确保分类系统的科学性,又体现面向对象编程的复用优势,培养技术报国的生态保护意识。

任务四:开发野生动物保护模拟程序,通过猎人、警察、生态学家的互动场景,生动传播保护理念,提升生态法治意识。

3.课程思政融入点

本项目通过“技术应用-生态伦理-社会责任”三维度实现价值引领:通过系统开发实践培养数据真实性的职业操守;借助野生动物保护主题,强化生物多样性保护意识,树立人与自然和谐发展理念;通过项目实践深化,技术赋能环境保护的使命感、参与生态文明建设的主动性。

(三)项目三 异常处理

1.学习目标

掌握异常分类体系及处理原理;熟练运用 try-catch-finally 异常捕获机制;具备自定义异常和异常传播设计能力;培养构建健壮性系统的工程素养。

2.项目子任务设计

(1)任务一:因用户输入数据不可控,会导致程序异常中断的问题,请通过异常处理机制保障程序的正常运行。

(2)任务二:在运动员成绩的记录中,成绩的分值根据业务实际,需控制在0~100分范围内才正常,如成绩不在此范围内则属于异常数据,需要处理。请完成对成绩分值的异常处理,让程序能够更好地处理成绩输入的异常情况,提供更友好的用户体验和更健壮的错误处理机制。

3.课程思政融入点

本项目通过”技术规范-质量意识-职业伦理”三维度实现价值引领,通过异常处理实践培养严谨规范的编码习惯;借助异常处理教学强化软件质量第一的责任意识;通过项目实践树立技术安全性的伦理认知。

(四)项目四-字符串处理的志愿者用户注册

1.学习目标

掌握 String 类核心 API 及随机数生成技术;熟练运用正则表达式进行数据验证;理解验证码等安全防护机制原理;掌握敏感信息提取与保护技术。

2.项目子任务设计

(1)任务一:志愿者注册需要填报信息,其中用户名、密码、手机号码、邮箱、图文验证码、区域等都是字符串类型,根据需求需要对录入的字符串类型数据进行校验。另外注册信息需要提供证件号码,证件号码是否真实有效需要进行校验。

(2)任务二:出于安全考虑,现要求用户注册增设一个验证码。验证码可以有效防止自动化程序恶意注册大量账号,提高注册过程的安全性。验证码通常要求用户输入难以被计算机识别的字符或进行人机验证,以确保注册行为是由真实用户完成的。

(3)任务三:根据志愿者注册信息提供的身份证号码获取志

愿者的出生日期、年龄等信息。

3.课程思政融入点

本项目通过”技术创新-安全责任-数字伦理”三维度实现价值引领,通过项目开发培养问题解决创新思维;借助注册系统设计强化信息安全防护意识和系统可靠性的职业担当;通过实践过程树立技术向善的价值取向和数字安全的伦理认知。

(五)项目五-农产品数据的管理与分析

1.学习目标

掌握 List、Map 等核心集合接口的实现与应用;熟练运用迭代器、Stream 等数据操作技术;理解泛型在业务建模中的应用价值;培养农业数据分析能力。

2.项目子任务设计

(1)任务一:根据农产品公司数字化建设需求,需要建设果蔬基本信息库,记录果蔬的名称、果蔬产量等信息,实现对果蔬进行信息管理和查询。

(2)任务二:农产品销售过程中,需要记录每个产品的销售量、销售额、销售时间等信息,后期可以根据需要能够实时查询每种果蔬的历史销售数据。

(3)任务三:统计分析果蔬产品的销售数据,了解产品的销售情况,为公司后续的种植和销售策略决策提供依据。

3.课程思政融入点

本项目通过”技术创新-三农情怀-数字责任”三维度实现价值引领,通过项目实践培养数字技术赋能农业的创新意识;借助农产品主题强化服务乡村振兴的国家意识;通过数据分析实践树立数据驱动决策的科学精神和技术助力产业的责任担当。

(六)项目六-基于 Swing 的中华诗词欣赏工具的制作

1.学习目标

掌握 Swing 核心组件体系及布局管理;理解事件驱动编程模型与实现机制;培养 GUI 应用程序的设计与组织能力;提升传统文化数字化呈现的创新思维。

2.项目子任务设计

(1)任务一:构建诗词文化数字平台界面,实现多维度检索,传承中华优秀诗词文化,助力文化数字化战略实施。用户可按年级、作者、时期等要素精准获取诗词资源。

(2)任务二:优化组件布局,确保诗词在不同终端完美呈现,提升数字文化传播体验。

(3)任务三:完善诗词交互功能,通过事件监听机制实现交互。

3.课程思政融入点

本项目通过”技术传承-文化自信-创新使命”三维度实现价值引领,通过项目开发培养传统文化数字保护意识和文化遗产现代诠释能力;借助诗词平台建设强化中华文化认同感、文化软实力建设使命感以及文化数字化发展的担当;通过项目实施树立技术赋能文化的创新意识和服务文化强国的职业追求。

(七)项目七-I/O 流的文件处理

1.学习目标

掌握字节流、字符流等核心 I/O 操作;理解文件加密与隐私保

护技术；培养安全文件处理系统的架构能力。

2.项目子任务设计

（1）任务一：为了保护志愿者的身份信息安全，现需要对文本文件中的身份证号中部分信息进行加密处理。这样可以在保留必要信息的同时，有效保护志愿者的隐私。

（2）任务二：为了传递正能量，引导学生以感动中国年度人物等杰出人物为榜样，追求个人成长和社会奉献，现需设计一个程序。该程序须具备以下功能：能够读取指定目录下的所有图片文件，并在界面上展示这些图片，同时允许用户通过按钮操作方便地查看下一张或上一张图片。

3.课程思政融入点

本项目通过”技术安全－信息伦理－社会责任”三维度实现价值引领，通过项目实践培养数据加密保护能力和安全设计意识；借助文件处理强化数据安全的责任担当；通过项目实施树立科技向善的价值取向和正能量传播的社会使命。

（八）项目八 志愿者信息系统综合设计与开发实践

1.学习目标

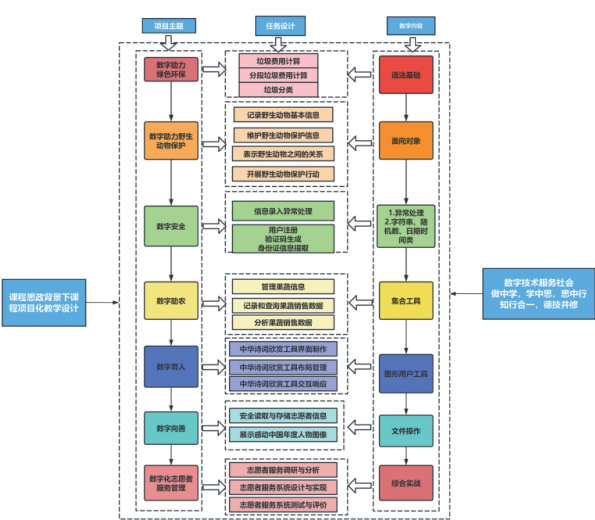
掌握业务需求提取与系统规划能力；培养面向对象的软件架构设计思维；提升开发与代码规范实践能力；掌握测试与项目展示方法。

2.项目设计

根据需求说明完成志愿者信息系统的设计与开发。

3.课程思政融入点

本项目通过“公益价值－团队协作－数字赋能”三维度实现价值塑造，通过系统开发深化志愿服务的社会价值认知、奉献友爱的精神内涵理解以及公益事业的参与使命感；借助团队协作培养代码规范的专业精神；通过项目实践强化数字技术的社会服务价值。



> 图1 课程项目化教学设计

三、结论

面向对象程序设计课程采用“项目引领、价值内化”的教学设计理念，以数字技术服务社会为主线^[9-10]，系统设计了8个主题项目，在实施路径上，创新性地采用”四维融入”机制：1.从项目选题中融入，选取数字助农、文化传承等社会价值显著的项目选题；2.在实践任务设计上设置思政触点；3.在实践过程中融入，通过公益项目开发培养社会责任感；4.在评价与服务推广中采用“技术指标＋社会效益”双维度评估。该实施路径破解了课程思政“碎片化”难题，通过项目主线实现系统化融入；改变了“生硬说教”方式，采用浸润式教育使价值观自然内化；突破了“随机渗透”局限，建立可复制、可推广的实施路径。

参考文献

[1]石建勋,付德波,李海英. 新时代高校课程思政建设重点是“三观”教育[J]. 中国高等教育, 2020(24): 38-40.
[2]吴加权,蒋洪,杨海峰. 职业院校“双创”教育课程思政:生成逻辑、现实境遇及改革向路[J]. 中国职业技术教育, 2023,(29):83-89+95.
[3]郭艳燕. 计算机类专业课程思政实施路径探索与实践[J]. 计算机教育, 2021,(01):80-84.
[4]钱裕禄. “课程思政”视域下工科实践教材改革途径与方法探讨——以《数字系统设计创新与项目化实践》教材编写为例[C]//北京大学出版社,大理大学经济与管理学院. 第五届高等院校数字化教学与课程思政建设研讨会论文集. 浙江万里学院, 2024:320-326.
[5]付玉珍,张丽妹,何露露,等. 课程思政助力软件技术专业课程教学——以Java程序设计课程为例[J]. 现代职业教育, 2022,(21):142-144.
[6]秦效宏,续晓飞,梁林蒙. “专思创”融合的课程教学改革研究与实践——以西京学院电商助农实践课程为例[J]. 创新创业理论与实践, 2025,8(03):149-151.
[7]股利,黄振贤,季卫霞. 数字化时代职业教育课程思政的价值指向与实践创新[J]. 教育理论与实践, 2024,44(27):28-32.
[8]耿海. 课程思政与专业融合的项目化教学设计探究[J]. 现代商贸工业, 2025,(02):205-208.
[9]王成,樊凯,樊艳丽. 高校服务性劳动教育的内涵审视、价值意蕴与实践路径[J]. 教育理论与实践, 2024,44(18):3-9.
[10]谭永生. 数字赋能助推现代化产业体系建设研究[J]. 宏观经济研究, 2024,(01):75-86.

基于 OBE 理念的线性代数课程与工科类专业的融合路径研究

谢小军¹, 马虹², 魏玉华¹, 龙彩燕¹

1. 广州工商学院, 广东 广州 510850

2. 广东金融学院, 广东 广州 510521

摘 要 : 在工科教育重视学生实践与专业素养培育的背景下, 成果导向教育 (OBE) 理念为线性代数教学改革开辟新方向。本研究基于 OBE 理念, 探寻线性代数与工科专业的融合路径, 以此提升教学质量与人才培养水平。通过梳理工科专业课程体系, 明确各专业对线性代数知识的需求, 将其课程内容与专业课深度融合。构建跨学科协作和教学资源共享机制, 组织数学与工科教师合作编写教学案例, 并搭建共享平台。改革在多个工科专业实施后, 对比学生成绩和能力, 发现他们在知识应用、解决实际工程问题、团队协作及创新思维方面显著进步, 证实了融合路径可行有效。未来, 会持续深化融合, 探索更好教学及评价方法, 完善资源共享机制, 助力培养高素质工科人才。

关 键 词 : OBE 理念; 线性代数; 工科类专业; 融合路径

Research on the Integration Path between Linear Algebra Course and Engineering Majors based on OBE Concepts

Xie Xiaojun¹, Ma Hong², Wei Yuhua¹, Long Caiyan¹

1. Guangzhou College of Technology and Business, Guangzhou, Guangdong 510850

2. Guangdong University of Finance, Guangzhou, Guangdong 510521

Abstract : Against the backdrop of engineering education's focus on cultivating students' practical abilities and professional qualities, the Outcome-Based Education (OBE) concept has paved a new way for the teaching reform of Linear Algebra. This study, grounded in the OBE concept, explores the integration path between Linear Algebra and engineering majors to enhance teaching quality and talent cultivation. By sorting out the curriculum systems of engineering majors, we identify the demand for Linear Algebra knowledge in each major and deeply integrate its content with specialized courses. We establish an interdisciplinary collaboration and teaching resource sharing mechanism, organize mathematics and engineering teachers to jointly develop teaching cases, and build a sharing platform. After implementing the reform in multiple engineering majors, a comparison of students' academic performance and capabilities shows that they have made significant progress in knowledge application, solving practical engineering problems, teamwork, and innovative thinking, confirming the feasibility and effectiveness of the integration path. In the future, we will continue to deepen the integration, explore better teaching and evaluation methods, improve the resource sharing mechanism, and contribute to cultivating high-quality engineering talents.

Keywords : OBE concept; linear algebra; engineering majors; integration path

引言

近年来, 成果导向教育 (Outcome Based Education, OBE) 理念^[1]以其明确的目标导向性和对学生学习成果的高度重视, 逐渐成为教育改革的重要指导思想。OBE 理念强调教育系统应以学生在毕业时所达到的学习成果为出发点和归宿^[2], 围绕如何有效地帮助学生取得这些学习成果来组织、实施和评价教育活动。这种理念的兴起, 为传统教育模式的革新带来了新的思路与方向。

项目 / 基金信息: 2024-2025 学年广州工商学院质量工程项目 (项目编号: JXGG202451) 成果; 2024 年度广东省本科高校高等教育教学改革项目 “基于 OBE 理念的微积分教学改革与实践” 阶段性研究成果 (项目编号: 867); 2023 年度广东金融学院校级质量工程项目 “基于 OBE 理念的微积分教学改革与探索” 阶段性研究成果 (项目编号: 19)。

作者简介:

谢小军 (1990—), 男, 湖南耒阳人, 副教授, 研究方向: 决策分析与预测;

马虹 (1989—), 女, 安徽宿州人, 讲师, 研究方向: 决策分析与预测;

魏玉华 (1983—), 女, 福建三明市人, 副教授, 硕士, 研究方向: 统计分析;

龙彩燕 (1982—), 女, 广东广州人, 副教授, 研究方向: 应用统计学。

线性代数作为高等院校工科类专业一门重要的基础课程，在工科学生的知识体系构建中起着举足轻重的作用^[3]。它不仅为学生后续学习专业课程提供了必不可少的数学工具^[4-6]，而且被广泛应用于建立数学模型、分析和解决实际工程问题；而且通过线性代数的学习，能够有效培养学生的抽象思维能力、逻辑推理能力和运算能力，这些能力对于工科学生在未来的工程实践和科学研究中至关重要^[7-8]。然而，当前线性代数课程的教学现状却不容乐观。一方面，传统的线性代数教学往往侧重于理论知识的传授，注重数学概念的严谨性和逻辑推导的严密性，却忽视了与专业实际应用的紧密结合。另一方面，不同工科类专业对线性代数知识的需求存在差异^[9]，但现有的教学内容和教学方法往往缺乏针对性，未能充分满足各专业的个性化需求。

为了改变这一现状，探索基于 OBE 理念下线性代数课程与工科类专业的融合路径具有重要的现实意义。本文通过将 OBE 理念引入线性代数课程教学，以工科类专业的实际需求为导向，明确学生在完成线性代数课程学习后应具备的专业相关能力和成果，进而围绕这些成果重新设计课程教学内容、优化教学方法和完善课程评价体系，能够使线性代数课程更好地服务于工科类专业人才培养。

一、OBE 理念与线性代数课程教学

（一）OBE 理念的内涵与特征

OBE 理念，即成果导向教育理念，其核心聚焦于学生最终所达成的学习成果^[1]。这一理念认为，教育的规划与实施应紧紧围绕学生在完成学业后能够具备怎样的知识、技能以及素养来展开。它强调教育过程的每一个环节都要以实现预期学习成果为目标，而不是仅仅关注教学内容的覆盖或者教学活动的开展。

从内涵来看，OBE 理念具有清晰的目标导向性，其特征主要体现在三个方面。首先是成果聚焦，OBE 理念将所有教育活动的关注点集中在学生最终的学习成果上。其次是持续改进，基于对学生学习成果的跟踪与评估，教育者能够及时发现教学过程中存在的问题，并针对性地调整教学策略和方法，以实现教学质量的不断提升。再者是学生中心，OBE 理念强调以学生为中心开展教育活动，充分考虑学生的个体差异和多样化需求，为学生提供个性化的学习支持和发展路径，确保每个学生都能在自身基础上实现预期的学习成果。

（二）线性代数课程在工科类专业中的定位与现状分析

在线性代数课程在工科类专业中占据着基础性且不可或缺的重要地位。它作为一门重要的数学工具课程，为工科专业学生后续深入学习专业核心课程以及开展工程实践和科学研究奠定了坚实的数学基础。在众多工科专业，线性代数的知识广泛应用于建立各类工程问题的数学模型^[10]。从学科体系来看，线性代数是连接基础数学与专业应用的桥梁，它将抽象的数学理论与实际工程问题紧密结合，培养学生运用数学思维和方法解决复杂工程问题的能力。

然而，当下工科专业线性代数课程教学现状欠佳。教学内容上，线性代数理论虽成熟，但过于侧重数学理论的完整与逻辑，和工科专业实际应用联系不紧密。教学方法层面，传统课堂以教师讲授为主，学生被动接受，缺乏互动与自主，难以激发兴趣，不利于创新思维与实践能力的培养。课程考核方面，线性代数考核多以期末考试为主，平时成绩占比小。期末主要考知识点记忆与简单运算，无法全面评估学习过程、应用及综合素养。这种考核易使学生死记硬背，忽略知识理解与应用能力提升。图 1 梳理了传统教学与基于 OBE 的教学对比情况。

	传统教学	基于 OBE 理念教学
学生	被动接收知识	主动讨论学习
教师	教学主体	教学引导者
教学内容	课本知识	案例教学、问题答疑
教学形式	教师讲授	小组合作，纠正指导
教学工具	多媒体展示 + 板书	多样化
教学理念	以教师为主体	以学生为中心
教学评价	纸质版测试	多样化、多维度

> 图 1 传统教学与基于 OBE 的教学对比

（三）传统教学模式存在的问题分析

在教学目标上，传统线性代数教学过程中过于侧重知识传授，仅聚焦学生对基本概念、定理及公式的掌握，忽视能力与素养培育。这使学生只重记忆，缺乏对知识的深度理解与应用锻炼，无法契合工科专业对学生综合素质的要求。

教学内容组织上，传统模式与专业需求脱节。其按数学逻辑体系编排，虽强调知识系统完整，但工科学生更需了解线性代数在专业领域的应用，而传统内容鲜少涉及，导致学生难以将知识与专业建立联系，学习积极性受抑。

教学方法上，传统课堂以教师讲授为主，教师主导，学生被动接受，缺乏互动，学生参与度低，既难以激发兴趣与创新思维，又因课程抽象逻辑强，使学生理解掌握困难，易生畏难情绪。

教学评价方面，传统模式主要以考试成绩评判学习效果，重结果轻过程与能力发展。考试内容多为知识点记忆与简单运算，无法全面考查学生分析、解决问题及创新思维能力，还易致学生死记硬背，不利于自主与终身学习意识的培养。

二、基于 OBE 的线性代数课程教学改革路径

（一）课程目标的重新设计与优化

受 OBE 理念影响，重新设计优化线性代数课程目标是教学改革关键^[11]。工科人才培养需求随行业变化，课程目标应精准且具操作性，兼顾知识传授与能力培育。

（二）教学内容与教学方法的革新

1. 教学内容革新

传统线性代数教学内容重理论、与工科应用脱节，革新刻不容缓。对于理论性过强且专业应用少的部分，像复杂定理冗长证明，可整理为拓展阅读供学有余力者自学。同时，要大幅增加与工科专业相关的应用案例。此外，还应紧跟专业前沿，引入大数据分析、人工智能等领域的创新应用，如神经网络训练中矩阵运算用于权重更新优化，拓宽学生视野，激发探索热情。

2. 教学方法革新

摒弃传统讲授式教学，采用多样互动教学法激发学生主动性与创新思维。项目式教学效果显著，教师按工科专业特点设计线性代数相关项目任务。学生分组实践，需查阅文献、分析问题、构建数学模型求解，最后展示成果。像化工专业可设计化工流程优化项目，学生用线性代数知识建立线性规划模型实现资源优化，借此学生能理解知识，还能培养多种能力。

（三）多元化考核与评价体系的构建

在基于 OBE 理念的线性代数课程教学改革进程中，构建科学且全面的多元化考核与评价体系占据着举足轻重的地位。

1. 考核内容的多元拓展

在考核内容的设定上，不应仅停留在基础概念、定理和公式的考查，更要关注学生运用知识解决实际问题的能力、项目实践综合表现及学习过程素养。教师可选用不同工科专业实际场景案例设计分析题。针对项目式学习，要从团队协作、问题解决思路、项目质量等多个维度进行考察。

2. 考核方式的丰富创新

在考核方式上，要打破传统期末考试主导的局限，采用多元形式全程跟踪评价学生学习。除期末考，增设平时作业、课堂表现、小组项目汇报和阶段性测验等考核环节。平时作业跳出常规书面习题模式，布置开放性任务。课堂表现从参与度、发言质量及互动协作考查。小组项目汇报要求学生小组展示成果并答辩。阶段性测验定期开展。

3. 评价反馈机制的建立与完善

建立有效评价反馈机制是保障多元化考核体系良好运行的重点。教师考核后，需及时向学生反馈结果，不仅告知分数，更要剖析学生在知识掌握和能力运用方面的优劣，给出针对性改进建议。对项目式学习，反馈团队协作及成果的问题与优化方向。同时，鼓励学生参与考核评价，提出对考核方式、内容和反馈结果的意见。学生作为学习主体，其体会和想法有助于教师优化考核体系。通过双向互动，持续完善考核评价体系，使其契合教学目标，助力学生在学习线性代数时实现知识与能力双提升，达成 OBE 理念下的学习成果。

三、线性代数与工科类专业的融合路径探索

图2展示了本研究基于 OBE 理念的线性代数与工科类专业的融合路径实施框架。

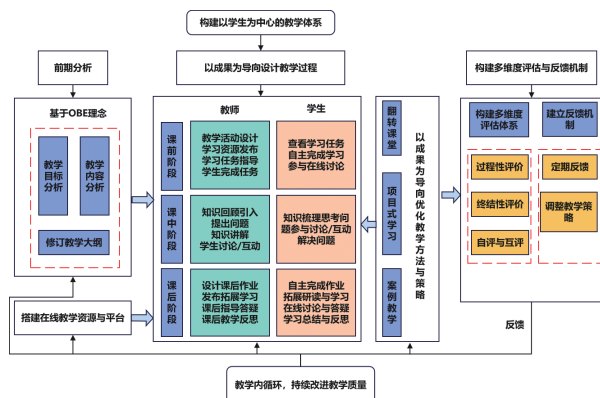


图2 基于 OBE 理念的线性代数与工科类专业的融合路径实施框架

（一）线性代数课程与专业课教学内容融合

为实现线性代数与工科专业课的深度融合，首先要对课程内容进行梳理与整合。从工科专业的课程体系出发，分析各专业核心课程中对线性代数知识的具体需求。同时，专业课教师在授课过程中，要适时回顾和强化线性代数知识的应用，形成知识的闭环。通过这种双向的内容融合，打破线性代数与专业课之间的壁垒，使学生的学习过程中能清晰地看到线性代数知识在专业领域的实际价值，提高学习的积极性和主动性。

（二）基于实际工程项目的案例教学

引入实际工程项目案例是促进线性代数与工科专业融合的有效手段。在教学过程中，教师将工程中的实际项目引入课堂，让学生分组进行分析和求解。学生需要收集项目中的相关数据，运用线性代数知识构建模型，并利用计算机软件进行求解。通过这样的案例教学，学生不仅掌握了线性代数知识，还提高了运用知识解决实际工程问题的能力，同时增强了对专业的认知和实践能力。

（三）跨学科协作与教学资源共享机制构建

跨学科协作是推动线性代数与工科类专业融合的重要保障。学校应鼓励数学教师与工科专业教师组成教学团队，共同开展教学研究和课程设计。同时，建立教学资源共享平台，将线性代数课程中与各工科专业相关的教学课件、案例库、在线测试等资源进行整合，供教师和学生共享使用。通过跨学科协作和教学资源共享，形成全方位的融合教学环境，提高教学质量和人才培养水平。

四、改革实施效果及案例分析

（一）课程改革实施情况介绍

在我校的多个专业中实施了基于 OBE 理念融合路径的线性代数课程改革。首先，对课程目标进行了重新定位，明确了各专业学生通过线性代数课程学习应达到的专业相关能力目标。然后，组织数学教师和专业课教师共同修订了教学大纲，将专业应用案例融入教学内容。在教学方法上，采用了项目式学习、案例教学等多种方式。同时，建立了多元化的考核评价体系，注重对学生学习过程和实践能力的考核。在实施过程中，定期组织教师进行教学研讨，根据学生的反馈和学习情况及时调整教学策略。

（二）学生学习效果的评估与分析

通过对比改革前后学生的学习成绩和能力表现，对改革实施效果进行评估。在成绩方面，改革后学生在涉及专业应用的试题上得分明显提高，表明学生对知识的应用能力得到了提升。在能力表现上，通过问卷调查和学生的项目成果展示发现，学生在解决实际工程问题的能力、团队协作能力和创新思维能力等方面都有显著进步。

五、结束语

本研究通过对基于 OBE 理念下线性代数课程与工科类专业融

合路径的探索，提出了一系列有效的改革措施，并通过实践验证了这些措施的可行性和有效性。课程与专业教学内容的融合、基于实际工程项目的案例教学以及跨学科协作与教学资源共享机制的构建，显著提高了学生的学习效果和实践能力。然而，改革过程中也发现了一些问题，如教学资源的更新速度有待提高，跨学科教师团队的协作还需要进一步加强等。未来的研究将继续深化线性代数与工科专业的融合，探索更加有效的教学方法和评价手段，不断完善教学资源共享机制，培养更多适应社会需求的高素质工科人才。

参考文献

[1] 申天恩, 斯蒂文·洛克. 论成果导向的教育理念 [J]. 高校教育管理, 2016, 10(05): 47-51.
[2] 张男星, 张炼, 王新风, 等. 理解 OBE: 起源、核心与实践边界——兼议专业教育的范式转变 [J]. 高等工程教育研究, 2020, (03): 109-115.
[3] 孙杰. 应用型人才培养中的线性代数课程教学模式的研究与实践 [J]. 赤峰学院学报 (自然科学版), 2009, 25(12): 21-22.
[4] 王烂曼. 《高等数学》和《工程数学》在《信号与系统》课程教学中的应用 [J]. 科技信息, 2014, (12): 302.
[5] 李艳晓, 邵玉丽. 线性代数在理工科专业课中的应用 [J]. 数学学习与研究, 2014, (01): 106.
[6] 谭拂晓, 王戴木. 面向智能制造的自动控制原理课程教学改革 [J]. 阜阳师范学院学报 (自然科学版), 2016, 33(02): 122-126.
[7] 胡建成, 周钰谦, 杨韧. OBE 理念下的线性代数混合式教学探索与实践 [J]. 大学数学, 2022, 38(01): 32-37.
[8] 操晓娟, 徐文婷. 新工科背景下人工智能赋能“线性代数”课程的路径与策略 [J]. 黑龙江教育 (理论与实践), 2024, (12): 46-48.
[9] 朱佳宏, 王晓丹. 面向工科专业的线性代数案例教学探究 [J]. 才智, 2024, (18): 105-108.
[10] 谢小军, 薛申芳, 付苗苗. 应用型本科高校创新人才培养模式的研究与实践 [J]. 才智, 2023, (19): 149-152.
[11] 王志华, 王成敏. 基于 OBE 理念的线性代数混合式教学模式设计 [J]. 湖北开放职业学院学报, 2024, 37(03): 171-173.

数字化赋能在职业教育数学教学中的应用与挑战

王伟

深圳职业技术大学应用数学研究中心, 广东 深圳 518055

摘 要： 随着数字技术的迅猛发展，数字化赋能已成为职业教育改革的核心驱动力。数学作为职业教育中的基础学科，面临着学生基础差异大、学习目标不明确、学习动力不足等问题。数字化工具如在线学习平台、虚拟仿真演示和智能教学系统等能显著提升学生的学习兴趣和学习体验进而提升教学效果。然而，学生自主学习能力欠缺以及现有技术限制等问题制约了数字化教学的深入发展。本文以深圳职业技术大学《工程应用数学》这门课为案例探讨数字化赋能在职业教育数学教学过程中的应用与挑战，旨在为职业教育数学教学的数字化转型提供实践参考。

关 键 词： 数学教学；数字化赋能；智能教学

Application and Challenges of Digital Empowerment in Mathematics Teaching in Vocational Education

Wang Wei

Institute of Applied Mathematics, Shenzhen Polytechnic University, Shenzhen, Guangdong 518055

Abstract： With the rapid development of digital technology, digital empowerment has become the core driving force of vocational education reform. As a basic subject in vocational education, mathematics faces problems such as large differences in students' foundation, unclear learning goals, and insufficient learning motivation. Digital tools such as online learning platforms, virtual simulation demonstrations, and intelligent teaching systems can significantly enhance students' learning interest and learning experience, thereby improving teaching effectiveness. However, problems such as students' lack of independent learning ability and limitations of existing technologies have restricted the in-depth development of digital teaching. This paper takes the course "Engineering Applied Mathematics" of Shenzhen Polytechnic as a case study to explore the application and challenges of digital empowerment in the process of vocational education mathematics teaching, aiming to provide a practical reference for the digital transformation of vocational education mathematics teaching.

Keywords： mathematics teaching; digital empowerment; intelligent teaching

引言

随着数字信息化技术的迅猛发展，数字化赋能已成为职业教育改革的重要趋势。在2023年的世界数字教育大会开幕式上，教育部部长怀进鹏以“数字变革与教育未来”为题进行了主旨演讲^[1]。在世界数字教育大会“职业教育数字化转型发展”平行论坛上，教育部副部长翁铁慧出席论坛并致辞^[2]。数学作为职业教育的基础学科，面临教学手段单一、课程理论与实践相脱节、学生认知负荷过高等问题^[3]。此外，由于与专业实践联系不紧密^[4]，传统的数学教学模式往往难以激发职业院校学生的学习兴趣，教学效果不尽如人意。因此，在职业教育数学教学过程中，亟需引入数字化手段改变传统的单纯知识灌输教育模式^[5]。本文旨在以深圳职业技术大学《工程应用数学》为案例分析探讨数字化赋能在职业教育数学教学中的应用现状和面临的挑战，为职业教育数学教学的数字化转型提供实践参考，推动教学质量的提升。

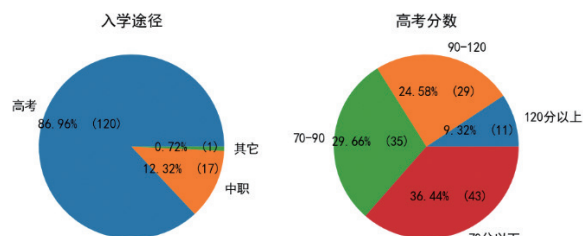
一、职业教育数学学情分析

（一）生源多样化，数学基础差异大

图一显示了2024年作者任教的4个班138名学生的入学途径

和其高考分数。可以看出约有18位学生通过中职或其它途径进入深职大，剩下部分都通过高考来到的深职大。在高考这部分学生中，数学基础较差（分数大于70但低于90）的同学约占30%，非常差的（分数低于70）的占约36%，较好的（分数大于120）也

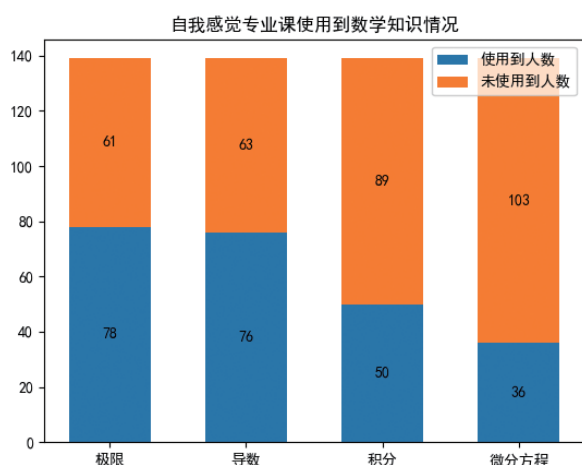
有11位约占9%。



> 图一：入学途径和高考分数

（二）与专业联系不紧密

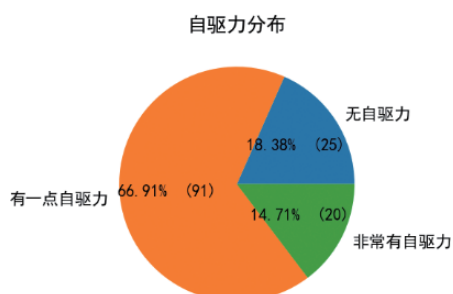
图二显示了学生自认为专业核心课程使用到数学知识的情况。由于投票显示的情况差异较大，作者遂向投票学生了解具体原因，得到的反馈是发给学生的专业课教材（如水力学）里面有涉及极限、导数、积分、微分方程等数学知识的相关内容，但在专业课上并不讲授这些内容。这一现象折射出两方面问题：其一，现有数学课程内容与职业教育人才培养目标的匹配度不足，未能有效支撑专业发展需求；其二，专业核心课程的知识体系在深度和难度上存在明显局限，这可能制约学生专业能力的纵深发展和职业竞争力的持续提升。



> 图二：数学在专业课使用情况

（三）学习自驱力差异化

图三显示了问卷调查统计的学生学习自驱力的分布情况。具备基本学习自驱力的学生群体占比最高（约67%），这部分学生能够在教师引导下完成学习任务；约15%的学生展现出极强的自主学习力，能够主动探索和深入学习；而值得注意的是，仍有相当比例（约18%）的学生缺乏基本的学习自驱力，需要教师采取针对性的干预措施进行重点引导和监督。



> 图三：学习自驱力分布情况

二、数字化赋能在职业教育数学教学中的应用现状

数字化技术在职业教育数学教学中的应用主要有：在线学习平台和虚拟仿真演示。在线学习平台如智慧职教^[6]、学习通^[7]、慕课^[8]等，可以提供大量教学材料（如教案、课件PPT、录课视频等）供学生线下自主学习。学生可以根据自身情况灵活安排学习空间和学习时间以推进学习进度，教师可以通过平台发布教学任务、布置作业和在线解答学生的问题。学习平台除了用于线下学生自主学习外还可以辅助教师课堂上的实时教学。教师可以在课上使用平台发布和教学内容相关的随堂练习，学生在完成随堂练习后把答案提交到平台上。教师可以根据学生提交答案的人数和正确度来确定学生对本次授课内容的吸收程度，再根据情况调整教学进度。

虚拟仿真演示可以使数学教学中的定义、定律和应用等更加直观和生动，从而提高学生的理解程度和学习兴趣。例如，通过画图仿真展示不同角度切割圆锥体的切线形成的不同形状如圆、椭圆、抛物线和双曲线从而加深学生对“圆锥曲线”定义的理解；通过对二次函数的系数设置不同的值来画图仿真展示对应的抛物线开口方向、顶点位置的变化从而加深学生对二次函数性质的掌握；通过输入不同的矩阵来仿真展示图像矩阵乘以对应的输入矩阵后的旋转、缩放效果加深学生对线性代数中的矩阵线性变换和特征值概念的理解；通过虚拟投掷骰子来展示随着实验次数增加，每一面出现的频率趋近于理论概率1/6从而增强学生对随机性与概率论的认识；通过模拟演示“弹簧阻尼系统”的振动和对应的微分方程及其求解加深学生对微分方程实际应用的理解。

三、数字化赋能在职业教育数学教学中面临的挑战

尽管数字化赋能为职业教育数学教学带来了诸多便利，但在实际应用中仍面临许多挑战。

（一）基础设施与资源投入不足

当前，部分职业院校在推进数字化教学过程中面临显著的硬件瓶颈，其中网络基础设施的滞后性尤为突出。以深圳职业技术大学为例，尽管地处我国数字化前沿城市，但校园网络仍停留在IPv4协议阶段，尚未完成IPv6网络的升级部署。据作者自测数据显示，学校单个IPv4 IP的网络下载速率仅维持在2.5MB/s左右，这一带宽水平难以满足现代数字化教学的基本需求。在实际教学场景中，当授课班级全体学生同时访问校外视频教学资源时，普遍出现视频缓冲、画面卡顿等现象，严重影响了教学流畅性。即便是部署在校内的“学习通”教学平台，在访问高峰期（如周一早课时段）也偶尔会出现系统响应延迟、用户登录失败等技术故障，直接制约了数字化教学的效果。这种基础设施的滞后现状，与职业教育数字化转型的战略需求形成了鲜明反差。

（二）平台智能化有待提高

当前主流教学平台（如学习通、慕课等）虽然提供了较为丰富的教学工具（包括随堂练习、课后作业、主题讨论、分组任务等功能模块），但其智能化水平仍难以满足数学学科教学的特殊

需求。以深圳职业技术大学采用的学习通平台为例，其在数学教学应用方面存在明显的功能局限：

在公式处理方面，平台仅支持教师通过 Latex 代码输入数学公式，而缺乏更便捷的智能识别功能。具体表现为：既无法实现图片公式的自动识别与 Latex 转换，也不支持学生在作答时输入复杂数学表达式（仅限数字和字母的简单输入），这种限制严重制约了数学题型的多样性设置。

在作业批改方面，平台的智能化程度严重不足。系统仅能进行简单的答案比对，给出“正确”或“错误”的二元判断，而无法实现分步批改和错误定位。这种局限性导致教师在实际应用中不得不做出妥协：只能设置填空、选择等简单题型且还需刻意规避题目的答案出现公式表达式。其结果是，教师虽然能通过平台获取学生的整体答题情况，却无法精准识别学生在解题过程中的具体错误环节（如公式推导错误、计算步骤失误等），从而难以开展有针对性的个性化辅导。这种现状与宣传的“智能化教学系统”存在显著差距，系统实际上无法基于学生的具体学习表现，实现真正意义上的自适应学习和个性化教学。这种功能缺陷在强调逻辑推理和分步验证的数学学科教学中显得尤为突出，亟待通过技术升级加以改进。

（三）课程形式与内容不够新颖

在教学模式方面，多数课堂仍停留在“PPT+板书”的单纯知识灌输模式。虽然数字化工具已基本普及，但其应用仅停留在电子课件展示的初级阶段，未能充分发挥数字化技术对互动式、探究式学习的支撑作用。这种传统的“教师讲—学生听”的被动学习模式，难以激发职业学院学生的学习兴趣和主动性。

在课程内容方面，现有职业数学教学仍固守传统教材的知识体系框架，过度强调抽象计算能力的训练，而忽视数学知识在专业领域的实际应用。由于缺乏真实的应用场景导入，学生往往陷入“为计算而计算”的学习困境，无法理解这些数学知识在其专

业领域的具体应用场景和学习意义。更深层次的问题在于，数学教学与专业教学之间存在明显的学科壁垒。数学教师与专业教师缺乏有效的协作机制，导致数学课程内容难以融入专业实际问题作为教学案例。这种割裂状态使得数学课程无法充分发挥其作为专业学习基础工具的作用，学生也难以建立数学思维与专业技能之间的有机联系。

四、应对数字化赋能挑战的策略与建议

针对基础设施落后问题，应加大对基础设施和数字资源的投入，更新适用于数字智能化教学的设备。如在校内部署独立光纤宽带网络；把校园网升级成同时支持 IPv4 和 IPv6 的双栈^[9]网络；把数字化教学资源本地化，将消耗流量的视频等教学资源尽量缓储到校内 NAS^[10]上。

针对平台智能化欠缺问题，可借助 AI 大模型引入更多的智能化工具。如在平台引入能光学识别图片中文字和公式并自动转换成对应 Latex 源码或 word 文档的 AI 大模型；尝试和校外企业联合开发能智能批改数学作业的 AI 大模型。

针对课程形式和内容陈旧问题，可根据职业院校学生的特点，优化教学模式和内容，设计更具吸引力和实用性的数字化教学活动。例如，将数学知识与专业实践相结合，开发项目式学习任务；利用游戏化元素增强学习趣味性；鼓励数学老师和专业老师联合开发新课程等。

五、结束语

本文首先给出了作者任教的深圳职业大学《工程应用数学》这门课学生的学情分析，然后介绍了在这门课的数字化转型过程中遇到的挑战，最后给出了一些应对这些挑战的建议。

参考文献

- [1] 数字化赋能职业教育. 中国青年报, https://s.cyol.com/articles/202302/27/content_jplyVqT2.html. 2023-02-27.
- [2] 近十万人线上线下参加“职业教育数字化转型发展”平行论坛. 中国青年报, https://s.cyol.com/articles/2023-02/15/content_o6gZzWSX.html. 2023-02-15.
- [3] 王师, 杨静. 职业本科院校数学类课程教学方法研究 [J]. 中国现代教育装备, 2021 (369): 168-170.
- [4] 戴佩彬. 四年制高职本科班基础数学课程系统化教学改革探讨 [J]. 科教导刊, 2019 (9): 120-121.
- [5] 邢倩倩, 刘晓丽, 梁佩佩. 数智知识图谱赋能高职数学教学模式的创新探究 [J]. 现代职业教育, 2025 (1): 117-120.
- [6] 国家职业教育智慧教育平台. <https://vocational.smartedu.cn/NationalHome?redirect=%2F&code&state>.
- [7] 学习通. <https://apps.chaoxing.com>.
- [8] 慕课堂. <https://www.icourse163.org/mooc/main/classroom>.
- [9] 双栈主机. 百度百科. <https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%8C%E6%A0%88%E4%B8%BB%E6%9C%BA/18344978>.
- [10] NAS. 百度百科. <https://baike.baidu.com/item/NAS/3465615>.

借题发挥 发展思维

——对一道教材例题的探究与反思

林庆伦

开平市教师发展中心，广东 江门 529300

摘 要： 教材例题有很大的应用价值，本文以一道教材例题为载体，通过解法探究、变式探究，链接高考，研后反思等步骤，深入挖掘例题中所蕴含的概念、性质等应用价值，提升学生数学学科核心素养，助力教师专业成长等目标。

关 键 词： 教材例题；探究；反思

Use The Topic to Develop Thinking — Inquiry and Reflection on A Textbook Example

Lin Qinglun

Kaiping Teacher Development Center, Jiangmen, Guangdong 529300

Abstract： The examples in textbooks have significant application value. This paper uses one such example as a vehicle, exploring its solution methods and variations, linking it to college entrance exams, and conducting post-research reflections. Through these steps, the paper aims to deeply uncover the concepts and properties embedded in the example, enhancing students' core mathematical competencies and supporting teachers' professional development.

Keywords： textbook example; inquiry; reflection

高中数学教材里的每一个例题的设置都有其目的和作用，承载着相应知识的能力要求，蕴含非常丰富的应用价值。喻平教授曾经指出：显性知识不足以涵盖数学核心素养的全野，与数学核心素养相关的内容恰好是隐形知识，因此在教材分析中必须要对隐形知识作分析。^[1]在教学活动中，教师应设计合适的情境和问题，科学、准确地把握教材例题的容量与难度，开发一些具有应用性、开放性、探究性的问题，^[2]让新知与学生认知结构中的已有的知识之间建立联系，在变化的过程中突出知识的本质属性，从而实现对知识多角度、全方位的理解，^[3]鼓励学生创造性思维，提高思维品质。

本文以人教 A 版高中教材数学选择性必修第一册第 136 页例 5 为例，进行深入探究，将研究过程整理成文与读者交流学习。

一、例题呈现

经过抛物线焦点 F 的直线交抛物线于 A, B 两点，经过点 A 和抛物线顶点的直线交抛物线准线于点 D ，求证：直线 BD 平行于抛物线的对称轴。^[4]

二、解法探究

证明 如图 1，以抛物线的对称轴为 x 轴，以抛物线的顶点为原点 O ，建立平面直角坐标系。设抛物线的标准方程为 $y^2 = 2px (p > 0)$ ，点 A 的坐标为 $\left(\frac{y_A^2}{2p}, y_A\right)$ ，则直线 OA 的方程为 $y = \frac{2p}{y_A}x (y_0 \neq 0)$ 。

因为抛物线的准线方程为 $x = -\frac{p}{2}$ ，

所以联立方程 $y = \frac{2p}{y_A}x$ 与 $x = -\frac{p}{2}$ 得到点 D 的纵坐标为 $-\frac{p^2}{y_A}$ 。

因为焦点 F 的坐标为 $\left(\frac{p}{2}, 0\right)$ ，点 A 的坐标为 $\left(\frac{y_A^2}{2p}, y_A\right)$ ，

所以直线 AF 的斜率为 $k_{AF} = \frac{y_A}{\frac{y_A^2}{2p} - \frac{p}{2}} = \frac{2py_A}{y_A^2 - p^2}$ ，其中 $y_A^2 \neq p^2$ 。

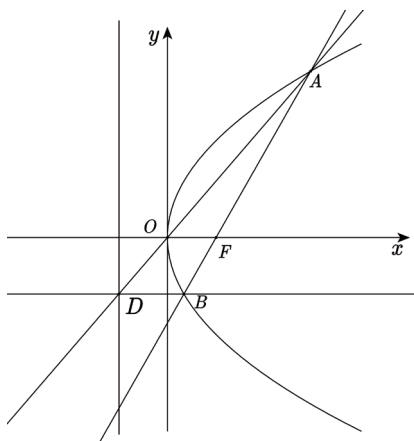
所以直线 AF 的方程为 $y = \frac{2py_A}{y_A^2 - p^2} \left(x - \frac{p}{2}\right)$ ，其中 $y_A^2 \neq p^2$ 。

联立方程 $y^2 = 2px$ 与 $y = \frac{2py_A}{y_A^2 - p^2} \left(x - \frac{p}{2}\right)$ 可得点 B 的纵坐标为 $-\frac{p^2}{y_A}$ ，

项目/基金信息：2024 年广东省中小学“百千万人才培养工程”专项科研项目《指向核心素养的高中数学概念课教学设计研究与实践》（课题编号：BQW2024TGL004）。

作者简介：林庆伦（1985.02—），男，汉族，广东省江门市人，开平市教师发展中心高中数学教研员，研究方向：高中数学教育。

所以直线 DB 平行于 x 轴. 当 $y_A^2 = p^2$ 时, 结论显然成立.
所以直线 DB 平行于抛物线的对称轴.



> 图1

教材右侧有旁白: 你还有其他证明方法吗? 教科书旁白中留下的方法之白, 既为学生“采取阅读自学、独立思考、实践探究、合作交流等多种学习方式”供给着内容素材, 同时显化数学教学中“方法之美”的意蕴。^[6]在给出第二种证明方法之前, 先给出引例:

引例 若过抛物线 $y^2 = 2px (p > 0)$ 的焦点 F 的一条直线 l 和抛物线相交, 两交点为 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, 则 $y_1 y_2 = -p^2$ 。^[6]

另证 设抛物线的方程为 $y^2 = 2px (p > 0)$, 点 $A\left(\frac{y_A^2}{2p}, y_A\right)$, 点 $B(x_B, y_B)$, 点 $D\left(-\frac{p}{2}, y_D\right)$ 。根据抛物线焦点弦的性质可得 $y_A y_B = -p^2$, 所以 $y_B = -\frac{p^2}{y_A}$ 。

因为 A, O, D 三点共线, 所以 $k_{OA} = k_{OD}$, 所以 $\frac{2p}{y_A} = \frac{y_D}{-\frac{p}{2}}$,

即有 $y_A y_D = -p^2$, 所以 $y_D = -\frac{p^2}{y_A} = y_B$,

所以直线 DB 平行于抛物线的对称轴。

三、变式探究

由上面的证明过程可知: 直线 DB 平行于抛物线的对称轴。这是巧合还是必然? 引发笔者的思考。通过一系列的探究验证, 发现平行于抛物线的对称轴的直线可得出另外一个性质。

性质1 如图2, 设抛物线 $C: y^2 = 2px (p > 0)$ 的焦点为 F , 经过点 F 的直线交抛物线 C 于 A, B 两点, 与直线 $x = -\frac{p}{2}$ 交于点 T , 过点 T 作 x 轴的平行线 l , 直线 AO, OB 与直线 l 交于 S, Q 两点, 则 $ST = TQ$ 。

证明: 由题意可知, 直线 AB 的斜率存在, 设直线

$$AB: x = my + \frac{p}{2}, A(x_A, y_A), B(x_B, y_B), T(x_T, y_T)。$$

$$\text{联立方程} \begin{cases} x = my + \frac{p}{2} \\ y^2 = 2px \end{cases}, \text{消去 } x \text{ 得 } y^2 - 2mpy - p^2 = 0,$$

$$\text{则 } \Delta = 4m^2 p^2 + 4p^2 > 0, y_A + y_B = 2mp, y_A \cdot y_B = -p^2,$$

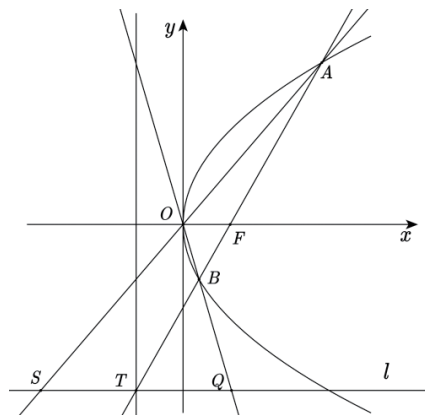
$$\text{直线 } AB: x = my + \frac{p}{2} \text{ 与直线 } x = -\frac{p}{2} \text{ 的交点 } T\left(-\frac{p}{2}, -\frac{p}{m}\right),$$

$$\text{直线 } AO: y = \frac{y_A}{x_A} x \text{ 与直线 } l: y = -\frac{p}{m} \text{ 的交点 } S\left(-\frac{px_A}{my_A}, -\frac{p}{m}\right),$$

$$\text{直线 } BO: y = \frac{y_B}{x_B} x \text{ 与直线 } l: y = -\frac{p}{m} \text{ 的交点 } Q\left(-\frac{px_B}{my_B}, -\frac{p}{m}\right),$$

$$\text{由于 } x_S + x_Q = -\frac{px_A}{my_A} - \frac{px_B}{my_B} = -\frac{p}{m} \left(\frac{x_A}{y_A} + \frac{x_B}{y_B}\right) = -p \left(\frac{y_A}{2p} + \frac{y_B}{2p}\right) = -p = 2x_T,$$

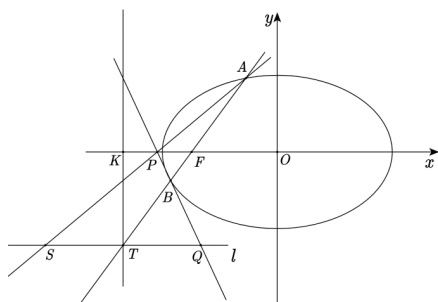
$$\text{所以 } ST = TQ。$$



> 图2

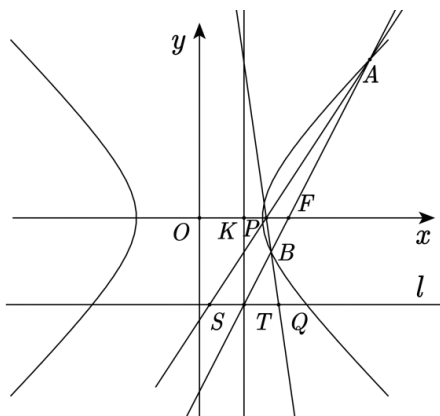
这里可以揣测, 在抛物线中发现了焦点弦的这个性质, 自然联想到: 在椭圆与双曲线中, 此结论是否还成立? 通过探究验证, 答案是肯定的。

性质2 如图3, 设椭圆 $C: \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 (a > b > 0)$ 的左焦点为 F , 直线 $x = -\frac{a^2}{c}$ 与 x 轴交于点 K , 线段 FK 的中点为 P , 经过点 F 的直线交椭圆于 A, B 两点, 与直线 $x = \frac{a^2}{c}$ 交于点 T , 过点 T 作 x 轴的平行线 l , 直线 AP, BP 与直线 l 交于 S, Q 两点, 则 $ST = TQ$ 。



> 图3

性质3 如图4, 设双曲线 $C: \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1 (a > 0, b > 0)$ 的右焦点为 F , 直线 $x = \frac{a^2}{c}$ 与 x 轴交于点 K , 线段 FK 的中点为 P , 经过点 F 的直线交双曲线于 A, B 两点, 与直线 $x = -\frac{a^2}{c}$ 交于点 T , 过点 T 作 x 轴的平行线 l , 直线 AP, BP 与直线 l 交于 S, Q 两点, 则 $ST = TQ$ 。



> 图4

性质2,3的证明类似性质1,这里不再赘述。

对上述的性质进行逆向探究,若 $ST=TQ$, 点 T 与 A, B 两点的位置关系如何?

性质4 如图2, 设抛物线 $C: y^2 = 2px (p > 0)$ 的焦点为 F , 经过点 F 的直线交抛物线 C 于 A, B 两点, 过直线 $x = -\frac{p}{2}$ 上点 T 作 x 轴的平行线 l , 直线 AO, OB 与直线 l 交于 S, Q 两点, 且 $ST=TQ$, 则 A, B, F, T 四点共线。

证明: 由题意可知, 直线 AB 的斜率存在, 设直线

$AB: x = my + \frac{p}{2}$, $A(x_A, y_A)$, $B(x_B, y_B)$, $T(-\frac{p}{2}, t)$, 则直线 $l: y = t$,

$$\text{联立方程} \begin{cases} x = my + \frac{p}{2} \\ y^2 = 2px \end{cases} \text{ 消去 } x \text{ 得 } y^2 - 2mpy - p^2 = 0,$$

$$\text{则 } \Delta = 4m^2 p^2 + 4p^2 > 0, y_A + y_B = 2mp, y_A \cdot y_B = -p^2,$$

$$\text{直线 } AO: y = \frac{y_A}{x_A} x \text{ 与直线 } l: y = t \text{ 的交点 } S\left(\frac{tx_A}{y_A}, t\right),$$

$$\text{直线 } BO: y = \frac{y_B}{x_B} x \text{ 与直线 } l: y = t \text{ 的交点 } Q\left(\frac{tx_B}{y_B}, t\right),$$

$$\text{因为 } ST = TQ, \text{ 所以 } \frac{tx_A}{y_A} + \frac{tx_B}{y_B} = \frac{t(y_A + y_B)}{2p} = tm = -p,$$

$$\text{于是, } t = -\frac{p}{m},$$

$$\text{因为 } k_{FT} = \frac{t-0}{-\frac{p}{2}-\frac{p}{2}} = \frac{-\frac{p}{m}}{-p} = \frac{1}{m}, k_{AB} = \frac{1}{m},$$

所以 A, B, F, T 四点共线。

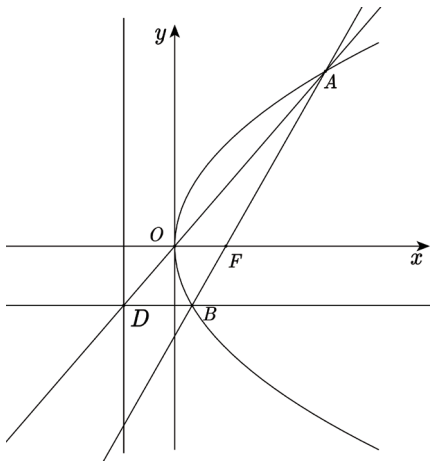
性质5 如图3, 设椭圆 $C: \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 (a > b > 0)$ 的左焦点为 F , 直线 $x = -\frac{a^2}{c}$ 与 x 轴交于点 K , 线段 FK 的中点为 P , 经过点 F 的直线交椭圆于 A, B 两点, 过直线 $x = -\frac{a^2}{c}$ 上点 T 作 x 轴的平行线 l , 直线 AP, BP 与直线 l 交于 S, Q 两点, 且 $ST=TQ$, 则 A, B, F, T 四点共线。

性质6 如图4, 设双曲线 $C: \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1 (a > 0, b > 0)$ 的右焦点为 F , 直线 $x = \frac{a^2}{c}$ 与 x 轴交于点 K , 线段 FK 的中点为 P , 经过点

F 的直线交双曲线于 A, B 两点, 过直线 $x = \frac{a^2}{c}$ 上点 T 作 x 轴的平行线 l , 直线 AP, BP 与直线 l 交于 S, Q 两点, 且 $ST=TQ$, 则 A, B, F, T 四点共线。

性质5,6的证明类似性质4, 这里不再赘述。

性质7 如图5, 设抛物线 $C: y^2 = 2px (p > 0)$ 的焦点为 F , 经过点 F 的直线交抛物线 C 于 A, B 两点, 点 B 作 x 轴的平行线 l 与直线 AO 延长线交于点 D 。求证: D 点在一条定值线上。



> 图5

证明: 由 A, O, D 点共线得 $K_{OA} = K_{OD}$,

$$\text{所以 } \frac{y_A}{\frac{y_A^2}{2p}} = \frac{y_D}{x_D}, \text{ 即 } x_D = \frac{y_A \cdot y_D}{2p}$$

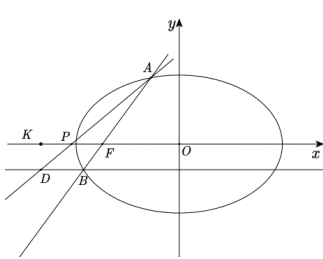
因为直线 BD 平行 x 轴, 所以 $y_B = y_D$ 。

$$\text{由引例知 } y_A \cdot y_B = -p^2, \text{ 则 } x_D = \frac{y_A \cdot y_B}{2p} = \frac{-p^2}{2p} = -\frac{p}{2}.$$

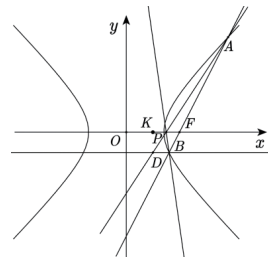
所以 D 点在定直线 $x = -\frac{p}{2}$ 上。

性质8 如图6, 设椭圆 $C: \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 (a > b > 0)$ 的左焦点为 F ,

已知点 $K(-\frac{a^2}{c}, 0)$, 线段 FK 的中点为 P , 经过点 F 的直线交椭圆于 A, B 两点, 过点 B 作 x 轴的平行线 l , l 与直线 AP 交于点 D 。求证: D 点在一条定直线上。



> 图6



> 图7

性质9 如图7, 设双曲线 $C: \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1 (a > 0, b > 0)$ 的右焦点为

F , 已知点 $K(\frac{a^2}{c}, 0)$, 线段 FK 的中点为 P , 经过点 F 的直线交椭圆于 A, B 两点, 过点 B 作 x 轴的平行线 l , l 与直线 AP 交于点 D 。求证: D 点在一条定直线上。

性质8,9的证明类似性质7, 这里不再赘述。

四、链接高考

从该教材例题衍生出的考题往往题干简洁、思维性强,曾经很多高考试题都有它的影子。

(一)(2024年高考数学全国甲卷理科第20题)设椭圆 $C:\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1(a>b>0)$ 的右焦点为 F ,点 $M(1,\frac{3}{2})$ 在 C 上,且 $MF\perp x$ 轴。(1)求 C 的方程;(2)经过点 $P(4,0)$ 的直线交 C 交于 A,B 两点, N 为线段 FP 的中点,直线 NB 交直线 MF 于点 Q 。证明: $AQ\perp y$ 轴。

(二)(2001年高考数学全国卷理科第19题)抛物线 $y^2=2px(P>0)$ 的焦点为 F ,经过点 F 的直线交抛物线交于 A 、 B 两点,点 C 在抛物线的准线上,且 $BC\parallel x$ 轴,证明直线 AC 经过原点 O 。

五、研后反思

教材中的例题与习题,其选编的原则是帮助学生深入理解圆锥曲线的几何特征,熟练研究圆锥曲线的性质以及它们的位置关系,并能解决有一定综合性的问题,通过解题感悟解析几何中蕴含的数学思想。教学中应注意这些题目的教学功能,使学生认识到认真解答这些题目的重要性,必要时可以对有关题目进行适当的变式拓展。^[7]从上面的案例可以看出,9个性质拓展结论均立足教材例题,其中性质1、4、7均为对教材例题的抛物线模型通过改变问题的情境、条件、障碍和目标等方式进行优化延伸探究,^[9]其

他性质均自然地过渡到椭圆和双曲线等模型,最大限度地发挥例题的内在价值,因此教师需要在教学过程中注意:

(一)引导立足教材,实现系统认知

教师要立足教材让教材串起来,充分挖掘教材的例题蕴含的丰富的数学思想与方法,促使学生在相互思考、交流、启发、提升中获得对数学概念本质的理解,主动建构知识,扩展和完善知识体系,实现从“散点知识”到“系统认知”,提高学生学习热情和深度学习的能力。

(二)优化延伸教材,促进思维生长

教师要延伸教材让教材活起来,善于对教材中的经典例题进行变式、拓展、整合,并注意把握延伸的“度”与“向”,从“教教材”转变为“用教材”,促使学生多层次、多角度、全方位探究问题,促进从“解题训练”转变到“思维生长”,提升学生思维品质和核心素养能力。

(三)发挥主观能动性,发展创新意识

教师要发挥学生的主观能动性,通过与学生一起共同交流探讨教学互动,让学生通过阅读、思考、表达等一系列学习活动,促使学生思维的进一步加工,发展他们的创新意识和创新能力。

总之,教学中教师要基于教材,钻研教材,利用广泛的教学资源,活用教材,创生教材,灵活、创意地使用教材,实现教材的再创造和二次开发,^[9]并建立合适的教学“脚手架”,帮助学生建立新旧知识的内在实质性联系,促进学生最近发展区的发展,^[10]最终提升学生数学学科核心素养。

参考文献

- [1]喻平. 发展学生数学核心素养的教学与评价研究[M]. 上海:华东师范大学出版社,2021.
- [2]中华人民共和国教育部. 普通高中数学课程标准:2017年版2020年修订[M]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [3]涂荣豹. 数学教学设计原理的构建—教学生学会思考[M]. 北京:科学出版社,2018.
- [4]人民教育出版社,课程教材研究所,中学数学课程教材研发中心. 普通高中教科书A版·数学(选择性必修第一册)[M]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [5]韩栗,刘倩雯,汪晓勤. 数学教科书“旁白”中的“留白”探析——以人教A版高中数学教科书为例[J]. 数学教育学报,2024(8):20-25.
- [6]马晋华. 一道课本例题的研究与拓展[J]. 中学数学,2017(4):84-85.
- [7]章建跃. 圆锥曲线的方程教材介绍与教学建议[J]. 中学数学教学研究,2021(1):8-16.
- [8]李昌官. 走向素养为本的数学变式教学[J]. 课程·教材·教法,2021(8):98-104.
- [9]余文森等. 有效备课·上课·听课·评课[M]. 福州:福建教育出版社,2008.
- [10]章建跃,王嵘. 中国数学教科书使用变式素材的途径和方法[J]. 数学通报,2015(10):1-8.

《数值逼近》课程思政建设与探索研究

张永富, 牛英春, 张俊丽, 华志强

内蒙古民族大学数学科学学院, 内蒙古 通辽 028043

摘 要 : 《数值逼近》是一门应用数学课程, 主要涉及数值逼近的基本原理、算法和应用, 与实际问题联系比较紧密, 具有思政教育的授课平台和现实意义。本文结合全国高校思想政治工作会议精神, 对《数值逼近》在教学内容和课程改革方面融入思政元素的建设和探索给出了一些新的见解。

关 键 词 : 数值逼近; 课程思政; 教学改革

Research on Ideological and Political Construction And Exploration of Numerical Approximation

Zhang Yongfu, Niu Yingchun, Zhang Junli, Hua Zhiqiang

College of Mathematics Science, Inner Mongolia Minzu University, Tongliao, Inner Mongolia 028043

Abstract : "Numerical Approximation" is an applied mathematics course that mainly involves the basic principles, algorithms, and applications of numerical approximation. It is closely related to practical problems and has a teaching platform and practical significance for ideological and political education. This paper combines the spirit of the National Conference on Ideological and Political Work in Universities to provide some new insights into the construction and exploration of integrating ideological and political elements into the teaching content and curriculum reform of "Numerical Approximation".

Keywords : numerical approximation; curriculum ideology and politics; teaching reform

引言

专业核心课程在本科生和研究生课程体系设置和人才培养中起着非常关键作用, 也为本科生和研究生专业知识学习提供了重要的实践指导和理论保障。《数值逼近》课程是为部分理工科专业的本科生或研究生开设的数学专业核心课程之一, 是计算数学、科学工程计算诸多数值方法的理论基础和方法的依据。该课程授课内容丰富、涉及面较广, 与实际问题联系比较紧密, 具有思政教育的授课平台和现实意义, 可以很好地结合人、事、物进行多维的思政教育^[1-2]。

2016年12月7日在北京召开了全国高校思想政治工作会议, 习近平总书记在全国高校思想政治工作会议中指出, 做好高校思想政治工作, 要因事而化、因时而进、因势而新。要遵循思想政治工作规律, 遵循教书育人规律, 遵循学生成长规律, 不断提高工作能力和水平。要用好课堂教学这个主渠道, 思想政治理论课要坚持在改进中加强, 提升思想政治教育亲和力和针对性, 满足学生成长发展需求和期待, 其他各门课都要守好一段渠、种好责任田, 使各类课程与思想政治理论课同向同行, 形成协同效应。要加快构建中国特色哲学社会科学学科体系和教材体系, 推出更多高水平教材, 创新学术话语体系, 建立科学权威、公开透明的哲学社会科学成果评价体系, 努力构建全方位、全领域、全要素的哲学社会科学体系。要更加注重以文化人以文育人, 广泛开展文明校园创建, 开展形式多样、健康向上、格调高雅的校园文化活动, 广泛开展各类社会实践。要运用新媒体新技术使工作活起来, 推动思想政治工作传统优势同信息技术高度融合, 增强时代感和吸引力^[3]。事实上, 由于数学专业核心课程普遍具有较强理论性和高度抽象性等特点, 各高校即使开展了相关课程思政研究工作, 但将课程在思政元素挖掘、课程思政教学模式及课程思政交流平台建设等多维度探索研究相对较少, 这也正是本文所关心的重点之一, 即如何在数学专业核心课中实施课程思政。为了发挥课堂主渠道作用, 落实立德树人根本任务, 本文结合《数值逼近》在本科生和研究生课程教学中对思政建设与探究提出如下见解。

一、《数值逼近》在教学内容方面融入思政元素

为挖掘《数值逼近》课程中所体现的思政元素, 可以从马克

思主义哲学、党的二十大报告内容、社会主义核心价值观、理想信念、中华优秀传统文化教育、国内外著名数学家励志奋斗故事、国家事业蓬勃发展展现出的工匠精神、科研创新精神、劳

项目/基金信息: 本文由内蒙古自治区研究生教育教学改革研究项目(课题名称:《数值逼近》课程思政建设与探索研究, 项目编号: JGSZ2022033), 内蒙古自治区教育科学研究“十四五”规划课题(课题名称1: 高校数值计算方法课程思政建设的路径研究, 批准号: NGJGH2022280; 课题名称2: 数学分析课程教学中课程思政的路径的探索与实践, 批准号: NGJGH2021132; 课题名称3: 新工科背景下大数据方向产教融合、校企合作机制模式探索与实践, 批准号: NGJGH2023224), 内蒙古民族大学教育教学研究课题(课题名称: 高校数值分析课程思政建设路径探索与研究, 批准号: YB2023019)资助。

作者简介: 张永富(1980.03-), 男, 汉族, 内蒙古呼和浩特市人, 内蒙古民族大学副教授, 博士研究生, 硕士研究生导师, 主要从事热传导反问题及数值逼近相关方面研究。

模精神和载人航天精神等角度出发,不断深入探究,在本课程教学内容方面充分有机地融入思政教育元素,见图1。

(一)在学习“误差传播及近似中需要注意的现象”内容时,通过选用数值稳定的计算公式案例,让学生理解马克思主义哲学中“量变与质变”的辩证关系,在处理实际问题时要坚持适度原则,只有认识了事物的度,才能认清事物的质,不至于混淆不同事物,才能为实践活动提供正确的准则,进而告诫学生“勿以善小而不为,勿以恶小而为之”的做人道理。

(二)在学习“非线性代数方程数值求解”内容时,通过介绍我国南宋数学家秦九韶发明的秦九韶算法(高次方程正根的数值解法)比英国人霍纳(W·G·Horner)同样解法早572年,秦九韶代表作《数书九章》在中世纪达到世界数学的最高水平,以此激发学生爱国主义自豪感,激励学生奋发学习,勇攀数学高峰,努力赶超外国先进科学技术的理想信念。正如习近平总书记在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告指出“青年强,则国家强。广大青年要坚定不移听党话、跟党走,怀抱梦想又脚踏实地,敢想敢为又善作善成,立志做有理想、敢担当、能吃苦、肯奋斗的新时代好青年,让青春在全面建设社会主义现代化国家的火热实践中绽放绚丽之花”。

(三)在讲解“样条逼近方法”时提及其产生的应用背景,特别是样条理论中B样条以其优美的理论和数值计算局部支集等特点在计算机辅助几何设计领域具有重要的应用,如车辆外形设计、船体放样和飞机机翼形线设计等。据此引申“蛟龙号”载人潜水器下潜7062米的深潜纪录、我国完全自主设计的第三艘航空母舰“福建号”下水、“嫦娥四号”探测成功实施人类航天器首次着陆月球表面探测、国产大飞机C919完成取证试飞及神舟十五号载人成功发射等大国重器,自然地融入中华民族自豪感,让学生坚定“四个自信”,树立民族自信心,在新时代继续弘扬和践行“工匠精神”“科研创新精神”“劳模精神”和“载人航天精神”,为实现中华民族伟大复兴而奋斗。

(四)在《数值逼近》课程中,还有诸多以著名数学家命名的定理或算法,在讲课过程中适时引入国内外著名数学家的励志奋斗故事,以此培养学生的探索创新精神,指出科学研究永无止境,鼓励学生在学习的道路上不断钻研奋斗、开拓创新。如学习“Lagrange(拉格朗日)插值”和“Newton(牛顿)插值”内容时,前者是由法国籍意大利裔数学家约瑟夫·拉格朗日提出来的,拉格朗日是18世纪伟大的科学家,在数学、力学和天文学三个学科中都有历史性的重大贡献。但他的成就主要是在数学领域,拿破仑曾称赞他是“一座高耸在数学界的金字塔”,他最突出的贡献是在把数学分析的基础脱离几何与力学方面起了决定性的作用。后者牛顿家境贫困,1661年以减费生进入剑桥大学就读,1664年取得学士学位。牛顿在23岁时创造了三大发明,分别是流数术(微积分)、万有引力和光的分析。这些著名数学家身上都具有刻苦钻研,潜心研究,追求真理的奉献精神。通过讲述上述数学家励志故事,引导学生树立勇于探索、敢于创新的科学精神。同时,结合当前科技发展的前沿问题,如人工智能中的数值优化问题,鼓励学生积极参与科研创新活动,培养学生创新意识和实践能力。



> 图1 课程体系融入思政元素

二、《数值逼近》在课程改革方面融入思政元素

《数值逼近》作为一门集理论与计算方法综合课程,其研究内容涉及数学、工程及计算机科学等现代技术领域,首先在计算机及工程等融入大思政理念,学生通过学习这门课程可以深刻理解数值计算在工程、科学等领域的重要性,从而增强了对科技进步的认识^[4-8]。其次,数值逼近的学习需要严密的逻辑思维和严谨的实证分析,这有助于培养学生的批判性思维和分析问题的能力,使他们具备辨别信息、思考问题的能力,这些都是思政教育所倡导的核心素养^[9-10]。

在课程改革中,可以通过丰富教学内容、引入实际案例、加强实践环节等方式,将思政元素融入《数值逼近》课程中。例如,可以引入一些与社会、经济、科技发展相关的案例,让学生通过数值逼近方法来解决实际问题,从而增强他们对科学技术发展的认识。同时,可以让学生了解数值计算在国家重大科技工程、社会发展等方面的应用,培养他们的责任意识和使命感。另外,通过引导学生讨论数值计算在科学研究和工程实践中的伦理道德问题,培养学生的社会责任感 and 价值观念。

三、结束语

总之,《数值逼近》课程在融入思政元素的过程中,可以更好地培养学生的创新精神、实践能力和社会责任感,让他们成为德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人。

参考文献

- [1] 杨畅,陈勇.《数值逼近》课程中实施课程思政的探索[J].高等教育现代化的实证研究,2019,250:250-255.
- [2] 程瑶,马茹茹,宋传静等.“计算方法”课程思政教学的思考与探索[J].科教文汇,2021,20:78-80.
- [3] 新华社.习近平在全国高校思想政治工作会议:把思想政治工作贯穿教育教学全过程开创我国高等教育事业发展新局面[N].人民日报,2016-12-09(1).
- [4] 闵杰,李璐,欧剑.《数值分析》课程思政教学改革研究与实践[J].大学数学,2020,36(6):40-45.
- [5] 孙艳萍.数学研究的哲学思考对高校数学教学的促进作用[J].高教学刊,2018(11):87-88,91.
- [6] 赵东红,魏海瑞,刘林.大学数学公共课程思政元素挖掘初探[J].大学数学,2021,37(3):46-52.
- [7] 白羽,侍爱玲,李大伟等.研究生《数值分析》课程思政的教学设计与实践[J].创新教育研究,2022,10(4):736-742.
- [8] 孙艳萍,刘帅霞,王远.数学专业课程思政点挖掘路径研究——以数值分析课程为例[J].中国教育技术装备,2023(23):82-85.
- [9] 苗丽安.高校数学课程融入课程思政教案设计探讨[J].山东教育(高教),2019(12):38-39.
- [10] 陈瑞林,徐定华.计算科学与工程学科视角下的计算方法课程教学改革[J].浙江理工大学学报,2012,29(6):933-937.

基于 AI 的图书馆数据分析与服务优化： 自然语言转 SQL 的创新实践

王璇¹, 刘若歆², 侯新宇¹

1. 中国传媒大学图书馆, 北京 100024

2. 中国传媒大学媒体融合与传播国家重点实验室, 北京 100024

摘要： 本文介绍了基于人工智能（AI）的图书馆数据分析方法，该方法能够将图书馆工作人员的自然语言查询转化为 SQL 查询语句，实现对现有图书馆数据的便捷分析。通过该系统，工作人员无需专业的数据库知识即可快速获取所需信息，从而优化图书馆数据服务与管理。实验结果表明，该方法能够显著提升数据分析效率，为智慧图书馆建设提供了一种实用的解决方案，是中国传媒大学图书馆在积极推进人工智能与各学科融合的背景下的一次有益尝试，旨在提升图书馆服务的智能化水平。

关键词： 图书馆数据分析；自然语言处理；SQL 生成；Deepseek；AI 应用

Library Data Analysis and Service Optimization Based on AI: An Innovative Practice of Text to SQL Conversion

Wang Xuan¹, Liu Ruoxin², Hou Xinyu¹

1. Library of Communication University of China, Beijing 100024

2. State Key Laboratory of Media Integration and Communication of Communication University of China, Beijing 100024

Abstract： This paper presents an Artificial Intelligence (AI)-based library data analysis method that converts natural language queries from into SQL query statements, enabling convenient analysis of existing library data. Through this system, staff members can quickly access required information without specialized database knowledge, thereby optimizing library data services and management. The experimental results show that this method can significantly improve the efficiency of data analysis, providing a practical solution for the construction of smart libraries. It is a beneficial attempt by the Communication University of China Library in the context of actively promoting the integration of artificial intelligence with various disciplines, aiming to enhance the intelligence level of library services.

Keywords： library data analysis; natural language processing; Text to SQL; Deepseek; AI application

引言

近年来，国家高度重视人工智能发展，将其上升为国家战略，并出台了一系列政策文件，为 AI 在图书馆领域的应用提供了强有力的政策支撑和方向指引：

《新一代人工智能发展规划》明确提出要“发展智能图书馆，构建智慧化知识服务体系”。《“十四五”公共文化服务体系建设规划》中强调要“推动公共文化机构数字化、网络化、智能化发展”。《关于推进实施国家文化数字化战略的意见》中则提出要“建设国家文化大数据体系，促进文化资源数字化、文化生产智能化、文化传播网络化”，在国家政策的积极引导下，各地图书馆纷纷探索 AI 应用场景，高校图书馆也成为其中重要的一份子^[1]。

随着高校图书馆信息化程度的不断提高，图书馆积累了海量的读者行为数据。然而，如何从这些数据中挖掘有价值的信息，并将其应用于图书馆服务优化，一直是图书馆管理人员面临的挑战。传统的解决方案依赖于专业的数据分析人员，这不仅成本高昂，而且效率低下。如何让非技术背景的图书馆工作人员能够方便快捷地利用这些数据，提升服务质量，成为智慧图书馆建设中的一个关键问题^[2]。

过去，图书馆工作人员在进行数据分析时，需要打开数据库软件，手动编写复杂的 SQL 查询语句，或者依赖数据分析人员的协助。而对于学校管理人员，往往只能通过科研部门或相关部门定期发布的数据报告，来了解和掌握既定的一些数据，一旦需要查询的信息不

项目 / 基金信息：本文系本文系中国传媒大学校级科研业务费课题《智能图书馆：基于 AI 的数据分析与服务优化（项目编号：CUC24WH08）》阶段性研究成果之一（University-level Research Project ‘Intelligent Library: AI-Based Data Analysis and Service Optimization’ (Project Number: CUC24WH08).）。

作者简介：王璇，中国传媒大学图书馆技术部 工程师。

在数据报告之中，仍然需要求助专门的数据分析人员，这种方式效率低下，且难以应对快速变化的需求。

本文采用的自然语言转 SQL 方法（即 Text-to-SQL），旨在借助 AI 技术，让图书馆工作人员能够使用日常语言进行数据分析，极大地降低了技术门槛，提高了数据分析的效率和实时性，从而进一步提升图书馆服务的智能化水平。

一、研究背景和研究意义

（一）研究背景：人工智能推动技术成熟

Text-to-SQL 的概念最早可以追溯到 1970 年代，当时的研究人员开始探索如何让计算机理解自然语言并将其转换为结构化查询语言。然而，由于当时的技术限制，Text-to-SQL 的研究进展缓慢，近年来随着人工智能大爆发，才取得长足进步。它的具体发展历程如下^[3]：

早期探索（1970s-1990s）：这一阶段的研究主要集中在基于规则和语法的转换方法。由于自然语言的复杂性和多样性，这些方法难以处理复杂的查询和表达。

机器学习方法兴起（2000s-2010s）：随着机器学习技术的发展，研究人员开始尝试使用统计机器学习模型进行 Text-to-SQL 转换。这些方法在一定程度上提高了转换的准确性，但仍然存在问题，如需要大量的标注数据、泛化能力弱等。

深度学习爆发（2010s 至今）：深度学习技术的兴起为 Text-to-SQL 带来了革命性的突破。基于深度学习的模型，如 Seq2Seq、Transformer 等，在 Text-to-SQL 任务上取得了显著的进展。特别是近年来，大型语言模型（LLM）的出现，如 GPT 系列、Deepseek 等，更是将 Text-to-SQL 的性能推向了新的高度。

Deepseek 等大型语言模型的出现，让人工智能具有了强大的语义理解和生成能力，这也让 Text-to-SQL 这项技术发展到了可应用的阶段，利用这些通用大模型，就能够更好地理解自然语言的意图，并生成更准确的 SQL 查询语句；同时越来越多的 Text-to-SQL 数据集被构建出来，为模型的训练提供了充足的语料。这些数据集涵盖了各种领域和场景，使得模型能够更好地适应不同的数据和查询需求；最后，深度学习技术日新月异的发展，为 Text-to-SQL 提供了更有效的模型和算法。这些模型能够更好地捕捉自然语言和 SQL 之间的复杂关系，从而提高转换的准确性。^[4]

（二）研究意义

国内外的研究者一直在积极探索如何利用 AI 技术提升图书馆的服务质量和效率。例如，有研究利用自然语言处理（NLP）技术优化图书馆咨询服务^[5]，通过机器学习算法提升用户查询响应的速度和准确性。也有研究关注用户行为数据的分析，运用机器学习模型进行个性化的图书推荐服务。美国一些公共图书馆已经整合语音识别和聊天机器人技术，为用户提供 24/7 的咨询服务。还有一些研究者则聚焦于数据驱动的服务优化，研究如何通过分析用户数据来改进图书馆的空间规划和资源配置^[6]。

然而，目前国内图书馆在利用 AI 进行数据分析方面的实践还相对有限，特别是在使用 Text-to-SQL 技术处理日常数据查询和分析任务方面鲜有研究。传统的数据分析方法往往需要工作人员

掌握复杂的 SQL 语法和数据库知识，这不仅增加了培训成本，也容易出现查询错误。引入 Text-to-SQL 技术能够让图书馆员通过自然语言描述直接获取所需数据，既可以提高工作效率，又能确保数据分析的准确性，最后还能拓展业务边界。

本研究不仅在技术上具有创新性，而且在应用上具有重要的实践意义。通过降低数据分析的技术门槛，本研究能够帮助图书馆工作人员更好地利用数据，从而优化服务、提升用户满意度，为智慧图书馆建设提供有力支撑。同时，该研究也将为其他公共服务机构运用 AI 技术进行数据分析提供有益的参考和借鉴。

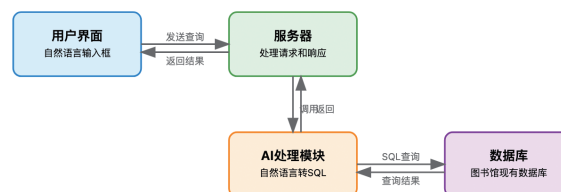
二、系统设计目标与实现

本研究旨在设计一个基于大型语言模型（LLM）的实时查询系统，通过 Text-to-SQL 功能实现对图书馆数据的自然语言实时查询，并优化图书馆数据报告的生成流程^[7]。当前，图书馆每月需要人工对借阅数据、空间利用数据、网络资源利用数据及出入馆数据进行大规模分析与整理，进而生成格式化的月度和年度报告。然而，这一过程面临诸多挑战，包括数据庞杂、校对繁琐、效率低下以及输出形式有限等问题。为解决上述问题，本系统设计了一个文本对话窗口，通过自然语言处理技术，实现用户以自然语言形式实时查询馆内各项数据资料，从而提升数据检索与分析效率，简化报告生成流程。

（一）系统架构

本系统采用常见的 Web 应用架构（B/S 架构），用户可以通过浏览器访问系统，进行数据查询。系统的核心组成部分包括（图 1）：

1. 用户界面：提供自然语言输入框，用户可以在这里输入查询需求。
2. AI 处理模块：利用开源 Deepseek 的 API 负责将用户的自然语言转化为 SQL 查询语句。
3. 数据库：存储图书馆的各种数据，如学生信息、借阅记录、入馆记录等。需要说明的是，本系统是在现有图书馆数据库的基础上进行开发的，没有对数据库的结构进行修改。
4. 服务器：负责处理用户请求，调用 AI 模块，查询数据库，并将结果返回给用户。



> 图 1 系统架构

> Fig 1 System Architecture

（二）项目逻辑结构

系统的代码按照功能模块进行组织，如图 2 所示：

```
CopyInsert
wxproject/
├── app.py                # 主应用程序
├── templates/           # 前端模板
│   └── index.html       # 主页面
├── check_db.py          # 数据库检查工具
├── test_query.py         # SQL查询测试工具
├── test_api.py          # API测试工具
├── requirements.txt     # 依赖配置
└── .env                 # 环境变量配置
```

> 图2 逻辑结构

> Fig 2 Logical Structure

(1)`app.py`: 主程序，负责启动服务器，处理用户请求。

(2)`templates/`: 存放网页模板文件，例如用户界面的 HTML 代码。

(3)`check_db.py`: 数据库检查工具，用于确保数据库连接正常。

(4)`test_query.py`: SQL查询测试工具，用于验证 SQL 语句的正确性。

(5)`test_api.py`: AI接口测试工具，用于测试 AI 模块的可用性。

（三）关键技术实现：

1. 提示工程优化

为了提高 AI 模块的准确性，本项目中，作者针对图书馆数据的特点，对 AI 模块进行了“提示工程”优化。简单来说，就是告诉 AI 模块数据库的结构和数据的含义。

在提示词模块里可以告诉 AI：`studentInfo` 表包含学生的信息，例如学生姓名、学生 ID、性别、学院等。`indoorInfo` 表包含学生的入馆记录，例如入馆时间、学生 ID 等。在提示词中也需要一些模糊匹配概念，比如当输入“计算机学院”时，自动匹配为数据库中的“计算机与网络安全学院”，以达到更为精确的查询结果。通过提前载入提示词的这种方式，可以有效地提高 AI 模块对用户查询意图的理解能力，从而生成更准确的 SQL 查询语句。

2. 上下文管理

为了提高转换准确性，系统实现了智能的上下文管理，主要包括：保持数据库结构信息，在多次对话中，系统会一直保留数据库的结构信息，避免重复传递，减少计算量。记录字段映射关系，系统会记录自然语言中的关键词与数据库字段的映射关系，例如将“学生姓名”映射到`studentInfo.studentname`字段，提高后续查询的准确性。维护查询历史记录，系统会维护用户的查询历史记录，以便用户可以参考之前的查询结果，进行更复杂的分析。

三、实践成果和效果分析

（一）实践成果

笔者基于 HTML 和 JavaScript 实现了 Web 界面的查询系

统，同时为了验证系统的有效性，本系统使用中国传媒大学图书馆某一个月份入馆的实际数据，进行混淆后进行系统测试。人工智能模块接入 Deepseek 的 API 进行 Text-to-SQL 的技术处理。最终实际呈现效果如图 3 所示：



> 图3 查询界面

> Fig 3 Query Interface

系统页面简洁易懂，并给出示例查询，用户可以根据示例的提示进行查询，也可以根据实际需求进行测试查询，例如，在查询框输入“请查询人文学院入馆次数前十名的同学，并显示次数”，点击查询后，得到的内容有两个部分：生成的 SQL 语句和查询结果。

请查询人文学院入馆次数前十名的同学，并显示次数

查询

生成的SQL语句：

```
SELECT studentInfo.studentname, COUNT(indoorInfo.studentId) AS entry_count
FROM studentInfo
JOIN indoorInfo ON studentInfo.studentId = indoorInfo.studentId
WHERE studentInfo.department = '人文学院' AND indoorInfo.inout = 1
GROUP BY studentInfo.studentId
ORDER BY entry_count DESC
LIMIT 10;
```

查询结果：

191	熊楚瑶
102	李燕
101	李舒萌
97	李维
94	谭方月
93	周佳颖
93	张伟伟
91	卡怡力
85	刘蓓
85	边巴卓玛

> 图4 效果展示

> Fig 3 Performance Demonstration

（二）实际效果评估

在系统搭建完成后，测试阶段本系统主要关注 2 个指标：

1. 转换准确率：AI 模块成功将自然语言转换为正确的 SQL 语句的比例。

2. 查询执行时间：系统完成一次查询所需要的时间。

实验结果表明，系统在各种查询场景下都取得了较高的转换准确率，平均准确率达到 95% 以上。而系统的平均查询执行时间小于 2 秒，可以满足图书馆的日常数据分析需求。

（三）效果对比分析

在传统模式下，图书馆的数据分析工作高度依赖数据分析人员。以中国传媒大学图书馆为例，每月初需抽调两个部门共三名工作人员，耗时数天完成上月数据报告的撰写，包括数据查询、整理、分析和校对等环节。这种模式不仅耗费大量人力与时间，

且效率较低。相比之下，本研究设计的系统通过与数据工作相结合，能够使任何图书馆工作人员在短时间内独立完成相同任务，显著提升了工作效率，如图5所示：

比较项目	传统模式	智能系统
人力需求	需要3名工作人员	任一工作人员即可
时间消耗	数天	一天内
数据范围	固定格式报告	支持多维度分析
查询灵活性	仅能查看预设数据	支持自定义查询
使用门槛	需要专业人员操作	自然语言交互

> 图5 效果对比
> Fig 5 Performance Comparison

此外，传统数据报告受限于固定格式，仅提供有限的数据模块和结果，例如关于入馆次数的数据，你只能看到“全校入馆次数前二十”，且后续细分仅涵盖本科生、硕士生和博士生，数据分析的深度和广度均受到较大限制。而本系统基于自然语言处理与 Text-to-SQL 技术，能够支持更为复杂和多样化的查询需求。系统可执行交叉查询及细化的个性化查询，比如计算机学院的领导想查看本学院任何的数据，均可以在系统中输入例如：“计算机学院中，研究生入馆次数最多的人是谁？入馆多少次？”，“计算机学院中，在图书馆借书最多的同学是谁？”。这种能力不仅扩展了数据分析的范围，还显著提升了数据报告的精细化程度与实用性，为图书馆管理与决策提供了更全面的数据支持。

四、结论与展望

（一）研究结论和不足

本研究成功地将人工智能应用于图书馆数据分析，实现了自然语言到 SQL 的转换，显著提升了数据分析的效率和可用性。该系统降低了数据分析的技术门槛，为图书馆服务优化提供了新的手段，证明了 AI 技术在图书馆领域的巨大潜力，为其他图书馆提供了可借鉴的经验。

然而，尽管系统已具备基础功能，其在成熟度与应用层级上仍存在诸多不足，需进一步优化与完善。包括但不限于以下几个方面：

1. 数据量级与性能优化

当前系统在测试环境下的表现与实际数据量级存在显著差

异。由于图书馆数据规模庞大，系统在处理大规模数据时可能出现性能瓶颈。未来需通过代码优化、算法改进及分布式计算等技术手段，提升系统的处理效率与稳定性。

2. 数据安全问题

系统在调用外部 API 时可能面临数据泄露或滥用风险。为确保数据安全，未来需加强数据加密、访问控制及隐私保护机制的设计，同时探索本地化部署方案，减少对外部服务的依赖。

3. 多源数据统一化查询

图书馆数据库结构复杂，涵盖借阅、空间利用、出入馆记录、网络资源利用等多类数据。如何实现多源数据的统一化查询是当前系统的主要挑战之一。未来需进一步优化 AI 提示词工程，提升模型对复杂查询语句的理解与转换能力，同时探索多数据库融合查询的技术路径。

4. 用户体验与功能扩展

当前系统的用户界面与交互设计仍有改进空间。未来可结合用户反馈，优化文本对话窗口的设计，提升用户体验。同时，可探索更多功能扩展，如自动化报告生成、数据可视化及智能决策支持等，进一步增强系统的实用价值。

（二）未来展望

综上所述，本研究为图书馆数据管理与分析提供了新的技术路径，拓展了图书馆在人工智能领域应用的场景，未来可预想的场景有如下几个方面：

图书馆的空间利用优化：抓取精细化的空间使用数据，包括空间、灯光、设施使用数据等，基于使用数据的分析来优化空间布局，提高空间利用率；个性化阅读推荐：通过关联借阅记录、学生信息和图书分类数据，分析不同群体的阅读偏好。从而为不同专业的学生提供定制化的推荐书单，识别专业核心阅读和拓展阅读的模式，优化馆藏资源配置；数据驱动的采购决策：基于系统分析结果调整采购策略，将预算向高需求学科倾斜，同时减少低借阅率类别的采购。提升整体馆藏利用率，提高采购预算效益，满足了更多读者的需求^[8]。

基于人工智能未来逐步进入这些应用场景，我们将持续的进行技术迭代与实践验证。未来，笔者将继续致力于系统的优化与升级，紧跟国内外大模型的研究步伐，推动其在图书馆及其他领域的广泛应用，为数据驱动的管理与决策提供有力支持。

参考文献

[1] 初景利, 任娇茜, 王泽哈. 从数字图书馆到智慧图书馆 [J]. 大学图书馆学报, 2022, 40(2): 52-58.
[2] 王曦. 人工智能赋能智慧图书馆发展的作用机制 [J]. 图书情报知识, 2024, 41(6): 94-101, 165.
[3] 林毅炜. 基于深度学习的中文自然语言生成复杂 SQL 语句技术研究 [D]. 湖北: 华中科技大学, 2021.
[4] 赵志超, 游进国, 何培蕾, 等. 数据库中文查询对偶学习式生成 SQL 语句研究 [J]. 中文信息学报, 2023, 37(3): 164-172.
[5] 肖舒玥, 孙守强, 李青青. AI 大模型驱动的智慧图书馆服务体系研究 [J]. 图书馆理论与实践, 2024, (03): 54-61.
[6] 汪聪, 张春红, 高楠, 等. 面向人工智能生成内容时代的图书馆服务适应与创新 [J]. 情报理论与实践, 2024, 47(7): 17-24.
[7] 许辉. 基于大数据分析的高校图书馆服务系统设计研究 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2023, 35(07): 158-160.
[8] 储节旺, 杜秀秀, 李佳轩. 人工智能生成内容对智慧图书馆服务的冲击及应用展望 [J]. 情报理论与实践, 2023, 46(5): 6-13.

基于深度学习的优质在线课程影响因素分析及方法研究

孙宗仁

四川文理学院, 四川 达州 635000

摘 要 : 随着信息技术和互联网资源的快速发展, 大数据已深入到生活的各个领域, 深度学习技术已成为不可或缺的战略资源。在全球化与科技双重驱动的教育新时代, 优质在线课程的需求日益增长, 深度学习成为提升教育质量的关键。尽管在线课程取得显著成就, 但是课程质量参差不齐的问题仍制约其发展, 亟需技术手段去解决。本文采用多学科交叉视角, 运用文本挖掘技术分析在线课程评论, 提出神经网络的卷积核结合 BLSTM 更好地提取局部和全局的特征信息, 揭示优质课程的关键因素, 为在线教育优化提供理论支持和实践建议。研究通过自然语言处理方法比较卷积核结合 BLSTM 模型在情感分析中表现优异, 有效解决了文本深层信息提取问题, 为在线教育发展提供科学建议。

关 键 词 : 深度学习; 在线课程; 多学科交叉; BLSTM

Analysis and Research on Influencing Factors and Methods of High-Quality Online Courses Based on Deep Learning

Sun Zongren

Sichuan University of Arts and Sciences, Dazhou, Sichuan 635000

Abstract : With the rapid development of information technology and Internet resources, big data has penetrated into all aspects of life, and deep learning technology has become an indispensable strategic resource. In the new era of education driven by globalization and technology, the demand for high-quality online courses is increasing day by day. Deep learning has become the key to improving educational quality. Although online courses have achieved remarkable accomplishments, the problem of uneven course quality still restricts their development, and technical means are urgently needed to solve it. This paper adopts a multi-disciplinary perspective and uses text mining technology to analyze online course reviews. It proposes that the convolutional kernel of neural networks combined with BLSTM can better extract local and global feature information, revealing the key factors of high-quality courses and providing theoretical support and practical suggestions for the optimization of online education. The research uses natural language processing methods to compare the performance of the deep learning BLSTM model in sentiment analysis, effectively solving the problem of extracting deep information from texts, and providing scientific suggestions for the development of online education.

Keywords : deep learning; online courses; interdisciplinary integration; BLSTM

一、研究背景和意义

随着互联网与大数据技术的深度融合, 在线学习技术正悄然改变着传统教育的传授模式, 尤其在挖掘课程内容与教学模式潜力方面展现出卓越能力。在线学习以便捷、高效和多元化的特点打破了时空的限制, 迅速兴起并成为传统教育的重要补充, 疫情期间更呈指数级增长。深度学习技术的应用为在线课程注入个性化体验, 拓展了教育可能性。然而, 课程数量激增导致质量参差不齐, 学习者难以快速筛选优质内容, 加之数据收集与整理的挑战, 在线教育的持续发展仍需克服诸多问题。

近年来, 数据科学领域在文本处理方面取得突破性进展, 中国外学者在文本情感分析等领域成果显著。Taboada 等^[1]提出

通过引入语音注释的情感词典来提升情感识别的性能。陶梦园^[2]通过构建情感词典, 显著提升了评论文本情感极性分析的分类效果。林江豪等^[3]则对收集的数据进行了文本情感倾向性分类。黄天元^[4]在文本数据挖掘方面详细介绍了利用 TF-IDF 值实现文本向量化的具体步骤。潘越、高雪芬^[5]采用 TF-IDF 方法提取关键词特征词, 进一步优化了分析过程。李晶、罗泰晔^[6]通过信息熵和组合力指标对高频关键词进行聚类, 提升了分析的精准性。赵殿国^[7]运用数据分布特性降低计算复杂度, 显著提高了聚类效率。这些研究共同推动了文本数据处理和分析技术的发展。

面对庞杂的教育数据, 深度学习技术应运而生, 为教育数据分析提供了新的解决方案。Kandhro 等^[8]通过预训练模型和长短时记忆网络 (LSTM) 分析评论文本的情感倾向, 为精准识别和打

项目信息: 达州市社科联重点项目: SCMF202302。

作者简介: 孙宗仁, 四川文理学院统计学专任教师。

造优质课程开辟了新路径。Imran等^[9]利用预训练嵌入模型,在情感分析任务中证明了其性能的优越性。Maryam^[10]基于评论数据集对多种模型进行评估,结果表明深度学习算法在情感分类任务中表现优异。杨志林等^[11]提出结合自回归和自编码的模型,验证了双向编码的可行性,进一步拓展了深度学习在教育数据分析中的应用范围。Ma D^[12]等通过长短时记忆单元生成情感特征向量和范围词来获得上下文情感特征。这些研究为教育数据的深度挖掘和情感分析提供了重要的技术支撑。尽管已有研究取得一定进展,但数据来源局限性和研究方法不普适性导致结果难以全面反映课程真实情况,结论的准确性和可靠性有待提升。因此还需研究优化方法、拓展数据来源,以增强分析的全面性与可靠性。

本文探讨利用深度学习技术重构优质课程评判体系,分析影响课程质量的关键因素,为课程开发与优化提供科学依据。传统评价方法受限于主观判断,难以全面反映教学质量,而深度学习能从海量数据中提取关键信息,揭示教学效果,提供更精准、客观的分析工具。本文通过深度分析学习者评论文本,挖掘潜在信息,精准把握核心因素,探索多因素间复杂关系,完善在线教育质量理论。研究结果为课程开发者提供优化方向,为政策制定者提供实证依据,并帮助学习者提升学习体验。通过自然语言处理技术,本研究减少了人工干预,提高分析效率,为在线教育提质增效提供理论支持与实践指导,深化对在线课程质量的理解,推动教育技术创新与应用。

二、相关理论及方法介绍

本研究以中国大学 MOOC 平台为研究对象,通过 R 语言爬虫技术获取在线课程的用户评论文本作为原始数据,并对其进行文本预处理、分词、词频统计及编码,以提取用户关注的核心内容。研究采用 TF-IDF 方法对文本进行向量化处理,通过最佳聚类簇数检验实现文本聚类,并结合关键词提取各类用户的关注点。基于情感词典对评论文本进行情感极性分析,计算积极与消极评论的占比,最后利用 LDA 主题模型提取主题词,深入分析影响在线课程质量的正负向因素。为了突破传统研究对课程指标的依赖,通过深度挖掘学习者评论文本中的潜在信息,精准识别影响在线课程质量的核心因素,并探索多因素间的复杂关系,进一步完善了在线教育质量理论。研究结果为课程开发者提供了优化课程设计的科学依据,为政策制定者推动在线教育规范化发展提供了实证支持,同时帮助学习者在海量课程中筛选优质内容,提升学习体验。

通过自然语言处理技术,本研究显著减少了人工干预,提高了分析效率,为在线教育的提质增效提供了理论支持与实践指导。这一研究不仅深化了对在线课程质量的理解,也为在线教育技术的创新与应用奠定了坚实基础。

情感分析是基于情感词典对词汇赋予权重分配的方法便于理解文本中的情感内容,因而在在线课程评价研究中具有重要意义。基于词典的情感分析方法通过预先构建的情感词典,将评论中的词汇与词典中的情感词进行匹配,从而判断评论的情感极

性。这种方法简单直接,但面临情感词典更新滞后于网络语言发展的问题,难以识别新兴表达。卷积网络则已广泛应用于从丰富内容中提取特征,为情感分析和课程推荐提供了技术支持。总体而言,各种方法各有优劣,需根据具体场景选择合适的技术方案,以提升在线课程评价的准确性和实用性。

然而,已有的情感分析对文本所在的全局与局部信息未能充分利用,为此本研究提出的神经网络的卷积核结合 BLSTM 更好地提取局部和全局的特征信息方法可用于提取不同方面文本特征的信息,得到综合的特征,以实现更好的情感分类效果。

神经网络依据结构提取有效的局部特征,对文本使用卷积核操作所得的特征进行降维:

$$c_i = W^{(c)} * [\text{conv}_k(x_{(i+k-1)})] + s^{(c)} \quad (1)$$

其中对应层 $W^{(c)}$ 为权重, $s^{(c)}$ 为偏置。卷积核大小为 k , 卷积的过程操作是 conv , conv_k 为 $x_{(i+k-1)}$ 词向量拼接的结果。

为了更好地理解句子就需捕捉到句子的上下文特征,借助词向量化后的文本序列:

$$o_i = [f(x_{(i)}), b(x_{(i)})] \quad (2)$$

这里 $[f(x_{(i)}), b(x_{(i)})]$ 表示前后向在 x_i 处的输出拼接结果。

通过上述分析,把局部的输出特征用 $g_{(i)} = g\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ 表示,全局的输出特征用 $h_{(i)} = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$ 表示, $n = 1, 2, \dots, n$ 。推导得出的加权特征向量为:

$$w_i = w_N^T \tanh(w_{N1}g_i + w_{N2}h_i + s_N)$$

这里 $N1$ 为局部的权重, $N2$ 为全局的权重, s_N 是偏置。

令 \hat{R} 为预测矩阵, A 矩阵的行为用户嵌入, B 矩阵列为项目嵌入。令 b 和 c 是分别包含针对每个用户以及每个项目的偏置向量。因此,双线性预测获得:

$$\hat{R}_{\mu,i} = b_{\mu} + c_i + \sum_j A_{\mu,j} B_{j,i} \quad (3)$$

当用户嵌入和项目嵌入首次缩小到低维度时就可以方便的可视化,或者可以将用户或项目彼此之间进行比较。获得这这些嵌入的一种方式是对实际目标的矩阵 R 进行奇异值分解。这对应于将 $\hat{R} = UDV^T$ 分解为两个因子的乘积,低秩矩阵 $A = UD$ 和 $B = V^T SVD$ 的一个问题是它以任意方式处理缺失条目,如同它们对应于目标值 0。

在自然语言处理中通常模型需要考虑分类正确的正样本数占分类器判定为正的样本数及占实际正样本数比例大小,鉴于此考虑 F1 值指标对模型评估:

$$F1 = \frac{2(TP)^2}{(TP + FP)(TP + FN)} \quad (4)$$

其中 TP 表示将正类评估结果预测为正类评估结果的样本数, FP 表示负类评估结果预测为正类评估结果的样本数, FN 正类评估结果预测为负类评估结果的样本数。

在深度学习 BLSTM 中对当前时间步考虑到前后的序列信息,这增强了模型评估的稳健性。因此本文运用卷积核结合 BLSTM 技术,全面挖掘在线课程评论文本中的复杂信息,旨在揭示影响优质课程的关键因素,为在线教育发展提供支撑。关键词提取以无监督方法为主,如文本聚类,因其普适性更强。

三、应用研究

数据预处理包括评论清洗与结构化处理，研究对预处理后的数据进行分词处理，统计词频以提取文本关键词，并计算分词文本的 TF-IDF 值，将文本数据向量化为结构化数据。基于情感词典对评论文本进行情感极性分析，识别对应的影响因素。最后，采用 LDA 主题模型对在线课程受欢迎影响因素的优先级进行排序。由于网络课程评论数据在评分和评论信息方面缺乏最新资源，本文采用网络爬虫技术从互联网 HTML 代码中自动提取所需数据，包括用户 ID、网页链接及评论文本等。考虑到数据的有效性与时效性，评论文本及评论时间对分析至关重要。通过选取涵盖多学科、多层次且评论数量充足的课程样本，结合爬虫技术获取评论数据，并经过严格的剔除无效信息、使用停用词表和 Jieba 词库进行分词及去停用词处理预处理操作，最终生成高质量数据集，为后续分析提供可靠基础。

利用爬虫技术从中国大学 MOOC 平台 2019–2023 年部分用户课程评论信息作为研究对象。在进行用户评论爬虫时，由于采集量较大不可避免会出现一些重复、无效等冗余数据，重复评论数据可设置相应条件初步去除。然而评论数据质量参差不齐，甚至存在许多没有意义的文本数据，这就需要机械压缩法对去重后的文本做进一步处理，同时还需要删除评论字数过少的短句，有效的保留用户情感文本。中文分词由停用词和分词两部分构成。停用词有助于简化文本数据，提高处理的效率，同时减少噪音对后续分析的干扰，达到了较好的分词效果。本文研究采用混合模式对评论文本进行分词处理。

为了解在线课程受众的基本情况，通过对课程评分情况和评论分布年份的描述性分析，预测各类课程近年来的发展趋势，绘制出词云图探索评论关键词，初步分析在线课程受欢迎可能存在的影响因素。

> 图1 课程概述核心词云图



词云图 1 中词汇的大小通常反映了对应词汇在整个文本中的重要性。从图中可以看出“课程”、“学习”、“学生”等词汇相对较大，这表明它们在课程中占据较为明显比例的地位。这些词汇涵盖了教育的多个方面，还体现了在线课程的多元性和包容性。

> 图2 汇总词云图



从图2四类课程的词云图可知，词频较高的关键词侧面反映了用户对网络课程的关注重点。可为接下来课程受欢迎影响因素的寻找提供初步探索方向。并且从词中可以看出积极的评论较多，故课程总体评分较高。

将课程评论数据词结果整合之后进行词频统计，筛选词频最高的词语进行汇总，有助于理解和解读课程评论。

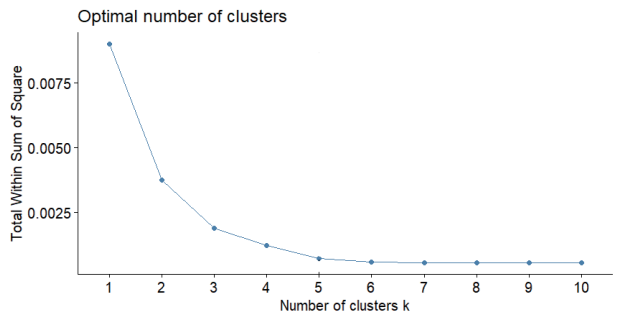
表1 汇总分词表部分展示

Trem	Frequency	Term	Frequency
老师	1175	作业	124
内容	736	素材	121
课程	689	受益匪浅	121
学习	369	详细	117
细致	363	丰富	116
讲解	280	感谢	112
知识	276	讲课	110
学到	219	了解	110
不错	211	提升	105
内容	209	讲得	99

表1中可以发现出现频率最高的词汇，从这里就可以初步看出学生对课程的关注情况，引导下一步的探索课程受欢迎影响因素的分析方向。

分析在线课程评论文本的情感倾向是一个循序渐进的过程，可通过关键词的提取对文本进行向量化，得到结构化数据；再将所得关键词进行聚类分析得到在线课程受欢迎的影响因素；最后通过构建情感词典的方法分析影响因素关键词的情感倾向。计算个关键词的 TF-IDF 值后发现分词后的文本具有明显的类别差异，可考虑利用无监督的聚类算法对分词后的文本进行聚类分析，本研究采用 K-means 法对文本进行聚类。

> 图3 聚类簇数



根据聚类簇数图结果，当聚类数据量为四类时，数据点之间的相似性和差异性得到了较好的平衡，这意味着每一类的文本数据都具有较高的内部相似。

> 图4 每类文本的关键词显著差异

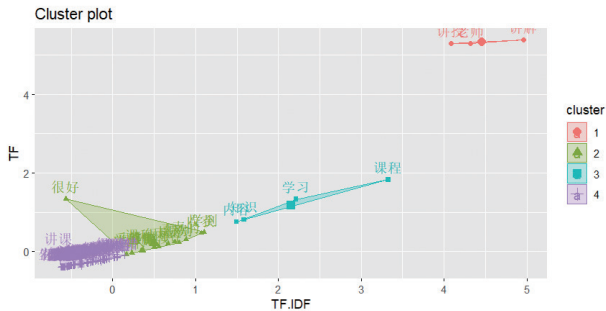


图4表明，将文本关键词分为四类后，每类文本的关键词具有显著差异。

基于情感词典对词汇进行权重分配，使我们能够深入理解文本中的情感内容。文本情感分是对带有情感色彩的主观性文本进行分析、处理、归纳和推理的过程，可以通过研究这些主观色彩的评论来了解大众的看法。

在情感倾向中，-1代表消极性情感，0代表中立性情感，1代表积极性情感，情绪值越高代表情感倾向越积极。通过对每条评论文本进行分析，可以探索该用户对相应课程的情感态度，从而研究课程的受欢迎程度。

表2 情感倾向统计

情感倾向	评论数
积极	3099
中立	334
消极	155

从表2可知，对所有评论数进行统计之后得到评论的情感倾向，其中绝大部分是积极性评论，中立性或消极性评论很少，可见大多数学习用户对在线课程较为满意。

但由于中立性评论难以对其细节进行倾向性提取，对主题特征抽取没有明显情感价值，故后续只对积极性和消极性两类评论进行分析。运用 LDA 主题模型可进一步确定优质在线课程的影响因素，并得出各个影响因素的正负向关键词。图模型用于刻画复杂系统中多个变量或观测之间的关系，是高维数据结构信息提取中的重要工具，其基本思想是通过揭示多维随机向量的相依结构刻画变量之间的条件独立性。使用 LDA 分析工具综合运用多种分析，深入挖掘文本中的潜在信息，构建理解课程影响因素的基础框架；通过确定 LDA 模型的最佳主题数，分别获取积极评论和消极评论的热点主题，详细分析学习者的学习体验、期望以及遇到的问题。

本文通过评估不同主题数模型的困惑度来选择最佳的模型主题数，其计算公式为：

$$\text{per}(D_{\text{test}}) = \exp \left\{ \frac{-\sum_{d=1}^M \log(p(z_d))}{\sum_{d=1}^M N_d} \right\} \quad (5)$$

其中， M 是测试文档的数量， N_d 是第 d 篇文本大小， z 是

文档。模型生成能力越强， per 值越小。

> 图5 主题数与困惑度

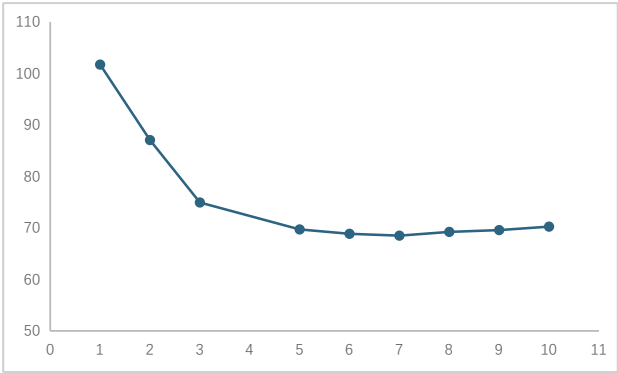


图5显示，当主题数为1至4时，困惑度下降速度较快，在此之后困惑度变化较为平缓，故将主题数确定为4比较合适。

由于主题数确定为4，与上文在进行主题词挖掘时得到的主题数相一致，故将 LDA 主题模型的四个主题分别确定为课程内容、教师讲授、学习成效、以及教学资源四个方面的主题内容结果，得到如下所示主题词得分情况：

表3 主题词得分情况

TOPIC	Total Score	Average Score
课程内容	297.13	0.65
教师讲授	243.47	0.70
学习成效	276.64	0.70
教学资源	211.20	0.74

表3显示课程内容的总得分最高，说明评论文本当中对此部分内容提及最多，但仍然表明课程内容的重要性程度最高；其次是学习成效，比较而言，评论涉及教学资源方面的较少。

为了验证卷积核结合 BLSTM 方法在文本挖掘上的有效性，选用本文在线课程数据集和 https://github.com/SophonPlus/ChineseNlpCorpus/blob/master/datasets/weibo_senti_100k/intro.ipynb 数据集。

表4 卷积核结合 BLSTM 深度学习实验结果

模型	F1
在线课程数据集	88.46
weibo_senti_100k	89.26

从表4中观察 F1 值可知，分类正确的正样本数占分类器判定为正的样本数及占实际正样本数比例高，论证了深度学习在文本挖掘分析中的有效性。

在计算语言学中，文档以词袋格式表示，其维度可能是数万，通常主题的个数远小于词项的个数，使用主题模型进行降维。在以文本为处理对象的领域中，降维后的新坐标往往具有更显著的语义特征，得到的模型解释性更强。

四、结论与展望

在线课程因其资源广泛、学习方式灵活等特点，已成为学生自学的主要方式之一。尽管在线课程行业整体发展趋势良好，但

仍存在诸多问题。通过自然语言处理技术，本文有效挖掘了在线课程受欢迎的影响因素。利用爬虫技术采集评论数据，经整理后采用 TF-IDF 方法将文本向量化，初步提取关键词，为深层次分析奠定基础，同时运用聚类算法拓展和深化关键词研究，揭示主题的复杂性和多样性。研究比较显示卷积核结合 BLSTM 模型在

情感分析中表现优异。未来可进一步探讨研究主题的深层机制，并将本方法应用于其他领域，验证其普适性和有效性。

随着自然语言处理技术的进步，深度学习将能更精准地分析大规模文本数据，揭示语言背后的深层含义和结构，从而推动网络在线课程的实际发展，也为相关领域提供了起点和思路。

参考文献

[1]Taboada M, Brooke J, Tofiloski M. Lexicon Based Methods for Sentiment Analysis [J]. Computational Linguistics, 2011, 37(2): 267-307.

[2]陶梦园. 基于文本挖掘的民宿房客满意度分析 [D]. 云南财经大学, 2023.

[3]林江豪, 周咏梅, 阳爱民等. 基于词向量的领域情感词典构建 [J]. 山东大学学报 (工学版), 2018, 48(03): 40-47.

[4]黄天元. 文本数据挖掘 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2021: 92-94.

[5]潘越, 高雪芬. 大学数学精品慕课课程质量影响因素研究——基于评论文本挖掘的视角 [J]. 浙江理工大学学报 (社会科学版), 2024, (3): 1-9.

[6]李晶, 罗泰晖. 基于文本挖掘的 5G 技术研究热点分析 [J]. 科技管理研究, 2020, 40(19): 153-158.

[7]赵殿国. 面向无监督学习的大数据聚类方法及其应用研究 [J]. 统计与咨询, 2023, (06): 7-11.

[8]Kandhro I A, Wasi S, Kumar K, et al. Sentiment Analysis of Students' Comment Using Longshort Term Model [J]. Indian Journal of Science and Technology, 2019, 12(8): 1-16.

[9]Imran A S, Daudpota S M, Kastrati Z, et al. Cross-cultural Polarity and Emotion Detection Using Sentiment Analysis and Deep Learning on COVID-19 Related Tweets [J]. Ieee Access, 2020, 8: 181074-181090.

[10]Edalati M, Imran A S, Kastrati Z, et al. The Potential of Machine Learning Algorithms for Sentiment Classification of Students' Feedback on MOOC [C]. Intelligent Systems and Applications: Proceedings of the 2021 Intelligent Systems Conference Volume 3. Springer International Publishing, 2022: 11-22.

[11]Yang Z, Dai Z, Yang Y, et al. XLNet: Generalized Autoregressive Pretraining for Language Understanding [J]. Advances in Neural Information Processing Systems, 2019, 32.

[12]Ma D, Li S, Zhang X, et al. Interactive Attention Networks for Aspect-Level Sentiment Classification [C]. Proceedings of the 26th International Joint Conference on Artificial Intelligence. 2017: 4068-4074.

混料信息矩阵的方向导数及改进的 Fedorov 算法

冯鑫¹, 陈嘉丽², 李光辉^{3*}

1. 吉首大学数学与统计学院, 湖南 吉首 416000

2. 兰州财经大学统计与数据科学学院, 甘肃 兰州 730020

3. 凯里学院微电子与人工智能学院, 贵州 凯里 556000

摘 要 : 为了构造复杂混料系统下搜索最优设计的算法, 根据连续型设计的信息矩阵在单点设计方向上的导数确定算法的迭代过程, 通过分析单点设计方向上的 Fréchet 导数与 Gâteaux 导数的性质, 构建改进的 Fedorov 算法, 进而提高搜索的效率。

关 键 词 : 信息矩阵; Fréchet 导数; Gâteaux 导数; Fedorov 算法

Directional Derivatives of the Mixture Information Matrix and an Improved Fedorov Algorithm

Feng Xin¹, Chen Jiali², Li Guanghui^{3*}

1. School of Mathematics and Statistics, Jishou University, Jishou, Hunan 416000

2. School of Statistics and Data Science, Lanzhou University of Finance and Economics, Lanzhou, GanSu 730020

3. School of Microelectronics and Artificial Intelligence, Kaili University, Kaili, Guizhou 556000

Abstract : In order to construct an algorithm for searching optimal designs under complex mixture systems, the iterative process of the algorithm is determined based on the derivative of the information matrix of continuous designs in the direction of single-point designs. By analyzing the properties of the Fréchet derivative and the Gâteaux derivative in the direction of single-point designs, an improved Fedorov algorithm is developed, thereby enhancing the efficiency of the search.

Keywords : Information Matrix; Fréchet Derivative; Gâteaux Derivative; Fedorov Algorithm

引言

自 Scheffé^[1]提出了混料试验设计的相关理论以来, 其理论与方法已广泛的应用于工业、农业、经济、医疗以及生物科学等诸多领域. 随着人工智能与机器学习等技术的蓬勃发展, 处理和分析海量数据方面的技术已日渐成熟, 与此同时, 各行各业对数据的需求也随之提高. 许多企业在改进生产技术和加工工艺方面需要进行大型的混料试验, 而很多试验过程复杂、周期漫长、耗费巨大. 囿于时间、人力和财力的限制, 加之试验本身的复杂性, 以至于在混料设计的过程中常面临着许多困难的问题. 这些问题不仅制约了某些科学领域的研究, 而且影响到许多生产技术的发展。

一直以来, 关于最优设计的搜索算法都是研究的热点. 搜索复杂混料系统的全局最优设计主要有两类方法. 一类是根据凸设计理论而提出的极端顶点法. 例如, Karunanithi 等^[2]使用 CAMD 算法搜索混料试验的 D -最优设计. Limmun 等^[3]使用遗传算法搜索出了多项式模型的 D -和 DS -最优设计. Li 和 Zhang^[4]在格点理论基础上构造了 MDRS 算法, 它适用于复杂约束域内最优设计的搜索, 其核心原理是使用混料格点与随机混料点集结合作为搜索矩阵, 将复杂试验域剖分后分块搜索, 从而大大提高搜索效率。

使用智能算法能够适应在各类复杂的混料系统内搜索最优设计, 但搜索效率不高, 特别在复杂约束的试验域内, 临近边界的搜索工作效率很低^[5]. 当混料模型是确定的, 且试验域是无附加约束的情形下, 使用 Fedorov 算法能够快速搜索到最优设计. 在 Fedorov 算法中最核心的迭代步骤中就要求解关于信息矩阵的单点方向导数. 通过求解关于信息矩阵的凸组合函数在某个单点处的方向导数, 进而找到使得目标函数最优化的下一步迭代值. 目前, 关于矩阵的方向导数主要有两类, 即 Fréchet 导数和 Gâteaux 导数. 特别的, 对于混料模型下的信息矩阵, 这两类导数有一些特殊的性质, 这些都有助于改进当前的 Fedorov 算法, 使得搜索效率进一步提高。

基金项目: 贵州省高等学校本科教学内容和课程体系改革项目 (GZJG2024378); 凯里学院博士专项课题 (BS201807)。

作者简介:

冯鑫 (2002—), 男, 贵州毕节人, 硕士生, 研究方向: 试验设计;

陈嘉丽 (1994—), 女, 广东阳江人, 博士生, 研究方向: 试验设计;

通讯作者: 李光辉 (1985—), 男, 贵州贵阳人, 教授, 博士, 主要从事试验设计的研究, Email: liguanghui1985@126.com。

本文首先介绍关于混料信息矩阵及其基本记号；第三节给出了混料信息矩阵的 Fréchet 导数和 Gâteaux 导数的具体形式以及相关性质；第四节在信息矩阵方向导数的基础上对 Fedorov 算法进行了调整与改进，最后总结并提出可进一步研究的问题。

一、混料信息矩阵

q 分量的混料试验域是一个 $q-1$ 维的标准单纯形

$$S^{q-1} = \left\{ \mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_q)^T : \sum_{i=1}^q x_i = 1, x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, q \right\}$$

线性模型是最优设计的理论基础，模型中的响应是关于各未知参数的线性组合，假设未知参数为 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ ，则模型可以表示为如下形式

$$y = \mathbf{f}^T(\mathbf{x})\boldsymbol{\beta} + \varepsilon, \quad (1)$$

其中 y 表示试验观测值， $\mathbf{f}^T(\mathbf{x}) = (f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_p(\mathbf{x}))$ 是关于 $\mathbf{x} \in \mathcal{X} \subseteq S^{q-1}$ 已知的函数向量， $\boldsymbol{\beta}^T = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)$ 是待估计的未知参数向量， ε 为随机误差，通常假设 $E(\varepsilon) = 0, \text{Var}(\varepsilon) = \sigma^2$ 。

对于试验域 \mathcal{X} 内的 n 个互异试验点 $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq})^T \in \mathcal{X} \subset S^{q-1}, i = 1, 2, \dots, n$ ，定义连续型设计为

$$\xi = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_1 & \mathbf{x}_2 & \cdots & \mathbf{x}_n \\ \omega_1 & \omega_2 & \cdots & \omega_n \end{pmatrix}, \quad (2)$$

其中 $\omega_i > 0, i = 1, 2, \dots, n$ 为各试验点对应的测度，且满足 $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ 。由所有的设计构成的集合记为 Ξ ，由 (2) 式中的 n 个设计点所确定的设计 ξ 对应的信息矩阵为

$$\mathbf{M}(\xi) = \int_{\mathcal{X}} \mathbf{f}(\mathbf{x})\mathbf{f}^T(\mathbf{x})d\xi(\mathbf{x}). \quad (3)$$

混料设计 ξ 的信息矩阵是一个定义在 \mathcal{X} 上的 Lebesgue 积分^[6]。由信息矩阵构成的矩阵空间记为 $\mathcal{M} = \{\mathbf{M}(\xi) : \xi \in \Xi\}$ 。

最优设计准则都是建立在已知模型的信息矩阵的基础上，令 $\Phi_\phi(\cdot)$ 表示最优设计的准则函数。则常见最优设计的准则函数有以下几种。

(1) D -准则函数为 $\Phi_D[\mathbf{M}(\xi)] = |\mathbf{M}(\xi)|$ ；

(2) A -准则函数为 $\Phi_A[\mathbf{M}(\xi)] = \text{Tr}[\mathbf{M}^{-1}(\xi)]$ ；

(3) R -准则函数为 $\Phi_R[\mathbf{M}(\xi)] = \prod_{i=1}^p [\mathbf{M}^{-1}(\xi)]_{ii}$ ，其中 $[\mathbf{M}]_{ii}$ 表示

矩阵 \mathbf{M} 的主对角线上的第 i 个元素。

准则函数是判断一个设计优劣的函数，通常还需要验证其等价性定理，而等价性定理往往是与信息矩阵的微商有关，下面我们介绍关于矩阵微商的一些基本性质。

引理 1^[7] 设矩阵 \mathbf{A}, \mathbf{B} 是关于变量 t 的同阶矩阵，即 $\mathbf{A} = (a_{ij}(t))$ ， $\mathbf{B} = (b_{ij}(t))$ ，其中 $a_{ij}(t)$ 与 $b_{ij}(t)$ 都是关于 t 的可导函数，则有以下结论。

(1) 矩阵加减的微分， $d(\mathbf{A} \pm \mathbf{B}) = d\mathbf{A} \pm d\mathbf{B}$ ；

(2) 矩阵乘法的微分， $d(\mathbf{AB}) = d(\mathbf{A})\mathbf{B} + \mathbf{A}d(\mathbf{B})$ ；

(3) 矩阵转置的微分， $d(\mathbf{A}^T) = (d\mathbf{A})^T$ ；

(4) 矩阵的迹的微分， $d\text{Tr}(\mathbf{A}) = \text{Tr}(d\mathbf{A})$ ；

(5) 矩阵哈达马乘积的微分， $d(\mathbf{A} \odot \mathbf{B}) = \mathbf{A} \odot d(\mathbf{B}) + d(\mathbf{A}) \odot \mathbf{B}$ ；

(6) 矩阵逐元素求导， $d\sigma(\mathbf{A}) = \sigma'(\mathbf{A}) \odot d\mathbf{A}$ ；

(7) 逆矩阵的微分， $d\mathbf{A}^{-1} = -\mathbf{A}^{-1}d\mathbf{A}\mathbf{A}^{-1}$ ；

(8) 矩阵行列式的微分， $d|\mathbf{A}| = |\mathbf{A}|\text{Tr}(\mathbf{A}^{-1}d\mathbf{A})$ 。

证明：(1)-(6) 容易由定义直接得出，以下我们仅证明 (7) 和 (8)。

(7) 特别地，令矩阵 $\mathbf{A} = (a_{ij}(t))_{i,j=1}^{n,n}$ ，由于 $\mathbf{A}\mathbf{A}^{-1} = \mathbf{I}_{n \times n}$ ，则

$$\frac{d\mathbf{A}}{dt}\mathbf{A}^{-1} + \mathbf{A}\frac{d\mathbf{A}^{-1}}{dt} = \mathbf{0}_{n \times n},$$

再移项并左乘 \mathbf{A}^{-1} 可得

$$\frac{d\mathbf{A}^{-1}}{dt} = -\mathbf{A}^{-1}\frac{d\mathbf{A}}{dt}\mathbf{A}^{-1}.$$

(8) 令矩阵 $\mathbf{A} = (a_{ij}(t))_{i,j=1}^{n,n}$ ，且 \mathbf{A} 可逆，则根据链式求导法则有

$$\frac{d|\mathbf{A}|}{dt} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial |\mathbf{A}|}{\partial a_{ij}} \frac{da_{ij}}{dt}, \quad (4)$$

令 \mathbf{A}_{ij} 为代数余子式，则 $|\mathbf{A}| = \sum_{j=1}^n a_{ij} \mathbf{A}_{ij}$ ，故 $\frac{\partial |\mathbf{A}|}{\partial a_{ij}} = \mathbf{A}_{ij}$ ，所以

(4) 式又有

$$\frac{d|\mathbf{A}|}{dt} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \mathbf{A}_{ij} \frac{da_{ij}}{dt}, \quad (5)$$

而伴随矩阵 \mathbf{A}^* 的第 j 行第 i 列元素为 \mathbf{A}_{ij} ，不妨记为

$\mathbf{A}_{ij} = (\mathbf{A}^*)_{ji}$ ，同理 $\frac{da_{ij}}{dt}$ 可表示为 $(\frac{d\mathbf{A}}{dt})_{ij}$ ，则 (5) 式又有

$$\begin{aligned} \frac{d|\mathbf{A}|}{dt} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\mathbf{A}^*)_{ji} \left(\frac{d\mathbf{A}}{dt} \right)_{ij} \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (|\mathbf{A}|\mathbf{A}^{-1})_{ji} \left(\frac{d\mathbf{A}}{dt} \right)_{ij} \\ &= |\mathbf{A}| \sum_{j=1}^n (\mathbf{A}^{-1} \frac{d\mathbf{A}}{dt})_{jj} \\ &= |\mathbf{A}| \text{Tr}(\mathbf{A}^{-1} \frac{d\mathbf{A}}{dt}). \end{aligned}$$

二、信息矩阵的凸组合

由于在最优设计理论中，往往需要考虑关于不同信息矩阵的凸组合，进而再对其微商进行分析。信息矩阵凸组合的微商是推导最优性条件的核心手段，以 D -最优准则为例，其目标函数为信息矩阵的行列式，而凸组合的行列式性质（如凹性）直接决定了最优设计的存在性与唯一性。通过分析凸组合的方向导数，可建立最优设计的必要条件。这里我们给出信息矩阵凸组合的定义及相关性质。

定义 1 在模型 (1) 的基础上，假设有两个非退化设计 $\xi_1, \xi_2 \in \Xi$ ，则它们的凸组合表示为 $\alpha\xi_1 + (1-\alpha)\xi_2$ ，其中 $\alpha \in [0, 1]$ 。

定理 1 对于设计

$$\xi = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_1 & \mathbf{x}_2 & \cdots & \mathbf{x}_n \\ \omega_1 & \omega_2 & \cdots & \omega_n \end{pmatrix},$$

其中 $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n \in \mathcal{X} \subset S^{q-1}$ 。在模型 (1) 的基础上有以下结论。

(1) 信息矩阵 $\mathbf{M}(\xi)$ 是半正定的. 若 $n < p$, 则 $\mathbf{M}(\xi)$ 是奇异矩阵。

(2) 设有两个非退化设计 ξ_1 与 ξ_2 , 其对应的信息矩阵为 $\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_s) \in \mathcal{M}$, 令常数 $\alpha \in [0, 1]$, 则设计

$$\xi = \alpha \xi_1 + (1 - \alpha) \xi_2$$

为设计 ξ_1 与 ξ_2 的凸组合, 且

$$\mathbf{M}(\xi) = \alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)$$

为凸集。

证明: 设计 ξ 的信息矩阵为 $\mathbf{M}(\xi) = \int_{\mathcal{X}} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \mathbf{f}^T(\mathbf{x}) d\xi(\mathbf{x})$, 则

$$\mathbf{M}^T(\xi) = \int_{\mathcal{X}} [\mathbf{f}(\mathbf{x}) \mathbf{f}^T(\mathbf{x})]^T d\xi(\mathbf{x}) = \int_{\mathcal{X}} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \mathbf{f}^T(\mathbf{x}) d\xi(\mathbf{x}) = \mathbf{M}(\xi), \quad (6)$$

由 (6) 式可知 $\mathbf{M}(\xi)$ 是对称矩阵, 设 \mathbf{z} 是一个 p 维实向量, 则有

$$\begin{aligned} \mathbf{z}^T \mathbf{M}(\xi) \mathbf{z} &= \mathbf{z}^T \left[\int_{\mathcal{X}} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \mathbf{f}^T(\mathbf{x}) d\xi(\mathbf{x}) \right] \mathbf{z} \\ &= \int_{\mathcal{X}} \mathbf{z}^T \mathbf{f}(\mathbf{x}) \mathbf{f}^T(\mathbf{x}) \mathbf{z} d\xi(\mathbf{x}) \\ &= \int_{\mathcal{X}} [\mathbf{z}^T \mathbf{f}(\mathbf{x})]^2 d\xi(\mathbf{x}) \geq 0. \end{aligned}$$

故 $\mathbf{M}(\xi)$ 是半正定的。

信息矩阵中 $(\mathbf{f}(\mathbf{x}_1), \mathbf{f}(\mathbf{x}_2), \dots, \mathbf{f}(\mathbf{x}_n))$ 为 $p \times n$ 矩阵, 若 $n < p$, 则它的秩 $r \leq n < p$, 而信息矩阵 $\mathbf{M}(\xi)$ 的秩不大于 r , 即有 $\text{rank}[\mathbf{M}(\xi)] \leq r < p$, 又因为 $\mathbf{M}(\xi)$ 是 $p \times p$ 的矩阵, 所以 $\mathbf{M}(\xi)$ 为奇异矩阵。

(2) 由 (3) 式有

$$\begin{aligned} \mathbf{M}(\xi_1 + (1 - \alpha) \xi_2) &= \int_{\mathcal{X}} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \mathbf{f}^T(\mathbf{x}) d[\xi_1 + (1 - \alpha) \xi_2] \\ &= \alpha \int_{\mathcal{X}} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \mathbf{f}^T(\mathbf{x}) d\xi_1(\mathbf{x}) + (1 - \alpha) \int_{\mathcal{X}} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \mathbf{f}^T(\mathbf{x}) d\xi_2(\mathbf{x}) \\ &= \alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2). \end{aligned}$$

显然, 信息矩阵集合对设计的凸组合是封闭的, 所以 $\mathbf{M}(\xi)$ 是凸集。

推论 1 对于最优设计准则, 若准则函数 $\Phi(\cdot)$ 为凸函数, 则有,

$$\Phi(\mathbf{M}(\xi)) \leq \alpha \Phi(\mathbf{M}(\xi_1)) + (1 - \alpha) \Phi(\mathbf{M}(\xi_2)),$$

若准则函数 $\Phi(\cdot)$ 为凹函数, 则 $\Phi(\mathbf{M}(\xi)) \geq \alpha \Phi(\mathbf{M}(\xi_1)) + (1 - \alpha) \Phi(\mathbf{M}(\xi_2))$ 。

推论 2 对于 $\mathbf{M}(\xi_1), \mathbf{M}(\xi_2) \in \mathcal{M}$, 因为 $\mathbf{M}(\xi_1)$ 和 $\mathbf{M}(\xi_2)$ 均为非负定矩阵, 则其行列式有

$$|\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)| \geq |\mathbf{M}(\xi_1)|^\alpha |\mathbf{M}(\xi_2)|^{1-\alpha}.$$

证明: 引入函数 $\ln |\mathbf{M}(\xi)|$, 该函数在信息矩阵空间中为凹函数, 由推论 1 有,

$$\ln |\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)| \geq \alpha \ln |\mathbf{M}(\xi_1)| + (1 - \alpha) \ln |\mathbf{M}(\xi_2)|,$$

而 $\exp(x)$ 为增函数, 则

$$\exp \{ \ln |\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)| \} \geq \exp \{ \alpha \ln |\mathbf{M}(\xi_1)| + (1 - \alpha) \ln |\mathbf{M}(\xi_2)| \},$$

所以有 $|\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)| \geq |\mathbf{M}(\xi_1)|^\alpha |\mathbf{M}(\xi_2)|^{1-\alpha}$ 。

三、单点设计的方向导数

单点设计的方向导数在最优设计理论中有着重要的作用, 尤其在 Fedorov 算法这一用于求解最优设计的经典方法中, 其重要性尤为突出。Fedorov 算法以迭代优化为核心, 通过不断调整试验

点逼近最优设计, 而单点设计的方向导数, 正是算法迭代的决策依据, 不仅构建了算法的迭代逻辑, 更保障了算法在搜索最优设计时的精准性, 使其能系统地逼近最优解, 完成从初始设计到最优设计的迭代升级。在讨论单点设计的方向导数之前我们给出以下结论。

定理 2 设 $\xi = \alpha \xi_1 + (1 - \alpha) \xi_2 \in \Xi$ 为一个凸组合设计, 其中 ξ_1, ξ_2 均为非退化设计, $\alpha \in [0, 1]$, 则有下面结论,

$$(1) \frac{d}{d\alpha} \ln |\mathbf{M}(\xi)| = \text{Tr} \left\{ [\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)]^{-1} [\mathbf{M}(\xi_1) - \mathbf{M}(\xi_2)] \right\};$$

$$(2) \frac{d}{d\alpha} \mathbf{M}^{-1}(\xi) = [\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)]^{-1} [\mathbf{M}(\xi_2) - \mathbf{M}(\xi_1)] [\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)]^{-1};$$

$$(3) \frac{d}{d\alpha} \text{Tr}(\mathbf{M}^{-1}(\xi)) = \text{Tr} \left\{ [\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)]^{-2} [\mathbf{M}(\xi_2) - \mathbf{M}(\xi_1)] \right\}.$$

证明: (1) 由引理 1 中矩阵行列式的微分公式可得

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\alpha} \ln |\mathbf{M}(\xi)| &= \frac{1}{|\mathbf{M}(\xi)|} |\mathbf{M}(\xi)| \text{Tr} \{ \mathbf{M}^{-1}(\xi) d\mathbf{M}(\xi) \} \\ &= \text{Tr} \{ \mathbf{M}^{-1}(\xi) [\mathbf{M}(\xi_1) - \mathbf{M}(\xi_2)] \} \\ &= \text{Tr} \left\{ [\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)]^{-1} [\mathbf{M}(\xi_1) - \mathbf{M}(\xi_2)] \right\}. \end{aligned}$$

(2) 由引理 1 中逆矩阵的微分公式可得

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\alpha} \mathbf{M}^{-1}(\xi) &= -\mathbf{M}^{-1}(\xi) d\mathbf{M}(\xi) \mathbf{M}^{-1}(\xi) \\ &= -\mathbf{M}^{-1}(\xi) [\mathbf{M}(\xi_1) - \mathbf{M}(\xi_2)] \mathbf{M}^{-1}(\xi) \\ &= [\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)]^{-1} [\mathbf{M}(\xi_2) - \mathbf{M}(\xi_1)] \\ &\quad [\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)]^{-1}. \end{aligned}$$

(3) 由引理 1 中矩阵的迹的微分可得

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\alpha} \text{Tr}(\mathbf{M}^{-1}(\xi)) &= -\text{Tr} \{ \mathbf{M}^{-1}(\xi) d\mathbf{M}(\xi) \mathbf{M}^{-1}(\xi) \} \\ &= -\text{Tr} \{ \mathbf{M}^{-1}(\xi) [\mathbf{M}(\xi_1) - \mathbf{M}(\xi_2)] \mathbf{M}^{-1}(\xi) \} \\ &= \text{Tr} \{ \mathbf{M}^{-2}(\xi) [\mathbf{M}(\xi_2) - \mathbf{M}(\xi_1)] \} \\ &= \text{Tr} \left\{ [\alpha \mathbf{M}(\xi_1) + (1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi_2)]^{-2} [\mathbf{M}(\xi_2) - \mathbf{M}(\xi_1)] \right\}. \end{aligned}$$

推论 3 令 ξ_1 为单点设计, 若 $\ln |\mathbf{M}(\xi)|$ 在 $\alpha = 0$ 处对 α 求导大于 0, 则认为设计 ξ_2 不是 D -最优的; 若 $\text{Tr}(\mathbf{M}^{-1}(\xi))$ 在 $\alpha = 0$ 处对 α 求导小于 0, 则认为设计 ξ_2 不是 A -最优的。

证明: 由定理 2 以及 D -, A -最优设计的判决函数易得。

设 $\xi_{\mathbf{x}}$ 为一个单点设计 (即在 \mathbf{x} 点处测度为 1 的设计), 下面我们讨论一个设计 ξ 在单点设计 $\xi_{\mathbf{x}}$ 方向上的三类导数, 分别为 Fréchet 导数, Gâteaux 导数和 Hadamard 导数。

定义 2 对于信息矩阵 $\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_s) \in \mathcal{M}$, 准则函数 $\Phi(\cdot)$ 在 $\mathbf{M}(\xi)$ 处沿 $\mathbf{M}(\xi_s)$ 方向上的 Fréchet 导数为

$$F_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_s)] = \lim_{\alpha \rightarrow 0^+} \frac{1}{\alpha} [\Phi((1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_s)) - \Phi(\mathbf{M}(\xi))], \quad (7)$$

(7) 式等价于

$$F_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_s)] = \frac{d}{d\alpha} \Phi[(1 - \alpha) \mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_s)] \Big|_{\alpha=0^+}.$$

定义3 对于信息矩阵 $\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x) \in \mathcal{M}$, 准则函数 $\Phi(\cdot)$ 在 $\mathbf{M}(\xi)$ 处沿 $\mathbf{M}(\xi_x)$ 方向上的 Gâteaux 导数为

$$G_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)] = \lim_{\alpha \rightarrow 0^+} \frac{1}{\alpha} [\Phi(\mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_x)) - \Phi(\mathbf{M}(\xi))] \quad (8)$$

推论4 若 $\Phi(\cdot)$ 是所有信息矩阵构成的集合 \mathcal{M} 上的凹函数, 且在 $\mathbf{M}(\xi)$ 处可微, 则 ξ 为 Φ - 最优的充要条件是 $F_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)] \leq 0$; 若 $\Phi(\cdot)$ 为 \mathcal{M} 上的凸函数, 且在 $\mathbf{M}(\xi)$ 处可微, 则 ξ 为 Φ - 最优的充要条件是 $F_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)] \geq 0$.

单点设计 ξ_x 的信息矩阵为 $\mathbf{M}(\xi_x) = \mathbf{f}(\mathbf{x})\mathbf{f}^T(\mathbf{x})$, 令 ξ_x 和 ξ 的一个凸组合为 $\xi_0 = \alpha \xi_x + (1-\alpha)\xi$, 由定理1可得

$$\mathbf{M}(\xi_0) = \alpha \mathbf{M}(\xi_x) + (1-\alpha)\mathbf{M}(\xi).$$

以下我们给出两类最优设计的准则函数, 分别为 D - 最优设计的准则函数 $\Phi_D[\mathbf{M}(\xi_0)] = |\mathbf{M}(\xi_0)|$, 以及 A - 最优设计的准则函数 $\Phi_A[\mathbf{M}(\xi_0)] = \text{Tr}[\mathbf{M}^{-1}(\xi_0)]$.

记 $F_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)]$ 为准则函数 $\Phi_D[\mathbf{M}(\xi_0)] = |\mathbf{M}(\xi_0)|$ 下计算的 Fréchet 导数, 则有

$$\begin{aligned} F_{\Phi_D}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)] &= \lim_{\alpha \rightarrow 0^+} \frac{1}{\alpha} [|(1-\alpha)\mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_x)| - |\mathbf{M}(\xi)|] \\ &= \frac{d}{d\alpha} |(1-\alpha)\mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_x)|_{\alpha=0^+} \\ &= |\mathbf{M}(\xi_0)| \text{Tr}\{\mathbf{M}^{-1}(\xi)[\mathbf{M}(\xi_x) - \mathbf{M}(\xi)]\} \\ &= |\mathbf{M}(\xi_0)| \text{Tr}\{\mathbf{M}^{-1}(\xi)\mathbf{f}(\mathbf{x})\mathbf{f}^T(\mathbf{x}) - \mathbf{M}^{-1}(\xi)\mathbf{M}(\xi)\} \\ &= |\mathbf{M}(\xi_0)| [\text{Tr}\{\mathbf{M}^{-1}(\xi)\mathbf{f}(\mathbf{x})\mathbf{f}^T(\mathbf{x})\} - \text{Tr}\{\mathbf{I}_p\}] \\ &= |\mathbf{M}(\xi_0)| [\mathbf{f}^T(\mathbf{x})\mathbf{M}^{-1}(\xi)\mathbf{f}(\mathbf{x}) - p]. \end{aligned}$$

事实上, 为了简便计算, 这里的函数可选择 $\Phi_D[\mathbf{M}(\xi_0)] = \ln|\mathbf{M}(\xi_0)|$, 因为在计算 D - 最优设计的判决函数时, 两个函数的选择均不影响最终判决函数的形式, 同时我们仅对 ξ_0 感兴趣, 选择对数形式使得 $\ln|\mathbf{M}(\xi_0)|$ 非奇异。

记 $F_{\Phi_A}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)]$ 为准则函数 $\Phi_A[\mathbf{M}(\xi_0)] = \text{Tr}[\mathbf{M}^{-1}(\xi_0)]$ 下计算的 Fréchet 导数, 则有

$$\begin{aligned} F_{\Phi_A}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)] &= \frac{d}{d\alpha} \text{Tr}\{[(1-\alpha)\mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_x)]^{-1}\}_{\alpha=0^+} \\ &= \text{Tr}\{\mathbf{M}^{-2}(\xi)[\mathbf{M}(\xi) - \mathbf{M}(\xi_x)]\} \\ &= \text{Tr}\{\mathbf{M}^{-1}(\xi)[\mathbf{M}(\xi) - \mathbf{M}(\xi_x)]\mathbf{M}^{-1}(\xi)\} \\ &= \text{Tr}\{\mathbf{M}^{-1}(\xi) - \mathbf{M}^{-2}(\xi)\mathbf{M}(\xi_x)\} \\ &= \text{Tr}[\mathbf{M}^{-1}(\xi)] - \mathbf{f}^T(\mathbf{x})\mathbf{M}^{-2}(\xi)\mathbf{f}(\mathbf{x}). \end{aligned}$$

推论5 任意 $\mathbf{M}(\xi_i)$ 都可表示为 $\mathbf{M}(\xi_i) = \sum_{i=1}^n \omega_i \mathbf{f}(\mathbf{x}_i)\mathbf{f}^T(\mathbf{x}_i)$, 这里 $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$, 且 $\omega_i > 0$. 若 $\Phi(\cdot)$ 在 $\mathbf{M}(\xi)$ 处可微, 则 $F_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_i)] = \sum_{i=1}^n \omega_i F_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{f}(\mathbf{x}_i)\mathbf{f}^T(\mathbf{x}_i)]$.

基于上文的分析, 此处采用 $\Phi_D[\mathbf{M}(\xi_0)] = \ln|\mathbf{M}(\xi_0)|$ 来计算 D - 最优准则下的 Gâteaux 导数, 记为 $G_{\Phi_D}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)]$.

由泰勒公式可计算

$$\begin{aligned} |\mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_x)| &= |\mathbf{M}(\xi)| + \alpha |\mathbf{M}(\xi)| \text{Tr}(\mathbf{M}^{-1}(\xi)\mathbf{M}(\xi_x)) + o(\alpha^2) \\ &= |\mathbf{M}(\xi)| [1 + \alpha \text{Tr}(\mathbf{M}^{-1}(\xi)\mathbf{M}(\xi_x)) + o(\alpha^2)], \end{aligned}$$

于是

$$\begin{aligned} \ln|\mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_x)| - \ln|\mathbf{M}(\xi)| &= \ln[1 + \alpha \text{Tr}(\mathbf{M}^{-1}(\xi)\mathbf{M}(\xi_x)) + o(\alpha^2)] \\ &= \alpha \text{Tr}[\mathbf{M}^{-1}(\xi)\mathbf{M}(\xi_x)] + o(\alpha^2), \end{aligned}$$

所以

$$\begin{aligned} G_{\Phi_D}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)] &= \lim_{\alpha \rightarrow 0^+} \frac{1}{\alpha} [\ln|\mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_x)| - \ln|\mathbf{M}(\xi)|] \\ &= \lim_{\alpha \rightarrow 0^+} \frac{\alpha \text{Tr}(\mathbf{M}^{-1}(\xi)\mathbf{M}(\xi_x)) + o(\alpha^2)}{\alpha} \\ &= \text{Tr}(\mathbf{M}^{-1}(\xi)\mathbf{M}(\xi_x)). \end{aligned}$$

同理, 记在准则函数 $\Phi_A[\mathbf{M}(\xi_0)] = \text{Tr}[\mathbf{M}^{-1}(\xi_0)]$ 下计算的 Gâteaux 导数为 $G_{\Phi_A}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)]$.

根据泰勒公式有

$$\text{Tr}[\mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_x)]^{-1} = \text{Tr}[\mathbf{M}(\xi)^{-1}] - \alpha \text{Tr}[\mathbf{M}^{-2}(\xi)\mathbf{M}(\xi_x)] + o(\alpha^2),$$

所以

$$\begin{aligned} G_{\Phi_A}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)] &= \lim_{\alpha \rightarrow 0^+} \frac{\text{Tr}[\mathbf{M}(\xi) + \alpha \mathbf{M}(\xi_x)]^{-1} - \text{Tr}[\mathbf{M}(\xi)^{-1}]}{\alpha} \\ &= \lim_{\alpha \rightarrow 0^+} \frac{\text{Tr}[\mathbf{M}(\xi)^{-1}] - \alpha \text{Tr}[\mathbf{M}^{-2}(\xi)\mathbf{M}(\xi_x)] - \text{Tr}[\mathbf{M}(\xi)^{-1}] + o(\alpha^2)}{\alpha} \\ &= -\text{Tr}[\mathbf{M}^{-2}(\xi)\mathbf{M}(\xi_x)]. \end{aligned}$$

推论6 对于给定的信息矩阵 $\mathbf{M}(\xi)$, 满足 $F_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi)] = 0$. 由定义可以得出 Fréchet 导数和 Gâteaux 导数之间的关系

$$F_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)] = G_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi_x)] - G_{\Phi}[\mathbf{M}(\xi), \mathbf{M}(\xi)].$$

四、改进的 Fedorov 算法

Fedorov 算法是最优设计理论中求解 D - 最优设计的经典迭代方法, 其核心思想是通过逐步替换试验点来最大化信息矩阵的行列式. 该算法巧妙利用单点设计的方向导数来决策优化方向, 通过迭代计算当前设计下各候选点的方向导数, 选择使目标函数更大的点替换原有试验点, 从而得到最终的设计作为最优设计。

设 ξ_0 是一个非退化设计, ξ_x 是只有柱点 \mathbf{x} 的单点设计, 令 ξ_0 与 ξ_x 的一个凸组合为

$$\xi_1 = (1-\alpha)\xi_0 + \alpha\xi_x,$$

其中 $0 \leq \alpha \leq 1$, 则有

$$\frac{d}{d\alpha} \log \det \mathbf{M}(\xi_1) = \text{Tr}\{[(1-\alpha)\mathbf{M}(\xi_0) + \alpha \mathbf{M}(\xi_x)]^{-1} [\mathbf{M}(\xi_x) - \mathbf{M}(\xi_0)]\}$$

于是得到

$$\frac{d}{d\alpha} \log \det \mathbf{M}(\xi_1)|_{\alpha=0} = F_{\Phi_D}[\mathbf{M}(\xi_1), \mathbf{M}(\xi_x)] = \mathbf{f}^T(\mathbf{x})\mathbf{M}^{-1}(\xi_0)\mathbf{f}(\mathbf{x}) - p$$

使用 Fréchet 导数求解得到的关于单点设计 ξ_x 的方向导数, 确定了下一步迭代的最优搜索方向, 在此方向上生成与设计空间边界的交点, 即为最优迭代解. 在构造了设计 ξ_1 以后, 我们可以寻找 \mathbf{x}_1 , 以及小化的 α_1 使得 $\xi_2 = (1-\alpha_1)\xi_1 + \alpha_1\xi_{x_1}$, 满足 $\det \mathbf{M}(\xi_2) \leq \det \mathbf{M}(\xi_1)$ 继续这种方法, 可构造出一系列设计 $\xi_0, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_s, \dots$, 满足

$$\det \mathbf{M}(\xi_0) \leq \det \mathbf{M}(\xi_1) \leq \det \mathbf{M}(\xi_2) \leq \dots \leq \det \mathbf{M}(\xi_s) \leq \dots,$$

并且对一切 s 有

$$\det \mathbf{M}(\xi_s) \leq \det \mathbf{M}(\xi^*)$$

其中 ξ^* 是 D-最优设计. 因此, 我们要适当地选择序列 $\{\alpha_s\}$ 使

$$\lim_{s \rightarrow \infty} \det \mathbf{M}(\xi_s) = \det \mathbf{M}(\xi^*)$$

将以上过程整理为以下算法步骤如下.

改进 Fedorov 算法
1. 输入: 一个非退化的初始设计 $\xi_0 = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_1 & \mathbf{x}_2 & \cdots & \mathbf{x}_n \\ \omega_1 & \omega_2 & \cdots & \omega_n \end{pmatrix}$, $n \geq p$, $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$;
2. 计算 ξ_0 的信息矩阵 $\mathbf{M}(\xi_0) = \sum_{i=1}^n \omega_i \mathbf{f}(\mathbf{x}_i) \mathbf{f}^T(\mathbf{x}_i)$ 及其逆矩阵 $\mathbf{M}^{-1}(\xi_0)$;
3. 根据在 D-最优准则下计算的 Fréchet 导数, 令 $d(\mathbf{x}_0, \xi_0) = \mathbf{f}^T(\mathbf{x}) \mathbf{M}^{-1}(\xi_0) \mathbf{f}(\mathbf{x})$;
4. 构造设计 $\xi_1 = (1 - \alpha_0) \xi_0 + \alpha_0 \xi_{\mathbf{x}_0}$, 其中 $\alpha_0 = \frac{\delta_0}{[\delta_0 + (p-1)]^p}, \delta_0 = d(\mathbf{x}_0, \xi_0) - p;$
5. 计算 $\mathbf{M}(\xi_1)$ 与 $\mathbf{M}^{-1}(\xi_1)$, 以 ξ_1 代替 ξ_0 , 重复步骤 2~4 可得一系列设计 $\xi_0, \xi_1, \xi_2, \cdots$;
6. 上述迭代过程收敛的, 系列设计的极限设计就是一个 D-最优设计.

算法中需要频繁计算各个设计的方差函数

$$d(\mathbf{x}, \xi) = \mathbf{f}(\mathbf{x}) \mathbf{M}^{-1}(\xi) \mathbf{f}(\mathbf{x}).$$

一般的, 如果 D-最优设计 ξ 的支撑点数恰好等于模型未知参数的个数, 这样的设计我们称之为饱和 D-最优设计, 而且饱和 D-最优设计一定是等测度设计, 即所有支撑点处的测度都等于 $1/p$. 由于 Fedorov 算法每次迭代都要添加新的试验点, 且最终设计

与初始设计的选择有关, 所以很多时候 Fedorov 算法不能生成饱和的 D-最优设计。

五、总结

信息矩阵的微商在最优设计理论中扮演着重要的角色, 为构建最优设计的条件提供了理论基础, 本文研究了最优设计理论中关于信息矩阵的微商, 以及一个设计在单点设计方向上的方向导数. 单点设计的方向导数是 Fedorov 算法的核心支撑. 通过对 Fréchet 导数和 Gâteaux 导数的系统分析, 明确了两类导数在最优设计准则下的计算方式及其与算法迭代的关联. 值得注意的是常用的 Hadamard 导数和 Fréchet 导数虽然有着不同的定义方式, 但在某些情况下两者是等价的. 具体而言, 在给定的函数空间中, Fréchet 导数存在, 则 Hadamard 导数也存在且等于 Fréchet 导数. 也就是说, Fréchet 导数是 Hadamard 导数的特例。

除了使用方向导数改进现有搜索算法外, 还可以结合混料格点的理论, 提高搜索效率, 避免落入局部最优解, 可以参考文献 [8-9]. 信息矩阵的微商在最优设计理论中非常重要, 进一步可以研究在其他最优设计准则下的方向导数, 以及在不同场景下三类方向导数的应用等等, 以促进最优设计理论的发展完善。

参考文献

[1]Scheffé H(1958).Experiments with Mixtures. Journal of the Royal Statistical Society(2), 344–360.

[2]Karunanithi A T, Achenie L E K, Gani R(2004).Optimal (Solvent) mixture design through a decomposition based CAMD methodology. Computer Aided Chemical Engineering(04), 217–222.

[3]Limmun W, Borkowski J J, Chomtee B(2012).Using a genetic algorithm to generate D-optimal designs for mixture experiments. Quality and Reliability Engineering International(7), 1055–1068.

[4]李光辉, 张崇岐 (2017).具有复杂约束混料试验的渐近 D-最优设计. 应用概率统计 (02), 203–220.

[5]Li G H, Zhang C Q.Random search algorithm for optimal mixture experimental design. Communication in Statistics: Theory and Methods(6), 1413–1422.

[6]Kiefer J. Optimum designs in regression problems, II [J]. The Annals of Mathematical Statistics, 1961, 32(1): 298–325.

[7]Gene H, Charles F. Matrix Computations–4th Edition [M]. The Johns Hopkins University Press,2023.

[8]李光辉, 朱志彬, 李俊鹏, 等. 混料试验的格点填充设计 [J]. 应用数学学报, 2022, 45(04):607–623.

[9]李光辉, 李俊鹏, 张崇岐. 复杂约束域内混料最优设计的格点评价 [J]. 应用概率统计, 2022, 38(02):253–266.

误差修正模型的贝叶斯计算及应用

吴思, 郑晓盈

华南农业大学数学与信息学院, 广东 广州 510000

摘 要 : 本文利用贝叶斯理论的马尔科夫链蒙特卡洛 (MCMC) 算法对误差修正模型进行建模分析。在给定参数先验分布的条件下, 基于贝叶斯理论的共轭先验推导出误差修正模型的参数后验分布, 且发现其均为标准分布。通过模拟实验, 本文利用 Gibbs 抽样完成参数估计, 从误差、平均绝对误差、均方根误差三个角度对参数估计精度进行分析。针对误差修正模型, 结果表明 Gibbs 抽样效果较为理想。

关 键 词 : 误差修正模型; 贝叶斯估计; MCMC 算法; Gibbs 抽样

Bayesian Calculation and Application of Error Correction Model

Wu Si, Zheng Xiaoying

College of Mathematics and Information, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : This paper employs the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) algorithm based on Bayesian theory to model and analyze the error correction model. Under the condition of given prior distributions of parameters, the posterior distributions of the parameters of the error correction model are derived based on the conjugate priors of Bayesian theory, and it is found that they are all standard distributions. Through simulation experiments, this paper utilizes Gibbs sampling to complete parameter estimation, and analyzes the accuracy of parameter estimation from three perspectives: error, mean absolute error and root mean square error. For the error correction model, the results indicate that Gibbs sampling performs relatively well.

Keywords : error correction model; Bayesian Estimation; MCMC Algorithm; Gibbs sampling

引言

对于常见的非平稳序列, 采用经典回归模型进行拟合会产生很多问题。为消除非平稳的影响, 人们通常采用差分的方式处理数据, 然而这种方法也会存在过拟合的问题, 此时可考虑采用误差修正模型来拟合模型。李小鸭和邵艺萱^[1]使用误差修正模型对我国居民消费支出和实际的国内生产总值 (GDP) 之间的关系进行拟合, 建立国民消费支出对数的一阶差分 (因变量) 和实际 GDP 对数的一阶差分 (自变量) 之间的误差修正模型。张艳芳^[2]运用协整与误差修正模型对 1985—2020 年中国技术贸易与经济增长的长期均衡与短期调整关系进行实证分析, 研究技术贸易收支对 GDP 增速的影响以及调整机制; 李光明^[3]则通过协整与误差修正模型研究发现金融科技发展指标与新质生产力增长指标存在长期稳定的均衡关系, 为中国经济高质量发展提供建议。此外, 误差修正模型在工程科技中也有重要的应用, 刘畅和高铁梅^[4]将误差修正模型运用到探究我国的电力需求影响因素之中, 先研究影响电力需求的因素, 并选取相关变量。该论文先建立电力需求的长期均衡模型, 在利用长期均衡方程的误差项进行检验, 进一步建立电力需求短期动态的误差修正模型。最终, 根据得到的长期均衡方程和短期动态方程, 从两个角度来分析和探求在我国电力行业中影响电力需求的影响因素并给出对应的建议和措施。汪兴瑞^[5]利用误差修正模型研究我国原油期货以及原有现货价格的关系, 不同的是, 该论文还运用了 VAR 模型、脉冲响应和方差分解来探究两者的关系; 为进一步考察原油期货以及现货价格的联系, 该论文还构建了 VEC 向量误差修正模型。

不过以上研究均基于经典统计方法, 贝叶斯统计方法却鲜少利用。贝叶斯统计^[6]是基于总体、样本和先验等因素, 利用贝叶斯定理, 结合总体分布及先验分布信息, 来得到后验分布的概率分布, 这个概率分布不仅会更接近样本, 同时也结合已有的先验信息, 详细可参考夏强等^[7]。基于贝叶斯的这些优点, 本文尝试使用贝叶斯估计的方法对一阶误差修正模型的参数进行贝叶斯估计。

一、理论基础

贝叶斯学派观点认为任意参数 θ 都可看作一个随机变量, 可用

一个概率分布去描述, 这个分布被称为先验分布。在得到样本信息之后, 利用贝叶斯公式将总体分布、样本信息和先验分布结合起来, 就可得到关于未知参数 θ 的新的分布, 即后验分布。后验分

作者简介:

吴思 (1999.12—), 女, 汉族, 广东省湛江市人, 华南农业大学数学与信息学院数学专业硕士研究生在读, 研究方向: 概率论与数理统计;

郑晓盈 (1999.07—), 女, 汉族, 广东省深圳市人, 华南农业大学数学与信息学院统计学 2018 级本科生。

布公式如下：

$$p(\theta|y) = \frac{p(y, \theta)}{p(y)} = \frac{p(y|\theta)p(\theta)}{p(y)} = \frac{p(y|\theta)p(\theta)}{\int_{\theta} p(y|\theta)p(\theta)d\theta}, \quad (1)$$

其中， $p(y, \theta)$ 是样本和参数 θ 的联合分布； $p(\theta)$ 是参数 θ 的先验分布； $p(\theta|y)$ 表示参数 θ 的后验分布。但在实际计算中， $p(y)$ 并不依赖于 θ ，因而，它对计算 θ 的后验分布的贡献相当于一个正则化因子。所以，贝叶斯公式的密度函数形式常被改写为以下的等价形式：

$$p(\theta|y) \propto p(y|\theta)p(\theta) = L(\theta|y)p(\theta), \quad (2)$$

其中， \propto 为正比符号，表示两边成正比关系。由公式 (2) 可以得到，后验分布正比于先验概率分布与样本的似然函数相乘的结果。

通常在估计参数 θ_i 的过程中，只需要对 $p(\theta|y)$ 的其他参数进行积分，就可得到 θ_i 的边缘后验密度函数 $p(\theta_i|y)$ 。但是，在解决实际问题的情况中，想要用积分求解 $p(\theta|y)$ 并不容易实现，而 MCMC 方法简化了求解边缘后验密度的过程。

二、理论推导

(一) 误差修正模型介绍

假设两变量 X 与 Y 的存在长期均衡关系，表达式为：

$$Y_t = a_0 + a_1 X_t + \mu_t. \quad (3)$$

实际经济活动中自变量 X 与因变量 Y 很少处在均衡点上，因此，在实际观察中，得到的只是两者之间的非均衡的或短期的关系。假设因变量和自变量之间具有 (1, 1) 阶分布滞后形式，误差修正模型显示出 Y_t 值，不仅与 X_t 的变化有关，还与 X_{t-1} 和 Y_{t-1} 的状态值有关。

一阶误差修正模型为：

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta X_t - \lambda \cdot ecm_{t-1} + \mu_t, \quad (4)$$

其中， $\lambda = 1 - \delta$ ， $a_0 = \beta_0 / (1 - \delta)$ ， ecm_t 表示非均衡误差项或说是长期均衡偏差项。一般的情况下， $|\delta| < 1$ ，所以有 $0 < \lambda < 1$ 。 μ_t 相互独立，并且 $\mu_t \sim N(0, \sigma_\mu^2)$ 。

(二) 误差修正模型的统计结构分析

设时间序列 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 和 $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$ ，则 $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ ， $t = 2, 3, \dots, n$ 和 $\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ ， $t = 2, 3, \dots, n$ 。

可以得到一阶误差修正模型的条件似然函数如下：

$$L(\beta_0, \beta_1, \lambda, \sigma_\mu^2, X|Y) \propto \prod_{t=2}^n (\sigma_\mu^2)^{-1/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\Delta Y_t - \beta_0 - \beta_1 \Delta X_t + \lambda \cdot ecm_{t-1})^2 / \sigma_\mu^2 \right\}. \quad (5)$$

令

$$\mathbf{X}^* = \begin{bmatrix} 1 & \Delta X_2 & -ecm_1 \\ 1 & \Delta X_3 & -ecm_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & \Delta X_n & -ecm_{n-1} \end{bmatrix}_{(n-1) \times 3}, \quad \mathbf{a} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \lambda \end{bmatrix}_{3 \times 1},$$

$$\mathbf{Y}^* = (\Delta Y_2, \Delta Y_3, \dots, \Delta Y_n)^T, \quad \mathbf{i} = (\mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n)^T,$$

则可以将一阶误差修正模型转化为以下形式：

$$\mathbf{Y}^* = \mathbf{X}^* \mathbf{a} + \mathbf{i}, \quad \mu \sim N(0, \sigma_\mu^2). \quad (6)$$

因此，一阶误差修正模型的条件似然函数可以改写为：

$$L(\beta, \sigma_\mu^2, \mathbf{X}|\mathbf{Y}) \propto \frac{1}{(\sigma_\mu^2)^{\frac{n-1}{2}}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma_\mu^2} (\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \mathbf{a})^T (\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \mathbf{a}) \right\}. \quad (7)$$

(三) 误差修正模型的贝叶斯推断

在误差修正模型中，引入关于参数估计的贝叶斯推断相关理论。根据预先假设的先验分布，来推导出后验分布十分重要。针对未知参数 $\beta_0, \beta_1, \lambda, \sigma_\mu^2$ 的先验分布的预设，参考夏强等^[8]，刘贞等^[9]，本文的各参数先验分布选取如下：

1、对于参数 $\mathbf{a} = (\beta_0, \beta_1, \lambda)^T$ ，取 \mathbf{a} 服从多元正态分布，即 $\mathbf{a} \sim N(\mathbf{a}^{(0)}, \Sigma^{(0)})$ ；

2、对于参数 σ_μ^2 ，取 σ_μ^2 服从逆伽马分布 $IG(a, b)$ ，且 $a > 0, b > 0$ 。

假设各个参数相互独立，且 $\mathbf{a}^{(0)}, \Sigma^{(0)}, a, b$ 为已知的超参数， σ_μ^2 密度函数为

$$f(\sigma_\mu^2|a, b) = \begin{cases} \frac{b^a}{\Gamma(a)} (\sigma_\mu^2)^{-(a+1)} e^{-\frac{b}{\sigma_\mu^2}}, & \sigma_\mu^2 > 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (8)$$

因此，根据标准贝叶斯方法以及上文选取的先验分布，由先验分布的结果可以得到联合先验分布 $p(\mathbf{a}, \sigma_\mu^2)$ ，结合似然函数 $L(\beta, \sigma_\mu^2, \mathbf{X}|\mathbf{Y})$ ，可以得到参数后验联合分布为

$$\begin{aligned} p(\beta, \sigma_\mu^2, \mathbf{X}|\mathbf{Y}) &\propto L(\beta, \sigma_\mu^2, \mathbf{X}|\mathbf{Y}) \times p(\beta, \sigma_\mu^2) \\ &\propto (\sigma_\mu^2)^{\frac{n-1}{2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma_\mu^2} (\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \mathbf{a})^T (\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \mathbf{a}) \right\} \times (\sigma_\mu^2)^{-(a+1)} e^{-\frac{b}{\sigma_\mu^2}} \times \\ &\quad \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{a} - \mathbf{a}^{(0)})^T (\Sigma^{(0)})^{-1} (\mathbf{a} - \mathbf{a}^{(0)}) \right\} \\ &\propto (\sigma_\mu^2)^{\frac{n-1}{2} - a - 1} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{1}{\sigma_\mu^2} ((\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \mathbf{a})^T (\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \mathbf{a}) + 2b) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. (\mathbf{a} - \mathbf{a}^{(0)})^T (\Sigma^{(0)})^{-1} (\mathbf{a} - \mathbf{a}^{(0)}) \right] \right\}. \end{aligned}$$

由联合后验分布可以得到各参数 $\beta = (\beta_0, \beta_1, \lambda)^T, \sigma_\mu^2$ 的后验分布如下：

1、 $\beta = (\beta_0, \beta_1, \lambda)^T$ 的条件后验概率函数为

$$\begin{aligned} p(\beta|\sigma_\mu^2, X, Y) &\propto p(\beta, \sigma_\mu^2, X|Y) \\ &\propto \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{1}{\sigma_\mu^2} (\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \mathbf{a})^T (\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \mathbf{a}) + (\mathbf{a} - \mathbf{a}^{(0)})^T (\Sigma^{(0)})^{-1} (\mathbf{a} - \mathbf{a}^{(0)}) \right] \right\} \\ &\propto \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{a} - \mathbf{a}^*)^T (\Sigma^*)^{-1} (\mathbf{a} - \mathbf{a}^*) \right\} \sim N(\mathbf{a}^*, \Sigma^*). \end{aligned}$$

$$\text{其中，} \quad \mathbf{a}^* = \left[\frac{\mathbf{X}^{*T} \mathbf{Y}^*}{\sigma_\mu^2} + (\Sigma^{(0)})^{-1} \mathbf{a}^{(0)} \right]^{-1} \times \left[\frac{\mathbf{X}^{*T} \mathbf{Y}^*}{\sigma_\mu^2} + (\Sigma^{(0)})^{-1} \mathbf{a}^{(0)} \right], \quad \Sigma^* = \left[\frac{\mathbf{X}^{*T} \mathbf{X}^*}{\sigma_\mu^2} + (\Sigma^{(0)})^{-1} \right]^{-1}.$$

2、 σ_μ^2 的条件后验概率函数为

$$\begin{aligned} p(\sigma_\mu^2|\beta, X, Y) &\propto p(\beta, \sigma_\mu^2, X|Y) \\ &\propto (\sigma_\mu^2)^{\frac{n-1}{2} - a - 1} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma_\mu^2} [(\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \mathbf{a})^T (\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \mathbf{a}) + 2b] \right\} \\ &\sim IG \left(\frac{n-1}{2} + a, \frac{\mathbf{S}^{*2}}{2} + b \right), \end{aligned}$$

其中, $s^{*2} = (\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \hat{\boldsymbol{\beta}})' (\mathbf{Y}^* - \mathbf{X}^* \hat{\boldsymbol{\beta}})$ 。

(四) 误差修正模型的MCMC抽样

从后验分布的推理结果可得, 各参数的条件后验分布均是标准分布, 并且, 参数 $\boldsymbol{\beta}$ 为多维参数, 因此使用 Gibbs 抽样法进行抽样最佳^[10]。

首先运用 Gibbs 抽样方法迭代 N 次得到各个参数的样本, 抽取的第 i 步如下:

1、从条件后验分布 $N(\boldsymbol{\beta}^*, \boldsymbol{\Sigma}^*)$ 中对 $\boldsymbol{\beta}$ 进行抽样;

2、从条件后验分布 $IG\left(\frac{n-1}{2} + a, \frac{s^{*2}}{2} + b\right)$ 中对 σ_μ^2 进行抽样。

以上步骤是针对所有变量完成一次 MCMC 抽样, 抽样步骤的先后顺序不会对抽样的结果产生影响。为了保证模拟抽样的准确性, 我们共循环 N 次, 丢弃前 M 次抽样值。则假设经过第 i 次迭代后得到的参数记为 $\theta^{(i)} = (\beta_0^{(i)}, \beta_1^{(i)}, \lambda^{(i)}, \sigma_\mu^{2(i)})$ 。然后, 去掉前 M 次的结果。由此可以获得利用 MCMC 抽样产生的误差修正模型中的参数集合, 表示为 $\{\theta^{(i)} = (\beta_0^{(i)}, \beta_1^{(i)}, \lambda^{(i)}, \sigma_\mu^{2(i)}), i = M+1, \dots, N\}$ 。

三、模拟实验

取随机抽取独立样本数为 200, 即 $n=200$ 。在模拟实验中设定 $M=5000$, $N=10000$, 即对样本数据循环 10000 次, 丢弃前 5000 次的值, 利用后面的 5000 次迭代值取平均, 并用来估计未知参数 $\beta_0, \beta_1, \lambda, \sigma_\mu^2$ 。由于产生数据具有随机性, 因此采取重复 100 次模拟实验, 每次产生 200 个样本数, 迭代 10000 次。重复 100 次后, 计算每一个参数的估计值的平均值, 来估计每个参数的真值; 并计算各参数的误差 Error (ERR)、平均绝对误差 Mean Absolute Error (MAE)、均方根误差 Root Mean Square Error (RMSE), 以此说明模拟实验拟合效果的优劣程度。结合 ERR 值、MAE 值、RMSE 值, 多方面评估模型拟合的效果, 其数值越小说明估计的精度越高, 拟合效果越好。

选择各超参数为 $\mathbf{a}^{(0)} = (0, 0, 0)$, $\mathbf{\Theta}^{(0)} = \text{diag}(0.1, 0.1, 0.1)$, $a = 5/2$, $b = 3/2$ 。使用 R 语言软件进行模拟实验应用, 考虑如下模型:

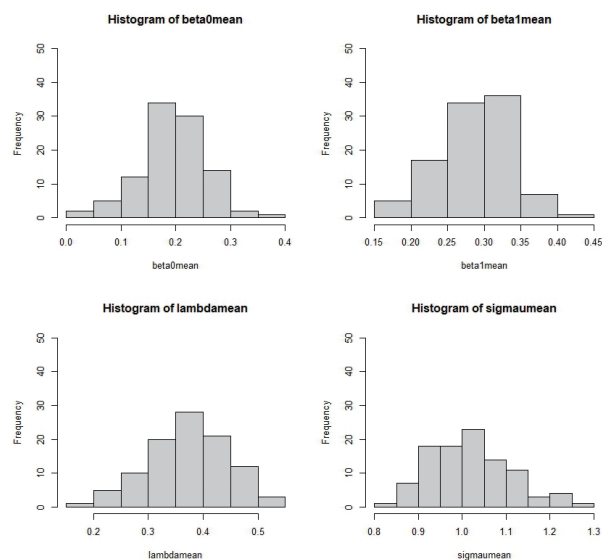
$$\Delta Y_t = 0.2 + 0.3 \Delta X_t - 0.4 \times \text{ecm}_{t-1} + \mu_t, \quad \mu_t \sim N(0, 1)$$

将模拟实验应用的结果整理如下表 1。可以发现表 1 中的实验得到的后验均值结果与参数的真实值十分接近, 误差的绝对值均小于 0.03, 与真值的偏差较小, 说明利用贝叶斯方法估计参数的效果良好。MAE 是模拟值与真实值的误差的绝对值的平均数, 循环 100 次实验中, 各参数的 MAE 值均小于 0.1, RMSE 值均不超过 0.1, 说明拟合的精度较高。

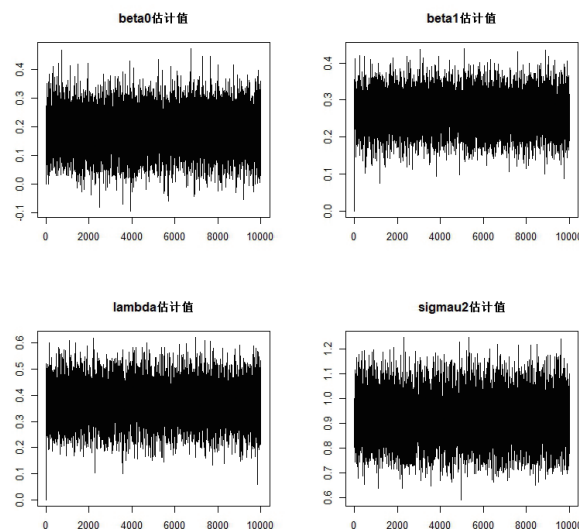
表 1 后验概率模拟实验结果

参数	真实值	模拟值	ERR	MAE	RMSE
β_0	0.2	0.1930	-0.0070	0.0483	0.0622
β_1	0.3	0.2859	-0.0141	0.0425	0.0523
λ	0.4	0.3716	-0.0284	0.0602	0.0768
σ_μ^2	1.0	1.0168	0.0168	0.0747	0.0929

根据再输出每次循环计算的各参数的平均值, 并绘制其相应的频率直方图, 见图 1。可以看出, 图形均成钟形态, 中间高, 两边低, 几乎是对称分布。模型中各参数抽样的轨迹图见图 2, 轨迹图展示了每次迭代的参数值的情况。仔细观察各个参数的轨迹图, 可以直观地发现参数的轨迹比较稳定, 估计结果比较理想, 且每个参数的轨迹都是围绕着设定的真实值上下摆动。综上所述, 可以说明个参数的估计结果已经处于收敛状态, 因此, 模拟实验的效果较好。



> 图 1 参数 β_0 、 β_1 、 λ 和 σ_μ^2 分布直方图



> 图 2 最后一次各参数迭代轨迹图

为了进一步讨论参数对贝叶斯估计的敏感度, 本文采取控制变量的方法, 再次进行模拟实验应用的探究。考虑以下三种情形:

1. 当 $\beta_1 = 0.3$, $\lambda = 0.4$ 时, β_0 分别为 $\beta_0 = 0.4$ 、 $\beta_0 = 0.6$ 、 $\beta_0 = 0.8$;
2. 当 $\beta_0 = 0.2$, $\lambda = 0.4$ 时, β_1 分别为 $\beta_1 = 0.5$ 、 $\beta_1 = 0.7$ 、 $\beta_1 = 0.9$;
3. 当 $\beta_0 = 0.2$, $\beta_1 = 0.3$ 时, λ 分别为 $\lambda = 0.2$ 、 $\lambda = 0.6$ 、 $\lambda = 0.8$ 。

由表2可以看出，不管参数 β_0 取值如何变动，所有未知参数的误差都比较小，并且精度有效位数均没有变化，并且MAE值都比较接近。由此可得， β_0 的取值对未知参数的贝叶斯估计值不敏感，说明 β_0 的变化不会大幅度影响贝叶斯参数估计的效果。

表 2 基于 $\beta_1 = 0.3$ ， $\lambda = 0.4$ 的贝叶斯估计结果

参数	$\beta_0 = 0.4$			$\beta_0 = 0.6$			$\beta_0 = 0.8$		
	估计值	ERR	MAE	估计值	ERR	MAE	估计值	ERR	MAE
β_0	0.3795	-0.0205	0.0545	0.5693	-0.0307	0.0665	0.7726	-0.0274	0.0560
β_1	0.2937	-0.0063	0.0450	0.2859	-0.0141	0.0430	0.2934	-0.0066	0.0372
λ	0.3877	-0.0123	0.0565	0.3747	-0.0253	0.0503	0.3753	-0.0247	0.0616
σ_μ^2	1.0177	0.0177	0.0820	1.0185	0.0853	0.1070	1.0206	0.0809	0.1056

表 3 基于 $\beta_0 = 0.2$ ， $\lambda = 0.4$ 的贝叶斯估计结果

参数	$\beta_1 = 0.5$			$\beta_1 = 0.7$			$\beta_1 = 0.9$		
	估计值	ERR	MAE	估计值	ERR	MAE	估计值	ERR	MAE
β_0	0.1818	-0.0182	0.0511	0.1818	-0.0182	0.0511	0.1878	-0.0122	0.0581
β_1	0.4974	-0.0026	0.0413	0.6923	-0.0077	0.0417	0.8788	-0.0212	0.0457
λ	0.3717	-0.0283	0.0551	0.3717	-0.0283	0.0551	0.3877	-0.0123	0.0549
σ_μ^2	1.0248	0.0248	0.0881	1.0245	0.0245	0.0880	1.0185	0.0185	0.0737

表 4 基于 $\beta_0 = 0.2$ ， $\beta_1 = 0.3$ 的贝叶斯估计结果

参数	$\lambda = 0.2$			$\lambda = 0.6$			$\lambda = 0.8$		
	估计值	ERR	MAE	估计值	ERR	MAE	估计值	ERR	MAE
β_0	0.1951	-0.0049	0.0475	0.1912	-0.0088	0.0615	0.1888	-0.0112	0.0474
β_1	0.2892	-0.0108	0.0363	0.2954	-0.0046	0.0410	0.2882	-0.0118	0.0359
λ	0.1949	-0.0051	0.0484	0.5748	-0.0252	0.0579	0.7580	-0.0420	0.0596
σ_μ^2	1.0168	0.0168	0.0963	1.0184	0.0184	0.0880	1.0205	0.0205	0.0717

根据表3可以看出，不管参数 β_1 取值如何变动，所有未知参数的误差都比较小，精度有效位数均没有变化，并且MAE值都比较接近。由此可得， β_1 的取值对未知参数的贝叶斯估计值不敏感，说明 β_1 的变化不会大幅度影响贝叶斯参数估计的效果。同理，由表4可看出，不管参数 λ 取值如何变动，所有未知参数的误差绝对值均小于0.03，精度有效位数也没有变化，并且MAE值都比较接近，无大幅变化。即 λ 取值对未知参数的贝叶斯估计值不敏感，说明 λ 的变化也会大幅度影响贝叶斯参数估计的效果。

四、总结

本文运用贝叶斯推断的手段，推导得出一阶误差修正模型各参数的条件后验分布，并利用Gibbs抽样法的MCMC算法来实现一阶误差修正模型的参数估计。模拟实验的结果说明了运用贝叶斯推断的方法来估计模型参数的结果较为理想，得到的一阶误差修正模型未知参数的贝叶斯估计值比较精准。进一步，为探究样本值的变动是否会影响贝叶斯参数估计的效果，经过多次模拟实验，可以说明：Gibbs抽样方法结果比较稳定，针对参数样本值的变化对未知参数的贝叶斯估计值不敏感，表明样本值的变化不会

大幅度影响贝叶斯参数估计的效果。

参考文献

- [1] 李小鹏, 邵艺萱. 基于误差修正模型的中国居民消费对经济增长的影响研究[J]. 现代商业, 2020(22):28-30.
- [2] 张艳芳. 中国技术贸易与经济增长关系研究——基于协整与误差修正模型的分析[J]. 技术经济, 2023, 42(12):97-108.
- [3] 李光明. 中国金融科技与新质生产力增长关系研究——基于协整与误差修正模型分析[J]. 黑龙江金融, 2024,(11):36-40.
- [4] 刘畅, 高铁梅. 中国电力行业周期波动特征及电力需求影响因素分析——基于景气分析及误差修正模型的研究[J]. 资源科学, 2011, 33(01):169-177.
- [5] 汪兴瑞. 我国原油期货价格关系的研究[D]. 延安大学, 2019.
- [6] 刘金山, 夏强. 基于MCMC算法的贝叶斯统计方法[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [7] 夏强, 刘金山. 基于贝叶斯推断的TAR模型的门限非线性检验[J]. 应用概率统计, 2011, 27(03):276-282.
- [8] 夏强, 梁茹冰, 刘金山. 基于AR和TAR模型的变点问题分析[J]. 徐州师范大学学报(自然科学版), 2011, 29(03):49-53.
- [9] 刘贞, 周菊玲, 董翠玲. 基于MCMC算法的多元线性回归变点模型的贝叶斯估计[J]. 河南科学, 2020, 38(08):1210-1214.
- [10] 李凡群, 韦善然. 基于Gibbs抽样算法的两参数Pareto分布的Bayes估计[J]. 阜阳师范大学学报(自然科学版), 2023, 40(04):8-13.DOI:10.14096/j.cnki.cn34-1069/n/2096-9341(2023)04-0008-06.

涉外法治视域下标准必要专利长臂管辖的 应对措施研究

庾晓桐

广州大学党内法规研究中心, 广东 广州 510000

摘 要 : 近年来, 通信技术领域的标准必要专利诉讼伴随着平行诉讼的增多而愈发复杂, 各国通过扩张管辖权的方式争夺规则制定权。部分国家法院在欠缺充分管辖权连结因素的情况下不当实施长臂管辖, 导致裁判权冲突加剧。面对这一挑战, 我国司法机关逐渐从被动应对转向主动反制。然而既有理论探讨与实务对策多聚焦于禁诉令这一救济手段, 不足以应对紧张的管辖权竞争格局。因此, 本文主张, 应当建立明确管辖标准、构建反制机制和确立“谈判优先”的价值取向, 通过建立以促进协商谈判为核心的司法引导机制, 避免过度依赖司法定价裁决, 从而有效缓释跨境管辖权冲突。

关 键 词 : 涉外法治; 标准必要专利; 长臂管辖; 法治应对

Reconstructing Jurisdictional Boundaries: Legal Strategies Against Extraterritorial SEP Litigation in the Era of Techno-Legal Competition

Yu Xiaotong

Research Center for Intra-Party Regulations, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : In recent years, standard essential patent (SEP) litigation in the field of communication technology has become increasingly complex with the rise of parallel lawsuits, and countries have been vying for the right to set rules by expanding their jurisdiction. Some national courts have inappropriately exercised long-arm jurisdiction in the absence of sufficient jurisdictional connection factors, exacerbating conflicts over judicial authority. Faced with this challenge, China's judicial authorities have gradually shifted from passive response to active countermeasures. However, existing theoretical discussions and practical countermeasures have mostly focused on anti-suit injunctions as a remedy, which is insufficient to address the tense jurisdictional competition landscape. Therefore, this article argues that it is necessary to establish clear jurisdictional standards, build countermeasures, and set a value orientation of "negotiation first". By establishing a judicial guidance mechanism centered on promoting negotiation and consultation, excessive reliance on judicial pricing decisions can be avoided, thereby effectively alleviating cross-border jurisdictional conflicts.

Keywords : rule of law in international affairs; standard essential patents; long-arm jurisdiction; rule of law response

引言

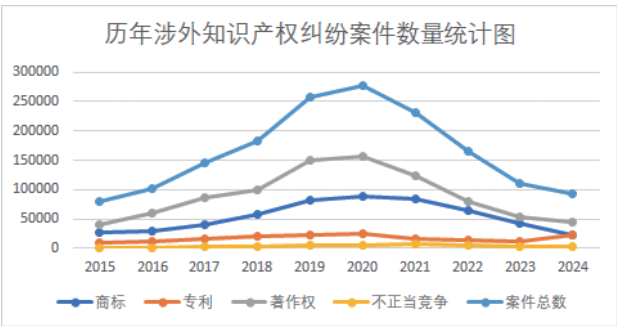
随着知识产权市场交往和技术交流的日益深入, 通信技术领域的标准必要专利开始突破地域限制, 展现出专利许可权利的全球性特征。这一变化促使知识产权领域逐渐出现域外管辖现象。该现象的出现推动了知识产权的发展, 但同样引发了管辖权上的争议。^[1]在法院行使域外管辖权时, 不当扩张特别管辖已成为管辖权冲突的突出表现。这种不当扩张的行为在我国被视为司法“长臂管辖”的典型例证。^[2]

长臂管辖已然成为各国争夺全球科技创新制高点的常见方式。目前禁诉令与反禁诉令是各国应对长臂管辖的主要反制工具, 其虽可起制衡作用, 但存在违背国际司法礼让原则和侵犯他国司法主权的危机。因此, 本文主张谨慎颁发禁诉令, 构建“积极反制—注重谈判”协同机制, 以反禁诉令的防守为主, 辅以强制谈判程序替代司法定价, 以期在避免国际争议的情况下解决长臂管辖危机。

一、中国标准必要专利长臂管辖的现状描述分析

（一）长臂管辖在中国的标准必要专利领域的实践与应用

随着知识产权地域性限制的突破，涉外经济活动日益频繁，涉外知识产权纠纷也相应增加。从2015年至2020年，涉外知识产权案件总数呈现稳步上升趋势。然而，随着国内外法律环境的不断调整与完善，近些年案件数量出现小幅回落。值得注意的是，专利类案件的增长尤为显著：2015年，专利案件占比不足案件总数的20%，而2020年后增速明显加快，至2024年已成为仅次于商标纠纷的第二大类型。这一趋势与全球技术竞争的加剧以及标准必要专利重要性的提升密切相关。与此同时，图表显示“不正当竞争”案件虽占比较小，但其与专利案件之间的潜在关联不容忽视。SEP合规管理的不足可能引发多重法律风险，进一步推高纠纷数量。



> 图1 历年涉外知识产权纠纷案件数量统计图（数据来源：知产宝）

同时，由于标准必要专利涉及多国，多国法院可根据属人管辖、地域管辖及特别管辖规则主张管辖权。当前国际法仍未明确具体的管辖权标准，在各国以属人管辖中延伸出的最低联系原则^[3]、属地管辖延伸出的效果原则^[4]或最密切联系原则作为管辖权依据时，可能导致同一纠纷具备不同管辖权基础，引发平行诉讼。^[5]各国法院在本国领域内对同一案件进行管辖不会冲突，即使出现管辖权竞合，相关国家法院可依国际礼让规则和不方便法院制度主动放弃管辖权。近年来，英国高等法院开启裁决全球费率^[6]的先河，各国法院逐渐倾向于在标准必要专利纠纷中进行域外管辖，作出具有域外效力的裁决，挑战国际礼让规则，构成标准必要专利长臂管辖。

国家 / 地区	禁诉令案件数量
美国	10
中国	9
英国	8
欧盟	7
印度	6

> 图2 2016-2024年审理禁诉令案件国家统计（数据来源：知产宝）

标准必要专利纠纷中的长臂管辖主要以“最低限度联系”原则作为理论基础，通过对案件连接因素扩大解释从而用国内法对域外甚至是全球FRAND（公平、合理、无歧视）许可事项作出裁决。如Unwired Planet公司诉华为公司案^[6]、康文森诉华为及中兴案^[7]中，英国高等法院以专利费率对英国市场具有影响为

由强行裁定全球费率，同时辅以市场准入禁令迫使当事人接受英国法院作出的全球费率。此外，受理法院还可能颁发禁诉令禁止被告向其他法院提起诉讼。这种行为的本质系通过禁令与禁诉令等制度工具达到扩大司法管辖权的目的，强化法院域外效力。然而，近年禁诉令制度在实践中出现异化倾向：一是部分法院颁发禁诉令的正当性存疑，在缺乏“紧密联系”的关键因素下直接干预他国平行诉讼，存在突破国际礼让原则的风险；二是部分法院对我国企业颁发市场禁令迫使我国企业在退出市场和接受过高司法定价间做出选择，以全球费率裁判的方式变相实施技术封锁。此类长臂管辖现象若不进行及时防御，不仅加剧“挑选法院”和“禁诉令与反禁诉令”的博弈，而且使全球科技发展陷入“强国制裁”的危机。

（二）司法层面应对长臂管辖时的立场与裁决策略

在司法层面，法院在面对标准必要专利长臂管辖时管辖权和维护我国企业利益通常是案件审理的核心议题。

从管辖权方面检视，我国法院在标准必要专利的平行诉讼中逐步发展出具有中国模式的涉外管辖标准。在全球费率裁决引发的管辖权竞合背景下，《布鲁塞尔条例I》明确规定了先受理法院原则在平行诉讼中的优先地位。我国司法实践中，虽然先受理法院原则在最大程度上体现了国际礼让规则，能够避免禁诉令等加剧管辖权冲突的激烈手段，^[8]但各国国内法差异导致其在实践中难以有效发挥作用。当事人在选择先受理法院时，往往基于自身利益的考虑，而非该法院是否具备合理的管辖权。这导致我国法院无论是先受理法院还是后受理法院，都可能认定对方法院与案件之间缺乏实际联系，从而不予中止诉讼或承认和执行相关判决，使得先受理法院原则在司法实践中难以发挥积极作用。

从具体审理过程检视，由于FRAND原则并不具备具体的衡量标准，无法直接成为准确的定价规则，因而合理定价是破解FRAND许可费率裁决难题的关键。完善司法定价机制需兼顾专利权人回报和实施者成本。^[9]我国法院采用“直接估值法”，在华为诉IDC案中，中国法院参照国际许可费率并综合专利贡献度定价，即权利人给我国企业的许可费应与给其他国家企业的许可费一致，同时考量行业获利水平、专利数量等因素，综合给出精准的费率。^[10]然而，标准必要专利的虚拟性使得市场可比性大幅降低，精准估值技术存在估值周期长、程序繁琐的难题。亟需构建更具操作性的司法定价裁决机制以解决费率难题。

二、我国应对标准必要专利长臂管辖时存在的问题

（一）管辖标准的适用困境及禁诉令与反禁诉令的选择迷局

先受理法院原则以形式正义为导向，通过提升司法效率和国际礼让维护程序的稳定性，但该原则可能导致部分实质正义的牺牲，为“鱼雷诉讼”和“冲向法院”的现象提供温床。我国立法者已注意到该缺陷在《民事诉讼法》修订中引入“更便利法院原则”作为补充机制，将法院与案件联系的密切程度、审理程序的便利性、判决可执行性等因素作为管辖权竞合时的礼让标准。从

而规避“最低限度联系”原则带来的管辖权扩张风险。^[11]只是这种复合适用在我国也实难发挥理想的作用。首先,先受理原则的司法效率性优势在结合更方便法院原则后被削弱,管辖权竞合时法院需比较本院与外国法院的便利性,增加司法负担;其次,也有学者发现,我国法院基于扩大管辖权的立场,通常不会实际分析相关法院的联系紧密度或便利性,^[12]容易导致制度异化为扩张管辖权的工具,并使我国陷入实施长臂管辖舆论风险。^[13]

同时,我国自2020年起通过颁发禁诉令以强化标准必要专利纠纷的司法主权,此举虽满足了我国维护主权的需要,但却存在如下风险:其一,禁诉令是发源于英美法系的产物,与我国的法律制度并不完全兼容;其二,域外法院注意到我国开始发布禁诉令后,对我国的禁诉令采取反制^[14]。欧盟、加拿大、美国和日本向世界知识产权组织提出磋商,认为我国禁诉令侵害权利人专有权,质疑我国颁布的禁诉令合规性基础。其三,禁诉令攻击性强,易引发激烈管辖权冲突,不利于国际社会的司法安定,德国、法国也因此坚决否定其使用。因此,我国在使用禁诉令时应持审慎态度,优先考虑反禁诉令这种相对柔性的反制手段,以在主权维护和国际司法稳定间达到平衡。

(二) 司法定价机制难以实现精确性的缺陷

标准必要专利纠纷归根结底是许可费的博弈,无论侵权诉讼或反垄断诉讼,最终都在许可条件的制定上进行较量。“目前学界和实务界对于法院定价的方法已经陷入‘探索—否定—再探索’的循环。”^[15]标准必要专利纠纷的核心问题在于许可费率的争议,双方由于无法达成符合心理预期的定价而直接诉诸法院请求司法定价(如图1所示)。

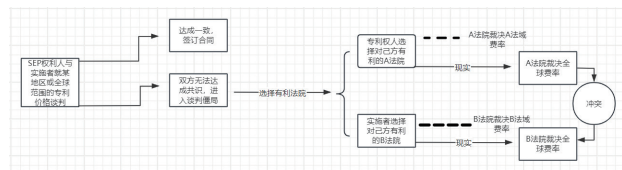


图1 双方陷入谈判僵局后的选择路径

我国企业在标准必要专利纠纷中经常面临这种窘境,我国法院同样也开始进行域外管辖裁决全球费率以保护国内企业的利益,但不同法院的定价代表不同利益,难以令双方满意。法院裁决的根本问题在于双方谈判僵局,而非定价本身。双方提交的“违背FRAND原则的定价”只是幌子,真正问题在于无法认可对方价格。学界对定价方法的研究众多,但法院是否适合充当主要定价角色仍存争议。对此,有观点指出,无论是我国的法院直接估值法还是美国的假想谈判法,法院定价均有不可调和的问题^[16],在市场经济中,市场机制应优先调节市场失灵问题,法院作为第三方应在裁判前积极调停,促进双方谈判来间接促进双方就许可费率达成一致。在协商过程中,法院要做的是发挥其监管作用,防止任一主观恶意地怠慢谈判。当前学界对管辖权冲突的研究多集中于管辖权认定标准和禁诉令制度,较少结合司法定价难题进行分析。完整的应对机制应兼顾管辖权冲突与司法定价问题。

三、中国应对标准必要专利长臂管辖的改善措施

(一) 建立合理的反制机制:以不方便法院原则为管辖标准及禁诉令的理性选择

因先受理法院规则而让渡管辖权的行为与我国目前扩张管辖权的实际需要不符,导致我国法院在争取管辖权时容易自我束缚,^[13]相比之下,不方便法院原则似乎更能实现我国积极扩张管辖权的目标。该原则强调实质正义,要求我国法院在平行诉讼中综合考虑我国法院与案件的联系,通过分析对方法院先受理案件的事实、侵害当事人合法权益的可能性、外国法院的判决是否为我国法院承认与执行以及外国法院与案件的联系密切程度等方面,在对方法院具有长臂管辖之嫌时可以不予承认和执行其判决,并继续审理案件。此外,不方便法院原则是更方便法院原则的负面条件,依据该原则可以在受理法院中推导出本院符合“适当法院”的结果,为我国争取管辖权提供充分的论证基础。

在平行诉讼中积极争取管辖权难以避免平行诉讼的问题,禁诉令确实是在平行诉讼中能有效维护管辖权的反制工具,但其直接损害被申请人的诉讼权利和他国法院的管辖权,多用禁诉令可能使我国陷入长臂管辖滥用的危机,因此,需建立层层审核的禁诉令核查程序,尽可能少用、慎用、非必要不使用。我国在这方面可以借鉴英美国家的思路,改变裁定送达即生效的方式,摒弃简单的行为保全签发程序,增加审核环节,审核的思路可从以下方面依序展开:(1)是否为国际平行诉讼;(2)本院是否具有管辖权;(3)对本国的公共利益是否产生不利影响;(4)国外诉讼是否合理;(5)是否违背国际礼让原则。通过五个“是否”,实现禁诉令制度的谦抑性。

此外,我国应重视反禁诉令的建立,以相对温和的方式维护我国权益。反禁诉令的直接作用是要求申请人撤回禁诉令的申请或已经行使的禁诉令。由此中国法院并不需要直接对外国法院禁诉令行为作出正当性的分析,而应从维护我国司法管辖权的角度对当事人进行规制。在这一框架下,我国法院颁发反禁诉令需满足两个条件:(1)我国法院已受理该诉讼并具备管辖权基础;(2)当事人一方已经向外国法院申请或将请求颁发禁诉令作为威胁另一方当事人妥协的条件。在此基础上,学者张怀印还提出《民法典》正当防卫制度可为颁发反禁诉令所用,^[17]民事正当防卫制度不应在我国成为僵尸条款,未来我国应灵活运用正当防卫制度,探索将其作为反禁诉令的法律基础的方法。

(二) 建立有效的谈判框架:形成“市场自主+法院监管”的谈判思路

由于标准必要专利的标准化,权利人通常在市场占据100%的支配地位,因此在权衡双方的不平等地位以达成合理的许可费结果时,法院应当运用司法力量促进双方在FRAND原则下进行调解,形成“市场自主+法院监管”的谈判框架。

在促进谈判过程时,法院要重视双方在许可费决定上的自愿性、谈判时的善意与积极性,以及谈判的充分性和详实性。具体而言,进入诉讼后,当事人可申请调解,法院也可以主动进行调解,此时法院可以以监管员的身份参与谈判,并引导谈判朝积极

充分的方向进行。在谈判过程中,双方的参与度和积极性是谈判能否取得实质性进展的关键。法院在介入谈判时,并不需要刻意追求双方达成一个精确的定价,而应保护双方谈判时博弈的秩序。因此法院只需划定一个合理的价格区间。此外,诉前谈判效果不佳的原因在于双方普遍认为诉讼所能获得的利益大于谈判。为提高谈判的有效性,应将谈判时双方的整体表现与判决结果直接关联,以警示双方当事人谈判的重要性。北京市高级人民法院《专利侵权判定指南(2017)》和广东省高级人民法院《关于审理标准必要专利纠纷案件的工作指引中的过错认定标准》中的过错认定条款虽然是针对禁令救济的规定,但因其考量的因素与谈判效果密切相关,亦可作为谈判效果的参照标准,由法院作为监管员分析并记录谈判过程中的过错程度。尽可能最大程度地避免因

司法判决带来的管辖权冲突问题,从而化解外国长臂管辖所带来的影响。

四、结束语

面对国际技术竞争的紧张局势,我国应当重视不方便法院原则和建立禁诉令使用的审核机制,完善反禁诉令制度,并将重心从禁诉令制度逐渐转至反禁诉令制度。在司法上,我国司法机关应当尽可能促进双方当事人和解,提供多样的谈判方式,将司法定价后置。管辖权与我国主权息息相关,长臂管辖已经出现危害我国司法主权和我国企业合法利益的负面效应,尽快完善应对体系是应有之义。

参考文献

[1] 张鹏. 跨境知识产权侵权纠纷的域外法律适用[J]. 知识产权, 2024,(01):106-126.

[2] http://www.gov.cn/zhengce/2018-09/24/content_5324957.htm#allContent.

[3] Gary B. Born, International Civil Litigation in the United States, New York: Wolters Kluwer, 2007.

[4] 肖永平. “长臂管辖权”的法理分析与对策研究[J]. 中国法学, 2019,(06):39-65.DOI:10.14111/j.cnki.zgfx.2019.06.004.

[5] 阮开欣. 涉外知识产权诉讼管辖权的地域限制——以标准必要专利纠纷管辖权冲突为切入点[J]. 清华法学, 2023,17(02):162-178.

[6] Unwired Planet Intl. Ltd. v. Huawei Techs. Co. Ltd., [2018] EWCA Civ 2344

[7] Conversant V Huawei&ZTE, England and Wales Court of Appeal, [2019]EWCA Civ 38.

[8] Campbell McLachlan, Lis Pendens in International Litigation, 336 Recueil des Cours 216, 274-275 (2008).

[9] 刘嘉明. 标准必要专利定价困境与出路——“法院—市场主体”二元复合解决模型的构建[J]. 法学杂志, 2021,42(01):121-131.DOI:10.16092/j.cnki.1001-618x.2021.01.012.

[10] 广东省高级人民法院关于审理标准必要专利纠纷案件的工作指引(试行)[J]. 竞争政策研究, 2018,(03):98-101.

[11] 黄薇. 中华人民共和国民事诉讼法修改决定释义[M] 中国法制出版社, 2023.62-65

[12] 黄志慧. 人民法院适用不方便法院原则现状反思——从“六条件说”到“两阶段说”[J]. 法商研究, 2017,34(06):156-165.DOI:10.16390/j.cnki.issn1672-0393.2017.06.019.

[13] 黄志慧. 我国协调国际平行诉讼的立场与方法——民事诉讼法第281条之体系解读[J]. 法学研究, 2024,46(04):205-224.

[14] The Tribunal de Grande Instance of Paris, case no RG 19/59311 of 8 November 2019.

[15] Campbell McLachlan, Lis Pendens in International Litigation, 336 Recueil des Cours 216, 274-275 (2008).

[16] 丁文联. 专利劫持与反向劫持: 裁判定价或谈判定价[J]. 竞争政策研究, 2015,(02):13-15.

[17] 张怀印. 德国标准必要专利诉讼中的反禁诉令制度及其启示[J]. 知识产权, 2023,(06):69-85.

