

应用统计 与数据科学

Applied Statistics and Data Science



ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.

(517 666 0904)

263 S KENWOOD ST 560

CASPER, WY 82601

Copyright © 2026 by ART AND TECHNOLOGY PRESS INC. (United States)

Complimentary Copy



ART AND TECHNOLOGY PRESS INC.
(United States)

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
auantitative 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

应用统计与数据科学

Applied Statistics and Data Science

第2卷 第7期 2026年7月刊

主办单位: ART AND TECHNOLOGY 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: 263 S KENWOOD ST 560

CASPER,WY 82601

网 址: <https://arttechpress.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。



管理统计 | MANAGEMENT STATISTICS

- 001 运城历史村落遗产保护与旅游开发协同策略研究
——以永济市西厢村为例 闫怡, 王临杰
Research on the Coordinated Strategy of Heritage Conservation and Tourism
Development of Historic Villages in Yuncheng — A Case Study of
Xixiang Village, Yongji City Yan Yi, Wang Linjie
- 007 基于 AHP 的农村物流配送网点选址分析 任怀腾
Analysis of Rural Logistics Distribution Network Site
Selection Based on AHP Ren Huaiteng
- 013 出口退税风险管理及合规筹划在纺织服装行业的应用 郑华
Application of Export Tax Rebate Risk Management and Compliance Planning
in the Textile and Apparel Industry Zheng Hua

统计与教育教学 | STATISTICS AND EDUCATION TEACHING

- 017 统计学虚拟教研室育人模式创新与探索 王小刚
Construction and Practice of Virtual Teaching-Research Unit for
Statistics Discipline Wang Xiaogang
- 021 产教融合视域下《机器学习方法》课程决策树教学
案例设计与实践 丁昊宇, 曹名杨, 张可奕, 姜荣
Design and Practice of an Industry-Education Integrated Decision Tree Teaching
Case for the Undergraduate Course Machine
Learning Methods Ding Haoyu, Cao Mingyang, Zhang Keyi, Jiang Rong
- 025 以线性方程组为中心诠释线性代数核心概念 刘海
Illustrating the Core Concepts of Linear Algebra in Terms of Linear Equations Liu Hai
- 031 美术疗愈在大学生心理健康教育中的应用模式探索 朱欣彤, 李瑜琪, 洪曼娜
Exploring the Application Model of Art Therapy in College Students'
Mental Health Education Zhu Xintong, Li Yuqi, Hong Manna

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

- 034 基于半参数变换模型的右删失生存数据纵向联邦统计学习 张欣然, 李建波
Vertical Federated Statistical Learning for Right-Censored Survival Data
Based on Semiparametric Transformation Models Zhang Xinran, Li Jianbo
- 040 基于多模态对比学习的短视频虚假信息早期识别方法 程浩天
Early Detection of Misinformation in Short Videos Based on Multimodal
Contrastive Learning Cheng Haotian
- 044 智能感知技术在生活服务场景自动化管理中的实践应用分析 廖靖康
Practical Application Analysis of Intelligent Perception Technology in the Automated
Management of Life Service Scenarios Liao Jingkan

统计方法及应用 | STATISTICAL METHODS AND APPLICATIONS

- 047 知识转化理论视角下研究生课程教学质量
的量表开发与验证 潘莉, 徐欣悦, 冯诗佳, 徐松鹤
Development and Validation of a Scale for Measuring the Teaching Quality of
Graduate Courses from the Perspective of Knowledge
Transformation Theory Pan Li, Xu Xinyue, Feng Shijia, Xu Songhe

- | | | |
|-----|---|--|
| 058 | 中国农业农村现代化的统计测度和时空演变特征
Statistical Measurement and Spatiotemporal Evolution Characteristics of
Agricultural and Rural Modernization in China | 周靖洁, 林婉荧, 旷开金
Zhou Jingjie, Lin Wanying, Kuang Kaijin |
| 066 | 马克思精神交往研究的现状及趋势分析——基于 CiteSpace 的可视化分析
Current Status and Trends of Research on Marx's Mental Intercourse: A CiteSpace-Based Visual Analysis | 邹思仪, 林晓珊
Zou Siyi, Lin Xiaoshan |
| 072 | 基于置换检验的高校学生防诈骗认知与需求实证研究
Empirical Study on Anti-Fraud Cognition and Prevention Needs Among University Students Based on Permutation Tests | 陈依勤, 黄惠婷
Chen Yiqin, Huang Huiting |
| 077 | 社会支持网络视角下乡村独居老人互助养老困境及优化路径——以烟台市村庄实地调查为例
The Dilemma and Optimization Path of Mutual Support for the Elderly Living Alone in Rural Areas from the Perspective of Social Support Network
— Taking the Field Investigation of Villages in Yantai City as an Example | 陈炫逸
Chen Xuanyi |

运城历史村落遗产保护与旅游开发协同策略研究

——以永济市西厢村为例

闫怡, 王临杰

运城学院 文化旅游系, 山西 运城 044000

DOI:10.61369/ASDS.2026070001

摘要： 运城作为华夏文明的重要发祥地，拥有许多蕴含深厚历史文化底蕴的古村落。这些村落既承载着丰富的遗产，同时也面临着许多现实困境。以永济市西厢村为个案，通过实地调研，梳理该村在村落遗产保护与旅游开发方面的现状；并指出当前村落遗产面临修缮资金短缺、专业人员欠缺、代际传承断裂、游客深度体验项目欠缺等问题；进而系统提出以遗产保护为核心、社区参与为基础、文化叙事为驱动的历史村落遗产保护与旅游开发的协同策略。

关键词： 历史村落；西厢村；遗产保护；旅游开发；协同策略

Research on the Coordinated Strategy of Heritage Conservation and Tourism Development of Historic Villages in Yuncheng — A Case Study of Xixiang Village, Yongji City

Yan Yi, Wang Linjie

Department of Culture and Tourism, Yuncheng University, Yuncheng, Shanxi 044000

Abstract： As an important birthplace of Chinese civilization, Yuncheng boasts numerous ancient villages with profound historical and cultural deposits. Bearing abundant cultural heritage, these villages are confronted with diverse practical dilemmas. Taking Xixiang Village of Yongji City as a case, this paper sorts out the current status of heritage preservation and tourism development in the village through field investigation. It identifies prominent challenges including insufficient funds for renovation, shortage of professional talents, broken intergenerational inheritance, and a lack of in-depth experiential tourism programs. Furthermore, this study systematically proposes a coordinated strategy for heritage conservation and tourism development of historic villages centered on heritage protection, rooted in community participation and driven by cultural narration.

Keywords： historic villages; Xixiang Village; heritage conservation; tourism development; coordination strategy

引言

历史村落是镌刻在地脉之上的活态中华文明遗产，凝结着世代先民营建智慧、乡土礼制、民俗文脉与生产技艺。它留存传统民居形制、宗族脉络、农耕文明印记，既是地域传统文化的实物载体；也是人与自然和谐共生的营造范本。

学界对于历史村落遗产保护与利用的研究非常丰富。孙华（2015）^[1]、程叶青（2024）^[2]等从整体分析中国传统村落保护和利用的理论基础；吴开松（2022）^[3]、沈稚燕（2023）^[4]、胡晓宇（2024）^[5]等学者结合某种理论、某种视野或视角进行研究。关于个案村落的具体保护和利用实践的研究也有很多，如李伯华等（2023）以江永县兰溪村为例，指出居民在文化遗产保护与活化实践中的重要价值^[6]，黄敏（2024）探讨桂峰村保护与传承发展的新路径^[7]，朱民（2024）探讨了江西金溪县竹桥古村的保护措施^[8]。崔苏苏（2025）探讨了活态遗产视角下福建省河坑村的保护措施^[9]。

运城位于晋南，是中华文明发源地之一。悠久的历史积淀造就了数量众多、种类丰富的历史村落。对运城历史村落遗产的研究，学者们多以村落空间分布为主，个别涉及乡村文旅发展的策略与旅行产品对村落开发的影响。如兰鹏飞等（2018）以入选中国传统村落名录的20多个传统村落为研究对象，采用GIS方法与不平衡指数法对传统村落空间分布与影响因素进行研究^[10]。孙宾等（2023）基于

基金项目：2025年度运城市“1331工程”旅游管理重点学科项目“遗产廊道视野下运城历史村落遗产保护与利用研究”（XK250201）。

作者简介：

闫怡，运城学院文化旅游系，助教，研究方向为历史聚落地理、乡村旅游；

王临杰，运城学院文化旅游系，本科生，研究方向为乡村旅游。

SWOT-QSPM 模型研究运城城市乡村文旅发展的战略^[11]。刘东材等（2024）阐述了研学旅行产品在传统村落开发过程中的重要性^[12]。

综上，已有研究侧重历史村落遗产保护与利用的理论与实践研究，多基于某个理论或某种视野进行，但是，对运城历史村落的个案研究非常少。位于运城市西南部的永济市西厢村因为《西厢记》这部经典文学作品而闻名，村内有普救寺等许多历史遗迹，具有神圣性和乡土性的双重特点，学界目前缺少对该村落遗产的保护与开发研究。

基于此，本文以西厢村为研究对象，从遗产价值、保护现状、开发困境等方面进行分析，寻找出适合本地区保护与开发的协同策略，给运城以及其他区域同类型历史村落的可持续发展提供理论参考和实践借鉴。

一、西厢村概况及其文化遗产价值

（一）西厢村概况

西厢村位于山西省运城市永济市蒲州镇，地处黄河东岸，中条山北麓，地理坐标大致为东经110° 15'，北纬34° 50'。村庄地形由东向西倾斜，村庄东靠中条山，西临黄河，北连蒲州古城，南望风陵渡，整体地势较高，自然环境好，山水布局特别。受流水长期切割，周边形成了沟壑纵横的黄土冲沟。村落与核心建筑普救寺呈高低错落、逐级升高的立体布局。

村落选址体现了中国传统的依山傍水营建思想，背靠中条山可以避风向阳，面向黄河便于取水灌溉，形成了良好的生态环境。村域内地势平坦，土壤肥沃，适合农耕，是古代人口聚居的地方。

西厢村的历史可以追溯到隋唐时期，因为唐代著名的佛寺普救寺而闻名。普救寺建于隋代，唐时扩建为河东地区的佛教中心，作为千年古刹，见证了佛教在河东地区的传播与发展。寺内现存的舍利塔（莺莺塔）是明代建筑，是目前世界上保存最完整的中国四大回音建筑之一，具有很高的建筑艺术价值。与此相关的爱情文化典籍《西厢记》是中国古典爱情文学的巅峰之作，西厢村因此成了爱情文化的象征地。西厢已经不再只是地理上的一个名称，它已经成为美好爱情的象征，给村落赋予了特别的文化意义。

此外，西厢村还存在着许多传统的乡土文化，即传统的民居建筑、传统的农耕生产方式、传统的民间节庆习俗、传统的地方戏曲等，都表现出了晋南地区传统村落的生活方式及文化特色。蒲剧、眉户等地方戏曲里保存的有关《西厢记》的剧目，是精英文化与民间文化相互融合共生的鲜活体现，也是村落活态文化传承的重要内容。

（二）核心文化遗产资源及其价值

1. 核心文化遗产资源

（1）物质文化遗产

西厢村的物质文化遗产主要包括以下三大类别。①普救寺建筑群。普救寺是西厢村最核心的物质文化遗产，有山门、钟楼、鼓楼、大雄宝殿、西厢书院、莺莺塔等。舍利塔高36.76米，平面为八角形，十三层密檐式砖塔，具有很强的声学效果，塔内击石有如蛙鸣，是建筑史上的一大奇观。普救寺于1965年被列为山西省重点文物保护单位，后来又升格为全国重点文物保护单位，它的保护级别及价值也得到了官方的认可。②传统民居。该村保

存有少量晋南传统民居，大多为明清时期的建筑，用砖木结构建造，院落布局以四合院为主，体现出晋南地区的建筑风格和营造技艺。部分民居还保存着精美的砖雕、木雕、石雕装饰，是晋南传统民居营造技艺的实物见证。但是由于保护投入不够，一些传统的民居出现了衰败的迹象，需要采取保护措施。③历史街巷。街巷格局大体上保留了传统的肌理，主街东西走向，通向普救寺和村落主体，小巷纵横交错，呈网状。街巷两侧分布有古井、古树等历史环境要素，这些要素虽然不像建筑那样宏大，但是它们是村落公共空间和村民日常生活的重要载体，承载着丰富的集体记忆。

（2）非物质文化遗产

西厢村的非物质文化遗产主要包括以下三类。①《西厢记》及相关传说与戏曲文化。这类内容在村里代代口耳相传，沉淀为全体村民共有的集体文化记忆。蒲剧、眉户等本土地方剧种留存诸多与《西厢记》相关的经典剧目，构成这一文化活态传承的鲜活载体。各类民间传说与戏曲演出，既丰富了乡村群众精神文化生活，也让《西厢记》文化在乡土社会延续、不断实现本土化再创作。②传统节庆习俗。村内不仅延续着春节社火、元宵灯会等传统节日活动，还保留着庙会、祭祀等民间信仰活动。其中，普救寺庙会历史悠久，是集宗教活动、商贸交易、民间娱乐为一体的综合性民俗活动，展现了村落社会的组织方式及公共生活场景。③传统技艺。晋南传统民居营造技艺、砖雕木雕技艺、地方饮食制作技艺等，体现的是村民的生活生产智慧以及审美取向。这些传统技艺存在断代危险，必须依靠人才培养、技艺展示、发展文创等途径来实施活态保护。

2. 核心文化遗产价值

（1）历史价值

西厢村是千年古村，也是晋南地区的历史变迁见证。普救寺兴废体现佛教在河东地区流传过程，村落形成发展体现传统社会组织形式与生产生活方式，传统建筑、街巷格局保存了明清时期晋南村落物质形态，有重要的历史见证价值。从长时段的历史角度看，西厢村的历史价值不单是它的遗存年代久远，更是它作为区域社会历史变迁的缩影，给研究晋南地区历史发展提供珍贵的实物资料。

（2）文化价值

西厢村的核心文化价值就是对《西厢记》文化进行活态传承。西厢村作为中国古典爱情文学的代表性物质载体，把文学作品和真实的空间结合起来，使抽象的文化意象具体化、在地化，

形成了独特的文化景观，文化景观的形成是文学经典和地理空间相互作用的结果，体现了中国文化里“文借地传、地以文显”的独特传统。村内留存着丰富珍贵的地方文化，这是高雅文化与乡土文化相互融合的结果。文化积累、多元共存的特性使西厢村的文化价值具有多重意义。

（3）旅游与经济价值

西厢村旅游资源丰富，有较高的旅游开发价值。普救寺属于知名的历史遗迹，具备较强吸引力，而《西厢记》文化有广泛的知名度及情感上的共鸣，容易开发成旅游产品，传统村落的风貌以及乡土文化能满足游客深层次的体验需求。合理的开发利用可以给当地带来可观的经济收益，促进村民增收和乡村发展。但是旅游开发要以保护遗产真实性、完整性为前提，不能因为商业化的需要而破坏村落文化生态。在挖掘旅游和经济价值的基础上，要建立可持续的收益分配机制，使村民能够公平地分享旅游发展的红利。

二、西厢村遗产资源保护与旅游开发现状

关于西厢村遗产资源保护与旅游开发的现状，主要通过分层抽样的方法对西厢村本地居民和游客两类群体进行调查。问卷涉及基本信息、文化遗产保护认知与评价、文化了解程度与保护措施满意度、旅游体验与消费行为、旅游发展态度与支持度、传播认知与利益感知和开放建议七大方面。此次调研时间为2026年1月到2026年3月。运用主流社交平台推送问卷，并借助专业平台完成数据的收集与整理。

此次调研共收回问卷247份，其中居民有效问卷108份、游客有效问卷124份，共计232份，问卷有效率约为94%。

（一）西厢村遗产资源保护现状分析

1. 物质文化遗产保存状况

西厢村现存的遗产资源以普救寺为中心，周边有蒲州古城遗址、古戏台、一些传统民居院落。普救寺是国家级文物保护单位，近几年来经过多次修缮，主体结构保存完好。但是由于村内传统民居院落产权不明、维护资金不足，保存情况参差不齐。

据调研数据（见表1），共有50.4%的受访者认为古建筑保存状况为基本完好及以上，有49.6%的受访者认为存在明显的破损。居民群体中认为“破损较严重”或者“损毁严重”的比例合计为53.7%，比游客群体高1.7个百分点，说明长期居住在村里的人对于建筑老化问题的感受更加直接、敏感。

表1：居民与游客对西厢村古建筑保存状况的评价对比

评价选项	居民（n=108）	游客（n=124）	合计（n=232）
保存完好	7.4%	9.7%	8.6%
基本完好	38.9%	44.4%	41.8%
破损较严重	40.7%	33.9%	37.1%
损毁严重	13.0%	12.1%	12.5%

2. 非物质文化遗产传承现状

西厢村非物质文化遗产主要包括《西厢记》相关口述传说、蒲剧表演、庙会民俗及传统手工艺等。调查显示，非遗传承面临代际断层问题较为突出。

据调研数据（见表2），90.1%的受访者认为非遗传承存在不

同程度上的困难。居民和游客的认知分布大部分一样，但是居民认为濒临失传的比例高于游客，说明村内群体对于本土文化传承危机的紧迫感要强于游客。结合一些村民的口述材料可知，目前蒲剧表演队伍平均年龄超过55岁，庙会活动参与人数比十年前下降了大约60%。

表2：西厢村非物质文化遗产传承情况认知

传承评价	居民（n=108）	游客（n=124）	合计（n=232）
传承良好，有稳定传承人	10.2%	8.1%	9.1%
传承一般，传承人老龄化	43.5%	47.6%	45.7%
传承困难，年轻人参与度低	33.3%	33.9%	33.6%
濒临失传，几乎无人传承	13.0%	10.5%	11.6%

3. 文化遗产保护措施满意度

从整体满意度分布来看，西厢村文化遗产保护的整体认可程度并不算理想，仅三成多受访者对当前保护工作给出正向好评。

调查数据显示（表3），居民和游客总体的满意率（即“非常满意”和“比较满意”的总和）为38.4%，居民满意率为43.5%，游客满意率为33.8%，游客的满意度明显低于居民。游客群体中选择不太满意的有27.4%，比居民高出很多。由此可以看出游客对于保护成效的期望值较高，但是目前的保护工作在可视性、解说系统以及环境整治等方面还没有达到游客的预期。

表3：居民与游客对西厢村文化遗产保护措施满意度

满意度等级	居民（n=108）	游客（n=124）	合计（n=232）
非常满意	7.4%	5.6%	6.5%
比较满意	36.1%	28.2%	31.9%
一般	38.0%	38.7%	38.4%
不太满意	13.0%	18.5%	16.0%
非常不满意	5.6%	8.9%	7.3%

（二）西厢村旅游开发现状分析

1. 游客来源与认知渠道情况

从游客来源地数据可以看出，西厢村的客体来源范围比较均衡，省外游客占比最高，省内跨城市、运城本地及周边地区游客占比依次递减，说明村落文旅吸引力已经突破本地圈层，具备跨区域传播的潜力，但本地及周边近地客源仍有较大挖掘空间。

据调研数据（见表4），省外游客所占比例为33.9%，说明西厢村有较强的跨省旅游吸引力。从渠道上看，网络媒体选择率为68.5%，是主要的信息来源，说明数字化传播对于客源的拓展起着决定性的作用。但是传统的口口相传和学校教育渠道所占比例较低，说明本地文化教育的渗透力还需要提高。

表4：游客来源地分布及了解渠道（多选）

来源地	占比	了解渠道	选择率
永济市本地	22.6%	网络媒体（短视频、公众号等）	68.5%
运城市其他区县	19.4%	旅游宣传 / 景区讲解	52.4%
山西省内其他地市	24.2%	长辈 / 村民口口相传	30.6%
山西省外	33.9%	书本 / 学校教育	21.0%

2. 文化体验参与情况

文化体验与非遗民俗的游客参与度，是衡量历史村落文化活

化成效、检验文旅开发深度与文化遗产活力的关键标尺。为精准把握西厢村不同人群对本土民俗活动、非遗项目的实际融入状态与参与意愿，本次调研从多次参与、偶尔参与、未参与但感兴趣、未参与且无兴趣四个维度，分别对本地常住居民与外来到访游客开展差异化数据统计，具体调研结果如下表5所示。

表5：居民与游客对民俗活动及非遗体验的参与情况			
参与频率	居民（n=108）	游客（n=124）	合计（n=232）
多次参与	28.7%	12.1%	19.8%
偶尔参与	44.4%	38.7%	41.4%
未参与但感兴趣	20.4%	41.9%	31.9%
未参与也不感兴趣	6.5%	7.3%	6.9%

由表5可知，居民“多次参与”的比例为28.7%，比游客的12.1%要高得多，这是由于居民日常生活融入程度较高导致。值得注意的是游客中“未参与但是感兴趣的”占总人数的41.9%，说明存在很大的体验需求没有得到满足。目前西厢村民俗活动以季节性庙会为主，日常性、互动性体验项目较少，造成游客实际参与率低。

3. 旅游发展支持度

农文旅一体化融合发展，是传统古村落盘活乡土资源、实现文化遗产活态传承与乡村经济振兴协同推进的核心路径。为全面掌握不同群体对西厢村农文旅一体化未来建设的真实看法与立场，本次面向居民与游客开展专项态度问卷调查，相关统计结果详见表6。

表6：居民与游客对“农文旅一体化”发展模式的态度			
态度选项	居民（n=108）	游客（n=124）	合计（n=232）
非常支持	25.9%	31.5%	28.9%
比较支持	39.8%	42.7%	41.4%
中立	21.3%	17.7%	19.4%
不太支持	9.3%	5.6%	7.3%
坚决反对	3.7%	2.4%	3.0%

据表6，居民和游客整体支持率为70.3%，游客支持率比居民支持率高。居民中选择“不太支持”或者“坚决反对”的比例合计为13.0%，比游客的8.0%要高得多。这体现出居民对于旅游开发所带来生活影响、利益分配等各方面存在的更多顾虑，并不是单纯地反对开发本身。

三、西厢村遗产资源保护与旅游开发存在的问题

（一）遗产资源保护层面的问题

1. 修缮资金短缺且专业人才匮乏

根据调查结果，文化遗产保护面临的主要障碍包括资金不足和专业人才缺失，其中居民对资金问题更为敏感。以普救寺为例，作为国家级文保单位，近年来获得专项修缮资金，主体结构保存较完整。但村内大量传统民居院落不在文保名录内，长期缺乏专项资金。这些砖木结构民居在自然风化和日常使用下，墙体开裂、木构件腐朽严重，居民自筹修缮能力极弱，部分院落因长期空置已坍塌。专业人才缺失使修复工作雪上加霜，当地掌握传统工艺的工匠人数稀少、年龄偏大，年轻劳动力外流导致传统营造手艺濒临失传。同时，由于缺乏专业技术指导，部分修复工程

出现“修得像新的一样”的现象，对遗产造成二次损害。资金与人才的双重困境，正威胁着大量未列入文保名录的传统建筑存续。

2. 非遗传承面临代际断裂风险

据调查数据，有九成的被访者认为西厢村非遗传承存在着不同程度的困境，其中认为“传承一般、传承人老龄化”的比例是45.7%，而“传承困难、年轻人参与度低”的比例是33.6%。居民群体中选择“濒临失传”的比例为13.0%，比游客群体的10.5%要高。据村民口述所知，蒲剧表演队伍中，60岁以上的占一多半，40岁以下的只有三人。掌握过《西厢记》相关口述传说的多为70岁以上的老人，年轻一辈对于传说的了解只是“张生和崔莺莺”的大致故事，那些细枝末节的内容以及地方上的不同说法鲜为人知。庙会活动虽然每年举行，但是参与人数比十年前减少了大约六成，而参与的人主要是中老年人。出现这种局面的原因为非遗传承缺少制度保证，传承人的认定和补贴制度不完善；年轻人在城乡之间流动，对自己家乡文化的认同和归属感降低；老手艺跟现代生活脱节，蒲剧这种表演形式和现在年轻人的审美口味合不来。

3. 村民保护意识薄弱且保护措施不完善

在诸多问题当中，村民保护意识薄弱最显著，选择率为71.6%，居民对这个问题的认同比例是75.9%，比游客群体的67.7%要高，这个数据能反映出部分村民缺少保护意识，但知道归知道，真正落实到保护行动上却很少。从实地了解的情况来看，一部分村民新建或者新建住房的时候就直接选用现代的建材，而不使用老式的砖木，这使得村子原先统一的老建筑风格被破坏掉。一些村民还在院落内乱堆乱放杂物、未经批准私自搭建违章建筑，对古建筑外观及安全造成影响。另外，村民对于文化遗产价值的看法大多集中在经济层面，对于遗产本身的深厚历史文化内涵没有太深刻的认识。

具体到保护措施，游客和居民整体的满意度为38.4%，游客满意率33.8%，居民满意率43.5%。居民的满意度高于游客，显然有超过一半的居民认为“一般”“不太满意”或者“非常不满意”，具体不满之处有修缮工程进度慢、日常巡查监管不到位、文化阐释和解说系统不健全等。

（二）旅游开发运营层面的问题

1. 游客体验深度不足且参与转化率低

数据显示游客中“从未参加但有兴趣的”占41.9%，多次参加或者偶尔参加的只占50.8%。这就意味着近一半的游客有参与民俗活动、非遗体验的意愿，但是并没有真正地参与到活动中来。同时，愿意付费的比例为53.2%，视情况而定的占37.1%，潜在消费群体大，但是没有被有效激活。造成该问题的直接原因就是体验产品供给不足。目前西厢村的文化体验项目主要是普救寺观光和季节性的庙会活动。日常性、互动性、沉浸式的体验项目很少。游客参观完普救寺之后没有其他可以参与的文化活动，平均停留时间不到3小时，过夜游客比例小于15%。在开放建议中，很多游客都提出“除了寺庙之外没有什么可做”的看法，“没有可以动手参与的项目”也成为了普遍意见。

从产品设计角度来讲，现有的体验项目有重展示、轻参与的

倾向。蒲剧表演为单向观看模式，缺少教学互动环节；手工艺展示多为成品陈列，游客不能亲手制作；《西厢记》文化阐释以静态展板、解说词为主，没有开发沉浸式或者游戏化的产品。这与74.1%受访者选择“沉浸式体验”作为吸引年轻人的关键方式的调查结果形成明显落差。

2. 旅游产业链条较短且经济效益外溢有限

据表4，省外游客占总游客数的33.9%，说明西厢村有较强的客源吸引力。但是旅游产业链条没有得到有效延伸，主要收入来源仍然是门票，二次消费所占比例不到30%。餐饮、住宿、购物、研学等业态发展滞后，村内正规民宿只有4家，总床位数不到80张，以家庭旅馆为主，没有主题化、品质化的产品。

游客消费结构单一造成两个结果。第一，旅游收入主要依靠门票经济，抗风险能力差。淡旺季落差大，旺季（4月至10月）游客量占全年75%以上，淡季设施利用率超过60%。第二，经济效益向村民的扩散很有限。除少数经营餐饮、民宿的户外产品外，大部分村民并没有从旅游发展中直接受益。问卷调查中居民对“农文旅一体化”的支持率为65.7%，低于游客的74.2%，主要是因为利益分配机制尚未建立。

3. 传播渠道集中于线上且传播内容深度不足

表4中可以看出，68.5%的游客都是通过网络媒体（短视频、公众号等）了解到西厢村的，数字化传播成了游客获取信息的主要途径。但传播的内容主要是风景展示与故事简介，没有对文化遗产的内涵与价值进行深度阐述。短视频平台上关于西厢村的内容大多为15秒到30秒的打卡式视频，文化阐释类、技艺展示类、研学教育类的内容所占比例比较小。

浅传播模式虽然可以迅速吸引流量，但是很难形成文化认同与品牌忠诚度。据表1，只有50.4%的受访者认为古建筑保存状况是基本完好以上的，但是非常了解西厢村文化的人只占了12.6%，比较了解的人占了34.3%，深度认知不足的问题十分明显。传播内容同受众认知深度之间存在着“漏斗效应”，即很多受众知道西厢村，但是真正认识其文化价值的很少。

（三）社区参与与治理层面的问题

1. 居民与游客认知错位引发张力

游客对于过度商业化是最担心的，此项选择占总样本量的50.0%，比居民多出了16.7个百分点，居民对于保护措施满意程度也比较高，占总样本量的43.5%，比游客多了9.7个百分点。居民认为“村民意识薄弱”是问题的比例（75.9%）比游客（67.7%）高，但是没有转化为更高的参与度。

实地访谈中居民提出大部分要求都集中于基础设施上，即停车位不足、垃圾清运不及时等，对于生活问题的期望值也较高，希望优先聘用当地居民、提高征地补偿标准。游客反映的问题主要是体验质量，即商业化气息重、原生态缺乏、商品雷同。两类诉求之间存在结构性矛盾，居民希望增加经营性业态来提高收入，游客担心过度商业化破坏体验。

2. 社区参与机制缺失与利益分配不明

从调查数据可知，居民对于农文旅一体化的支持率是65.7%，低于游客的74.2%，居民中选择不太支持或者坚决反对的比例合

计为13.0%，远高于游客的8.0%。支持率低同居民在旅游发展中所起的作用、得到的获得感差存在直接联系。目前西厢村旅游开发以景区管理公司为龙头，村集体和村民参与途径较少。景区用工中本地村民占到40%左右，但是大部分是保洁、保安等基础岗位，管理岗和技术岗都是外来人员。旅游收益分配上没有形成制度化的村集体分红机制，村民只能依靠个体经营餐饮、民宿、摊位或者务工来获取收入，并且还存在着和外来商户竞争的问题。村民保护意识薄弱被列为首要问题，虽然客观上反映了现实，但是也提示了一个问题，即当村民没有从保护中得到收益的时候，保护的积极性就会受到限制。保护责任与开发收益之间存在的不对等，是意识问题深层次的制度原因。

3. 商业化管控缺位与原真性保护压力

数据显示，有42.2%的受访者认为目前存在的主要问题就是过度商业化开发破坏了原真性，游客选择率（50.0%）明显高于居民（33.3%）。差异说明游客属于外部观察者，对于商业化给文化氛围造成的破坏更加敏感。

实地调查表明，普救寺周围以及村内主要道路两旁的商业摊位较多，出售的商品主要是通用旅游纪念品，与《西厢记》文化联系不大。一些商户用高音喇叭招揽顾客，与古寺庄重的气氛不符。另外新建建筑的体量、色彩、材质同原有村落风貌不协调，有“建设性破坏”的危险。目前西厢村还没有形成明确的商业管控机制。核心保护范围、建设控制地带、环境协调区的边界划分不清楚，商业业态的准入标准、数量上限、外观要求等没有具体规定。审批权限分散，没有形成统一的协调机构，造成商业化进程处于放任的状态。

四、西厢村遗产资源保护与旅游开发协同策略

（一）构建多元投入机制并实施在地人才培养计划

资金来源上，申请省级以上文物保护专项资金，制定西厢村传统民居五年修缮规划，确定每年修缮的优先顺序，优先处理结构安全风险最大的几处院落。从普救寺景区门票收入中拿出至少15%的资金成立村落保护专项基金，村集体和景区管理公司共同管理。探索社会资本参与路径，采用认养文物的方式，吸引企业或者个人出资修缮，作为回报，给他们冠名感谢或者一段年限的使用权。

人才培养方面，和运城学院及省内其他高校的相关专业建立定点实习基地，每年选派一定数量的实习生做测绘、记录、监测之类的社会实践。开展“本土工匠寻访与培育”项目，对那些懂得老式营造手艺的工匠进行登记，为他们建立档案，并给予技艺传承补贴。同时面向村民开设修缮古建的培训班，培训内容为木工、瓦工、油漆等基本工艺，考核通过后加入修缮队。一季度开展一次村民遗产保护培训，主要涉及内容为保护法律法规、防火防盗措施、日常巡查要点等，考核合格的村民当兼职巡查员，并给予一定补贴。

（二）实施“非遗活化+青年共创”传承计划

开发出以《西厢记》为背景，设置在普救寺及周边的传统民居里，用蒲剧唱段做剧情任务的沉浸式剧本杀项目，故事主线为张

生和崔莺莺。寒暑假的时候可组织“青年非遗研学营”，主要学习内容为蒲剧唱腔与身段学习、剪纸与面塑制作、《西厢记》传说收集整理相关课程内容，可以鼓励学员在学业完成后制作出有自己特色的视频作品。通过“非遗传承人+青年学徒”结对的办法，鼓励青年学徒跟着传承人学习蒲剧或者传统技艺，可适当给予补贴，学习结束后经过考核合格的纳入非遗传承后备库。另外，联合专业的文创公司设计“西厢”系列类文创产品，比如戏曲脸谱书签、传说故事手账本、剪纸材料包等，在景区商店和线上平台销售。此外，还可以运营西厢非遗官方短视频账号，每周发布内容，涵盖传承人故事、技艺展示、研学中的花絮等，慢慢积累粉丝。

（三）建立“宣传教育+制度约束”双轨意识提升机制

每季度举办一次“西厢文化讲堂”，请文化学者或者传承人讲解普救寺的文化内涵、古建价值、非遗保护意义等，并将村民参与情况作为文明家庭评选的参考。在村内设置文化解说牌，用图文结合的方式，介绍每一处建筑或者遗迹的历史信息和保护要求。组织中小学生开展“我是西厢小讲解员”活动，在周末给游客义务讲解，增强青少年的文化认同感。修订西厢村规民约，在村规民约中新增“传统民居保护条款”，在村民新建、改建、修缮房屋时进行风貌管控。设立“西厢文化遗产保护奖”，每年评出保护示范户，并给予一定奖励。每年向村民公布保护基金的使用情况，将修缮项目、经费支出、下一年度计划等信息透明化。创建保护工作意见箱、线上反馈渠道，并及时答复。

（四）创建两级体验产品体系

创建“西厢非遗手工艺体验工坊”，地点设在村内一幢传统院落内，提供剪纸、面塑、蒲剧化妆拍照等微体验项目，由非遗传承人或者经过培训的村民担任指导。开发“跟着导游唱蒲剧”微互动环节，将3-5分钟的蒲剧唱腔教学内容嵌入到普救寺导游讲解当中，每一位游客都可以学会唱一句西厢记选段。推出优惠力度更大的文化通票，增加吸引力。每年农历三月举行西厢文化节，活动内容可包含实景演出、古装游园会，民俗集市、蒲剧票友大赛等。每月最后一周周六晚上举行夜游普救寺活动，用灯光秀加情景短剧的形式开展，进而提升游客的平均停留时长。

（五）延伸产业链条并培育当地消费业态

制定西厢村民宿发展和管理暂行办法，对民宿开办条件作出

明确规定。村民改造自有住房为民宿的，可给予一定补贴。引进专业运营团队，托管部分民宿，让村民跟班培训，成熟后移交自主经营。开发“西厢宴”主题餐饮，用《西厢记》的情节为名，制作出长亭送别的面食、月下听琴的甜点等菜品，并在村内统一授权的农家乐供应。建立西厢有礼品牌专卖店，统一店面形象和产品包装，产品线为特色食品、工艺品、文创三类。开发以“西厢文化研学”为主题的半日或者一日游课程，面向中小学生团队，包含古建筑认识、蒲剧体验、传说故事会等环节，鼓励当地村民担任辅导员。

（六）落实“深度内容+精准触达”传播策略

制作《西厢记》系列短视频，内容包含故事解读、人物分析、戏曲赏析、建筑细节、民俗溯源等，在抖音、哔哩哔哩、微信视频号等自媒体平台同步发布。邀请文化学者录制西厢文化公开课音频节目，在喜马拉雅、小宇宙、播客等平台播出。出版《西厢村：一座村落的文学记忆》口袋书，图文并茂，景区商店销售，用作游客深度阅读的材料。同旅游博主、文化类UP主合作，让其到村里亲身经历并制作内容，保证每期视频的时长与文化知识的丰富性。在景区入口、普救寺内设置二维码导向牌，扫码后可听对应点位的深度讲解，取代传统的展板解说。建立游客UGC激励机制，游客在社交平台上发布包含文化知识点的原创内容并@官方账号，点赞超过一定量的游客可以获得门票或者体验券一张。

五、结束语

通过对西厢村遗产资源特点、保护开发现状及存在问题进行分析，指出该村在保护与开发方面面临的资金不足、人员短缺、村民保护意识淡薄、代际传承断裂风险、开发不力、经济链条有限等诸多问题，并提出以遗产保护为核心、社区参与为基础、文化叙事为驱动的历史村落遗产保护与旅游开发的协同策略。由于研究时间、条件所限，还存在着一些不足之处，即对西厢村的田野调查不够深入，居民、游客的问卷调查样本数量较少，对有关利益主体的访谈也可进一步加深。之后可以继续展开田野调查工作，进行量化研究，在实践过程中不断改善并发展已有的研究成果。

参考文献

[1] 孙华. 传统村落保护规划与行动——中国乡村文化景观保护与利用刍议之三[J]. 中国文化遗产, 2015, (6): 68-76.

[2] 程叶青. 探索新时期中国传统村落保护与利用之路: 理论创新与实践路径——写在专辑刊发之后的话[J]. 自然资源学报, 2024, 39(8): 2008-2010.

[3] 吴开松, 郭倩. 文化生态视域下传统村落活态保护研究[J]. 湖北民族大学学报(哲学社会科学版), 2022, 40(3): 114-124.

[4] 沈稚燕. 文化遗产廊道视野下洱海流域传统村落保护规划研究[D]. 昆明理工大学, 2023.

[5] 胡晓宇. 党建引领乡村乡村振兴路径研究: 以S县为例[D]. 四川农业大学, 2024.

[6] 孙晓宇, 李伯华, 刘沛林, 等. 行动者网络视角下传统村落人居环境转型发展机制——以江永县兰溪村为例[J]. 桂林理工大学学报, 2024, 44(2): 366-374.

[7] 黄敏. 文化社会学视角下的传统村落保护与传承研究——以三明市桂峰村为例[J]. 福建文博, 2024, (2): 59-65.

[8] 朱民, 刘婷婷, 王媛媛. 传统村落保护与开发实践研究——以江西金溪县竹桥古村为例[J]. 四川农业科技, 2024, (2): 88-91.

[9] 崔苏苏. 活态遗产视角下的传统村落保护研究——以福建省河坑村为例[J]. 建筑与文化, 2025, (1): 189-191.

[10] 兰鹏飞, 刘海龙, 贾文毓, 等. 河东国家级传统村落空间分布与影响因素[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2018, 32(4): 119-123.

[11] 孙宾. 中国式现代化视阈下农村电子商务发展战略研究——基于AHP-SWOT模型[J]. 商业经济研究, 2023, (19): 116-120.

[12] 刘东材, 韩英. 传统村落与旅游产业深度融合研究——以山西运城新绛县光村研学旅行产品开发为例[J]. 现代农业研究, 2024, 30(02): 28-30.

基于 AHP 的农村物流配送网点选址分析

任怀腾

济南大学 管理科学与工程学院, 山东 济南 250000

DOI:10.61369/ASDS.2026070002

摘 要： 随着乡村振兴战略与数字乡村建设的深入推进，农村物流需求日益增长，配送网点选址的合理性直接影响物流效率与运营成本。本文以 M 镇为研究对象，针对农村物流配送网点选址问题，运用层次分析法（AHP）构建了包含自然环境、经营环境、基础设施及其他因素 4 个一级指标和 10 个二级指标的选址评价体系。通过邀请 10 名专家进行打分，计算各指标权重并进行一致性检验，对 6 个备选网点进行综合评价与排序。结果表明，P2 为最优选址方案，其次为 P1 和 P6，且经营环境和自然环境是影响选址的关键因素。本研究可为农村物流网点的科学布局提供理论依据与决策参考。

关 键 词： 农村物流；网点选址；层次分析法；乡村振兴

Analysis of Rural Logistics Distribution Network Site Selection Based on AHP

Ren Huaiteng

School of Management Science and Engineering, University of Jinan, Jinan, Shandong 250000

Abstract： With the deepening of rural revitalization strategy and digital countryside construction, rural logistics demand is growing rapidly, and the rationality of distribution network site selection directly affects logistics efficiency and operational costs. Taking M Town as the research object, this paper employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) to construct a site selection evaluation system comprising 4 primary indicators—natural environment, business environment, infrastructure, and other factors—and 10 secondary indicators. Ten experts were invited to score each indicator, and the weights were calculated with consistency tests to comprehensively evaluate and rank 6 candidate sites. The results show that P2 is the optimal site, followed by P1 and P6, with business environment and natural environment being the key factors. This study provides theoretical basis and decision-making reference for scientific layout of rural logistics networks.

Keywords： rural logistics; site selection; analytic hierarchy process; rural revitalization

引言

乡村振兴与数字乡村建设纵深推进背景下，农村电商蓬勃发展，农产品上行、日用消费品下乡带来农村物流需求持续扩容，农村网络零售额连年稳步攀升，倒逼末端物流配送网络加速完善。农村物流配送网点作为串联城乡商贸、打通农产品流通链路的关键节点，选址布局合理性直接决定配送运营成本与乡村物流服务效率。当前我国农村末端物流网点普遍存在布局散乱、点位分配失衡、资源配置不均等现实短板，制约乡村商贸流通与农村经济提质增效。在此现实前提下，本文以山东 M 镇为实证对象，依托层次分析法构建多维度选址评价体系，量化剖析自然环境、经营环境、基础设施等关键要素对网点选址的影响，筛选最优布设点位，以期为县域乡镇农村物流网点科学化布局提供实操参考，助力完善乡村现代物流配套体系。

一、研究背景

随着我国社会经济的飞速发展，并在“互联网+”的大环境影响下，我国物流业迅速发展，电商兴农不断深入，同时包括农产品、农村居民生活用品和农业生产物资等农村物流输出量和需求量日益增加。通过分析政府工作报告的相关内容，我们不难发

现，中国的乡村发展策略正经历着从概念到实施的逐步深化过程。自 2015 年中央一号文件首次提及“农村电子商务”，标志着乡村数字经济的探索之旅正式开启。在接下来的几年中，政策风向明显转向了更加积极的乡村振兴战略，于 2018 年《政府工作报告》中得以明确体现，各地区、各部门均紧密结合自身实际，认真贯彻这一战略。至 2020 年，乡村振兴的步伐更加坚实，这也在

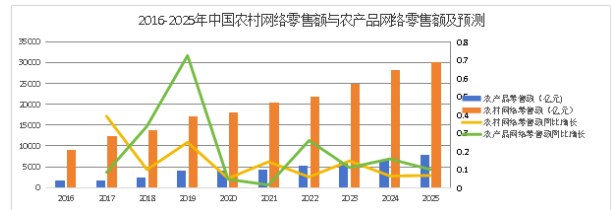
作者简介：任怀腾，济南大学管理科学与工程学院，硕士研究生，研究方向为智慧物流。

“十四五”规划中得到了体现，其明确指出了加快推进数字乡村建设的重要性。而在2022年的中央一号文件中，乡村振兴和农业农村现代化的新进展和新步伐被特别强调，乡村数字经济亦开始迈入深化发展阶段。至2023年，数字乡村发展更是被设定为取得阶段性进展的重要工作目标。如图1所示。乡村经济的发展数据亦呈现出稳步增长的态势，2025年农村网络零售额首超3万亿元，据统计数据，2025年中国农产品网络零售额已达到7833.1亿元，同比增长9.9%；同时，2025年农村网络零售额更是高达3万亿元，同比增长6.7%。这些数据无疑为我们的分析提供了有力的支撑，揭示出中国乡村经济正沿着数字化的道路不断前行，且在乡村振兴战略和数字乡村建设的双轮驱动下，其潜力正在得到日益释放。如图1所示。



（数据来源：国家互联网信息办公室）

图1：中国乡村数字经济发展历程



（数据来源：农业农村部）

图2：中国农村网络零售额与农产品网络零售额及预测图

农村物流配送网点不仅是生产和消费之间的桥梁，也连接了城乡间的经济流动，所以网点选址的布局在乡村振兴与共同富裕中意义重大。但就目前农村末端网点设置仍存在问题，不仅影响了物流的效率，还增加了运营成本。因此，通过优化布局，可以提高物流配送效率，降低运营成本，进一步推动农村经济的发展，这对于农村经济的可持续发展同样具有重要意义。

二、文献综述

近年来，随着乡村振兴战略的持续推进和农村电子商务的快速发展，农村物流配送体系建设逐渐成为物流管理与区域经济研究中的重要议题。农村物流配送网点作为连接县域物流中心、乡镇节点与村级末端服务站的重要环节，其选址合理性直接影响配送效率、运营成本、服务覆盖范围以及农产品上行能力。因此，围绕农村物流节点选址、配送中心布局、路径优化以及末端网点规划等问题，国内学者已开展了较为丰富的研究。在农村物流节点体系构建方面，董娜、赵良、沈严航^[1]基于轴辐式结构研究农村物流多层次配送节点选址问题，构建了县—乡—村三级物流体系下的轴辐式数学模型，并运用改进麻雀搜索算法进行求解。在选址与路径协同优化方面，张悦、张翼^[2]从农村物流共同配送

角度出发，构建了基于双层规划的共同配送中心选址和路径优化模型，将选址决策与车辆配送路径规划相结合，强调通过共同配送提升农村物流资源利用效率。申芳宇^[3]对物流末端配送网点选址一路径问题进行了综述，指出末端配送网点选址需要综合考虑市场需求、客户分布和道路网络等因素，以实现服务覆盖最大化、运输成本和配送时间最小化。

在农村电商物流选址规划方面，李志鹏、何鹏^[4]从县域视角研究农村电商物流选址规划问题，认为农村电商物流选址应同时兼顾企业利润最大化和政府需求覆盖率最大化，并考虑政府补贴政策对物流企业选址行为的影响。杨鹏、黄洁、王姣娥、肖玲^[5]从可达性与空间公平性角度对中国农村物流末端配送网点布局进行了研究，研究表明，农村物流末端配送网点可达性整体呈现由沿海向内陆递减的空间特征，不同区域之间存在明显差异。聂爽^[6]以随县农村电商物流配送中心为研究对象，构建了考虑商业价值、需求覆盖率和政府补贴策略的双层规划模型，并采用GA-PSO算法进行求解。在算法模型应用方面，唐棣华、卫欣^[7]针对电子商务配送中心选址问题，提出了基于节约遗传算法的选址方法，通过优化配送路径、构建选址模型并引入变动成本与时间约束，提高了配送中心选址的合理性。李向可^[8]针对农村物流需求分布不均衡等特点，提出基于改进粒子群聚类算法的农村物流配送中心选址方法，并将其应用于具体区域选址研究，验证了该算法在提升选址合理性和有效性方面的作用。在不确定需求和动态选址方面，杨洋、武志磊、王晓霞^[9]针对物流配送需求不确定导致成本波动和末端配送效率下降的问题，构建了基于0-1整数规划的多目标优化模型，并利用Anylogic进行仿真验证。李婷^[10]围绕农村电商物流体系构建与效率提升路径展开研究，从效率测度和影响机制角度揭示了农村电商物流体系优化的关键因素，为农村物流基础设施建设、数字化能力提升和政策资源配置提供了参考，也为本文分析农村物流配送网点选址影响因素提供了理论依据。此外，杨凯强^[11]从物流配送选址的一般理论出发，指出物流配送选址对配送效率、配送成本和配送可达性具有显著影响，并总结了物流配送中心选址的关键方法及其应用形式。

综上所述，现有研究围绕农村物流配送节点选址、配送中心布局、路径优化以及多目标优化模型等方面已取得了较为丰富的成果，为农村物流体系优化提供了重要的理论基础和方法借鉴。本文以农村物流配送网点选址问题为研究对象，在梳理相关文献和分析农村物流发展现状的基础上，综合考虑自然环境、经营环境、基础设施及其他因素等影响因素，运用层次分析法构建农村物流配送网点选址评价体系，并结合M镇实际情况对备选网点进行综合评价与排序，以确定较优的物流配送网点布局方案。接下来，本文将依次对研究问题进行描述，构建选址评价模型，设计求解方法，并通过实例分析验证模型的可行性与实用性。

三、问题描述与模型构建

（一）问题描述

本课题围绕农村物流配送网点选址问题展开研究，目的是找

出最优解决方案，借助最小成本搭建城乡物流通道，推动农村经济发展，助力乡村振兴。核心思路为先系统性地探讨了影响各村庄物流网点选址的多维度因素，在此基础上，选用层次分析法来构建选址评估模型，借助科学量化的方式处理决策过程中的复杂性，最后依据该模型推导出针对 M 镇的物流中心最佳选址策略，为农村物流体系的规划以及升级提供了具备实践指导意义的解决方案。

（二）模型构建

1. 构建物流配送网点评价体系

首先，依据物流配送网点选址的实际需要以及层次分析法，构建出包含目标层、准则层、方案层这三个主要层次的评价模型。其中农村物流配送网点的选址需要综合考虑多方面因素，以此来达成以下目标：

提升服务覆盖范围：要确保配送网点可以有效覆盖周边多个村庄或者农业区域，减少配送盲区，让更多农村居民以及农业生产者能够享受到便捷的物流服务。

降低成本并且提升效率：选址应当考虑交通便利性，靠近主干道或者交通枢纽，以便于货物快速集散，同时把土地成本、运营成本等经济因素纳入考量，力求在保证服务质量的前提下，实现物流成本的最优化。

促进农产品上行：网点应当设在或者靠近农产品产出集中的区域，便于快速收集以及初加工农产品，加速农产品向市场流通，提高农产品的销售速度以及价值，助力农产品上行。

增强供应链协同：要与当地的农产品批发市场、合作社、电商平台等建立紧密联系，形成高效的供应链体系，借助信息共享以及资源整合，提升整个物流链条的响应速度以及灵活性。

可持续发展：选址时还应当考虑环境保护以及社会责任，避免对当地生态环境造成破坏，同时探索借助绿色能源以及环保材料，推动农村物流向绿色低碳方向发展。

综合来看，农村物流配送网点的选址不仅需要考虑到经济效益，还需要兼顾社会效应以及环境影响，目的是构建一个高效、覆盖广泛、可持续的农村物流服务体系。

（1）自然环境

从地形特征角度来看，确定末端配送网点的位置时应当规避地势复杂多变的区域，也就是崎岖地带以及低洼区域，原因是要确保物流配送交通工具可以顺畅通行并且安全泊靠，减少地理障碍对运输效率的影响；第二，要预防极端天气条件下可能引发的积水倒灌现象，以免造成交通阻塞，影响物流运作的连续性。

就水文条件来说，如果选址区域频繁遭遇高降水事件，那么必然会延长物流车辆的配送周期，直接导致配送效能下降。另外，持续高湿度的气候环境不利于快件以及商品的保存，容易引发货物受损，增加了仓储管理的难度以及成本。所以，综合考量地形与水文因素，对优化末端网点布局、维护物流系统的高效稳定运行有重要意义。

（2）经营环境

在选定末端配送节点时，必须把村落居民的在线购物承受能力纳入考量。具体来说，拥有较大人口基数的乡村社区往往展现出更高的网络购物频率，而基础设施较为完善的农村地区，则表

现出更强烈的购买倾向以及更高的电子商务消费能力。不过，鉴于农户居住以及耕作地点分布广泛的特性，为了最大限度地优化物流效能，末端配送网点的部署策略应当着眼于接近商品供应链的源头以及目标消费群体，目的是缩减物流转运距离与成本，从而提升整体服务效率以及可持续性。其次，农村地区的货物种类以及数量也可能因为季节、农作物种类等因素而有所不同，所以物流末端网点要能够灵活应对不同季节以及农作物的物流需求变化。

（3）基础设施

农村区域的道路系统主要由国道、省道、县道以及乡镇级道路组成。道路基础设施的完善程度直接关联到配送车辆的行驶速度以及整体配送效率，优质道路条件可以显著促进物流时效性的提升。在末端物流网点布局过程中，还需要综合分析候选位置在时间以及空间维度上的分布，以及相互间距离的合理性。既要避免网点设置过度集中，导致服务资源重叠与浪费；又要防止因分布过散而削弱配送网络的覆盖广度以及服务效能。所以，构建一个既不过密以至于需求饱和，也不至于疏远而影响服务可达性的快速配送网络，是实现高效物流服务的關鍵。

（4）其他因素

在选定末端物流网点的位置时，必须深入考量地域内的土地规划以及使用现状，确保候选地点与末端设施建设的兼容性，目的是把网点嵌入到允许并且促进此类设施建设的区域中。另外，网点布局方案需要与地方发展策略紧密对接，顺应政府的长远规划导向，以期获得政策层面的支持以及协同效应。

网点建设涉及的基础设施投入、仓储配置以及人力资源配置，均构成初期固定投资以及持续性运营成本的关键组成部分。为了保障各网点的长期繁荣与稳定性，应当对所有候选地点实施详尽的投资回报分析，这是实现末端物流网点经济可行性以及可持续经营战略的基石。

另外，专家打分法是邀请 10 名专家借助调查问卷的形式进行打分，调查问卷见附录 1。最终把准则层细分为两层，一级指标包括自然环境、经营环境、基础设施以及其他因素这四个因素，二级指标包括地理位置、客户情况、交通条件等 10 个因素，方案层为具体选址地点。物流配送网点选址层次结构图如下图 3 所示。

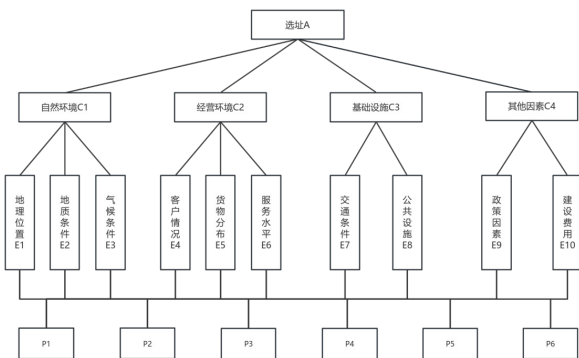


图3：物流配送网点选址层次结构图

2. 网点选址的评价与选择

（1）根据评价体系的层次结构构建比较矩阵

指标权重的判断采用的是专家打分与调查问卷相结合的方法

式，对各个要素指标之于决策目标进行打分，以及各个备选方案之于各个要素指标进行打分，并构建对比矩阵。其中第一准则层A及第二准则层的判断矩阵C1、C2、C3、C4如下图所示。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{3} & 3 & 4 \\ 3 & 1 & 5 & 6 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & 1 & 2 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{6} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix} \quad C_1 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ \frac{1}{3} & 1 & 2 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix} \quad C_2 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{3} & 1 & 3 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}$$
$$C_3 = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \quad C_4 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{3} \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$$

(2) 计算指标权重并进行一致性检验

针对各判断矩阵，利用求和法计算各指标的相对权重，并计算出最大特征值，进行一致性检验。结果如表1—5所示。

表1：A—C1、C2、C3、C4的结果

A	C1	C2	C3	C4	W	$\lambda_{\max}$	CI	CR
C1	1	1/3	3	4	0.278	4.118	0.039	0.04<0.1
C2	3	1	5	6	0.515			
C3	1/3	1/3	1	2	0.135			
C4	1/4	1/6	1/2	1	0.072			

表2：C1—E1、E2、E3的结果

C1	E1	E2	E3	W	$\lambda_{\max}$	CI	CR
E1	1	3	4	0.623	3.018	0.009	0.01<0.1
E2	1/3	1	2	0.239			
E3	1/4	1/2	1	0.137			

表3：C2—E4、E5、E6的结果

C2	E4	E5	E6	W	$\lambda_{\max}$	CI	CR
E4	1	3	5	0.633	3.039	0.019	0.02<0.1
E5	1/3	1	3	0.261			
E6	1/5	1/3	1	0.016			

表4：C3—E7、E8的结果

C3	E7	E8	W	$\lambda_{\max}$	CI	CR
E7	1	3	0.750	2	0	0<0.1
E8	1/3	1	0.250			

表5：C4—E9、E10的结果

C4	E9	E10	W	$\lambda_{\max}$	CI	CR
E9	1	1/3	0.250	2	0	0<0.1
E10	3	1	0.750			

(3) 确定最终权重并进行层次总排序

总目标	一级指标	一级指标权重	二级指标	二级指标权重	组合权重	排序
物流配送网点选址A	自然环境C1	0.278	地理位置E1	0.623	0.173	2
			地质条件E2	0.239	0.066	5
			气候条件E3	0.137	0.038	7
	经营环境C2	0.515	客户情况E4	0.633	0.326	1
			货物分布E5	0.261	0.134	3
			服务水平E6	0.016	0.008	10
	基础设施C3	0.135	交通条件E7	0.750	0.101	4
			服务设施E8	0.250	0.034	8
	其他因素C4	0.072	政策因素E9	0.250	0.018	9
			建设费用E10	0.750	0.054	6

通过分析表可以发现，对于一级指标，经营环境是最重要的，其次是自然环境、基础设施，而其他因素相对不重要；对二

级指标的排序进行分析可以发现，最核心的是客户情况，其次是地理位置、货物分布、交通条件、地质条件，相对不重要的依次是建设费用、气候条件、服务设施、政策因素、服务水平。

四、AHP 方法的步骤与流程

(一) 建立层次结构

首先将决策问题按总目标、各子层目标、评价准则因素直至具体的方案措施的顺序分解为不同的层次结构。如图4所示。

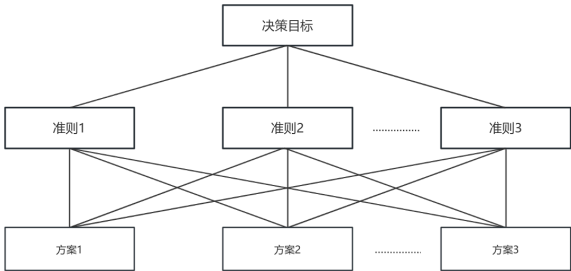


图4：层次结构

(二) 构造判断矩阵

根据评价指标体系，通过专家打分法使用数字1~9及其倒数作为标度，对各个指标对于选址目标的影响程度进行评分，构造出各层因素之间的两两判断矩阵。判断矩阵标度定义表，如表6所示。

表6：重要性标度定义表

标度	含义
1	两个因素相比，具有相同重要性
3	两个因素相比，前者比后者稍重要
5	两个因素相比，前者比后者明显重要
7	两个因素相比，前者比后者强烈重要
9	两个因素相比，前者比后者极端重要
2、4、6、8	上述相邻判断的中间值
倒数	两个因素相比，后者比前者的重要性标度

然后每次取两个因子 X_i 和 X_j 以 a_{ij} 表示 X_i 和 X_j 对某因素的影响大小，使用矩阵 $A=(a_{ij})_{\min}$ 比较其结果，演化出初始的决策矩阵：

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

(三) 计算权重并进行一致性检验

要获取各因素的权重，我们必须通过特定的数学运算求解判断矩阵的特征向量。首先，将判断矩阵与其转置矩阵相乘，获得一个全新的矩阵；接着，对此矩阵进行数学处理，解出对应的方程组，从而获得特征向量，也就是各因素的权重。

在实际操作中，我们通常采用和积法，先将各个元素与上一层元素的相对优劣进行排序，构建出权值向量 W_i ，求出 $\lambda_{\max}$ 为判

断矩阵的最大特征根，具体公式如下：

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i}$$

判断矩阵的一致性检验：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$RI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

根据上述公式， CR 为判断矩阵的一致性指标， RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标。定义上来说如果矩阵的阶数 $n < 3$ ，那么判断矩阵将永远满足一致性检验。若 $n < 0.1$ ，则实现判断矩阵具有满意的一致性，否则，需要重新调整判断矩阵，直到取得满意一致性为止。

（四）确定最终权重

根据每个因素的权重和它所包含的子因素权重，可以计算出每个子因素权重，最终权重是所有子因素的权重之和。

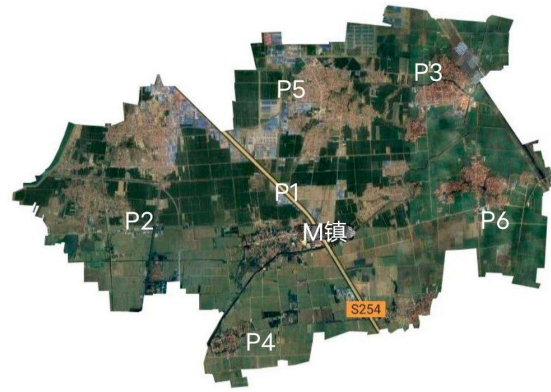
（五）层次总排序及结果分析

经过对矩阵权重的一致性检验后，我们按照系统层次排序的原则，从顶向下逐层分解，计算出每个组合矩阵的权重系数。这种分层解决问题的方法得出的结果，可以有效地比较每个决策参选者和方案在每个决策者和目标中的相对重要，使得我们能够更清晰地理解各方案的优先级和决策者的偏好，为最终做出的决策提供了有力支持。在这个过程中，我们可以更加客观地评估每个决策的影响和重要性，从而提高我们的决策质量。由此，我们成功构建了标准化的决策矩阵 W 。

五、实例分析

（一）M镇现状及网点布局

M镇位于山东省西南部，菏泽市东北部，黄河下游，下辖6个行政村，即P1、P2、P3、P4、P5、P6。据调查发现，M镇的网点分布相对零散，未形成有效的服务网络，比如一些商业密集或人口集中地区网点密集，而稍远地区则服务空白，导致服务效率不高，既造成资源浪费，又难以满足需求。还有就是各网点之间的资源配置存在差异，部分网点设备先进、服务完善，而另一些网点则不足。进一步地推进电子商务进农村项目，本文将采用AHP法对备选站点进行多维度的综合考虑与系统排序，最终甄选出位列前3的候选位置，作为该乡的最佳末端网点，为决策者在面临末端网点部署决策时提供富有实证支撑与理论指导意义的参考依据，从而增强了决策过程的合理性和有效性。



P1：该村地处平原，地势平坦，254国道穿境而过，交通便利。全村占地360公顷，其中耕地面积200.5公顷，主要种植小麦和玉米，生产粮食1161吨。工业占地5.2公顷，有酒类包装、棉纺织和油田牡丹三大主导产业，另外村庄占地73.3公顷，共有3500人。镇级党组织和行政机关始终秉承以经济为中心，优先考虑工业的原则，积极改革农业布局，并致力于推动个人和私有公司的稳定和健康的增长。

P2：该村为乡村旅游发展示范村，东临济广高速，地理位置优越，土壤中性偏碱，土层深厚，雨量充沛，光照充足，主要经济作物为山农酥梨、西瓜、毛豆等。另外该村还是著名的旅游胜地和红色文化教育中心，并建立了包含农家乐、采摘园、百姓大舞台等设施的民俗文化广场，其集合了吃、行、游、购、娱为一体的文化旅游产业结构，为群众带来了致富的机会。

P3：该村位于城乡结合部，地理位置优越，公路网发达，拥有5家营业面积达50平方米的超市或综合商店，工业企业9家，以铸造、塑料制品、建筑材料为主。

P4：该村地质条件复杂，地表土壤中含有较多的黏土和沙砾等物质，土质比较松软，遇到雨水容易发生泥石流现象。粮食作物以小麦、玉米为主，年产量1500吨，是一个传统农业大村。此处还是当年晁盖、吴用智取生辰纲之地，该村用500亩挖湖堆岗，打造农业旅游景区，在景区内，四周环绕着乔冠结合的林带，岗上则特色果树树种繁茂成长，湖中还进行丰富的水产养殖，此外还有塑白胜卖酒及七星聚会和杨志押运塑像，让人们能亲身感受水浒文化的深厚底蕴。

P5：该村在种植业方面，拥有1200亩的大蒜种植面积，产量高达960吨，另外还有1700亩的棉花种植面积，可以带来510吨的产量。与此同时，畜牧业也是该村重点，主要以饲养生猪、家禽为主，生猪饲养量约1万头，家禽饲养量5万只。此外该村建有高铁站、高速路口收费站，交通便利，资源丰富。

P6：该村地处西南部，面积2.5平方公里，共有1500人，历史文化悠久，交通优势明显，京九铁路穿境而过，220国道、319国道纵横分布。该村在稳定传统种植业的基础上，大力发展特色果蔬种植，主要经济作物有高油酸花生、林下大球盖菇、奶油草莓等，村集体收入达到25万元，此外，在县、镇政府的帮扶下，

当地村民还种植了莲藕、芦苇等经济作物500亩，是生态环境优美的水乡。

（二）M镇物流配送网点选址

M镇的备选网点有P1、P2、P3、P4、P5、P6共6个地点。

将每个指标满分设为10分，通过调查问卷的方式由专家和实地居民进行打分，能够得到6个备选地址各项评定指标得分，并根据各自的权重重新进行综合评估，可得到备选地址的最终得分。其结果如下表所示。

表7：备选地址各项评定指标得分表

总目标	一级指标	二级指标	组合权重	P1	P2	P3	P4	P5	P6
物流配送网点选址 A	自然环境 C1	地理位置 E1	0.173	8	9	9	7	5	6
		地质条件 E2	0.066	7	8	7	6	8	9
		气候条件 E3	0.038	8	8	6	7	5	9
		客户情况 E4	0.326	9	9	5	7	8	8
	经营环境 C2	货物分布 E5	0.134	7	9	7	7	8	9
		服务水平 E6	0.008	6	9	8	9	7	5
		交通条件 E7	0.101	8	7	8	6	7	9
	基础设施 C3	服务设施 E8	0.034	9	6	8	6	7	7
		政策因素 E9	0.018	7	7	6	7	5	8
	其他因素 C4	建设费用 E10	0.054	8	6	5	9	7	6
总分				7.742	7.962	6.337	6.587	6.732	7.443
排名				2	1	6	5	4	3

由上述计算计算结果可知， $P2>P1>P6>P5>P4>P3$ ，说明在最合适的选址方案是P2，其次是P1，最后是P6。

六、结果分析

从前面所进行了结果来看，自然环境、经营环境、基础设施以及其他因素的各项指标对于选址的贡献率分别是0.277、

0.468、0.135、0.072，从这里可以看出，经营环境和自然环境指标对M镇物流中心选址的影响比较大，基础设施条件的影响次之，其他因素的影响最小。从上述数据也可以看出，在自然环境方面，P2较有优势；在经营环境方面，P2优势较大；在基础设施方面，P1较有优势；在其他因素方面，P4较有优势。总言之，建议在P2、P1、P6建立物流配送网点。

参考文献

[1] 董娜, 赵良, 沈严航. 基于轴辐式结构的农村物流多层级配送节点选址研究 [J]. 公路交通科技, 2023, 40(6): 218-224.

[2] 张悦, 张翼. 基于双层规划的农村物流共同配送中心选址和路径优化 [J]. 2022.

[3] 申芳宇. 关于物流末端配送网点选址 - 路径研究综述 [J]. 中国储运, 2025, (2): 169-170.

[4] 李志鹏, 何鹏. 县城视角下的农村电商物流选址规划研究 [C]// 中国城市规划学会城市规划专业委员会. 韧性交通：品质与服务——2023年中国城市规划年会论文集, 2023: 306-317.

[5] 杨鹏, 黄洁, 王姣娥, 等. 中国农村物流末端配送网点可达性与公平性测度 [J]. 地理学报, 2024, 79(11): 2739-2753.

[6] 聂爽. 随县农村电商物流配送中心选址规划研究 [D]. 河北工程大学, 2023.

[7] 唐棟华, 卫欣. 基于节约遗传算法的电子商务配送中心选址 [J]. 计算机仿真, 2022, 39(5): 158-162.

[8] 李向可. 基于改进粒子群聚类算法的农村物流配送中心选址研究 [D]. 东北林业大学, 2022.

[9] 杨洋, 武志磊, 王晓霞. 不确定需求下物流配送网点选址多目标优化及仿真 [J]. 科学技术与工程, 2024, 24(14): 5994-6002.

[10] 李婷. 农村电商物流体系构建与效率提升路径研究 [J]. 商业经济研究, 2026, (7): 91-94.

[11] 杨凯强. 物流配送选址研究 [J]. 中国航务周刊, 2025, (34): 90-92.

出口退税风险管理及合规筹划在纺织服装行业的应用

郑华

佛山市雅迪制衣有限公司，广东 佛山 528000

DOI:10.61369/ASDS.2026070003

摘 要： 纺织服装行业出口业务频繁，出口退税政策对企业资金周转与盈利能力具有决定性作用。然而，制衣企业普遍存在面料成分复杂、单证不一致、外发加工不规范、裁片损耗难以归集等问题，导致退税申报风险高发。本文从实际财务工作出发，系统识别纺织服装企业出口退税的单证风险、供应链风险及内控缺失风险，重点围绕业务模式、单证流、成本核算、资金流及废料处理五个维度提出合规筹划策略，并辅以内控制度与信息化支撑。研究表明，将退税管理由事后补救转向事前控制，是提升退税效率、保障资金安全的关键。

关 键 词： 出口退税；纺织服装；风险管理；合规筹划；制衣企业内控

Application of Export Tax Rebate Risk Management and Compliance Planning in the Textile and Apparel Industry

Zheng Hua

Foshan Yadi Garment Manufacturing Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528000

Abstract： The export business in the textile and apparel industry is frequent, and the export tax rebate policy plays a decisive role in the capital turnover and profitability of enterprises. However, garment enterprises generally face issues such as complex fabric compositions, inconsistent documentation, irregular outsourced processing, and difficulty in attributing cutting losses, which lead to high risks in tax rebate declaration. This article, based on practical financial work, systematically identifies the risks associated with documentation, supply chain, and internal control deficiencies in export tax rebates for textile and apparel enterprises. It focuses on five dimensions: business model, document flow, cost accounting, capital flow, and waste disposal, and proposes compliance planning strategies, supplemented by internal control systems and information technology support. The research shows that shifting tax rebate management from post-remedy to pre-control is key to improving tax rebate efficiency and ensuring capital security.

Keywords： export tax rebates; textile and apparel; risk management; compliance planning; internal control of garment enterprises

引言

出口退税是我国鼓励外贸出口的重要政策工具，对于纺织服装这类传统劳动密集型出口产业而言，退税资金直接决定了企业的现金流安全与利润空间。以一家年出口额5000万元的制衣企业为例，退税到账延迟一个月，就可能造成数百万元的资金缺口，进而影响面料采购和工资发放。然而，纺织服装行业的出口业务具有订单小批量多批次、面料辅料种类繁多、外发加工普遍、内销与外销并存等特点，使得退税申报的合规要求与企业管理现状之间存在显著落差。实践中，因单证信息不一致、外发加工发票虚开、裁片损耗与成品数量不匹配、废料收入未入账等问题导致的退税被拒、暂缓甚至被认定为骗税的案件屡见不鲜。作为制衣企业的财务负责人，必须将出口退税管理从单纯的申报操作提升到全面合规筹划的高度，将其嵌入订单承接、生产排期、成本核算、资金调度等全流程^[1]。本文旨在结合纺织服装行业实务，系统梳理出口退税的风险节点，并提出具有可操作性的合规筹划策略，以期为同行业企业提供参考。

一、纺织服装企业出口退税的主要风险点

（一）单证与货物不一致风险

出口退税申报的基础是“单证齐全、信息相符”。纺织服装

行业的特殊性在于：同一种面料可能因成分比例（如涤65%、棉35% vs 涤80%、棉20%）的微小差异导致海关商品编码不同；一件成衣的申报品名可能是“棉制针织女式上衣”，但实际因为辅料（含塑料纽扣）占比超标而归类错误。常见风险包括：报关单

申报的面料成分、规格与实际出货不符；提单上的件数与装箱单不一致；外销合同中的买方与报关单收汇人不一致。这些不一致可能源于业务人员的疏忽、报关行录入错误，也可能是为了迎合客户要求而有意瞒报。税务机关一旦发现，轻则要求补正资料、暂缓退税，重则认定为申报不实，处以罚款并降低企业退税信用等级。

（二）供应链环节风险

纺织服装行业大量依赖外发加工（如绣花、印花、水洗、钉珠等），同时也存在将部分裁剪或缝纫工序外协的情况。这一模式带来了两种典型风险：一是外发加工方不具备一般纳税人资格或独资企业，无法开具合规的增值税专用发票，导致企业无法取得足额进项；二是部分加工方主动或被动地虚开加工费发票——实际加工1000件，却开票1200件的加工费，企业为了凑足进项税额予以接受。此外，面料采购环节也存在风险：上游坯布或染色加工企业为逃避税收，提供发票但与实际交易金额不符，或使用第三方代开发票。这些行为一旦被税务稽查系统通过上下游发票数据比对发现，企业不仅面临退税追回和罚款，还可能被追究刑事责任。

（三）内部核算与内控缺失风险

制衣企业的生产管理相对粗放。裁床环节的布料损耗通常按经验比例估算，而非按订单实际测量；缝纫车间产生的次品、返修品往往只统计成品数量，而不反向扣减面料消耗；仓库的裁片领料记录与车间完工入库数量之间缺少交叉验证。这就导致财务账面上的“出口成品数量”与生产实际产出的合理数量之间可能存在较大偏差。企业在申报退税时，如果无法提供可信的单耗数据（即生产一件成衣实际消耗的面料米数），税务机关可以质疑企业虚报出口数量^[2]。另外，制衣企业每天产生大量布头、纸箱、线筒等废料，这些废料出售通常是现金交易或不走公账，形成了账外资金流。税务大数据系统可以比对企业采购面料的进项数量与废料产出的合理区间，如果偏差过大，极易触发稽查预警。

二、出口退税风险成因与合规筹划策略

（一）风险成因简析

上述风险并非孤立存在，而是植根于纺织服装企业的管理现实之中。从生产管理层面看，车间领料记录粗放，裁床报表与完工入库数量脱节，实际耗用的面料、辅料无法准确归集到具体出口订单。很多企业沿用“总额倒轧”的成本核算方式，即月初库存+本月采购-月末盘点=本月领用，再将领用总额按产量比重分摊到各个订单，这种核算方式无法满足退税申报对“订单级单耗”的要求。从财务核算层面看，成本会计通常不深入车间，对裁剪、缝纫、后道各工序的实际损耗缺乏感性认知，只能被动接受生产部门上报的损耗率数据，缺少独立检验手段。从业务协同层面看，销售部门承接大额订单时，只关注单价和交货期，而不预先评估客户对单证的要求、外发加工方的资质以及退税率变动对报价的影响，导致后期财务被动应对退税问题。从系统支撑层面看，很多中小型制衣企业的金蝶、用友等进销存系统只管理成

品库存，与裁剪、缝纫、后道等生产工序数据没有打通，无法实现从面料入库→裁片领用→成品入库→出口销售的全链条追溯。这正是退税风险屡禁不止的根源。

（二）合规筹划策略

1. 业务模式筹划

纺织服装企业应当根据订单的面料来源和加工方式，合理选择一般贸易或加工贸易（进料加工、来料加工）。一般贸易模式下，企业自行采购面料和辅料，出口后适用“免、抵、退”税政策，退税率按海关商品编码确定（常见服装退税率在13%左右），要求进项发票齐全、资金流清晰。来料加工模式下，客户提供面料或辅料，企业只收取加工费，适用免税政策，不退税也不征税，但不需要进项发票。进料加工则介于两者之间，进口保税料件加工复出口，可以虚拟进项计算免抵退税额。企业应当测算不同模式下的税负差异：当客户提供面料且价值较高时，来料加工避免了企业垫付面料进项税的压力，虽然不能退税，但税负更低；当企业自行采购面料且退税率较高时，一般贸易更有利^[3]。此外，退税率并非一成不变，财政部和税务总局会因国内外市场环境调整退税率。财务部门应每月跟踪退税率调整公告，对于交货期超过3个月的长周期订单，在报价时预留1-2个百分点的退税率变动缓冲空间，或在合同中约定“退税率调整由双方按比例承担”。

2. 单证流筹划

单证是退税的生命线。企业应当建立订单级单证管理台账，从销售合同签订开始，即统一约定报关品名、商品编码（HS Code）、数量、金额、计量单位，并将这些信息传递至生产、仓库、报关各环节。对于经常出口的款式，财务部门应联合业务、生产部门编制《产品HS编码归类手册》，明确每种面料的成分比例区间对应的商品编码，避免因经验判断错误导致归类差异。对于外发加工业务，必须签订规范的委托加工合同，合同中明确加工费含税金额、发票开具时间、对账周期及违约责任。严禁以白条、收据或第三方代开发票入账。每月加工费结算时，应由车间统计实际加工数量，仓库确认成品入库数量，外协单位提供对账单，三者一致后方可接收发票并入账。在退税申报前，实行“三单匹配”前置校验：仓库提供的出口装箱单、报关行返回的预录入单、外销合同（或形式发票）三者的品名、数量、金额、境外收货人必须一致，如有差异，查明原因并修正后方可申报。这一环节应由财务会计独立完成，不得由报关员或业务员代劳。

3. 成本核算筹划

按订单独立核算面料、辅料的损耗率，是出口退税合规的技术核心。企业应改变传统的“总额倒轧”法，推行“订单领料单一裁床日报表一成品入库单”三位一体的核算流程。具体操作如下：每个生产订单在裁剪前，由车间开具《领料单》，注明订单号、款式、面料门幅、理论用量；裁剪完成后，裁床班长填写《裁床日报表》，记录实际裁剪数量（裁片数）、余料数量、损耗数量；缝纫和后道完成后，仓库依据合格成品数量开具《成品入库单》。财务部门每月编制《订单耗料明细表》，将理论单耗与实际单耗进行对比，偏差超过合理范围（一般制衣行业允许3%-5%

损耗)的订单,要求生产部门书面说明原因(如面料疵点、改版、返修等)。出口退税申报时,按实际单耗倒推成品出口数量是否超出合理产出,确保申报成品数量不高于“面料领用量÷实际单耗”的计算结果。对于混款生产(同一裁剪线同时生产内销与外销订单),必须建立分堆、分色、分码的领料记录:不同订单的面料、裁片使用不同颜色的流转卡或条形码,仓库发料时按订单分别过账,严禁混合领料后按比例分摊^[4]。这样可以彻底避免成本串户导致的退税申报数据失真。

4. 资金流筹划

出口退税本质上是对企业已垫付进项税额的返还,但从企业垫付税款到实际收到退税款之间,存在1-3个月的时间差。对于纺织服装企业而言,旺季前备料需要大量资金采购坯布,而大客户账期普遍在30-90天,这两者的叠加极易导致现金流断裂。财务部门应当做好以下资金筹划:第一,合理安排面料供应商的付款节点。优先使用银行承兑汇票(最长6个月)支付大额面料款,将现金用于支付工人工资和电费刚性支出。第二,利用退税账户质押或订单融资。多数商业银行接受以“出口退税账户”为质押物发放贷款,额度一般为预计退税额的70%-90%,利率较低;也可以将已确认的出口订单(有外销合同和信用证)向银行申请订单融资,用于采购面料。第三,统筹增值税纳税申报节奏。每月申报期,财务应测算当期的“应退税额”与“免抵税额”,如果预计未来几个月出口量较大,可适当留抵进项税额,避免因当期应缴税额过高而挤占现金流。第四,对大客户信用账期超过60天的订单,应在报价时将资金成本(按年化6%-8%计算)纳入单价,转移部分资金压力。通过上述筹划,企业可以在合法合规的前提下,将退税资金到账周期从平均3个月压缩至1.5个月以内,大大缓解旺季资金压力。

5. 废料与副产品处理筹划

制衣行业的废料主要包括布料头(门幅不足、疵点边角)、纸箱、线筒、塑料包装袋等。其中,布头的产生量与采购面料量有正相关关系,正常情况下,布头率约为面料采购量的5%-10%(视裁床排料技术水平而定)。很多企业为了规避纳税或少入公账,将废料出售以现金收取且不开发票,形成账外资金。这种做法的税务风险极高:税务系统可以比对企业的面料采购进项数量与废料销售金额(或未申报的废料收入),结合行业平均废料率,自动预警“废料产出与采购规模不匹配”。正确做法是:所有废料出售必须通过公司对公账户收款,按“废料销售”申报增值税(一般纳税人税率为13%),并开具发票(如买方为自然人,可开具普通发票或按未开票收入申报)。同时,建立《废料出入库台账》,记录废料来源(哪个订单、哪个车间)、数量、去向、收入金额,每月与财务账核对。对于可二次利用的余料(如门幅较宽、长度超过5米的余料段),应单独设立“余料库”管理,专门用于小批量补单、样衣制作或低附加值产品生产,并在台账中记录领用情况。这样做的好处是:既合规处理了废料收入,又降低了名义损耗率——因为领用余料生产的成品,其面料成本为零,可以显著提高对应订单的毛利率,同时避免因损耗率异常过高而引发税务关注^[5]。

(三) 筹划策略的系统性整合

上述五个维度的筹划策略并非彼此孤立,而是相互支撑的有机整体。业务模式筹划决定了企业以何种身份进入退税链条;单证流筹划确保企业申报数据的真实性和一致性;成本核算筹划提供了申报退税的物耗依据;资金流筹划解决了企业垫付税款的流动性压力;废料处理筹划则封堵了最常见的隐形税务漏洞。五个方面共同构成一个闭环:从订单承接开始,经过生产、出口、申报、收款,到最后废料处理,每一个环节的合规行为都在强化下一个环节的安全性。财务负责人的核心任务,就是将这五个策略转化为可执行的制度、表单和系统规则,并推动跨部门执行。

三、内控体系构建与信息化支撑

(一) 内控制度建设

将筹划策略落地为日常操作,需要建立明确的制度规范。企业应制定《出口退税单证管理办法》,明确销售合同、报关单、提单、发票、装箱单的存档要求、审核流程及责任人;制定《外发加工退税合规指引》,规定外协厂商的准入条件(必须为一般纳税人、有固定经营场所、近两年无税务处罚记录)、合同必备条款、对账频率及发票接收标准。同时,明确采购、仓库、车间、报关、财务五个岗位在退税链条中的责任节点:采购负责确保面料发票合规;仓库负责“四单匹配”(采购单、送货单、质检单、入库单)签字确认;车间负责裁床报表与领料单的完整性和时效性;报关员负责确保报关信息与外销合同一致;税务会计负责每月编制单证核对表并存档。每个节点设置双人复核制,防止单人舞弊。

(二) 关键流程控制

在面料入库环节,执行“采购单—送货单—质检单—入库单”四单匹配,任何一张单据缺失或数量不符,财务不予确认应付账款。在裁片领用环节,执行“裁床日报表—车间领料单—成品入库数量”三方比对,每月底由成本会计组织生产、仓库三方盘点在制品裁片,确保账实相符。在出口环节,执行“装箱单—报关单—提单—外销合同”交叉校验,由税务会计在申报退税前完成,发现差异的,填写《单证差异处理单》,要求相关责任人限期整改后方可申报。

(三) 信息化支撑

手工表格和人工传递永远存在滞后和差错。企业应推动金蝶、用友等进销存系统与生产排程软件(如衣拿、艾格文等制衣ERP)对接,实现从面料采购入库、裁床领料、裁片流转、成品入库到出口销售的全链条数据自动采集和追溯。具体功能需求包括:每个订单的面料批次可以追溯到供应商、采购价格、入库日期;每个裁床单可以关联到具体的领料批号和产出裁片数;每件成衣的合格入库数量可以反推对应的面料消耗。系统还应当设置预警规则:单证不齐(出口超过45天仍未取得报关单)、发票逾期未认证、库存账实差异超过5%、退税率发生变动等,系统自动向财务负责人推送提醒消息。信息化不能一蹴而就,但可以分步实施:先实现订单级面料批次管理,再打通裁床和缝纫环节,最

后完成全链条闭环。

四、结论

出口退税不是孤立的申报操作，而是纺织服装企业财务管理与生产运营能力的综合体现。从全局看，退税管理的本质是企业经营真实性的证明。税务机关的稽查逻辑已从单证审核转向多源数据交叉比对，要求企业“采购—生产—销售—纳税”整条链条

逻辑自洽。

未来，随着金税工程升级与大数据监控增强，行业合规门槛将持续提高，同时信用良好的企业有望享受更短的退税周期。财务负责人的工作重心应从被动应对转向主动嵌入：将退税合规融入成本核算、生产排程与供应链管理之中。只有做到业务真实、数据可溯、内控严密，才能在合法合规前提下最大化出口退税政策的资金效益，实现企业长期稳健经营。

参考文献

- [1] 张希颖, 韩爱玲. 从4.5亿骗税大案探究出口退税监管缺陷 [J]. 对外经贸实务, 2015, (03): 71-73.
- [2] 陈卫斌. 纺织服装行业出口骗税研究 [D]. 集美大学, 2025. DOI: 10.27720/d.cnki.gjmdx.2025.000193.
- [3] 姬颜丽, 王文清. 出口退税对国际贸易中纺织服装行业的影响及政策建议 [J]. 税收经济研究, 2015, 20(01): 64-67. DOI: 10.16340/j.cnki.ssjjy.2015.01.010.
- [4] 赵福军, 赵晋平. 外贸出口的势与策 [J]. 决策, 2017, (04): 72-74.
- [5] 王文海, 黄紫薇. 大数据赋能纺织服装行业数字化转型研究 [J]. 中国纤检, 2024, (01): 104-107. DOI: 10.14162/j.cnki.11-4772/t.2024.01.022.

统计学虚拟教研室育人模式创新与探索

王小刚

北方民族大学 数学与信息科学学院, 宁夏 银川 750021

DOI:10.61369/ASDS.2026070004

摘 要 : 大数据、人工智能与大模型等技术引发的链式变革促使统计学科向数据科学转型, 传统的教研模式难以支撑现代统计育人模式的系统性创新。在统计学虚拟教研室创新与探索过程中, 摒弃以往抽象理论阐述与机械式规则罗列, 基于虚拟教研室开展育人模式创新与探索实践。通过跨地域资源共享、知识-问题-能力图谱构建、项目式教学进课堂等实践, 重构交叉前沿知识体系、依托虚拟教研室打破时空壁垒实现产教深度融合的路径与方法。实践结果表明, 该模式能破解知识滞后与知行脱节等问题, 为统计学科高质量人才培养提供借鉴。

关 键 词 : 虚拟教研室; 统计学; 知识图谱; 项目式教学

Construction and Practice of Virtual Teaching-Research Unit for Statistics Discipline

Wang Xiaogang

School of Mathematics and Information Science, North Minzu University, Yinchuan, Ningxia 750021

Abstract : Driven by big data, AI, and large models, statistics is shifting toward data science, while traditional teaching methods fail to support systemic innovation. In building a virtual teaching-research unit for statistics, we move beyond abstract theory and rigid rules to review practical reforms. Through cross-regional resource sharing, knowledge-problem-competency mapping, and project-based learning, we restructure interdisciplinary frontiers and break spatial-temporal barriers for industry-education integration. Results show this method effectively addresses knowledge lag and theory-practice gaps, offering a reference for high-quality talent cultivation in statistics and related disciplines.

Keywords : virtual teaching-research units; statistics; knowledge graph; project-based learning

引言

当前统计学课程所依托的方法论体系, 仍主要基于大样本推断框架。然而, 大语言模型、深度学习、强化学习等统计技术正以指数增长速度推动学科突破与产业重构。传统统计学专业的教学依托小规模结构化数据进行描述性统计、回归分析等基础训练, 缺少非结构化数据、分布式计算、并行计算、深度神经网络、机器学习等现代统计理论与方法, 将会面临被边缘化甚至被替代的风险。

2023年, 中央统战部等四部门联合印发《关于加强铸牢中华民族共同体意识理论研究体系建设的意见》, 为理工科教育的价值引领提出了明确要求。在数字时代, 利用真实数据进行偏见证伪、运用科学分析方法描绘各民族交往交流交融趋势、以数据要素服务民族地区经济高质量发展, 是统计学不可推卸的时代责任。将铸牢中华民族共同体意识纳入人才培养全过程, 并非外生的政治任务, 而是统计学拓展学科生命力、回应时代需求的内在要求。

2022年, 科技部等六部门联合印发文件(国科发规[2022] 199号), 明确提出“围绕场景创新加快资本、人才、技术、数据、算力等要素汇聚, 促进人工智能创新链、产业链深度融合”。2024年, 十七部门联合印发《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026年)》(国数政策[2023] 11号), 提出“充分发挥数据要素乘数效应, 赋能经济社会发展”。2026年, 教育部等五部门印发文件(教科信[2026] 1号), 提出“推动人工智能人才培养与素养提升、促进人工智能与教育深度广泛融合”。面向众多数据科学产业的前沿需求, 社会亟需兼具统计素养、统计计算、优化算法、业务理解与价值情怀的应用型人才, 而借助单一高校或将难以独立应对新技术、新业态、新产业交叉融合所带来的育人挑战。

虚拟教研室是利用现代信息技术推动基层教学组织创新的重要探索方式, 也是能满足日益增长的数据需求、行业需求及教研需求的

基金项目: 北方民族大学教育教学改革研究项目(2025JY036); 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。

产物，能够打破单一高校的物理边界，实现跨地域、跨学科的资源共享、师资汇聚、产教协同、交流研讨的资源整合平台。曾建潮等探索了虚拟教研室的建设定位和原则^[1]，桑新民设计了虚拟教研室工程建设模型，提出了建设重点^[2]，战德臣等总结了面向课程（群）、学科群和教研教改的虚拟教研室^[3]。孔亚璋等指出虚拟教研室是人工智能时代基层教学组织的新形态，分析并探索了建设思路与实践路径^[4]。王海嘯，王文宇探索了“创新、创优”为目标，以“共建、共享”为途径的项目式教研室^[5]。尹建平平等采用互联网+智慧教育开展线上线下、虚实结合的课程思政虚拟教研室建设，解决课程思政教学改革中的共性问题^[6]。对于西部地区高校，建设虚拟教研室有助于低成本且及时的引入全国优秀教师、行业专家等资源，实现资源共建共享，提升资源利用效率，实现人才培养模式创新。

一、痛点问题

研究团队通过深度访谈及同行交流，对国内20余所不同类型高校的统计学专业进行调研与分析，梳理了统计学专业人才培养面临的以下痛点问题。

一是知识体系滞后行业发展。传统统计学专业课程结构相对固化，《回归分析》《时间序列分析》《多元统计分析》《数据挖掘》等核心课程内容往往滞后于学科前沿，深度学习、强化学习、人工智能类的课程开设不多且系统性不足。当前业界已广泛应用机器学习、深度学习、联邦学习、迁移学习等技术解决超大规模数据与非结构化数据问题，而现有课程侧重于特定条件下的统计理论推导较多。学生完成本科学习进入企业实习时，发现自己掌握的统计工具难以应对真实场景中的数据需求，而新的方法还停留在知道了解，并不能熟练使用，出现专业本领与岗位匹配度不达标现象。

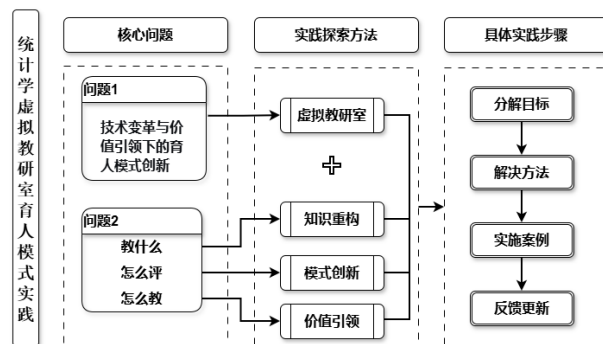
二是理论教学与实践应用环节脱节严重。具体表现有教学方法以理论推演为主、教学资源匮乏、行业前沿涉猎不足等。教师大多具有高校研究生学历，但缺乏行业一线实战经验，理论与实践相结合的综合性项目式案例开发较少。例如，拥有金融行业信用违约数据、合规的医疗影像数据与经济社会统计数据，但是缺乏数据的全局洞见，数据仅仅为了单一任务服务，具体应用场景缺失，无法回答为什么、是什么及怎么办等系统性问题，单一化的案例难以让学生体会业务逻辑对统计建模的决定性影响，制约了学生解决实际问题能力的培养。

三是课程思政融入略显生硬。例如，在讲解正态分布后插入科学家的爱国故事，在回归分析后引出国家政策，贴标签式的讲解往往点到即止，泛泛而谈。如何实现价值引领与专业知识的水乳交融，是统计学科教育面临的一项难题。上述痛点问题，仅靠传统教研室开展例会、邀请专家讲座、开展实践拓展项目等方法难以从根本上得以解决，因此，团队借助虚拟教研室引入外部资源，重构内部生态，紧盯行业需求，提升师资队伍，培养专业人才。

二、统计学虚拟教研室育人模式实践

研究团队在建设虚拟教研室时围绕如下核心问题展开：一是如何在技术变革与价值引领下开展统计学科的育人模式创新，培养具备家国情怀、创新精神与实践能力的高层次应用型人才。

二是通过知识重构、模式创新与价值引领解决教什么、怎么教、如何评等问题。育人模式创新框架见图。



图：育人模式创新框架

（一）知识重构

面对大数据与人工智能的冲击，统计教育存在分歧。一些教师主张向计算机对齐，大幅增加 Python 编程、Hadoop 架构、数据库、深度学习、分布式计算等课程，另一些教师则认为应强调推断逻辑的核心地位，保持统计推断的核心课程，微调或替换不常用的统计课程。在知识重构中，研究团队致力于引导学生理解模型与方法背后的统计思想与优化原理，通过实现计算机算法巩固理论知识，确保学生掌握适应未来发展的核心竞争力，深刻理解统计学不可替代的基础地位。这样做的目的是为了防止学生在学习机器学习后，轻视传统的回归分析理论与方法，将时间多用于搭建深度神经网络，认为统计学就是调整参数，失去了对模型内部机制的学习与理解。当模型在训练集表现良好但在测试集上表现不佳时，变成调参“机器人”，无法从统计学角度诊断过拟合、共线性或数据分布漂移等问题。解决的方法在于知识重构，将以往统计课程与前沿算法课程割裂开的课程设置及授课安排进行优化，准确把握新兴技术的核心统计思想与关键统计技术，坚持适时性、系统性与有效性融入原则，让学生看见传统统计方法在现代算法中的延续与演变。另外，借助虚拟教研室可以和全国多所高校实现资源共享共用，实践项目同步更新，教学教研活动无缝对接。

1. 实施案例：重构传统与现代统计教学

依托虚拟教研室，邀请国内外高水平大学统计学家及头部行业算法工程师，对《统计学原理》《数据挖掘》《机器学习》等核心课进行系统性重构。借鉴双一流高校统计系的数据科学系列课程设计理念，结合我校实际与行业需求进行改造。使用虚拟教研室团队中优秀的教学资源 and 成功项目，将包含学科前沿与行业问

题的真实项目引入教学实践。

(1) 信用卡违约预测。传统教学中讲授逻辑回归模型、误差分布、参数估计、假设检验、统计诊断等。在新课堂中,内容延长至三周。第一周是逻辑回归理论与方法,将重点放在统计思想理解,如极大似然估计、假设检验、p 值解释以及变量背后的金融学含义而不在于公式推导。开始强调具体金融监管场景下,客户被拒绝贷款的逻辑及理由,理解银行面临的金融风险。第二周会引入随机森林和 XGBoost 等算法,从统计角度解构算法的统计思想。理解决策树本质上是对特征空间的划分,随机森林平均多个高方差模型来降低总体方差,算法在损失函数中加入正则化项以控制模型复杂度、防止过拟合等。第三周开始实战演练。通过真实脱敏的信贷数据,让学生分别用逻辑回归和机器学习方法建模进行对比,并进行汇报,解释选择某个模型的理由和依据。通过课堂汇报和讨论,学生在实践中巩固所学,并开始思考如何平衡预测精度与模型可解释性,关注推断解释、不确定性量化和决策成本,在对比中呈现知识演进脉络的教学法,显著增强了学生对统计学科的认同。

(2) 数据安全与隐私保护。如何在“数据不出域”条件下进行联合统计建模是产业界关注的重点问题,这可以通过联邦学习加以解决。在研讨课中引入该内容,不要求学生编写复杂的分布式通信代码,而是聚焦联邦学习中的“统计挑战”。例如,不同客户端数据分布存在异质性时,如何让联邦学习算法的性能不产生严重下降?如何保证不同企业数据传回中央机器时的隐私不被泄露?引导学生从统计角度思考,局部样本的梯度估计偏差如何纠偏,差分隐私算法如何保证原始数据安全等。通过最新文献引入,学生不仅掌握了前沿的数据协同分析技术,更认识到在大数据时代,统计学在解决数据孤岛、隐私保护等新问题中发挥着基础性作用。

2. 构建知识-问题-能力图谱

基于教学实践,对统计学专业本科课程(群)内容进行优化,构建了知识-问题-能力图谱。知识图谱包括基础理论知识、综合应用知识及计算统计知识三部分。基础理论知识涵盖数学分析、高等代数、概率论、数理统计、随机过程等课程,为后续学习提供逻辑支撑和方法论体系。综合应用知识覆盖回归分析、多元统计、时间序列分析、贝叶斯方法、非参数统计等课程,强调对不同类型数据的建模能力。计算统计知识包括数据挖掘、机器学习、深度学习、强化学习等课程,贯穿传统理论与机器学习方法。为保证前沿知识的持续更新,定期邀请虚拟教研室的教师及行业算法工程师交流讨论,持续追踪核心项目的及时性和实用性,并进行更新迭代。

问题图谱设计遵循展示清晰、决策可靠、结论可信等原则,促使学生主动调用跨领域知识解决三类问题。一是数据描述与可视化问题,聚焦如何从复杂数据中提取有效特征,培养学生对数据敏锐度。二是统计推断与统计决策问题,围绕如何评估某一决策的显著性,培养学生严谨的影响机制分析与因果推断。三是统计预测与泛化问题,涵盖如何处理复杂数据的长期路径,强化统计建模与预测。

基于知识与问题图谱,学生应具备如下核心能力。首先是逻辑推演能力,能严格证明统计性质,理解方法的使用范围与局限性。其次是数据实战能力,熟练完成数据收集、整理、分析及结果解释,掌握从数据到结论的全流程。最后是统计批判性思维,能识别混杂因素、选择偏误错误,对模型与结论进行不确定性量化与稳健性检验。

(二) 模式创新

传统教学方式的瓶颈在于理论与实践脱节,根本原因是缺乏将单一的应用节点整合成系统的实际问题解决方案,虚拟教研室通过共享打破这一僵局。开展真实项目教学的最大阻碍往往在于数据壁垒,企业出于商业机密与合规要求,难以将真实数据直接交给高校。另外,一些高校与企业达成合作协议,通过数据脱敏得到真实项目案例,但是数量有限。虚拟教研室发挥跨单位协调优势,通过资源共建共享,高校可获得更多实际项目案例。企业数据在进入教学环境前,一般会经过差分隐私或匿名化脱敏处理,仅保留关键统计分布特征与业务逻辑关联。同时,企业可以获得低成本的数据清洗与基础建模服务,扩大了企业的人才储备库。

1. 实施案例

(1) 金融风控中的信用评分卡项目。某金融企业有一份脱敏信贷数据集,该数据存在缺失值、异常值及繁杂的类别变量。先引导学生以小组为单位,完整经历工业界标准的建模全流程。特征工程:绘制数据分布图,发现变量分布特征。缺失值插补与异常值处理:对比均值插补、随机森林插补等方法对模型的影响。变量降维:利用 VIF 检验剔除共线性,利用 WOE 分箱转化连续变量。基于 grf 处理分类变量。模型训练与交叉验证:设置训练集与测试集,通过交叉验证得到参数,验证模型预测效果。项目进行到一半时,邀请企业算法工程师通过线上会议接入课堂,对项目进展进行点评,模型的评价指标选取是否合理,模型稳定性如何,如果条件变化如何修改调整模型,神经网络的层数选择依据,选中的特征获取成本高如何进行调优等。接下来进行迭代优化,并进行汇报答辩。通过项目演练体会模型与算法不是数学游戏,要受制于具体业务逻辑、数据获取成本和稳定性的系统工程。

(2) 医疗图像统计分析中的模式发现。通过和企业合作,得到经脱敏处理的低剂量肺部 CT 图像。统计学专业学生不具备医学影像学知识,如何开展分析?通过虚拟教研室邀请医学院教师提供业务支撑。学生的任务不是诊断疾病,而是运用统计模式识别方法,将图像转化为高维矩阵,利用模型和算法进行降维可视化,然后应用 K-means 等聚类算法寻找影像特征相似的患者亚群。实施过程类似,可按照本专业教学特点展开,不再赘述。

2. 跨地域协同创新

真实项目进课堂对教学组织形式提出了新挑战,虚拟教研室打破时空界限,实施跨区域协同教学创新。金融风控项目与医疗图像分析项目实施完成后,可借鉴学习其他高校学生作品,实现跨地域学习,条件容许时还可以邀请不同院校小组进行汇报。这种以学生为中心的活动设计,使学生从被动知识接收者转变为主

动探索者和协作者，不仅解决统计问题，还学会跨地域的沟通与项目管理。

（三）价值引领

在统计学专业中铸牢中华民族共同体意识，关键在于避免脱离数据的情怀式表达。统计学的学科特性决定了其思政教育不应采用演绎式说教，而应采取归纳式实证，即通过真实的国情数据，引导学生运用统计工具自主得出结论。当学生亲眼看到对口支援政策对民族地区经济增长的显著正向影响，亲手绘制出各民族文化交融程度逐年提升的散点图时，对中华民族多元一体格局的认同感将远胜于任何单向说教。例如，要求学生构建衡量民族地区经济高质量发展统计指标，分析民族地区数字素养与增收之间的影响机制等，使思政元素从贴标签转变为统计逻辑，实现了知识传授、能力培养与价值引领的内在统一。

1. 实施案例：特色农产品销量影响机制

要求学生在返回家乡时深入当地特色手工业合作社、电商园区及物流集散地，发放调查问卷，开展深度访谈，得到民族地区群众收入、就业、技能培训等数据。返校后，运用爬虫技术，爬取该地区特色农副产品、手工艺品的线上销售流水等数据，绘制用户画像，分析影响机制等。面对存在缺失值和异常值的真实数据，学生经历完整的数据清洗过程。模型构建时，引导学生运用双重差分（DID）方法评估政策实施效果，经过平行趋势检验和模型设定，得出具有统计学意义的结论，撰写研究报告时提炼到收入大幅增长的结论时会深受触动。

2. 实施案例：数字经济赋能特色产业

要求学生以数字经济赋能特色产业为切入点，通过爬虫技术获取某地区电商平台销售的特色产业产品的经营数据，包括上架时间、销量、单价、复购率、用户评价等。同时，结合统计年鉴和各类公开数据库收集、整理该地区数字技术指标，如宽带接入率、数字化培训参与人数、可支配收入、是否移动上网、网络对工作/生活/学习的重要性等。学生首先要进行全部的数据清洗流程，处理异常值、缺失值、对齐家庭和个体数据等。然后进

行模型构建，指导学生使用双重差分法（DID）、双重机器学习（DML）、面板数据模型、门限回归模型等评估数字技术如何提高居民可支配收入等问题。最后，对驱动机制做进一步的分析，如平行趋势检验、内生性检验、稳健性检验、中介效应检验及调节效应检验等，对可能的样本自选择问题使用倾向得分匹配（PSM）加以控制。让学生在完成实践项目的同时增强社会体验，在撰写报告中真切感受到数字经济赋能缩小了居民收入差距，这种基于统计逻辑得出的结论的认同感更有说服力。

三、总结与展望

以学科交叉与前沿知识融入为知识创新的支柱，在 AI 大模型冲击下守住统计学底线，将机器学习、联邦学习等前沿技术解构为统计思想的延伸，使学生理解算法可能过时但量化不确定性的统计思维永不过时。以基于虚拟教室的育人模式创新为实践转化的落脚点，通过虚拟教室资源共建共享打通产教融合堵点，将真实脱敏项目搬进课堂。核心理念始终是立德树人与铸牢中华民族共同体意识的统一，方法论特征鲜明地体现了产教研用深度融合的实践导向。统计学虚拟教室以铸牢中华民族共同体意识主线为价值引领的起点，验证理工科思政不依靠生搬硬套，通过项目式体验等机制让学生在真实数据挖掘中自主得出各民族共同繁荣发展的结论。

面对日新月异的技术发展和国家战略需求，未来将探索 AI 数字助教与智能体在虚拟教室中的常态化应用。首先，数字助教提供个性化答疑，帮助学生指出代码报错位置，引导学生从统计学角度思考报错原因。其次，根据教学需求自动生成符合特定分布特征、带有特定业务逻辑的仿真数据，部分缓解企业脱敏数据供应不足的压力。最后是自动化的评估反馈，在学生提交项目报告后进行代码规范检查、报告规范性分析，并给出初步修改建议。

参考文献

- [1] 曾建潮, 吴淑琴, 张春秀. 虚拟教室: 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. 虚拟教室: 协同教研新形态 [J]. 现代教育技术, 2022, 32(3): 23-31.
- [4] 孔亚晔, 崔艳秋, 王亚平, 等. “新教研”: 课程(群)类虚拟教室建设路径研究 [J]. 高教学刊, 2023, 9(10): 23-26.
- [5] 王海啸, 王文宇. 创新创优共建共享——“项目式大学英语教学模式改革虚拟教室”建设路径探索 [J]. 外语界, 2022, (4): 8-15.
- [6] 尹建平, 蔺玄晋, 曾建潮. 高校“课程思政”虚拟教室建设实践与探索——以中北大学“师道”课程思政虚拟教室建设为例 [J]. 中北大学学报(社会科学版), 2021, 37(06): 91-95.

产教融合视域下《机器学习方法》课程决策树教学案例设计与实践

丁昊宇, 曹名杨, 张可奕, 姜荣^{*}
上海对外经贸大学 统计与数据科学学院, 上海 201620
DOI:10.61369/ASDS.2026070005

摘要 : 面向教学评价软件中课程评价系统的开发需求, 本文以本科《机器学习方法》课程为载体, 将高中生数学课程评价问卷转化为决策树教学案例。案例围绕数据预处理、决策树建模、模型评估与结果解释等环节组织教学, 引导学生理解机器学习模型在真实课程评价系统中的应用逻辑。该案例可为产教融合背景下机器学习课程的案例建设与教学改革提供参考。

关键词 : 机器学习方法; 产教融合; 决策树; 课程评价; 教学案例

Design and Practice of an Industry-Education Integrated Decision Tree Teaching Case for the Undergraduate Course Machine Learning Methods

Ding Haoyu, Cao Mingyang, Zhang Keyi, Jiang Rong^{*}

School of Statistics and Data Science, Shanghai University of International Business and Economics, Shanghai 201620

Abstract : Oriented toward the development needs of course evaluation systems in educational evaluation software, this paper takes the undergraduate course Machine Learning Methods as the teaching context and transforms a questionnaire on high school students' evaluation of mathematics courses into a decision tree teaching case. The case organizes instruction around data preprocessing, decision tree modeling, model evaluation, and result interpretation, guiding students to understand the application logic of machine learning models in real course evaluation systems. This case provides a reference for case development and teaching reform in machine learning courses under the background of industry-education integration.

Keywords : machine learning methods; industry-education integration; decision tree; mathematics course evaluation; teaching case

引言

随着教育数字化转型推进, 学生评教、学习行为和课堂互动数据正在成为课程改进的重要证据来源。若仅停留在平均分统计, 难以识别评价差异背后的结构性因素。机器学习方法能够从多变量数据中发现模式, 其中决策树因结构清晰、规则可视化, 适合用于教育评价数据的课堂教学和业务解释。

已有研究为本案例提供了政策、场景和方法基础。政策层面, 国务院办公厅关于深化产教融合的意见^[1]和教育部一流本科课程建设文件^[2]强调课程建设应对接产业需求、强化实践育人。教育数字化研究中, 袁振国^[3]从教育强国建设角度讨论数字化对教育治理和教学评价的支撑作用, 顾小清^[4]围绕人工智能促进教育发展报告, 梳理了智能技术赋能教育数字化转型的前沿趋势。教育评价与数据挖掘研究中, 邹挺^[5]利用随机森林开展学生学业预警分析, 龚笛^[6]以初中数学 TPACK 课堂为例讨论学生中心的课堂教学设计, 陈丝祎^[7]基于改进随机森林研究中小学数字教育资源应用评价, Marsh^[8]系统总结了学生评教研究中的发现、方法问题和未来方向, 燕姣云等^[9]重构了课堂教学质量评价指标体系。方法与教学应用方面, 彭琳等^[10]采用 CART 开展学生成绩预测和个性化管理研究, 翟洁等^[11]探索决策树与大模型在计算机实验教学中的应用, Breiman 等^[12]奠定了 CART 理论基础, 周志华^[13]和李航^[14]为本科机器学习与统计学习教学

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目“稳健联邦在线学习方法的统计推断及其在教育大数据中的应用”(No.25YJA910003)。

作者简介:

丁昊宇, 上海对外经贸大学统计与数据科学学院, 硕士研究生, 研究方向为机器学习与教育数据挖掘;

曹名杨, 上海对外经贸大学统计与数据科学学院, 本科生, 研究方向为数据科学应用;

张可奕, 上海对外经贸大学统计与数据科学学院, 本科生, 研究方向为统计学习方法。

通讯作者: 姜荣, 上海对外经贸大学统计与数据科学学院, 教授, 研究方向为统计学习、教育统计与数据科学, E-mail: jiangrong@suibe.edu.cn。

提供了系统教材依据。

从产业背景看，超星、科大讯飞等企业已在教学管理、过程性数据分析和教育评价软件方面形成应用实践^[15, 16]。这类课程评价系统不仅需要完成问卷采集和统计汇总，还需要具备指标构建、评价分类、关键因素识别和反馈报告生成等功能。本科《机器学习方法》通常涵盖回归模型、决策树、支持向量机与神经网络等内容，将课程评价系统开发需求转化为决策树教学案例，有助于学生理解算法原理、模型解释和业务落地之间的关系。

本文以高中生数学课程评价问卷为数据场景，构建面向本科生的决策树教学案例，将数据整理、模型训练、特征解释和反馈报告生成整合为课程任务，说明产教融合视域下《机器学习方法》课程的案例设计与实施路径。

一、案例建设背景与教学设计

《机器学习方法》是统计学和数据科学专业的重要课程，连接统计建模、计算实现与应用决策。课程一般覆盖回归模型、决策树、支持向量机和神经网络，其中决策树兼具分类思想、特征选择和可解释性，适合作为产教融合案例的切入点。

本案例的产业背景设定为教学评价软件中的课程评价系统开发。面向学校应用，课程评价系统除问卷采集和统计汇总外，还需要完成指标构建、评价分类、关键因素识别和反馈报告生成。课程教学据此把学生从“算法使用者”引向“评价系统设计者”。案例可作为2课时课堂案例，也可扩展为4至6课时项目；若获得学校或软件企业提供的匿名授权数据，还可形成校地或校企协同实践资源。

教学目标包括三类：在知识层面，理解 CART 分类树、基尼指数、停止条件、剪枝和模型评估；在能力层面，认识教育数据的隐私保护、评价公平和解释边界，并比较决策树与回归模型、支持向量机、神经网络的适用差异；学生最终提交技术报告，前者呈现数据处理、参数设置、准确率和混淆矩阵，并提出课程改进建议。

教学流程包括三步：课前发布案例背景、匿名数据字典和课程评价系统需求说明，要求学生明确评价对象、标签构造和结果使用者。教师同时强调未成年人数据匿名化、教学研究用途和模型结果的非标签化边界；课中先完成技术实现：读取数据、划分

特征与标签、训练决策树、输出准确率并绘制树结构。随后进入业务解释，学生将树节点变量翻译为课程评价语言。例如，模型关注每日课后数学学习时间和一周课外活动时间时，学生需从学习投入、作业负担、校园生活和情绪体验等角度解释其含义，同时区分相关性解释与因果推断。课堂可分技术组、解释组和反馈组，分别负责建模、转译和汇报，强化产教融合中的协同分工；课后提交案例报告，评分维度包括数据处理规范性、模型可复现性、解释证据和建议可行性。成果重点不是“跑通模型”，而是形成能回应课程评价系统需求的分析报告。

二、案例分析与教学成效

案例情境设定为教学评价软件企业开发课程评价诊断模块。学校希望基于学生问卷判断课程评价是否合格，并识别影响评价的关键变量。由此形成建模问题：能否根据学生学习投入、课外活动、数学兴趣和家庭背景等变量预测其对数学课程的评价类别，并给出可解释规则？

数据来自某校高一年级100名学生的匿名问卷，题项涵盖个人学习情况、家庭背景和课程教学体验。标签由“认可数学课程教学方式”、“数学课程作业量”、“数学课程教学组织体验”三项综合得分生成，并以中位数划分为“合格”“不合格”。其余变量作为特征，用于训练决策树分类模型，变量解释及其具体数值见表1。

表1：案例变量编码与教学含义
Table 1: Variable Coding and Teaching Meaning of the Case

变量类别	变量名称	编码方式	教学含义
学习投入	每日课后数学学习时间	1=<30分钟；2=30分钟至1小时；3=1至2小时；4=>2小时	反映学习投入
校园体验	一周课外活动时间	1=<1小时；2=1至2小时；3=2至3小时；4=>3小时	反映校园生活与自主活动空间
学习习惯	是否预习新课内容	1= 从不；2= 偶尔；3= 多数时候；4= 每次	用于讨论有序变量处理
学习态度	数学兴趣程度	1= 不太感兴趣；2= 一般；3= 比较感兴趣；4= 非常感兴趣	反映学习动机
家庭背景	父母关注及文化程度	关注频率与文化程度均按等级编码	识别外部支持因素并提示解释边界
目标变量	课程评价是否合格	由教学方式、作业量、教学组织体验综合形成	训练二分类决策树模型

CART 分类树以基尼指数选择划分变量，并通过递归方式生成二叉树^[12]。基尼指数越小，节点纯度越高；算法在每个节点遍历候选特征和切分点，选择加权基尼指数最小的方案，直至满足树深、叶节点样本数等停止条件。教学中应把公式与变量解释结合。当模型选择“一周课外活动时间”等变量时，需要说明特征

重要性表示预测贡献，不等同于因果结论。为训练泛化意识，案例设置最大深度、最小叶节点样本数和随机种子，并用混淆矩阵讨论不同错误类型在课程评价场景中的含义。教学流程见表2，各环节对应课程评价系统开发任务，并形成可提交成果。

表2：产教融合教学流程设计
Table 2: Teaching Process Design for Industry-Education Integration

教学环节	产教融合任务	学生学习任务	能力目标
需求导入	提出课程评价诊断需求	明确问题、对象、标签和伦理边界	场景理解
数据理解	解读匿名问卷与编码	区分目标变量和特征变量，检查缺失与异常	变量构造
模型训练	完成二分类建模	训练 CART 模型，设置树深和停止条件	算法实现
模型评估	判断诊断可靠性	计算准确率，绘制混淆矩阵，分析错误类型	证据判断
结果解释	反馈关键变量	解读路径和特征重要性，形成改进建议	跨界沟通
反思拓展	讨论扩展与风险	比较回归模型、决策树、支持向量机和神经网络	迁移应用

使用 Python 的 Scikit-learn 库调用 DecisionTreeClassifier 构建 CART 分类树。为便于课堂解释，最大树深度设为3，输出决策树结构、特征重要性和混淆矩阵，分别对应决策路径、关键变量和错误类型分析。

决策树首先使用“每日课后数学学习时间”划分，随后在分支中使用“一周课外活动时间”、“数学兴趣程度”和“父母文化程度”等变量（见图1）。该结构便于学生沿路径解释不同学生群体的评价差异，并反思问卷变量是否充分覆盖课程质量。

特征重要性显示（见表3），一周课外活动时间得分0.494，每日课后数学学习时间得分0.371，二者贡献最高；数学兴趣程度和父母文化程度较低。教学上可据此强调：模型解释须结合教育场景，不能仅按数值排序给出结论。

混淆矩阵显示（见图2），模型正确预测60个“合格”和18个“不合格”样本，整体准确率为78%。课堂中可讨论误判代价：把“不合格”误判为“合格”可能忽略改进需求，把“合格”误判为“不合格”则可能低估课程效果。

表3：主要特征重要性及教学解释
Table 3: Main Feature Importance and Teaching Interpretation

排序	变量名称	重要性得分	教学解释
1	一周课外活动时间	0.494	反映校园生活与自主活动空间
2	每日课后数学学习时间	0.371	反映数学投入和课堂接受感知
3	数学兴趣程度	0.090	反映学习动机
4	父母文化程度	0.045	提示家庭背景解释边界

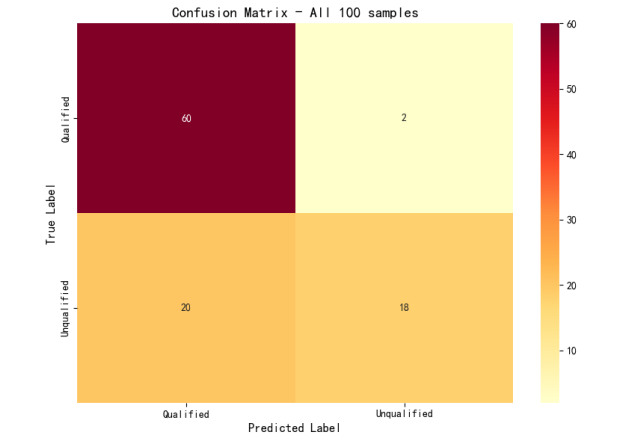


图2：决策树模型混淆矩阵

Figure 2: Confusion Matrix of the Decision Tree Model

从教学成效看，学生通过案例理解决策树包含特征选择、递归划分和模型解释，而不仅是一个分类函数。与经典公开数据集相比，课程评价数据更贴近学生经验，便于形成问题意识。从能力培养看，学生完整经历问卷编码、标签构造、模型训练、指标评价和结果汇报，并把算法语言转化为教育管理语言和软件功能语言。从产教融合看，案例把学校课程评价需求转化为本科课堂项目，使学生在真实问题牵引下完成算法学习、场景解释和应用

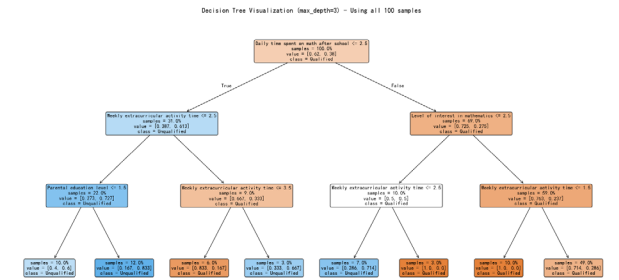


图1：高中生数学课程评价决策树可视化结果

Figure 1: Decision Tree Visualization of High School Students' Evaluation of Mathematics Courses

反馈。后续教学可加入算法比较,要求学生使用回归模型、决策树和支持向量机,比较准确率、可解释性、部署成本和公平性,使学生理解高准确率并非教育评价场景的唯一目标。在产教融合拓展上,课程团队可与学校、教育评价机构或教育技术企业共建匿名案例库,涵盖学业预警、课堂互动分析、资源推荐和课程评价诊断等任务,并对接超星、科大讯飞等企业的软件实践^{[15]、[16]}。

三、总结

本文基于高中生数学课程评价数据,面向教学评价软件中的

课程评价系统开发需求,设计了本科《机器学习方法》课程的决策树教学案例。案例将决策树、问卷数据处理、模型评估、特征解释和建议输出整合为完整教学流程。该案例把机器学习教学目标从“掌握算法”拓展为“用算法审慎解决真实问题”,可为数据科学类课程推进产教融合和项目式学习提供参考。

参考文献

[1] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见: 国办发〔2017〕95号 [Z]. 2017.

[2] 教育部. 教育部关于一流本科课程建设的实施意见: 教高〔2019〕8号 [Z]. 2019.

[3] 袁振国. 重塑未来——教育数字化之于教育强国建设的突破性意义 [J]. 教育研究, 2024, 45(12): 4–12.

[4] 顾小清. 智能技术赋能教育数字化转型的前沿趋势——《2023人工智能促进教育发展报告》导读 [J]. 中国教育信息化, 2024, 30(07): 3–12.

[5] 邹挺. 基于随机森林算法的学生学业预警分析 [D]. 南昌大学, 2024.DOI: 10.27232/d.cnki.gnchu.2024.002683.

[6] 龚笛. 以学生为中心的初中数学 TPACK 课堂——以“七年级下学期数学期末复习”讲评课为例 [J]. 现代教学, 2024, (Z3): 20–21.

[7] 陈丝祯. 基于改进随机森林的中小学校数字教育资源应用评价研究 [D]. 华中师范大学, 2022.DOI: 10.27159/d.cnki.ghzsu.2022.001461.

[8] Marsh, Herbert W. Students' evaluations of University teaching: Research findings, methodological issues, and directions for future research[J]. International Journal of Educational Research, 1987, 11(3): 253–388.DOI: 10.1016/0883-0355(87)90001-2.

[9] 燕皎云, 安俊丽, 孙国红. 课堂教学质量评价指标体系重构 [J]. 中国大学教学, 2023, (12): 74–78+91.

[10] 彭琳, 宋璐, 汪宇. 基于 CART 的学生成绩预测与个性化管理策略研究 [J]. 中国信息界, 2024, (09): 169–172.

[11] 翟洁, 李艳豪, 孟天鑫, 等. 基于决策树和大模型的个性化计算机实验教学探索与实践 [J]. 实验技术与管理, 2023, 40(12): 8–15.DOI: 10.16791/j.cnki.sjg.2023.12.002.

[12] Breiman L, Friedman J, Stone CJ, Olshen RA. Classification and Regression Trees[M]. Belmont, CA: Wadsworth International Group, 1984.

[13] 周志华. 机器学习 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2016.

[14] 李航. 统计学习方法 [M]. 第2版, 北京: 清华大学出版社, 2019.

[15] 超星校园通. 超星校园通服务平台 [EB/OL]. <https://probation.chaoxing.com/>, 2026–05–13.

[16] 科大讯飞智慧教育. AI助力教育数字化转型 [EB/OL]. <https://edu.iflytek.com/Cn/>, 2026–05–13.

以线性方程组为中心诠释线性代数核心概念

刘海

上海对外经贸大学 统计与数据科学学院, 上海 201620

DOI:10.61369/ASDS.2026070006

摘 要 : 《线性代数》的理论体系起源于对线性方程组的求解, 因此, 以线性方程组为中心诠释《线性代数》中的核心概念是自然的、易懂的, 这有助于学生理解抽象概念, 帮助学生建构知识体系, 提升教学效果。行列式是线性方程组唯一解公式的速记符号; 矩阵是表示线性方程组的简便符号; 初等行变换是线性方程组同解变形的操作; 矩阵的秩是有效方程的个数; 用矩阵运算表示线性方程是定义矩阵乘法规则的一个动机; 向量是表示方程组解的简便符号。

关 键 词 : 线性方程组; 行列式; 矩阵; 向量

Illustrating the Core Concepts of Linear Algebra in Terms of Linear Equations

Liu Hai

School of Statistics and Data Science, Shanghai University of International Business and Economics, Shanghai 201620

Abstract : The theoretical system of "Linear Algebra" originates from solving linear equations. Therefore, it is natural and easy to interpret the core concepts of "Linear Algebra" in terms of linear equations, which helps students understand abstract concepts and construct knowledge system, and improves teaching effect. The determinant is a shorthand symbol for the unique solution formula of a linear system of equations. A matrix is a simple symbol for a group of linear equations. Elementary row transformation is the operation of deformation of linear equations with their solutions unchanged. The rank of the matrix is the number of valid equations. Representation of linear equations by matrix operations is one motivation for defining the rule of matrix multiplication. Vectors are simple notations for the solutions of a system of equations.

Keywords : linear equations; determinant; matrix; vector

引言

如何求解线性方程组, 是《线性代数》课程要解决的一个核心问题。为了回答这个问题, 《线性代数》课程讲述了行列式、矩阵和向量的相关知识, 它们占据了该课程近三分之二的篇幅^[1]。运用这些知识, 人们可以彻底回答线性方程组求解的理论问题。因此, 以线性方程组为中心诠释《线性代数》中的核心概念是自然的、易懂的, 这有助于学生理解抽象概念, 帮助学生建构知识体系, 提升教学效果。在此基础上, 我们认为考研数学一范围内的《线性代数》课程的最佳教学章顺序应该是: 行列式、矩阵、向量、矩阵的特征值和特征向量、二次型。前三章可以视为一个整体, 其教学过程应围绕线性方程组的求解为中心, 展开行列式、矩阵和向量的讲解, 它们自身形成一个逻辑闭环。后两章可以看作是《线性代数》的另一主题, 重在研究矩阵的性质及其在二次型中的应用。接下来, 本文将基于线性方程组的视角对行列式、矩阵和向量等概念进行解释。

一、行列式是线性方程组唯一解公式的速记符号

1683年, 日本数学家关孝和首次提出了行列式的概念。1693年, 德国数学家莱布尼茨 (Leibniz) 在写给洛必达的信中也独立地使用了行列式, 并给出了线性方程组系数行列式的定义。1750年, 瑞士数学家克莱姆 (Cramer) 提出了克莱姆法则, 这是行列式理论的一个重要应用, 用于解线性方程组。18世纪末至19世纪

初, 行列式理论逐步完善, 数学家如拉普拉斯 (Laplace) 和高斯 (Gauss) 对其性质和计算方法进行了深入研究^[2]。

数学家是出于何种动机要提出行列式的概念? 很多教科书都没有回答这个问题, 而是直接给出行列式的定义, 然后讲述行列式的性质和计算等知识, 最后将行列式应用于克拉姆法则中, 给出方程组的唯一解公式。

然而, 在教学过程中, 笔者认为, 我们应该先澄清在解线性

基金项目: 上海对外经贸大学统计与数据科学学院教学团队项目; 2026年上海对外经贸大学校级重点课程建设项目。

作者简介: 刘海, 上海对外经贸大学统计与数据科学学院, 副教授, 研究方向: 组合数学、线性代数; 邮箱: liuhai@suibe.edu.cn。

方程组的过程中会出现什么问题?为了解决这个问题,人们有必要引进行列式,然后再去讲解行列式的定义、性质和计算等知识。在这样的逻辑框架下,学生们才能建立健全的行列式知识体系,知道行列式从何处来,到何处去,形成知识闭环。

实际上,行列式是为了快速记忆含 n 个方程和 n 个未知数(简记为 $n \times n$)的线性方程组唯一解公式而引进的符号。在这种符号的帮助下,人们可以方便快捷地给出并记住方程组的唯一解公式。方程组的解是数,因此行列式的本质也是数。如何由行列式的符号计算出它所表达的真实数字呢?这就是行列式理论需要研究的问题,于是同学们需要学习行列式的定义、性质和计算,这些知识的最终目标就是为了计算出行列式符号所表达的真实数字或代数式。于是,一方面,人们可以运用行列式的符号快速写出方程组唯一解公式;另一方面,人们又能运用行列式的理论计算出行列式所表达的真实数字;最终,人们就能获得方程组的唯一解。下面,我们来展示这个教学过程。

对于 2×2 的线性方程组: $\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2 \end{cases}$, 运用消元法, 人们容易得到: 当 $a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} \neq 0$ 时, 方程组有唯一解, 且

$$x_1 = \frac{b_1 a_{22} - a_{12} b_2}{a_{11} a_{22} - a_{12} a_{21}}, \quad x_2 = \frac{b_2 a_{11} - a_{21} b_1}{a_{11} a_{22} - a_{12} a_{21}}. \quad (1)$$

公式(1)的规律性不明显,不方便记忆和运用,人们需要发明一种简便的符号来速记公式(1),在这种动机下,二阶行列式的符号就应运而生。

定义1: 符号 $\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}$ 称为二阶行列式, 其值为 $a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}$, 即:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}. \quad (2)$$

二阶行列式的符号是由4个数排成2行2列的阵列, 为了表示它是一个整体, 用一对竖线将其框起来。二阶行列式的本质是一个数, 是有值的, 其值可以通过“对角线法则”计算出来, 即主对角线元素的积减去副对角线元素的积。

利用二阶行列式, 公式(1)可以写成如下形式:

$$x_1 = \frac{\begin{vmatrix} b_1 & a_{12} \\ b_2 & a_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}, \quad x_2 = \frac{\begin{vmatrix} a_{11} & b_1 \\ a_{21} & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}. \quad (3)$$

记 $D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}$, $D_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} \\ b_2 & a_{22} \end{vmatrix}$, $D_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 \\ a_{21} & b_2 \end{vmatrix}$, 则当 $D \neq 0$ 时, 公式(3)可略写为:

$$x_1 = \frac{D_1}{D}, \quad x_2 = \frac{D_2}{D}. \quad (4)$$

由于 D 中的元素均由方程组的系数按其在方程组中的原始位置顺序构成, 所以称 D 为系数行列式。 D_1 可以看作将 D 的第1列元素换成方程组的常数项列、其它列保存不变而得到。 D_2 可以看作将 D 的第2列元素换成常数项列、其它列保存不变而得到。在这种规则默认下, 公式(4)就是公式(1)的速记公式。

类似地, 对于 3×3 的线性方程组: $\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3 \end{cases}$, 运用消元法, 可以得到, 当 $a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31} \neq 0$ 时, 方程组有唯一解, 且

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{b_1 a_{22} a_{33} + a_{12} a_{23} b_3 + a_{13} b_2 a_{32} - b_1 a_{23} a_{32} - a_{12} b_2 a_{33} - a_{13} a_{22} b_3}{a_{11} a_{22} a_{33} + a_{12} a_{23} a_{31} + a_{13} a_{21} a_{32} - a_{11} a_{23} a_{32} - a_{12} a_{21} a_{33} - a_{13} a_{22} a_{31}}, \\ x_2 &= \frac{a_{11} b_2 a_{33} + b_1 a_{23} a_{31} + a_{13} a_{21} b_3 - a_{11} a_{23} b_3 - b_1 a_{21} a_{33} - a_{13} b_2 a_{31}}{a_{11} a_{22} a_{33} + a_{12} a_{23} a_{31} + a_{13} a_{21} a_{32} - a_{11} a_{23} a_{32} - a_{12} a_{21} a_{33} - a_{13} a_{22} a_{31}}, \\ x_3 &= \frac{a_{11} a_{22} b_3 + a_{12} b_2 a_{31} + b_1 a_{21} a_{32} - a_{11} b_2 a_{32} - a_{12} a_{21} b_3 - b_1 a_{22} a_{31}}{a_{11} a_{22} a_{33} + a_{12} a_{23} a_{31} + a_{13} a_{21} a_{32} - a_{11} a_{23} a_{32} - a_{12} a_{21} a_{33} - a_{13} a_{22} a_{31}}. \end{aligned} \quad (5)$$

显然, 公式(5)的规律性很不明显, 非常不方便记忆和运用, 但运用三阶行列符号和上述规则对公式(5)改成, 将会得到类似公式(4)的公式。

定义2: 符号 $\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$ 称为三阶行列式, 其值为 $a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$, 即:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}. \quad (6)$$

三阶行列式的符号是由9个数排成3行3列的阵列, 其本质也是一个数, 是有值的, 它的值也可以通过“对角线法则”计算出来, 只是规则较二阶行列式稍微复杂一些。对角线法则是计算二阶和三阶行列式的一种规则, 任何一本线性代数的教材都会讲授这个法则^[3]。在公式(2)或(6)中, 利用对角线法则, 人们可以容易地将左边行列式的符号展开为右边的值, 这个过程叫行列式的展开或计算。

需要说明的是, 在创造行列式的概念时, 人们是将(2)和(6)式的右边强制写成左边的简便符号, 但行列式的难点在于如何将左边展开成右边。在将二阶和三阶行列式推广到一般 n 阶行列式时, 人们容易写出左边行列式的符号, 却难以发现其右边的展开形式。实际上, 这是 n 阶行列式的定义要解决的问题。

$$\text{记 } D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}, \quad D_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & a_{13} \\ b_2 & a_{22} & a_{23} \\ b_3 & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}, \quad D_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 & a_{13} \\ a_{21} & b_2 & a_{23} \\ a_{31} & b_3 & a_{33} \end{vmatrix}, \quad D_3 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & b_2 \\ a_{31} & a_{32} & b_3 \end{vmatrix},$$

则当 $D \neq 0$ 时, 公式(5)可改写为:

$$x_1 = \frac{D_1}{D}, \quad x_2 = \frac{D_2}{D}, \quad x_3 = \frac{D_3}{D}. \quad (7)$$

公式(7)是公式(5)的速记公式, 其规则是: 每个未知数 $x_i (i=1, 2, 3)$ 的值都是一个分数形式, 分母是系数行列式 D , 分子 D_i 是将 D 的第 i 列元素换成方程组的常数项列、其它列保持不变而得到的行列式。

于是, 对于 3×3 的线性方程组, 其求解过程可分为三步: 第一、写成系数行列式 D , 并按公式(6)或对角线法则计算出其值; 第二, 当 $D \neq 0$ 时, 按公式(7)写出速记公式; 第三, 按上述规则分别写出行列式 D_1 、 D_2 和 D_3 , 根据公式(6)或对角线法则分别计算出它们的值, 再分别代入公式(7), 即可求出每个未知数的值。需要注意的是, 本文的主要目的是论述引入行列式的动机和作用, 即行列式可以速记方程组有唯一解时的公式, 因此我们不需要考虑系数行列式 $D=0$ 的情形。

现在的问题是，类似公式（4）和（7）的这种速记规则是否可以推广到一般的 $n \times n$ 的线性方程组？也就是说，对于方程组：

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \cdots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \cdots + a_{nn}x_n = b_n \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{记 } D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}, \quad D_i = \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1,i-1} & b_i & a_{1,i+1} & \cdots & a_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{i,i-1} & b_i & a_{i,i+1} & \cdots & a_{in} \end{vmatrix} \quad (i=1,2,\dots,n),$$

当 $D \neq 0$ 时，是否有：

$$x_1 = \frac{D_1}{D}, x_2 = \frac{D_2}{D}, \cdots, x_n = \frac{D_n}{D}. \quad (9)$$

答案是肯定的。实际上，公式（9）就是著名的克拉姆法则，是当方程组（8）有唯一解时解的计算公式。由于行列式符号的使用，这个公式的规律非常明显，很容易被记住和运用。公式（9）中的每个行列式都是 n 阶行列式，它们都是由 n^2 个数字排成 n 行 n 列的阵列，它们的本质也是数、有值。如何计算它们的值，就是行列式理论需要回答的问题。

于是，教师们就可以开启行列式理论的教学，带领学生们一起去观察、归纳、发现一般 n 阶行列式的定义，探索行列式的性质，研究行列式计算的方法和技巧，并运用行列式的理论证明公式（9）。实际上，检验一套行列式理论是否正确标准，就是看人们运用这套理论能否证明公式（9）。公式（9）是我们想要得到结论，一套正确的行列式理论应当证明它。

自此，行列式理论的教学就形成了一个闭环，学生们知道了行列式的概念形成于方程组，是方程组唯一解公式的速记符号，它的一个主要去向就是帮助人们快速解方程组。行列式理论的主要目标是为了计算行列式，获得行列式的值。

二、矩阵是表示线性方程组的简便符号

克拉姆法则的优势在于，当 $n \times n$ 的线性方程组有唯一解时，运用行列式给出了唯一解的公式。公式的好处在于便于被记住和运用；也便于算法化，让电脑也能运用公式解方程组。然而，克拉姆法则也存在局限性。首先，对于 $n \times n$ 的线性方程组，它要计算 $n+1$ 个 n 阶行列式，而每个高阶行列式的计算是费时的，所以它的计算复杂度较高，速度较慢。其次，它的适用范围较窄，只适用于 $n \times n$ 的线性方程组有唯一解时的情形，对一般的含 m 个方程和 n 个未知数（简记为 $m \times n$ ）的线性方程组，它是无效的。因此，仅有行列式的工具，人们无法完全解决线性方程组的求解，还需要其它的工具。

求解线性方程组的第二个工具是矩阵。矩阵的产生和发展经历了从古代萌芽到现代理论的漫长过程。它的正式提出和系统化主要归功于19世纪的数学家凯莱和西尔维斯特^[4]。随着数学和其他学科的发展，矩阵逐渐成为描述线性关系、解决实际问题的重要工具，并在现代科学和技术中发挥着不可替代的作用。矩阵的应用极其广泛，求解线性方程组只是其应用的一个方面。从线性

方程组的视角，解释矩阵及其相关概念和运算的产生，可以帮助学生理解抽象概念，提升教学效果。

第一，矩阵可以看作是为了简便表示线性方程组的符号而被提出的。矩阵的初等行变换是线性方程组同解变形的操作。行阶梯形矩阵对应着一种特殊形式的方程组，从它们身上可以直接看出方程组是否有解以及解的个数。行简化阶梯形矩阵对应着另一种特殊形式的方程组，从它们身上可以直接写出方程组的解。运用高斯消元法解线性方程组的过程，可看作是对矩阵进行初等行变换，消元化为行阶梯形矩阵，再回代化为行简化阶梯形矩阵的过程。

高斯消元法（Gaussian Elimination）是解线性方程组的一种经典方法，其命名来源于德国数学家高斯。虽然高斯并不是最早提出这种方法的人，但他在19世纪初对其进行了系统化和推广，使其成为线性代数中的核心工具之一。在图1中，我们以一个 4×3 的具体线性方程组为例，给出了高斯消元法解线性方程组的步骤。高斯消元法是一种可算法化的机械步骤，适用于所有线性方程组，其详细具体步骤描述可参见^[5, 第25页]。

在图1中，方程组①是待解的原始方程组；方程组②是行阶梯形方程组，从它可以看出方程组仅有1个解；方程组③是行简化阶梯形方程组，从它可以直接写出方程组的解为： $x_1=1, x_2=3, x_3=2$ 。从①到②的过程叫消元，从②到③的过程叫回代，中间涉及的操作包含三类：一是交换两个方程的位置；二是某个方程的两边乘以一个非零数；三是某个方程的倍数加到另一个方程上去。这三类操作叫方程组的初等变换，它们不会改变方程组的解。因此，图1中的9个方程组彼此等价，它们具有相同的解。高斯消元法的步骤就是对线性方程组进行初等变换，消元化为行阶梯形方程组，再回代化为行简化阶梯形方程组的过程。

$$\begin{aligned} & \begin{cases} 2x_1 + 2x_2 - x_3 = 6 \\ x_1 - 2x_2 + 4x_3 = 3 \\ 4x_1 - 2x_2 + 7x_3 = 12 \\ 5x_1 + 7x_2 + x_3 = 28 \end{cases} \quad \text{①} \rightarrow \begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 = 3 \\ 2x_1 + 2x_2 - x_3 = 6 \\ 4x_1 - 2x_2 + 7x_3 = 12 \\ 5x_1 + 7x_2 + x_3 = 28 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 = 3 \\ 6x_2 - 9x_3 = 0 \\ 6x_2 - 9x_3 = 0 \\ 17x_2 - 19x_3 = 13 \end{cases} \\ & \rightarrow \begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 = 3 \\ 6x_2 - 9x_3 = 0 \\ 0 = 0 \\ \frac{13}{2}x_3 = 13 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 = 3 \\ 6x_2 - 9x_3 = 0 \\ \frac{13}{2}x_3 = 13 \\ 0 = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 = 3 \\ 2x_2 - 3x_3 = 0 \\ x_3 = 2 \\ 0 = 0 \end{cases} \quad \text{②} \\ & \rightarrow \begin{cases} x_1 - 2x_2 = -5 \\ 2x_2 = 6 \\ x_3 = 2 \\ 0 = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x_1 - 2x_2 = -5 \\ x_2 = 3 \\ x_3 = 2 \\ 0 = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x_1 = 1 \\ x_2 = 3 \\ x_3 = 2 \\ 0 = 0 \end{cases} \quad \text{③} \end{aligned}$$

图1：高斯消元法的例子

然而，图1解方程组的过程，在写法上有很多累赘，不简洁、不方便。大括号、等号和未知数字母都不是方程组的本质、是多余的，方程组的本质是未知数字母前面的系数和常数项。未知数字母可以默认用 x_1, x_2 等来表示，系数和常数项才是影响方程组解的决定因素。因此，现在的问题是：是否可以只选取系数和常数项来表示方程组？答案是肯定的。在回答这个问题的过程中，人们就会很自然地提出矩阵的概念。

$$\begin{aligned}
 &\begin{pmatrix} 2 & 2 & - & 6 \\ 1 & -2 & 4 & 3 \\ 4 & -2 & 7 & 12 \\ 5 & 7 & 1 & 28 \end{pmatrix} \xrightarrow{\text{④}} \begin{pmatrix} 1 & -2 & 4 & 3 \\ 2 & 2 & -1 & 6 \\ 4 & -2 & 7 & 12 \\ 5 & 7 & 1 & 28 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -2 & 4 & 3 \\ 0 & 6 & -9 & 0 \\ 0 & 6 & -9 & 0 \\ 0 & 17 & -19 & 13 \end{pmatrix} \\
 &\rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -2 & 4 & 3 \\ 0 & 6 & -9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{13}{2} & 13 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -2 & 4 & 3 \\ 0 & 6 & -9 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{13}{2} & 13 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -2 & 4 & 3 \\ 0 & 2 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{⑤} \\
 &\rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 & -5 \\ 0 & 2 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 & -5 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{⑥}
 \end{aligned}$$

图2: 高斯消元法的矩阵表示

图2给出了图1中每个线性方程组的矩阵表示, 这些矩阵叫方程组的增广矩阵, 每个增广矩阵是由方程组的系数和常数项按其在方程组中的位置顺序排列而成的矩形阵列。仅由方程组的系数按其在方程组中的位置顺序排列而成的矩形阵列叫方程组的系数矩阵, 它比增广矩阵少了最后一列。系数矩阵或增广矩阵的行数等于方程组中方程的个数, 系数矩阵的列数等于方程组中未知数的个数。增广矩阵在如下规则下与方程组一一对应: 首先, 矩阵的第*i*行对应方程组中的第*i*个方程; 其次, 矩阵的第*j*列是方程组中第*j*个未知数 x_j 前面的系数, 矩阵的最后一列是方程组的常数项。

在图2中, 矩阵④是方程组①的增广矩阵, 它代表了原始待解的方程组。矩阵⑤是行阶梯形方程组②的增广矩阵, 于是类似形式⑤的矩阵叫行阶梯形矩阵。矩阵⑥是行简化阶梯形方程组③的增广矩阵, 类似形式③的矩阵叫行简化阶梯形矩阵。方程组的初等变换用在矩阵身上叫做矩阵的初等行变换。因此, 用矩阵的语言来说, 高斯消元法就是对原方程组的增广矩阵进行初等行变换, 消元化为行阶梯形矩阵, 再回代化为行简化阶梯形矩阵的过程。

用矩阵及其初等行变换表达高斯消元法解线性方程组的过程存在两大优势。首先, 它书写简洁、方便、省时, 省去了大括号、未知数和等号这些非本质的东西。其次, 它能让高斯消元法程序化, 让电脑也能解方程组。电脑能认识形式④的矩阵, 却不能认识形式①的方程组。如果要往数学软件中输入一个方程组, 我们通常输入的就是它的增广矩阵。电脑能对增广矩阵实施初等行变换的操作, 从而解出方程组。这两个优势体现了在解线性方程组中引入矩阵的好处和作用。

第二, 矩阵的秩是有效方程的个数。在《线性代数》中, 矩阵的秩是一个非常重要而抽象的概念, 它通常有四种解释。首先, 矩阵的秩是矩阵能生成的所有行列式中, 非零子式的最大阶数; 其次, 矩阵的秩等于与它等价行阶梯形矩阵中非零行的行数; 再次, 矩阵的秩等于其行(列)向量组的秩; 最后, 矩阵的秩等于其行(列)空间的维数^[6]。然而, 这四种解释都比较抽象、难懂, 也不能说明为何要提出秩的概念。实际上, 矩阵的秩还有另一种解释, 即它等于其对应线性方程组中有效方程的个数, 这

种解释简单直观, 能说明引入秩概念的动机, 还能直观展现秩的一个重要性质, 即初等行变换不改变矩阵的秩。

给定一个矩阵, 如矩阵④, 我们可以把它当作某个线性方程组的增广矩阵, 如方程组①。于是, 每个矩阵都等同于一个线性方程组。在一个线性方程组中, 每个方程都是对未知数的约束或限制, 能缩小未知数取值范围的方程叫有效方程, 不能缩小未知数取值范围的方程叫无效方程。不失一般性, 在方程组中, 人们可以按从上到下的顺序给方程组排序, 然后来指出哪个方程是有效的, 哪个是无效的。在方程组①中, 前两个方程是有效的; 但第三个方程是无效的, 它可看作由第一个方程加上第二个方程的2倍而得到, 因而不能缩小未知数的取值范围; 第四个方程是有效的。无效方程也可以理解为由它前面的某些方程通过初等变换而得到的方程。在高斯消元法的变换过程中, 无效方程在增广矩阵中最终会变为零行, 其对应的方程是: $0=0$, 不妨称之为零行方程, 它们恒成立, 对未知数没有实质性约束, 不能缩小其取值范围。由此可见, 有效方程才是方程组中最本质的方程, 有效方程的个数非常重要, 它会影响方程组解的个数。

$$\begin{aligned}
 &\begin{cases} x_1 + 5x_2 - x_3 - x_4 = -1 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 + 3x_4 = 3 \\ 3x_1 + 8x_2 - x_3 + x_4 = 1 \\ x_1 - 9x_2 + 3x_3 + 7x_4 = 7 \end{cases} \text{ (I)} : \begin{pmatrix} 1 & 5 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 & 3 & 3 \\ 3 & 8 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -9 & 3 & 7 & 7 \end{pmatrix} \xrightarrow{\text{(A1)}} \begin{pmatrix} 1 & 5 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & -7 & 2 & 4 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ (B1)} \\
 &\begin{cases} x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 1 \\ x_2 + x_3 - 4x_4 = 1 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 - x_4 = 4 \\ 2x_1 - x_2 + x_3 + 18x_4 = -1 \end{cases} \text{ (II)} : \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 3 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & -4 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & -1 & 4 \\ 2 & -1 & 1 & 18 & -1 \end{pmatrix} \xrightarrow{\text{(A2)}} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 3 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & -4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ (B2)}
 \end{aligned}$$

图3: 两个线性方程组的例子

通常情况下, 譬如在线性方程组有解的前提下, 如果有效方程的个数等于未知数的个数, 那么该线性方程组有唯一解; 如果有效方程的个数少于未知数的个数, 那么它有无穷多解。在线性方程组中, 如果一个方程与它前面几个方程对未知数的约束产生矛盾或冲突, 那么可称这个方程为矛盾方程。只要存在1个矛盾方程, 这个方程组就是无解的。矛盾方程也是一种有效方程, 它能将方程组的解缩小为0个。反之, 如果一个线性方程组无解, 那么它就一定存在矛盾方程。在高斯消元法的变换过程中, 矛盾方程在增广矩阵中最终会变为“ $0, \dots, 0, b$ ”这种类型的行, 其中 $b \neq 0$, 即最后一个数是非零数, 其它数均为0的行, 其对应的方程是: $0=b$, 显然是一个矛盾式, 并且这样的行在行阶梯形矩阵中只会有一行。

在图3中, 方程组(I)有2个有效方程, 2个无效方程, 4个未知数, 没有矛盾方程; 有效方程的个数少于未知数的个数, 于是它有无穷多解。方程组(II)有3个有效方程, 1个无效方程, 但第三个方程是矛盾方程, 于是它无解。对于图1的方程组①, 它有3个有效方程, 1个无效方程, 3个未知数, 没有矛盾方程, 于是它有唯一解。需要注意的是, 当有效方程的个数多于未知数的个数时, 此时必然存在矛盾方程, 线性方程组总是无解的。因此, 在判断线性方程组解的个数时, 一个非常直观而显然的结论是: 方程组无解 $\Leftrightarrow$ 它存在矛盾方程; 方程组有解 $\Leftrightarrow$ 它没有矛盾方程; 方程组有唯一解 $\Leftrightarrow$ 它没有矛盾方程且有效方程个数等于未

知数个数；方程组有无穷多解 $\Leftrightarrow$ 它没有矛盾方程且有效方程个数少于未知数个数。

然而，给定一个线性方程组或它对应的增广矩阵，在不对它进行初等行变换之前，人们很难看出它有几个有效方程，以及是否存在矛盾方程。但通过初等行变换，将增广矩阵化为行阶梯型矩阵时，人们却可以容易看出行阶梯型矩阵对应方程组的有效方程的个数、以及是否存在矛盾方程：有效方程个数等于行阶梯型矩阵中非零行的行数；如果有“ $0, \dots, 0, b$ ”（ $b \neq 0$ ）类型的行，则存在矛盾方程；否则，不存在矛盾方程。由于初等行变换本质上是在对原方程组进行同解变形，因此它不会改变方程组有效方程的个数，也不改变是否存在矛盾方程，否则方程组的解也会发生改变。换言之，有效方程的个数和是否存在矛盾方程，是初等行变换下的不变量。原始的增广矩阵和它对应的行阶梯型矩阵，虽然它们对应的方程组存在不同形式，但它们的解相同，有效方程的个数相同。所以，给定一个矩阵，其对应线性方程组有效方程的个数就是这个矩阵的秩，秩是初等行变换下的不变量。

有了秩的概念，人们就可以直接针对原线性方程组或其增广矩阵来描述解的判定，而不需要先对它进行初等行变换化为行阶梯形，然后再描述，这也可以视为引入秩概念的一个动机。对于一个 $m \times n$ 的线性方程组，设其系数矩阵为 A ，增广矩阵为 $\bar{A}$ ，增广矩阵比系数矩阵多了最后 1 列，这一列由常数项构成。记 A 的秩为 $r(A)$ ， $\bar{A}$ 的秩为 $r(\bar{A})$ 。容易验证，如果在 $\bar{A}$ 对应的行阶梯形矩阵 B 中，存在“ $0, \dots, 0, b$ ”类型的行，则 $r(\bar{A}) = r(A) + 1$ ；如果在 B 中不存在“ $0, \dots, 0, b$ ”类型的行，则 $r(\bar{A}) = r(A)$ 。于是，线性方程组是否存在矛盾方程，可以用 $r(\bar{A})$ 和 $r(A)$ 的大小比较来描述。因此，我们可以得到《线性代数》的一个重要定理：线性方程组解的判定定理，即：方程组无解 $\Leftrightarrow r(\bar{A}) = r(A) + 1$ ；方程组有解 $\Leftrightarrow r(\bar{A}) = r(A)$ ；方程组有唯一解 $\Leftrightarrow r(\bar{A}) = r(A) = n$ ；方程组有无穷多解 $\Leftrightarrow r(\bar{A}) = r(A) < n$ 。

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix} \Leftrightarrow AX = B$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$$

图4：线性方程组的矩阵乘法表示

第三，用矩阵运算表示线性方程是定义矩阵乘法规则的一个动机。在初等代数中，一元一次方程是通过数的乘法来表示的，即 $ax=b$ ，系数 a 和未知数 x 之间是用数的乘法运算连接的。类似地，对于一个 $m \times n$ 的线性方程组，设其系数矩阵为 A ，未知数矩阵为 X ，常数项矩阵为 B ，如果我们也将它表示成 $AX=B$ 的形式，其中 A 与 X 之间的运算叫矩阵的乘法，那么这种乘法的规则是什么？

如图4，如果仔细观察原方程组与 $AX=B$ 的对应关系，人们将不难发现，矩阵乘法的规则应当是 A 的每一行元素“ $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}$ ”与 X 的第 1 列元素“ $x_1, x_2, \dots, x_n$ ”分别对应相

乘再相加得到： $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n$ ；它等于 B 中元素 b_1 ，从而得到第 i 个方程： $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n = b_i$ ，其中 $i=1, 2, \dots, m$ 。在这种思想的启发下，人们便能定义矩阵乘法的规则。设 A 是 $m \times s$ 的矩阵，即它有 m 行 s 列， B 是 $s \times n$ 的矩阵，则乘积 AB 将是 $m \times n$ 的矩阵，且乘积矩阵的每个元素 C_{ik} 等于 A 的第 i 行元素“ $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{is}$ ”与 B 的第 k 列元素“ $b_{1k}, b_{2k}, \dots, b_{sk}$ ”对应相乘再相加而得到，即 $C_{ik} = a_{i1}b_{1k} + a_{i2}b_{2k} + \dots + a_{is}b_{sk}$ ，其中 $i=1, 2, \dots, m$ ， $k=1, 2, \dots, n$ 。

三、向量是表示线性方程组解的简便符号

运用行列式和矩阵的工具，人们不仅可以判断线性方程组解的个数，还可以求出它的所有解。但有一个问题是这两个工具无法解决的，即当线性方程组有无穷多解时，如何描述这些解之间的关系和结构？或者说，是否可以找出其中有限多个解，它们能表示或生成其它所有的解？这样人们就化无穷为有限，极大地减少要研究的解的个数，只需要研究这有限个解即可。为了回答这个问题，人们需要引入向量，用向量来表示线性方程组的解，用向量之间的关系来描述解的关系。所以，从线性方程组的视角看，向量是表示其解的简便符号。

$$\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 - x_4 = 0, \\ 2x_1 - 5x_2 + 3x_3 + 2x_4 = 0 \text{ ①}, \\ 7x_1 - 7x_2 + 3x_3 + x_4 = 0 \end{cases} \begin{cases} x_1 = \frac{2}{7} \\ x_2 = \frac{5}{7} \text{ ②}, \\ x_3 = 1 \\ x_4 = 0 \end{cases} \begin{cases} x_1 = \frac{3}{7} \\ x_2 = \frac{4}{7} \text{ ③}, \\ x_3 = 0 \\ x_4 = 1 \end{cases} \eta_1 = \begin{pmatrix} \frac{2}{7} \\ \frac{5}{7} \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \eta_2 = \begin{pmatrix} \frac{3}{7} \\ \frac{4}{7} \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} x_1 = \frac{2}{7}c_1 + \frac{3}{7}c_2 \\ x_2 = \frac{5}{7}c_1 + \frac{4}{7}c_2 \text{ (} c_1, c_2 \text{ 为任意数) ④} \\ x_3 = c_1 \\ x_4 = c_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = c_1 \begin{pmatrix} \frac{2}{7} \\ \frac{5}{7} \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + c_2 \begin{pmatrix} \frac{3}{7} \\ \frac{4}{7} \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ ⑤} \Leftrightarrow x = c_1\eta_1 + c_2\eta_2 \text{ ⑥}$$

图5：线性方程组解的向量表示

起初，人们习惯用方程组的形式来表达方程组的解，但这种表示形式不利用描述解与解之间的关系。例如，在图5中，方程组②和③是方程组①的两个解，但②和③的关系似乎难以用语言来表达。方程组④表达了①的所有解，但它没有揭示这无穷多解的结构。如果把方程组②和③分别写成向量 η_1 和 η_2 的形式，把①的任意解写成向量 x 的形式，把④写成⑤或⑥的形式，那么借用向量理论的相关语言，人们就很容易描述解的关系和结构。为此，教师们此时就要先向同学们讲授线性组合、线性表示、线性相关、线性无关、极大线性无关组等向量知识，然后再用向量术语去描述解的关系和结构。

在图5中，运用向量理论的术语， η_1 和 η_2 叫方程组①的解向量，它们的关系是线性无关。⑤或⑥表达的含义是：①的任何解都可以写成 η_1 和 η_2 的线性组合，或者说， η_1 和 η_2 的所有线性组合生成了①的所有解。这就表明， η_1 和 η_2 这两个解是所有解中最本质的解，通过这两个解，人们就能掌握①的无穷多个解。

自此，我们清晰地看到，为了求解线性方程组，人们引入了行列式、矩阵和向量三个工具，运用这三个工具，人们彻底回答了线性方程组求解的理论问题。线性方程组、行列式、矩阵和向量，这四块内容占据了《线性代数》课程的主要篇幅，并形成了

完美的逻辑闭环：先提出如何解线性方程组的问题，然后引入工具解决问题。因此，以线性方程组为中心，引入并诠释行列式、矩阵和向量的相关知识，这种教学组织框架必定有助于学生理解抽象概念，帮助学生建构知识体系，提升教学效果。

四、结论

行列式和矩阵虽然起源于线性方程组，但它们还有其它的很多解释和作用。例如，在几何中，行列式可以表示有向面积或体积^[6]；矩阵可以表示线性变换、基变换、内积等。在数据科学中，矩阵也是一种数据结构。向量的概念不来源于线性方程组，其最

初的模型应是物理学中的力、速度、加速度等概念，以及几何中的有向线段和坐标。也就是说，向量也存在多种解释，如它可以表示力、速度、有向线段等^[7]，在数学科学中，向量也是一种数据结构。然而，从线性方程组的视角来解释行列式、矩阵和向量，或许是一种最简单、最容易被学生理解的解释方式，也能从某个侧面反映《线性代数》引入或研究行列式、矩阵和向量的动机。基于线性方程组的视角，行列式是线性方程组唯一解公式的速记符号；矩阵是表示线性方程组的简便符号；初等行变换是线性方程组同解变形的操作；矩阵的秩是有效方程的个数；用矩阵运算表示线性方程是定义矩阵乘法规则的一个动机；向量是表示方程组解的简便符号。

参考文献

[1] 吴赣昌. 线性代数 (理工类 第五版) [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2017.
[2] 杨浩菊. 行列式理论历史研究 [D]. 西北大学, 2004.
[3] 袁明生, 刘海, 唐国平. 线性代数 (第二版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2020.
[4] 李文林. 数学史概论 (第三版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
[5] Leon S J. Linear Algebra with Applications (Ninth Edition) [M]. Edinburgh: Pearson Education, 2015.
[6] 吕林根, 许子道. 解析几何 (第五版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2019.
[7] [美] 莫里斯克莱因. 古今数学思想 (第二册) [M]. 张理京等译. 上海: 上海科学技术出版社, 2013.

美术疗愈在大学生心理健康教育中的应用模式探索

朱欣彤, 李瑜琪, 洪曼娜

华南师范大学美术学院, 广东 广州 510631

DOI:10.61369/ASDS.2026070007

摘要 : 在当前高校日益重视学生心理健康的教育背景下, 立足于“以美育人”理念, 致力于探索美术疗愈与大学生心理健康教育有机融合的创新应用模式。首先分析美术疗愈作为非言语表达工具的独特优势, 进而梳理目前高校普遍的实践形式, 并结合“心灵调频师”AI智能体的开发实践, 提出“三级联动”的应用模式。研究表明, 通过三个层级的有机结合, 美术疗愈能有效提升心理教育的亲和力与覆盖面, 为高校心理育人工作提供具有操作性的新路径。

关键词 : 美术疗愈; 心理健康教育; 应用模式; AI智能体

Exploring the Application Model of Art Therapy in College Students' Mental Health Education

Zhu Xintong, Li Yuqi, Hong Manna

School of Fine Arts, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510631

Abstract : In the context of increasing emphasis on student mental health in higher education, this study, grounded in the philosophy of "aesthetic education", aims to explore an innovative application model that integrates art therapy organically into university students' mental health education. It begins by analyzing the unique advantages of art therapy as a non-verbal expressive tool, followed by a review of common practices in current university settings. Building on the development of the "Mind Frequency Tuner" AI agent, the paper proposes a "Three-Tier Linkage" application model. Research indicates that, through the organic integration of these three tiers, art therapy can effectively enhance the approachability and reach of psychological education, offering a practical new pathway for mental health education in higher education institutions.

Keywords : art therapy; mental health education; application model; AI agent

引言

当代大学生心理健康问题日益凸显, 呈现复杂化、隐蔽化、低龄化趋势, 已成为影响高校育人质量与社会和谐稳定的重要因素。传统心理健康教育模式——以知识普及讲座、个体心理咨询为主——在应对当前挑战时显露出其固有限制: 在吸引力上, 单向灌输式的讲座难以激发学生的参与内需; 在普及性上, 被动等待求助的咨询模式难以触及大量存在发展性困扰却不愿主动求助的“沉默大多数”; 在有效性上, 以言语为核心的传统方式, 在面对当代大学生更偏好非言语、具象化、创造性表达的沟通特点时, 其干预深度与情感共鸣度面临挑战^[1]。与此相对, 大学生群体对通过艺术、创作等表达性、创造性活动进行自我探索与情感抒发的内在需求日益增长, 这为心理健康教育模式的转型提供了内在动力。

国家在政策层面为美育与心育的深度融合提供了明确的指引。《关于全面加强和改进新时代学校美育工作的意见》、《全面加强和改进新时代学生心理健康工作专项行动计划(2023—2025年)》等重要文件, 共同强调了“以美育人、以文化人”与“坚持五育并举, 促进心理健康”的核心理念。这标志着将美的熏陶、艺术的创造融入心理育人全过程, 已不再是边缘化的尝试, 而是新时代落实立德树人根本任务的战略方向。美育所蕴含的情感陶冶、人格塑造功能, 与心育所追求的积极心态、健全人格目标, 在“人的全面发展”这一根本宗旨上实现了价值同构。

然而, 从政策理念的倡导到教育实践的落地, 仍存在明显的实施鸿沟。当前迫切需要将美术自身蕴含的直观性、情感性与疗愈性功能, 系统性地转化为高校可操作、可推广、可评估的教育实践方案, 这将是当前亟待破解的难题。这需要超越将艺术活动简单等同于放

作者简介:

朱欣彤(2006-), 女, 广东梅州人, 华南师范大学美术学院美术学(师范)专业2024级本科生, 研究方向: 油画艺术;

李瑜琪(1980-), 男, 湖南双峰人, 硕士, 华南师范大学美术学院副教授, 研究方向: 美术教育、综合材料绘画;

洪曼娜(1994-), 女, 广东广州人, 硕士, 华南师范大学美术学院助教, 研究方向: 艺术学理论。

松游戏的浅表认知，转而基于美术教育与心理学原理，构建一套从目标设定、内容设计、方法应用到效果评估的完整实践体系。因此，研究从美术（教育）专业出发，精准应对这一时代命题与现实需求，核心在于探索并构建一套能将“美术疗愈”深度嵌入高校心理健康教育系统的工作模式，以创新的实践路径弥补“美育”与“心育”之间的断层，切实提升心理育人工作的覆盖面、吸引力与实效性，使美的创造真正成为照亮学生心灵、滋养健康人格的可持续力量。

一、理论基础与实践优势

美术疗愈的实践根植于深厚的理论土壤，其核心机制在于通过非言语的创作过程实现情绪的外化与认知重构^[2]。艺术治疗理论指出，视觉意象能够直接连通个体的潜意识，为难以言说的情感体验提供表达的容器^[3]。表达性治疗理论进一步强调，创作过程本身即具有疗愈性，能促进身心合一。积极心理学则为此提供了发展方向，通过艺术创作培育个人优势与心理弹性。

相较于传统心理健康教育方式，美术疗愈展现出三方面鲜明优势，恰好应对当前大学生心理需求与表达特点。其一，创作的非评判性为学生提供安全的情绪宣泄空间，降低心理防御；其二，视觉符号能够绕过言语防御，触及难以言说的深层体验；其三，创作过程本身能带来心流体验，增强自我效能感^[4]。现有实证研究支持了上述优势，例如绘画干预已被证实能显著降低学生的焦虑水平^[5]。这些理论与实践优势，共同构成了美术疗愈嵌入高校心理育人体系、弥补传统模式不足的坚实基础。

二、实践现状与创新探索

当前国内高校美术疗愈实践主要呈现出三种基本形态：一是将绘画体验作为辅助手段，零星融入《大学生心理健康》等通识课程；二是在心理健康活动月等节点，由心理中心组织“曼陀罗绘画”“压力涂鸦”等短期、单次主题工作坊；三是在专业心理咨询中，由咨询师作为辅助技术酌情使用。这些实践的效果针对性强，但普遍存在活动碎片化、缺乏连续性、专业指导不足以及效果难以科学评估等瓶颈。这导致其难以系统性回应大规模学生的心理发展需求，尤其难以触及因“病耻感”或表达习惯而不愿主动求助的群体，而这部分学生的比例是相当大的。实践模式的局限与巨大的现实需求之间，形成了鲜明的供需矛盾。

为探索适合的解决方案，前期基于 Coze 平台，开发了名为“心灵调频师”的 AI 智能体，如图1所示，构建了一个低门槛、高可及、兼具专业性与隐秘性的数字化前期介入平台。该智能体模拟经验丰富的大学心理咨询师角色，其特点在于深度整合了自然语言处理（NLP）与表达性艺术治疗原理，构建了“心理评估 -> 情绪支持 -> 艺术表达”三位一体的服务链路。

首先，该平台构建了全天候、零负担的“数字树洞”。智能体通过对话引导用户阐述问题，提供即时的情绪安抚与认知分析，并生成个性化的“正能量加油小图卡”，如图1（中）所示，以标准化服务弥补传统咨询在时空与人力上的限制，有效降低学生的

求助焦虑。



图1：“心灵调频师”AI智能体

其次，也是平台的主要创新，自主设计了系列美术心理干预模块，将美术疗愈流程作了线上化、结构化改变。包括：（1）图像投射测试，通过用户对模糊图像的选择，评估其潜意识情绪与人格倾向；（2）图片联想，引导用户对抽象图片进行自由描述，以发现潜在的矛盾与压力源；（3）心灵绘图，通过用户绘制简笔画，并对其内容进行反馈，辅助识别认知模式，如图1（右）所示。这些模块将非言语的艺术表达转化为可记录、可分析的数据，为用户提供了一个安全的创造性自我探索空间。

在为期三个月的试运行中，该智能体为200多名学生提供了服务。实际反馈表明，参与学生的情绪表达意愿得到显著增强，对艺术创作的顾虑与焦虑感也呈现出较明显的下降趋势。更重要的是，系统通过分析用户的对话情感倾向与艺术创作偏好（如反复选择暗淡色彩、绘制封闭图形），能够自动标识出需要进一步关注的潜在高风险个体，从而为后续人工心理咨询师的精准介入提供了数据驱动的预警与转介依据。这一“AI 前端广泛筛查、轻干预 + 人工后端精准对接、深干预”的联动模式，为实现从普适性心理健康教育到针对性心理援助的无缝衔接，提供了可复制的技术解决方案与实践范例。

三、“三级联动”应用模式构建

面对当前大学生群体中心理健康问题检出率居高不下^[6]，而传统服务体系覆盖不足的结构矛盾，构建一个全周期、多层次、高效率的心理健康服务体系势在必行。结合前期实践探索，提出一个以“心灵调频师”AI 智能体为前端枢纽，以美术疗愈为核心媒介的“技术赋能、三级联动”应用模式，如图2所示。该模式旨在实现从广泛筛查、早期干预到深度疗愈的无缝闭环，有效应对不同学生的差异化需求。

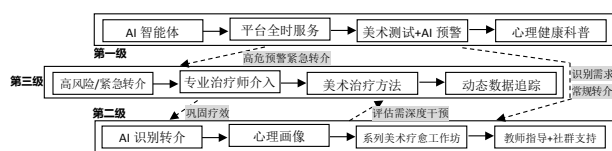


图2：“技术赋能、三级联动”应用模式示意图

（一）AI 赋能的大规模筛查与普适性教育（第一级）

该层级面向全体学生，目标是提高心理健康素养、降低求助门槛、实现早期识别。“心灵调频师”凭借其24小时在线、零成本、高隐私的特性，成为普及层的重要引擎。通过日常对话与自主开发的美术心理测试模块（如图像投射、图片联想），持续收集学生情绪与行为数据，对语义特征进行实时分析，实现对抑郁、焦虑倾向的数据驱动型预警。同时，智能体通过提供标准化的心理知识科普、情绪安抚技巧以及生成个性化的“正能量加油小图卡”等，进行广泛的心理健康教育。该层级如同一个巨大的“筛网”和“灯塔”，在易班等校园平台进行推广，能最大限度覆盖包括“沉默大多数”在内的所有学生，完成心理健康服务的第一步广泛覆盖与初步分流。

（二）人机协同的团体成长与技能发展（第二级）

该层级主要服务于通过智能体初步筛查显示有成长性需求、或主动寻求进一步支持的学生。目标是通过结构化、序列化的美术疗愈团体活动，促进深度的自我认知、情绪管理与人际联结。智能体在此层级扮演“前置评估与精准转介”的角色，将其分析形成的用户初步心理画像（如优势特质、潜在压力源）提供给带领团体活动的教师，使团体组建与主题的设计更具有针对性。教师则依托 AI 提供的信息，开展多轮次的主题团体活动，如“情绪色彩地图工作坊”、“生命叙事绘本小组”等。活动将线下深度创作与线上社群分享结合，形成“AI 初步探索 -> 团体深度加工 -> 社群持续支持”的循环。此层级实现了从数字化普适服务到人性化深度干预的过渡。

（三）专业主导的个别化干预与深度疗愈（第三级）

此层级面向经评估存在有较高心理风险、需要临床干预的学生。美术疗愈在此作为心理咨询与治疗中的一项专业化辅助技

术，由具备资质的艺术治疗师或心理咨询师在严格的伦理框架下使用。AI 系统在此层级的功能是提供连续的动态数据追踪，作为治疗师用于掌握来访者潜意识变化、评估干预效果的客观参照之一。现实中，治疗师可以对比来访者在干预前后于 AI 模块中完成的“心灵绘图”作品，分析其象征符号、色彩运用和构图方式的变化，从而更精准地把握其内心转化进程。

三级之间通过清晰的评估标准与转介协议形成闭环：AI 预警的高风险个案可快速转介至第三级；第二级中发现超出团体工作范围的问题，可启动向第三级的个别专门转介；第三级干预后的学生，亦可建议其参与第二级的支持性团体以巩固疗效，实现服务的无缝衔接与良性循环。该三级模式并非简单地将线上 AI 与线下活动进行叠加，而是通过数据流与工作流的深度融合，构建了一个“筛查 -> 预警 -> 干预 -> 反馈”的智能增强型生态系统。它不仅扩展了服务的广度与宽度，更通过美术这一非言语媒介与 AI 的数据分析能力，进一步提升服务的深度与精准度，为解决高校心理健康资源有限与学生需求巨大之间的矛盾提供了系统化解决方案。

四、实施与未来展望

要推行该三级联动模式，需把握三点关键：一要开展师资“微培训”，重点培养心理教师的基础艺术引导能力；二要在《大学生心理健康》课程中嵌入1-2个美术疗愈单元；三要建立包含主题方案、材料清单、伦理规范的操作指南。

美术疗愈不是要取代传统心理咨询，而是作为“发展性”心理教育的重要补充，其本质是“以美育心”。通过系统化、多层次的模式构建，美术疗愈能有效提升心理育人工作的温度与效度，让更多学生在艺术创作中实现自我关照与成长。这既是艺术教育功能的拓展，也是心理健康教育创新的生动实践。在未来，可进一步探索 AI 技术在效果评估、个性化方案生成方面的应用，同时加强对本土化艺术表达形式的研究。

参考文献

- [1] 陈嘉婕, 王卓凯, 孟硕. 表达性艺术治疗用于大学生心理健康教育课程探究 [J]. 北京教育 (德育), 2022, (01): 85-88.
- [2] Hinz D L. Expressive Therapies Continuum: A Framework for Using Art in Therapy [M]. Taylor and Francis: 2019-09-02: DOI: 10.4324/9780429299339.
- [3] Lusebrink B V. Art Therapy and the Brain: An Attempt to Understand the Underlying Processes of Art Expression in Therapy [J]. Art Therapy, 2004, 21(3): 125-135. DOI: 10.1080/07421656.2004.10129496.
- [4] Ben-David, Z. E., Hadar, T., & Goldner, L. Clients' perspectives and reflections on change factors in art therapy [J]. International Journal of Art Therapy, 2025, 30(1): 1-15.
- [5] 陈桐薇. 曼陀罗绘画疗法的作用机制及临床应用研究综述 [J]. Advances in Psychology, 2024, 14(12): 0-0. DOI: 10.12677/ap.2024.1412912.
- [6] 中国科学院心理研究所, 社会科学文献出版社. 2024年大学生心理健康状况调查报告 [R/OL]. (2025-06-20)[2026-02-03]. http://psy.china.com.cn/m/content_43141390.htm.

基于半参数变换模型的右删失生存数据纵向联邦统计学习

张欣然, 李建波*

江苏师范大学数学与统计学院, 江苏 徐州 221116

DOI:10.61369/ASDS.2026070008

摘要 : 处于大数据时代的今天, 分布式存储是医疗领域常见的生存数据存储模式, 这给传统的生存分析模型带来了新的挑战。基于此, 本文基于半参数变换模型研究右删失生存数据的纵向联邦统计学习问题。首先, 基于全部样本构建全局似然函数, 通过引入各机构本地特征线性组合中间变量, 将全局似然函数转化为各机构可联合优化的似然函数; 然后, 提出了一套相应的 ADMM 优化算法, 允许各机构与中心服务器之间进行隐私数据信息传输, 同时保持了集中式极大似然估计的效率; 最后统计大量模拟例子和实例分析说明了所研究方法的有效性和合理性。

关键词 : 半参数变换模型; 似然函数; 纵向联邦学习; 右删失数据

Vertical Federated Statistical Learning for Right-Censored Survival Data Based on Semiparametric Transformation Models

Zhang Xinran, Li Jianbo*

School of Mathematics and Statistics, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116

Abstract : In the current big data era, distributed storage has become a common storage mode for survival data in the medical field, posing new challenges to traditional survival analysis models. Against this background, this paper investigates the vertical federated statistical learning of right-censored survival data based on semiparametric transformation models. Firstly, a global likelihood function is constructed using all samples. By introducing intermediate variables of linear combinations of local features from each institution, the global likelihood function is transformed into a jointly optimizable form for all participating institutions. Secondly, a corresponding ADMM optimization algorithm is proposed, which enables privacy-preserving information transmission between local institutions and the central server while maintaining the efficiency of centralized maximum likelihood estimation. Finally, extensive simulation experiments and real data analysis verify the effectiveness and rationality of the proposed method.

Keywords : semiparametric transformation model; likelihood function; vertical federated learning; right-censored data

引言

在现代临床医学领域, 不同医疗机构出于数据隐私保护、管理策略等原因, 各自独立存储患者数据, 数据存储往往呈现出分布式模式。此类数据一般包括疾病诊断时间、治疗方案、生存状态及随访时间等, 不仅在物理存储空间上分散, 而且由于各机构数据收集标准、患者群体特征等差异, 在数据结构和分布上也存在一定的异质性, 为传统统计推断方法带来了新的挑战: 一方面, 传统统计推断方法往往基于数据集中式假设, 难以直接应用于分布式环境, 强行将数据集可能导致严重的数据隐私泄露风险; 另一方面, 分布式数据的异质性使得传统统计推断方法的假设条件往往不再成立, 从而降低了模型的准确性和可靠性。分布

式存储数据一般包含横向和纵向两种存储模式, 其中横向分布式存储是指多个机构同时存储具有相同特征的不同样本, 而纵向分布式存储是指多个机构同时存储同一研究群体的不同特征的数据。如何融合分布式数据进行联合建模已成为当前生存分析领域的研究重点问题, 相应的融合统计推断方法称为横向和纵向联邦统计学习方法。

右删失生存数据是临床医学的常见数据类型, Cox 比例风险模型^[1]是处理此类数据最为广泛的模型。记 $T \in \mathbf{R}^+$ 为寿命时间变量, 该模型具有如下形式:

基金项目: 江苏省研究生科研训练项目 (KYCX25_3159); 江苏省学位与研究生教育教学改革课题 (JGKT25_C075); 江苏师范大学研究生课程思政教学研究示范中心项目。

作者简介: 张欣然, 江苏师范大学应用统计2023级硕士研究生, 研究方向为生存分析; Email: 2933125272@qq.com。

通讯作者: 李建波, 江苏师范大学数学与统计学院教授, 统计学博士, 研究领域包括生存分析、应用统计、统计学习等; Email: lijianbo@jsnu.edu.cn。

$$\lambda(t|Z) = \lambda_0(t) \exp\{Z^T \beta\}, \quad (1)$$

其中, $\lambda(t|Z)$ 为寿命 T 的条件风险函数, $\lambda_0(t)$ 为未知基准风险函数, $Z \in R^d$ 为协变量向量, $\beta \in R^d$ 为回归系数. 在数据集中式场合下, 关于模型 (1), 众多统计学者提出了一系列有效的估计方法, 比如极大似然估计估计方法^[2]、经验似然估计估计方法^[3]等. 注意到模型 (1) 假设调整的风险比是常数, 这在实际问题中往往很难满足. 基于此, 学者们进一步提出了具有如下形式的半参数变换模型^[4]:

$$\ln H(T) = -Z^T \beta + \varepsilon, \quad (2)$$

其中, $H(\cdot)$ 为一未知的严格单调递增函数, 且满足 $\lim_{t \rightarrow 0^+} H(t) = 0$, ε 为具有已知分布的随机误差项. 变换模型 (2) 具有高度的数据建模灵活性和易解释性, 包含模型 (1) 作为特殊情况, 通过简单推导, 当 ε 服从标准极值分布, 那么模型 (2) 即为模型 (1). 在数据集中情形下, 关于模型 (2) 的参数估计包括估计方程方法^[4]、极大似然估计方法^[5]、分层贝叶斯方法^[6]. 然而, 这些方法在分布式数据存储情形下, 难以直接推广应用. 目前关于生存数据的联邦统计学习方法的研究主要围绕比例风险回归模型 (1) 展开. 比如, Lu 等提出了 WebDISCO 横向联邦统计学习框架^[7], 该框架通过中心服务器聚合关键中间统计量构建全局评分函数和 Hessian 矩阵, 实现全局参数估计; 为了进一步降低通信成本, Duan 等提出了一种基于代理似然的 ODACH 算法^[8], 实现了通信高效的无损分布式参数推断. Dai 等基于 Cox 模型 (1) 提出了纵向分布式生存数据的 ADMM 统计推断方法^[9]; 而关于更一般的模型 (2) 的联邦学习还未见报道. 考虑模型 (2) 数据建模的高度灵活性和纵向生存数据的普遍性, 本文将推广 Dai 等进一步研究基于模型 (2) 的右删失数据纵向联邦统计学习问题^[9].

一、理论方法

记 $C \in R^+$ 为删失时间, $Y = \min\{T, C\}$ 为观测事件时间, $\delta = I(T \leq C)$ 为删失示性函数, 则观测总体为 (Y, δ, Z) . 假设现有 K 个机构共同存储 n 个个体数据, 第 i 个个体观测数据为 $\{y_i, \delta_i, Z_i\}$. 在纵向分布式结构下, 响应变量 (y_i, δ_i) 通常由中心服务器持有; 而全局协变量观测 Z_i 分散存储于 K 个不同的机构中, 即 Z_i 被如下划分分别存在 K 个机构中:

$$Z_i = (z_{i1}^T, z_{i2}^T, \dots, z_{iK}^T)^T,$$

其中 $z_{ik} \in R^{p_k}$ 为第 i 个个体在第 k 个机构存储的部分协变量数据, 从而有 $\beta^T Z_i = \sum_{k=1}^K \beta_k^T z_{ik}$, 相应的对数似然函数为:

$$l(\beta, H) = \sum_{i=1}^n \left\{ \delta_i \ln \lambda \left(\ln H(y_i) + \sum_{k=1}^K \beta_k^T z_{ik} \right) + \delta_i \ln H'(y_i) - \delta_i \ln H(y_i) - \Lambda_\varepsilon \left(\ln H(y_i) + \sum_{k=1}^K \beta_k^T z_{ik} \right) \right\}, \quad (3)$$

其中, $\lambda_\varepsilon(\cdot)$ 为随机误差项 ε 的风险函数; $\Lambda_\varepsilon(\cdot)$ 为随机误差项 ε 的累计风险函数.

从非参数似然估计的角度, 我们使用递增不减的阶梯函数来逼近未知变换函数 $H(\cdot)$. 记 $r = \sum_{i=1}^n \delta_i$, 且相应递增排序可观测失效寿命为 $t_{(1)} < t_{(2)} < \dots < t_{(r)}$, 则变换函数可进行如下逼近:

$$H(t) = \sum_{m=1}^r \alpha_m 1\{t \geq t_{(m)}\},$$

其中 α_m 表示变换函数在第 m 个失效时间点 $t_{(m)}$ 上的跳跃. 于是估计变换函数 $H(\cdot)$ 转化为估计 α_m 的问题.

考虑数据纵向分布式存储环境下, 各机构仅拥有部分协变量特征数据, 且由于数据隐私问题而不能暴露或访问其他机构个体水平数据, 从而无法直接优化目标函数 (3). 为此, 引入中间参数 $\theta_{ik} = \beta_k^T z_{ik}$, 仅允许各机构与中心服务器之间传输与 θ_{ik} 的相关信息, 实现隐私保护的目和全局参数估计. 借鉴增广拉格朗日乘数法, 并充分利用样本信息, 优化问题 (3) 转化为在

$$\beta_k^T z_{ik} - \theta_{ik} = 0, k = 1, \dots, K, i = 1, \dots, n.$$

约束下, 极大化如下目标函数:

$$L(\beta, H, \theta, \eta) = -\sum_{i=1}^n \left\{ \delta_i \ln \lambda_\varepsilon \left(\ln H(y_i) + \sum_{k=1}^K \theta_{ik} \right) + \delta_i \ln H'(y_i) - \delta_i \ln H(y_i) - \Lambda_\varepsilon \left(\ln H(y_i) + \sum_{k=1}^K \beta_k^T z_{ik} \right) \right\} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K \eta_{ik} (\beta_k^T z_{ik} - \theta_{ik}) + \frac{\rho}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K \|\beta_k^T z_{ik} - \theta_{ik}\|^2, \quad (4)$$

其中, $\theta = (\theta_{11}, \theta_{12}, \dots, \theta_{nK})^T$, $\eta_{ik} > 0$ 为对偶变量, 控制每个机构的局部变量和全局变量的一致性; $\rho > 0$ 是增广项系数, 约束局部变量和全局变量之间的差异. 下面将分别对目标函数 (4) 中的参数分别进行交替分布式优化. 记 $\beta_i^{(p)}$ 为第 i 个机构在第 p 轮迭代的 β_i 估计.

(一) 本地更新 β_i

为了实现分布式计算的解耦问题, 首先引入机构 i 对样本 i 的局部线性预测中间变量:

$$\sigma_{il} = \beta_l^T z_{il}.$$

固定其他参数为上一轮迭代取值, 通过极小化下式更新参数

β_i 的估计:

$$L_i(\beta_i) = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{\rho}{2} \left(\beta_i^T z_{il} - \theta_{il}^{(p-1)} + \frac{\eta_{il}^{(p-1)}}{\rho} \right)^2 + \Lambda_\varepsilon \left(\ln H^{(p-1)}(y_i) + \sigma_{il}^{(p-1)} + \beta_i^T z_{il} \right) \right\},$$

其中, $\sigma_{i,l-1}^{(p-1)} = \sum_{k \neq l}^K \sigma_{ik}^{(p-1)} = \sum_{k=1}^K \sigma_{ik}^{(p-1)} - \beta_l^{(p-1)T} z_i$. 上式本质上是岭回归惩罚问题, 有效增强了局部 Hessian 矩阵的正定性及算法的数值稳定性. 从而可使用如下牛顿迭代法更新 β_i :

$$\beta_i^{(p,q)} = \beta_i^{(p,q-1)} - \left[\frac{\partial^2 L_i}{\partial \beta_i \partial \beta_i} \Big|_{\beta_i^{(p,q-1)}} \right]^{-1} \cdot \left(\frac{\partial L_i}{\partial \beta_i} \Big|_{\beta_i^{(p,q-1)}} \right),$$

其中 q 表示内循环迭代的轮次,

$$\frac{\partial L_i}{\partial \beta_i} = \sum_{i=1}^n \left[\rho \left(\beta_l^T z_{il} - \theta_{il}^{(p-1)} + \frac{\eta_{il}^{(p-1)}}{\rho} \right) z_{il} + \lambda_\varepsilon \left(\ln H^{(p-1)}(y_i) + \sigma_{i,l-1}^{(p-1)} + \beta_l^T z_{il} \right) z_{il} \right],$$

$$\frac{\partial^2 L_i}{\partial \beta_i \partial \beta_i^T} = \sum_{i=1}^n \left[\rho z_{il} z_{il}^T + \lambda_c' \left(\ln H^{(p-1)}(y_i) + \sigma_{ik}^{(p-1)} + \beta_i^T z_{il} \right) z_{il} z_{il}^T \right].$$

(二) 全局更新 θ

在中心服务器，给定其他参数最近更新值 $\eta_{ik}^{(p-1)}, \theta_{ik}^{(p-1)}, H^{(p-1)}$ ，以及接受本轮由各个本地机构汇总的中间变量 $\sigma_{ik}^{(p)}$ ，通过极小化下式更新参数 θ ：

$$L(\theta) = -\sum_{i=1}^n \delta_i \ln \lambda_c \left(\ln H^{(p-1)}(y_i) + \sum_{k=1}^K \theta_{ik}^{(p)} \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K \frac{\rho}{2} \left(\theta_{ik}^{(p)} - \sigma_{ik}^{(p)} - \frac{\eta_{ik}^{(p-1)}}{\rho} \right)^2. \quad (5)$$

为了提高优化速度，引入 $\bar{\theta}_i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \theta_{ik}$ ，运用 ADMM 算法，

以上优化问题转变为以下带有 $\bar{\theta}_i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \theta_{ik}$ 约束的优化问题：

$$\min_{\theta_{ik}, \bar{\theta}_i} L(\bar{\theta}_i, \theta_{ik}) = -\sum_{i=1}^n \delta_i \ln \lambda_c \left(\ln H^{(p-1)}(y_i) + K \bar{\theta}_i^{(p)} \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K \frac{\rho}{2} \left(\theta_{ik}^{(p)} - \sigma_{ik}^{(p)} - \frac{\eta_{ik}^{(p-1)}}{\rho} \right)^2.$$

经过简单计算，该优化等价于以下带有约束的优化问题：

$$\min_{\theta_{ik}, \bar{\theta}_i} L(\bar{\theta}_i, \theta_{ik}) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K \left\{ \frac{\rho}{2} \left[\theta_{ik}^{(p)} - \left(\sigma_{ik}^{(p)} + \frac{1}{\rho} \eta_{ik}^{(p-1)} \right) \right]^2 - \frac{\rho}{2} \left(\sigma_{ik}^{(p)} + \frac{1}{\rho} \eta_{ik}^{(p-1)} \right)^2 \right\} - \sum_{i=1}^n \delta_i \ln \lambda_c \left(\ln H(y_i)^{(p-1)} + K \bar{\theta}_i^{(p)} \right),$$

$$s.t. \bar{\theta}_i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \theta_{ik}, i=1, \dots, n.$$

固定其他参数，仅保留关于 θ_{ik} 的部分，那么问题转为以下关于 θ_{ik} 的二次规划问题：

$$\min_{\theta_{ik}} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K \frac{\rho}{2} \left[\theta_{ik}^{(p)} - \left(\sigma_{ik}^{(p)} + \frac{\eta_{ik}^{(p-1)}}{\rho} \right) \right]^2, s.t. \bar{\theta}_i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \theta_{ik}.$$

运用拉格朗日乘数法，有：

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K \frac{\rho}{2} \left[\theta_{ik}^{(p)} - \left(\sigma_{ik}^{(p)} + \frac{\eta_{ik}^{(p-1)}}{\rho} \right) \right]^2 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \left(\bar{\theta}_i^{(p)} - \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \theta_{ik}^{(p)} \right),$$

其中， $\sigma_{ik} = \beta_k^T z_{ik}$ 为汇总的中间结果， $\gamma_i > 0$ 为该等式约束的拉格朗日乘子。

对 F 关于 $\theta_{ik}^{(p)}$ 求偏导并令其为 0，可得：

$$\frac{\partial F}{\partial \theta_{ik}^{(p)}} = \rho \left[\theta_{ik}^{(p)} - \left(\sigma_{ik}^{(p)} + \frac{\eta_{ik}^{(p-1)}}{\rho} \right) \right] - \frac{\gamma_i}{K} = 0.$$

于是 $\theta_{ik}^{(p)}$ 可更新为：

$$\theta_{ik}^{(p)} = \sigma_{ik}^{(p)} + \frac{\eta_{ik}^{(p-1)}}{\rho} + \frac{\gamma_i}{\rho K}.$$

将上式代入原约束条件 $\bar{\theta}_i^{(p)} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \theta_{ik}^{(p)}$ ，有：

$$\bar{\theta}_i^{(p)} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left(\sigma_{ik}^{(p)} + \frac{\eta_{ik}^{(p-1)}}{\rho} \right) + \frac{\gamma_i}{\rho K}.$$

于是，有

$$\theta_{ik}^{(p)} = \bar{\theta}_i^{(p)} + \sigma_{ik}^{(p)} + \frac{\eta_{ik}^{(p-1)}}{\rho} - \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left(\sigma_{ik}^{(p)} + \frac{\eta_{ik}^{(p-1)}}{\rho} \right). \quad (6)$$

从而，关于 θ_{ik} 的估计问题可以转变为关于 $\bar{\theta}_i$ 的更新问题，即将 (6) 式代入到 (5) 式可得：

$$\min_{\bar{\theta}_i} L(\bar{\theta}_i) = -\sum_{i=1}^n \delta_i \ln \lambda_c \left(\ln H(y_i) + K \bar{\theta}_i \right) + K \rho \sum_{i=1}^n \left[\frac{\bar{\theta}_i^2}{2} - \left(\bar{\sigma}_i + \frac{\bar{\eta}_i}{\rho} \right) \bar{\theta}_i \right].$$

于是，可通过如下牛顿迭代法更新 $\bar{\theta}_i$ 估计：

$$\bar{\theta}_i^{(p,q)} = \bar{\theta}_i^{(p,q-1)} - \left[\frac{\partial^2 L}{\partial \bar{\theta}_i^2} \Big|_{\bar{\theta}_i^{(p,q-1)}} \right]^{-1} \cdot \left(\frac{\partial L}{\partial \bar{\theta}_i} \Big|_{\bar{\theta}_i^{(p,q-1)}} \right),$$

其中 q 表示牛顿迭代的轮次，

$$\frac{\partial L}{\partial \bar{\theta}_i} = -K \delta_i \frac{\lambda_c' \left(\ln H(y_i) + K \bar{\theta}_i \right)}{\lambda_c \left(\ln H(y_i) + K \bar{\theta}_i \right)} + K \rho \left(\bar{\theta}_i - \bar{\sigma}_i - \frac{\bar{\eta}_i}{\rho} \right),$$

$$\frac{\partial^2 L}{\partial \bar{\theta}_i^2} = \frac{K^2 \delta_i}{\left(\lambda_c \left(\ln H(y_i) + K \bar{\theta}_i \right) \right)^2} \left[\left(\lambda_c' \left(\ln H(y_i) + K \bar{\theta}_i \right) \right)^2 - \lambda_c'' \left(\ln H(y_i) + K \bar{\theta}_i \right) \lambda_c \left(\ln H(y_i) + K \bar{\theta}_i \right) \right] + K \rho.$$

最后将牛顿迭代估计 $\bar{\theta}_i^{(p)}$ 代入式 (6)，即可得到各机构的局部辅助变量 $\theta_{ik}^{(p)}$ 的估计。同时，为了便于本地机构在下一步骤中更新对偶变量，中心服务器还需要聚合计算全局预测量中间结果的均值 $\bar{\sigma}_i^{(p)}$ 与对偶变量的均值 $\bar{\eta}_i^{(p-1)}$ ，即

$$\bar{\sigma}_i^{(p)} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \sigma_{ik}^{(p)},$$

$$\bar{\eta}_i^{(p-1)} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \eta_{ik}^{(p-1)}.$$

接着，中心服务器将更新后的 $\theta_{ik}^{(p)}$ 、 $\bar{\theta}_i^{(p)}$ 以及 $\bar{\eta}_i^{(p-1)}$ 发送至各个本地机构，即完成本轮的全局辅助变量更新。

(三) 本地更新 η

各本地机构持有中心服务器下发的 $\bar{\sigma}_i^{(p)}$ 、 $\bar{\eta}_i^{(p-1)}$ 、 $\bar{\theta}_i^{(p)}$ 后，即可在各机构本地服务器更新对偶变量 η 。根据 ADMM 算法的对偶上升步骤，第 k 个机构的对偶变量更新公式为：

$$\eta_{ik}^{(p)} = \eta_{ik}^{(p-1)} + \rho \left(\sigma_{ik}^{(p)} - \theta_{ik}^{(p)} \right).$$

将 $\theta_{ik}^{(p)}$ 的估计 (6) 代入上式，并结合平均值定义

$$\bar{\sigma}_i^{(p)} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \sigma_{ik}^{(p)} \text{ 与 } \bar{\eta}_i^{(p-1)} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \eta_{ik}^{(p-1)}, \text{ 可得:}$$

$$\begin{aligned} \eta_{ik}^{(p)} &= \eta_{ik}^{(p-1)} + \rho \left[\sigma_{ik}^{(p)} - \left(\bar{\theta}_i^{(p)} + \sigma_{ik}^{(p)} + \frac{\eta_{ik}^{(p-1)}}{\rho} - \bar{\sigma}_i^{(p)} - \frac{\bar{\eta}_i^{(p-1)}}{\rho} \right) \right] \\ &= \eta_{ik}^{(p-1)} + \rho \sigma_{ik}^{(p)} - \rho \bar{\theta}_i^{(p)} - \rho \sigma_{ik}^{(p)} - \eta_{ik}^{(p-1)} + \rho \bar{\sigma}_i^{(p)} + \bar{\eta}_i^{(p-1)} \\ &= \bar{\eta}_i^{(p-1)} + \rho \left(\bar{\sigma}_i^{(p)} - \bar{\theta}_i^{(p)} \right). \end{aligned}$$

因此，对偶变量的更新公式为：

$$\eta_{ik}^{(p)} = \bar{\eta}_i^{(p-1)} + \rho \left(\bar{\sigma}_i^{(p)} - \bar{\theta}_i^{(p)} \right).$$

(四) 全局更新 α

在中心服务器更新阶梯函数的跳跃参数。将 (3) 式中的变换函数替换为阶梯函数, 并注意到 $\sum_{k=1}^K \sigma_{ik}^{(p)} = \sum_{k=1}^K \beta_k^T z_{ik}$, 那么关于 α_m , 令其为零, 得

$$\begin{aligned} \frac{\partial l}{\partial \alpha_m} &= - \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i 1\{y_i = t_{(m)}\}}{\alpha_m} \\ &+ \sum_{i=1}^n \frac{1\{y_i \geq t_{(m)}\}}{H^{(p-1)}(y_i)} \left\{ \lambda_\varepsilon \left(\ln H^{(p-1)}(y_i) + \sum_{k=1}^K \sigma_{ik}^{(p)} \right) \right. \\ &\left. - \delta_i \frac{\lambda'_\varepsilon \left(\ln H^{(p-1)}(y_i) + \sum_{k=1}^K \sigma_{ik}^{(p)} \right)}{\lambda_\varepsilon \left(\ln H^{(p-1)}(y_i) + \sum_{k=1}^K \sigma_{ik}^{(p)} \right)} + \delta_i \right\} = 0. \end{aligned}$$

从而有

$$\alpha_m^{(p)} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i 1\{y_i = t_{(m)}\}}{\psi(t_{(m)}; \boldsymbol{\sigma}^{(p)}, H^{(p-1)})},$$

其中,

$$\begin{aligned} \psi(t, \hat{\mathbf{o}}^{(p)}, H^{(p-1)}) &= \sum_{i=1}^n \frac{1\{\mathbf{y}_i \geq t\}}{H^{(p-1)}(\mathbf{y}_i)} \{ \lambda_{\varepsilon} \left(\ln H^{(p-1)}(\mathbf{y}_i) + \sum_{k=1}^K \sigma_{ik}^{(p)} \right) \\ &\quad - \delta_i \frac{\lambda'_{\varepsilon} \left(\ln H^{(p-1)}(\mathbf{y}_i) + \sum_{k=1}^K \sigma_{ik}^{(p)} \right)}{\lambda_{\varepsilon} \left(\ln H^{(p-1)}(\mathbf{y}_i) + \sum_{k=1}^K \sigma_{ik}^{(p)} \right)} + \delta_i \}. \end{aligned}$$

完整算法总结如表1。

表1: VERTILEM 算法实现

步骤	操作过程
1	初始化：给定初始参数 $p=1$ ，局部参数 $\beta_k^{(0)}=0$ ，辅助变量 $\bar{\theta}_i^{(0)}=0$ ，对偶变量 $\eta_k^{(0)}=0$ ，以及基准变换函数初始化 $H^{(0)}(y_i)=1$ 。 各机构本地更新参数 $\beta_k^{(p)}$ ：对于第 k 个机构， $k=1,\dots,K$ 的第 p 轮次更新 2.1 本地储存数据：上一轮旧值 $\beta_k^{(p-1)}$ ， $\eta_k^{(p-1)}$ ，本地特征数据 $\mathcal{Z}_{ik}$
2	2.2 接收来自中心服务器的信息： $\theta_k^{(p-1)}$ ， $H^{(p-1)}$ ， $\bar{\sigma}_i^{(p-1)}$ 2.3 本地机构利用已知信息通过牛顿迭代极小化目标函数得到 $\beta_k^{(p)}$ 2.4 第 k 个机构发送更新后的中间结果 $\sigma_k^{(p)} = \beta_k^{(p)T} \mathcal{Z}_{ik}$ 至中心服务器 全局更新辅助变量 $\theta_k^{(p)}$ ： 3.1 中心服务器储存数据：上一轮旧值 $\theta_k^{(p-1)}$ 3.2 接收来自各本地机构发送的中间结果： $\sigma_k^{(p)}$
3	3.3 中心服务器利用已知信息更新标量均值 $\bar{\theta}_i^{(p)}$ 3.4 中心服务器更新分配给各机构的局部辅助变量 $\theta_k^{(p)}$ 3.5 中心服务器聚合计算均值 $\bar{\sigma}_i^{(p)}$ 与 $\bar{\eta}_i^{(p-1)}$ 3.6 中心服务器下发 $\theta_k^{(p)}$ ， $\bar{\sigma}_i^{(p)}$ ， $\bar{\theta}_i^{(p)}$ ， $\bar{\eta}_i^{(p-1)}$ 至对应的本地机构服务器
4	机构本地更新 $\eta_k^{(p)}$ ：对于第 k 个机构， $k=1,\dots,K$ 的第 p 轮次更新 4.1 接收来自中心服务器的信息： $\bar{\eta}_i^{(p-1)}$ ， $\bar{\sigma}_i^{(p)}$ ， $\bar{\theta}_i^{(p)}$ 4.2 本地机构利用已知信息进行对偶上升更新得到 $\eta_k^{(p)}$
5	全局更新 $H^{(p)}$ ：5.1 中心服务器利用聚合结果 $\sigma^{(p)}$ 更新阶梯函数参数 $\alpha^{(p)}$ ，进而得到 $H^{(p)}$ 5.2 中心服务器发送 $H^{(p)}$ 至各个本地服务器中
6	收敛检查：当 $\ \bar{\theta}^{(p)} - \bar{\theta}^{(p-1)}\ _k > \varepsilon$ 且 $\ \bar{\sigma}^{(p)} - \bar{\sigma}^{(p-1)}\ _k > \varepsilon$ 时，设置 $p = p + 1$ 并重复 Step 2 – Step 5；否则算法收敛并终止。

二、数值研究

（一）数值模拟

假设协变量维度为 $d=6$, 有 $K=3$ 个参与方, 每方拥有 $d_k=2$ 个特征数据, 从以下模型中模拟样本量为 $n=200,500,1000$ 的随机样本:

于是得到

$$H^{(p)}(y_i) = \sum_{m=1}^r \alpha_m^{(p)} 1\{y_i \geq t_{(m)}\} ..$$

上述更新过程在中心服务器基于各机构上传的中间结果 $\sigma_{ik}^{(p)}$ 进行, 全程无需调用各机构的原始协变量 z_{ik} 与局部参数 β_k , 从而在机制上严格保证了联邦生存分析架构的隐私安全性。

(五) ADMM 算法

总结以上过程,网络相应信息传输示意图如图1所示。

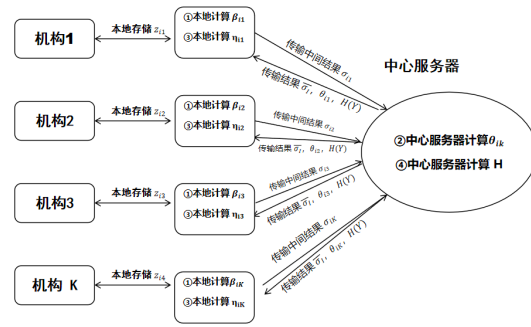


图1: 信息传输示意图

$$\ln H(T) = -\beta' Z_i + \varepsilon_i,$$

其中 $z_{ij}^{\text{i.i.d.}} \sim N(0,1)$, $\varepsilon_i \sim \text{Logistic}(0,1)$, $H(y)=y, \beta=(0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6)$ 。删失时间 C_i 服从指数分布, 考虑三个删失率 (C_r): 10%、20%、30%。重复模拟 $S=200$ 次, 使用以下指标对参数估计进行评估。

$$\text{RMSE}(\hat{\beta}_j) = \sqrt{\frac{1}{S} \sum_{s=1}^S (\beta_j^{(s)} - \beta_j)^2}.$$
$$\text{MAE}(\hat{\beta}_j) = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S |\beta_j^{(s)} - \beta_j|.$$
$$\text{SD}(\hat{\beta}_j) = \sqrt{\frac{1}{S-1} \sum_{s=1}^S (\beta_j^{(s)} - \bar{\beta}_j)^2},$$

其中, $\bar{\beta}_j = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \beta_j^{(s)}$ 。详细模拟结果见表2-3。

表2: 不同样本量和删失率下的参数估计

样本量 / 删失率	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6
真实值	0.6000	0.8000	1.0000	1.2000	1.4000	1.6000
$n=1000$, Cr=0.1	0.6044	0.8026	0.9981	1.2058	1.3893	1.5950
$n=1000$, Cr=0.2	0.5966	0.8106	1.0014	1.2073	1.3975	1.6012
$n=1000$, Cr=0.3	0.5930	0.8025	1.0027	1.1976	1.4031	1.6047
$n=500$, Cr=0.1	0.5970	0.8029	1.0064	1.2060	1.4044	1.5988
$n=500$, Cr=0.2	0.6063	0.8037	1.0060	1.2008	1.4035	1.5998
$n=500$, Cr=0.3	0.6059	0.8039	1.0091	1.2053	1.3996	1.6041
$n=200$, Cr=0.1	0.5967	0.8161	0.9995	1.2143	1.4352	1.5980
$n=200$, Cr=0.2	0.6062	0.8167	1.0056	1.2114	1.4339	1.6121
$n=200$, Cr=0.3	0.6099	0.8102	1.0163	1.1992	1.4269	1.6103

表3: 不同样本量和删失率下的估计性能指标

n	Cr	RMSE	MAE	SD
200	0.1	0.1460	0.1147	0.1455
	0.2	0.1425	0.1121	0.1418
	0.3	0.1485	0.1174	0.1482
500	0.1	0.0901	0.0718	0.0902
	0.2	0.0891	0.0707	0.0892
	0.3	0.0928	0.0731	0.0928
1000	0.1	0.0615	0.0486	0.0614
	0.2	0.0631	0.0507	0.0630
	0.3	0.0644	0.0515	0.0644

由表 2-3 可看出, 随着样本量的增大, 删失比例的降低, 估计精度越来越好。特别地, 当样本量达到 1000 时, 各个回归系数估计的偏, RME、MAE、SD 均非常小, 在误差容许范围内。

为了说明我们所提出的纵向联邦学习方法 (分布式 ADMM) 的有效性与合理性, 本文还汇报数据集集中情形下 (即 $K=1$) 的极大似然估计结果, 并与我们所提出方法结果进行比较。此时, 仅考虑样本量 $n=1000$ 的结果。结果汇总如表 4 所示。

表4: 分布式 ADMM 与集中式估计在不同删失率下的性能比较 ($n=1000$)

删失率	方法	估计精度		运行时间
		RMSE	MAE	时间 (s)
10%	分布式 ADMM ($K=3$)	0.0615	0.0486	244.1
	集中式估计 ($K=1$)	0.0518	0.0425	1.93
20%	分布式 ADMM ($K=3$)	0.0631	0.0507	243.9
	集中式估计 ($K=1$)	0.0553	0.0462	1.44
30%	分布式 ADMM ($K=3$)	0.0644	0.0515	229.4
	集中式估计 ($K=1$)	0.0605	0.0504	1.39

由表 4 可看出, 分布式 ADMM 算法与传统的集中式估计方法在不同删失率下均表现相当, 具体来看, 在 10% 删失率下, 分布式的 RMSE 为 0.0615, 仅比集中式的高出不到 0.01; 当删失率增大到 30% 时, 两者的精度差距也没有扩大。这说明本文所提出的方法在实现隐私保护的情况下, 结果与集中式算法的估计效率相当, 但是付出的时间成本较高, 这与中心服务器与本地机构信息通讯造成的正常后果。

(二) 实例分析

在本部分, 将我们所研究的方法和集中式极大似然估计应用于经典的 UARU 药物滥用数据, 主要用来评价不同的治疗方案对于药物滥用复发时间的影响, 该数据集被广泛用于生存分析研究。剔除缺失值后共有 574 个有效记录。包含生存时间和删失示性函数及 8 个关键协变量, 经标准化和独热编码后扩展为 10 个特征: TIME (生存时间) 表示患者从入组到首次再次滥用药物的间隔天数 (响应变量), STATUS (删失指示): 表示是否确切观测到患者再次滥用药物事件 (1 表示发生复吸, 0 表示数据删失), AGE (年龄) 表示患者入组治疗时的生理年龄, BECK (贝克抑郁评分) 表示患者入组时测定的抑郁程度量表评分, NDT (既往治疗次数): 表示患者既往接受药物滥用治疗的累计次数, SITE (治疗地点) 表示患者接受治疗的具体临床中心机构, TREAT (治疗时长) 表示患者接受的是短期还是长期治疗方案, RACE (种族) 表示患者的自我认同种族分类, HERCOC (混合吸毒史) 表示患者是否有海洛因与可卡因混合使用的历史, IVHX (静脉注射史) 表示患者过往静脉注射吸毒的历史状态 (如从不、曾经或近期)。将 10 个特征属性按照业务逻辑纵向切分到 $K=3$ 个参与机构, 机构 1 持有人口学特征 (AGE, RACE) 和部分药物使用史数据; 机构 2 持有临床评估特征 (BECK、NDT) 和静脉注射史; 机构 3 持有治疗干预相关信息 (如 TREAT, SITE)。为了评估我们研究的方法的合理性, 我们还将基于全部数据集集中式训练得到的估计量作为基准真值, 记为 $\hat{\beta}_{con}$; 将通过 VERTILEM 算法在分布式环境下得到的估计量记为 $\hat{\beta}_{dist}$ 。为了度量二者数值上的差别, 使用均方误差、绝对误差、最大绝对误差、最大相对误差率来评价参数估计效率。

表 5 展示了分布式算法与集中式基准方法在 UARU 数据集上的评估指标的对比结果。实验结果表明, 分布式算法与集中式算法有着类似的估计精度。具体而言, 两组估计量之间的均方误差 (MSE) 仅为 1.86×10^{-11} , 最大绝对误差被严格控制在 1.02×10^{-5} 的水平。

表5：UARU 数据集下分布式估计与集中式基准的误差度量	
评价指标 (Metric)	数值 (Value)
均方误差 (MSE)	1.8570×10^{-11}
绝对误差和 (SAD)	3.7750×10^{-5}
最大绝对误差 (MAD)	1.0169×10^{-5}
最大相对误差率 (MDR)	1.2019×10^{-5}

表6列出了部分核心风险因子的回归系数对比。从表6中可以看出，无论是对于连续变量还是分类变量，分布式估计值 $\hat{\beta}_{dist}$ 与集中式基准估计值 $\hat{\beta}_{cent}$ 在精度上高度一致。

表6：核心风险因子的回归系数对比			
变量 (Variable)	分布式估计 ($\hat{\beta}_{dist}$)	集中式基准 ($\hat{\beta}_{cent}$)	差异
AGE	1.74273	1.74273	-2.54×10^{-61}
BECK	-0.59771	-0.59771	2.81×10^{-8}
NDT	-9.11761	-9.11762	2.43×10^{-6}
IVHX (Level 1)	0.61040	0.61041	-4.06×10^{-6}
IVHX (Level 2)	0.52303	0.52303	-1.09×10^{-6}

两种方法得到的估计结果均表明，既往治疗次数（NDT）和年龄（AGE）的回归系数绝对值较大，这与临床戒毒干预的实际经验相符：患者过往的干预历史及其生理特征，通常是预测其远

期复吸风险的关键因子。对于静脉注射史（IVHX）等包含层级递进的分类变量，同样说明了不同用药历史之间的微小风险差异。

三、结论

在生存数据纵向分布式存储情形下，我们研究了变换模型的联邦统计学习问题。首先，基于极大似然估计构建全局似然函数；然后通过引入机构节点特征线性组合中间变量，将全局似然函数的优化问题转化为中心服务器协调下的联合优化，既实现了隐私信息的保护，也保证了与数据集中式的极大似然估计类似的估计效果；最后通过模拟研究与案例分析说明了我们所提出的纵向联邦学习方法具有较好的合理性和科学性。

在实际问题中，往往还存在着左删失数据、区间删失数据等数据类型，同时在各个机构样本量都较大时，中心服务器难以处理大规模的中间变量的信息传输，关于这些问题的联邦统计学习问题将是我们未来进一步研究的方向。

参考文献

[1]Cox DR. Regression models and life-tables[J]. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological), 1972, 34(2): 187–202.

[2]Cox DR. Partial likelihood[J]. Biometrika, 1975, 62(2): 269–276.

[3]Ren JJ, Zhou M. Full likelihood inferences in the Cox model: an empirical likelihood approach[J]. Annals of the Institute of Statistical Mathematics, 2011, 63(5): 1005–1018.

[4]Cheng SC, Wei LJ, Ying Z. Analysis of transformation models with censored data[J]. Biometrika, 1995, 82(4): 835–845.

[5]Zeng D, Lin YD. Maximum likelihood estimation in semiparametric regression models with censored data[J]. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology), 2007, 69(4): 507–564.

[6]Achcar JA, Barili E, Martinez EZ. Survival analysis of critically ill patients with cancer: use of semiparametric (transformation models) under a hierarchical Bayesian approach[J]. Brazilian Journal of Biometrics, 2025, 43(3): e–43722.

[7]Lu CL, Wang S, Ji Z, et al. WebDISCO: a web service for distributed cox model learning without patient-level data sharing[J]. Journal of the American Medical Informatics Association, 2015, 22(6): 1212–1219.

[8]Duan R, Boland MR, Liu Z, et al. Learning from electronic health records across multiple sites: A communication-efficient and privacy-preserving distributed algorithm[J]. Journal of the American Medical Informatics Association, 2020, 27(3): 430–437.

[9]Dai W, Jiang X, Bonomi L, et al. VERTICOX: Vertically distributed Cox proportional hazards model using the alternating direction method of multipliers[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2022, 34(2): 996–1010.

基于多模态对比学习的短视频虚假信息早期识别方法

程浩天

广东外语外贸大学, 广东 广州 510006

DOI:10.61369/ASDS.2026070009

摘 要 : 短视频虚假信息早期识别面临信息不完整与模态关联模糊的双重困境。多模态对比学习通过拉近同一样本跨模态表示、推远不同样本表示,能够有效捕捉模态间一致性线索。针对短视频发布初期的稀疏模态特征,构建多粒度对比学习框架,分别从实例级、模态级与时序级强化特征可判别性。提出跨模态对齐机制与轻量化快速推理策略,在公开数据集上验证了该方法在早期识别时效性与准确性上的优势。实验结果表明对比增强特征显著提升了虚假信息检测的鲁棒性。

关 键 词 : 短视频虚假信息; 早期识别; 多模态对比学习; 跨模态对齐

Early Detection of Misinformation in Short Videos Based on Multimodal Contrastive Learning

Cheng Haotian

Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou, Guangdong 510006

Abstract : Early detection of misinformation in short videos faces the dual challenges of incomplete information and ambiguous modal correlations. Multimodal contrastive learning effectively captures inter-modal consistency cues by pulling together cross-modal representations of the same sample and pushing apart those of different samples. To address the sparse modal features during the early stages of video posting, this paper proposes a multi-granularity contrastive learning framework that enhances feature discriminability at the instance level, modality level, and temporal level. A cross-modal alignment mechanism and a lightweight fast inference strategy are introduced, demonstrating the method's advantages in both timeliness and accuracy for early detection on public datasets. Experimental results show that contrast-enhanced features significantly improve the robustness of misinformation detection.

Keywords : short video misinformation; early detection; multimodal contrastive learning; cross-modal alignment

引言

短视频平台信息传播速度快、覆盖面广,虚假信息在发布后数分钟内即可形成大规模影响^[1]。传统虚假检测方法依赖完整视频内容或大量用户反馈,无法满足早期干预需求。早期识别只能获取标题、封面图、前几秒关键帧及片段音频,模态缺失与跨模态矛盾成为主要障碍。对比学习在无监督表示学习中展现了强大的跨模态对齐能力,将其引入虚假信息检测可量化模态一致性。现有研究多关注图文虚假新闻,对短视频多模态时序特性挖掘不足。本文提出基于多粒度对比学习的早期识别方法,设计模态自适应训练策略,解决信息稀疏条件下的特征融合问题,为短视频平台提供可部署的快速检测方案。

一、短视频虚假信息早期识别的多模态对比学习建模

(一) 问题形式化与定义

短视频虚假信息早期识别任务定义为在视频发布后短时窗口内,基于部分多模态数据输出真伪标签。设短视频样本包含视觉

流、文本流、音频流3个模态。早期识别仅能获取子集,其中视觉子集为封面图与前若干个关键帧,文本子集为标题与光学字符识别文字,音频子集为前若干秒语音片段^[2]。检测模型需要从早期子集映射到真实或虚假的二元标签。与完整视频检测不同,早期识别面临信息不完整性、模态组合随机性、时间窗口刚性约束。

信息不完整性指大量语义线索位于后期内容中，模态组合随机性反映平台上传格式差异，时间窗口刚性约束要求模型推理延迟低于短视频传播爆发阈值。虚假信息制造者常利用早期信息的片段性，在开头放置真实内容而后续编造谎言，或在封面与标题中制造误导性关联。这使得模型必须在极有限的信息中捕捉到哪怕细微的跨模态矛盾。形式上定义信息完整度比率不超过0.3时仍有较高检测性能。另外引入时间敏感因子，规定从视频上传到模型输出判定的延迟不超过传播半衰期的十分之一，短视频传播半衰期通常在5至15分钟之间，因此响应时间应小于30秒。

（二）多模态对比学习基础

对比学习通过构造正负样本对学习判别性表示。在跨模态场景中，正样本对为同一短视频的不同模态编码，负样本对为不同短视频的相同模态编码。采用对比损失函数最大化正样本对互信息下界。该机制强制模型捕捉模态间共享语义，过滤模态特有噪声。将对比学习嵌入虚假检测任务，真实短视频的跨模态表示趋于一致，虚假短视频则因人为拼接、音画不同步、图文矛盾等操作呈现较低的对齐得分。进一步分析梯度特性，对比损失对正样本对的梯度方向是缩小其距离，对负样本对的梯度方向是推开其表示，这天然适合检测跨模态不一致性。与传统的三元组损失相比，对比损失利用整个批次构造负样本，避免了难例挖掘的额外开销^[3]。

（三）早期识别场景下的挑战与对比学习适配

早期信息稀疏性导致负样本中混入大量假阴性样本，即不同短视频的某模态表示偶然相似却被推远。通过难负样本挖掘策略缓解，对每个批次内相似度最高的负样本施加额外惩罚项。模态不确定性问题表现为部分短视频缺少音频或仅有单帧图像，采用子模态自适应对比学习架构，根据实际可用模态动态构造对比损失，缺失模态不参与对齐计算。时间敏感性要求对比学习模块轻量化，将预训练对比模型中的大型投影头替换为2层线性层，并冻结底层特征提取器，仅微调对比头与分类器^[4]。上述适配使模型能够在50毫秒内完成单样本推理。此外早期识别中存在模态时间未对齐的挑战，例如语音内容与关键帧出现时间偏移，对比学习需要引入动态时间规整的软对齐策略。解决方法是计算所有可能的时间偏移下的最小对比损失，用该最小值代替固定时间戳下的对比得分。此操作增加了计算量但可在训练阶段使用，推理时仍采用固定对齐。

二、基于多粒度对比学习的短视频特征提取与跨模态对齐

（一）多模态早期特征提取模块

视觉流抽取封面图与首1至2秒关键帧，间隔0.5秒采样共4帧。使用EfficientNet-B3提取帧级特征，经平均池化得到1280维视觉嵌入。文本流包含标题与画面光学字符识别文字，标题最

长20字符，光学字符识别文本拼接后限长50字符，采用ChineseRoBERTa-wwm-ext获得768维文本嵌入。音频流提取前2秒语音，经wav2vec2.0基础模型转换为512维声学特征，同时将语音转写为文本后与标题文本融合。3个模态特征经线性投影层映射至统一维度256。特征时间戳按帧序号与音频起始点对齐，形成3路并行序列，每路长度不超过5个时间步。对于光学字符识别文字，还额外记录每个文字框在画面中的空间坐标，将坐标信息编码为4维向量与文本嵌入拼接，从而保留文字与图像区域的空间对应关系。此空间对齐线索对虚假检测十分关键，因为篡改视频常出现文字漂浮或位置反常。

（二）跨模态对比对齐机制

构建3组对比学习任务：视觉-文本对齐、视觉-音频对齐、文本-音频对齐。每组任务独立计算对比损失，最终对比损失为3组损失加权和。正样本对构造规则：同一短视频的视觉关键帧序列与标题文本构成多个正对，关键帧与音频片段构成正对，标题与音频转写文本构成正对^[5]。负样本对来自同一训练批次内不同短视频的对应模态。引入双向对比损失，同时考虑模态A到B与B到A的相似度矩阵，取两者对称化结果。对比对齐后输出一致性得分向量，该向量维度为3，分别表征3组模态对的匹配程度。真实短视频的一致性得分普遍高于0.7，虚假视频常低于0.4。为增强对比对齐的鲁棒性，采用动量更新队列存储历史负样本特征，队列大小设为4096，每个训练步更新队列中当前批次特征。这扩大了负样本池规模，使对比学习更难出现坍塌解。还引入校准偏置项，对每个模态对计算长期平均相似度，用该平均值中心化相似度矩阵，消除模态自身的相似性偏差。

（三）多粒度对比学习增强

实例级对比将整个短视频的融合表示作为锚点，与同批次其他短视频的融合表示进行对比，损失函数采用监督对比学习形式，利用真实标签区分正负实例。模态级对比对每个模态独立实施实例判别任务，强制各模态编码器捕获与虚假检测相关的判别特征。时序级对比针对关键帧序列，从同一视频的连续帧间构造正样本对，从不同视频或打乱顺序的帧间构造负样本对，使模型感知帧间逻辑连贯性。虚假短视频常出现帧间场景突变或重复贴片，其时序对比损失显著高于真实视频。3粒度损失按加权方式融合。多粒度策略迫使模型从局部到全局全面评估内容真实性，尤其适用于早期仅有少量帧的情况。分析梯度流发现，实例级损失主要影响融合层参数，模态级损失直接影响各单模态编码器，时序级损失则调节帧间注意力权重。3部分相互配合避免了单一粒度带来的表示退化。

三、基于对比增强特征的早期虚假信息识别模型

（一）模型整体架构

模型包括输入层、对比学习层、融合层、分类层。输入层接

收多模态早期特征向量。对比学习层执行跨模态对齐与多粒度对比增强，输出3组一致性得分与增强后的模态特征。融合层采用跨模态注意力机制，以文本特征为查询向量，视觉与音频特征为键值对，计算加权融合表示。同时引入门控融合单元，根据一致性得分动态调节各模态贡献权重，一致性低的模态被抑制。分类层由2层全连接网络与Sigmoid输出构成，输入为融合表示与3组一致性得分的拼接向量。辅助输出分支直接使用一致性得分均值作为快速预判信号，当均值低于0.3时可直接判定虚假，跳过分类层计算以节省时间。整个模型采用端到端训练，对比学习损失与分类损失共享底层特征提取器，但对比头与分类头参数独立。这种设计使得对比学习任务不会强迫分类特征过度偏向对齐，保留了模态特有信息用于判别。

（二）早期识别专用训练策略

时间感知掩码训练用于模拟真实场景下的信息缺失。每个训练批次中随机丢弃30%样本的音频模态，随机压缩50%样本的关键帧数量至2帧，随机屏蔽20%样本的光学字符识别文本。模型在同一批次内处理完整与缺失混合数据，迫使分类器对不同信息完整度产生鲁棒性。难负样本挖掘针对模态欺骗性强的虚假样本，即那些图文一致但内容虚假的短视频。采用对抗式采样算法，计算每个负样本的当前对比损失，将损失排名前10%的负样本复制并加入下一轮训练，增加对比难度。联合损失函数包含分类损失、对比损失、一致性正则项3部分。一致性正则项惩罚同一视频不同模态对间得分方差过大的情况。训练过程中还采用渐进式对比学习策略，前10个轮次只使用对比损失预训练对齐模块，之后加入分类损失联合微调。这种预热方式避免早期分类噪声干扰对比学习。

（三）快速推理与阈值自适应

为满足早期识别的时间要求，将对比投影头设计为单层线性映射，推理时仅需一次前向传播即可获得所有模态特征与对比损失。特征缓存机制将已计算的短视频基础特征存入内存池，重复请求相同视频时直接读取。动态阈值调整依据视频发布后已获取的信息量比率计算分类阈值，基础阈值设为0.5，调节系数设为0.2。当信息不完整时提高阈值，减少假阳性误报。推理时间控制在每样本45毫秒以内，模型参数量约12兆，可在移动端部署。另设计早期退出机制，在每个模态特征提取完成后计算当前可用的一致性得分，若得分极端低或极端高则提前终止后续模态提取，直接输出判定。该机制可将部分样本的推理时间压缩至15毫秒。

四、实验设计与结果分析

（一）实验数据集与预处理

选用公开多模态虚假视频数据集 FakeSV 和 TI-CNN。FakeSV 包含15678个短视频，其中虚假视频8234个，涵盖政

治、健康、娱乐等领域。TI-CNN 收集自微博平台，总计11234条视频数据。构造早期子集时保留标题、封面图、前3秒关键帧、前2秒音频，丢弃后续所有内容。关键帧采样频率为1帧/秒。将数据集按8比1比1划分为训练集、验证集、测试集。评价指标包括准确率、精确率、召回率、F1分数，另设早期识别时效性指标：发布后10秒内完成判定的样本比例。所有实验在单张 NVIDIA A100 图形处理器上运行。

（二）对比方法与消融实验

选取6种基线方法：单文本模型 TextCNN、单视觉模型 ResNet50、多模态拼接 ConcatMLP、无对比学习的多模态注意力模型 MMA、基于 CLIP 的零样本检测、对比学习检测方法。消融实验设置4个变体：去掉多粒度对比损失、去掉跨模态对齐模块、去掉时序对比、去掉模态掩码训练。下表展示各方法在 FakeSV 测试集上的结果。

表：对比结果					
方法	准确率	精确率	召回率	F1分数	10秒内判定比例
TextCNN	0.672	0.654	0.683	0.668	0.98
ResNet50	0.701	0.712	0.689	0.700	0.95
ConcatMLP	0.734	0.745	0.721	0.733	0.93
MMA	0.769	0.778	0.756	0.767	0.89
CLIP 零样本	0.713	0.724	0.698	0.711	0.91
对比学习检测方法	0.801	0.812	0.789	0.800	0.87
本文方法	0.848	0.861	0.832	0.846	0.94
去掉多粒度对比损失	0.812	0.825	0.796	0.810	0.92
去掉跨模态对齐模块	0.778	0.785	0.769	0.777	0.90
去掉时序对比	0.830	0.842	0.816	0.829	0.93
去掉模态掩码训练	0.835	0.848	0.821	0.834	0.91

（三）结果分析与讨论

本文方法在4项分类指标上均优于所有基线，相比对比学习检测方法 F1 分数提升4.6个百分点。跨模态对齐模块贡献显著，去除后 F1 下降6.9个百分点。多粒度对比损失带来3.6个百分点的提升，其中时序对比贡献约1.7个百分点，说明帧间连贯性对短视频虚假检测尤为重要。模态掩码训练使模型在早期识别场景下保持高召回率，去掉掩码训练的变体10秒内判定比例下降3个百分点但精确率略高，表明掩码训练以微小精确率代价换取响应速度。CLIP 零样本检测效果较差，因预训练任务与虚假检测分布差异大。错误案例分析发现失败样本多为精心制作的深度伪造视频，其跨模态一致性极高，仅依赖模态对齐难以区分。另一类错误为信息极度稀疏的样本，仅有标题无图像，模型表现为假阴性。计算效率方面，本文方法单样本平均推理时间43毫秒，参数量12.3兆，满足移动端实时部署要求。进一步分析混淆矩阵，本文方法的假阳性率为8.2%，假阴性率为10.1%，相比基线分别降低了4.5%和3.8%。在 TI-CNN 数据集上的结果趋势与 FakeSV 一致，F1 分数达到0.831，验证了方法的泛化能力。

五、结语

针对短视频虚假信息早期检测中模态缺失与语义碎片化问题,提出了多粒度对比学习框架。该框架融合实例级、模态级、时序级对比损失,强化跨模态对齐与特征判别性。设计时间感知掩码训练策略提升模型对信息不完整场景的鲁棒性,轻量化推理

机制实现毫秒级响应。在公开数据集上验证了方法的有效性,F1分数达到0.846,10秒内判定比例94%。未来工作将引入用户评论模态与图神经网络传播结构,进一步挖掘社交上下文线索,同时探索在线持续学习以适应新型虚假生成技术。动态阈值自适应机制在小样本场景下的性能边界也值得深入探讨,可结合强化学习实现阈值的自动调节。

参考文献

-
- [1] Yan F , Zhang M , Wei B , et al.FMC: Multimodal fake news detection based on multi-granularity feature fusion and contrastive learning[J].Alexandria Engineering Journal, 2024, 109:376–393.
- [2] 张永成, 魏小梅, 王欢, 徐荣康. 一种不确定模态缺失的多模态对抗虚假新闻检测框架 [J]. 中文信息学报, 2024, 38(06): 151–160.
- [3] 段钰潇, 胡艳丽, 郭浩, 谭真, 肖卫东. 改进的跨模态关联歧义学习的虚假信息检测方法研究 [J]. 计算机科学, 2024, 51(04): 307–313.
- [4] 李卓远, 李军. 基于对比学习的多模态注意力网络虚假信息检测方法 [J]. 中国科技论文, 2023, 18(11): 1192–1197.
- [5] Yang Y , Ran B , Weili G , et al.Deep visual–linguistic fusion network considering cross–modal inconsistency for rumor detection[J].Science China Information Sciences, 2023, 66(12): DOI:10.1007/S11432–021–3530–7.

智能感知技术在生活服务场景自动化管理中的实践应用分析

廖靖康

广东外语外贸大学, 广东 广州 511400

DOI:10.61369/ASDS.2026070010

摘要： 智能感知技术是驱动生活服务场景从人工管理向自动化管理转型的核心动力。本文围绕视觉感知与 AI 视频分析、物联网传感与设备状态监测、无线信号感知与无感行为识别三类关键技术展开系统梳理，分析了其在城市物业全域智能运营、智慧社区安全防范、居家养老与育幼等场景中的应用现状。通过剖析典型案例，揭示了技术落地面临的部署成本高昂、跨系统数据壁垒、复杂环境信号干扰及适老化设计缺失等核心痛点。针对上述问题，本文提出推广轻量化租赁模式、建设统一数据共享平台、引入多源感知融合机制、推行一键式适老化设计等改进策略。研究认为，智能感知技术从标杆示范走向规模普及，需坚持技术降本与制度协同双轮驱动，方能真正成为提升生活品质的普惠型数字基础设施。

关键词： 智能感知技术；生活服务场景；自动化管理；实践应用

Practical Application Analysis of Intelligent Perception Technology in the Automated Management of Life Service Scenarios

Liao Jingkang

Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou, Guangdong 511400

Abstract： Intelligent perception technology is the core driving force for the transformation of life service scenarios from manual management to automated management. This article systematically reviews three key technologies: visual perception and AI video analysis, IoT sensing and equipment status monitoring, and wireless signal perception and unobtrusive behavior recognition. It analyzes the current application status of these technologies in urban property all-round intelligent operation, smart community security prevention, home elderly care and child care, etc. Through analyzing typical cases, it reveals the core pain points faced by technology implementation, such as high deployment costs, cross-system data barriers, complex environmental signal interference, and lack of elderly-friendly design. In response to these issues, this article proposes improvement strategies such as promoting lightweight leasing models, building a unified data sharing platform, introducing multi-source perception integration mechanisms, and implementing one-click elderly-friendly design. The research suggests that the promotion of intelligent perception technology from benchmark demonstration to scale popularization requires the dual drive of technology cost reduction and institutional coordination to truly become a universal digital infrastructure for improving the quality of life.

Keywords： intelligent perception technology; life service scenarios; automated management; practical application

引言

生活服务场景的管理模式正从人工主导转向自动化驱动，智能感知技术是这一转型的核心支撑。通过视觉识别、物联网传感、无线信号感知等技术手段，城市街区、社区楼宇、家庭空间正在获得实时感知与自主响应能力。然而，部署成本、数据孤岛、精度制约与用户接受度等问题，仍是技术规模化落地的现实阻碍^[1]。本文从技术概述、应用现状、实践案例、痛点与优化建议四个维度展开分析，以期梳理智能感知技术在生活服务自动化管理中的实践脉络。

一、应用于生活服务场景的智能感知技术概述

（一）视觉感知与 AI 视频分析技术

视觉感知技术依托摄像头与计算机视觉算法，对生活场景中的人、车、物、行为进行实时识别。其突出优势在于信息密度高，单路视频可同时支撑占道经营检测、车辆违停识别、烟雾火焰预警、异常行为分析等多项任务。系统将 AI 算法部署于边缘计算节点，视频流在本地完成处理，仅输出告警与结构化数据，既保障响应实时性，又降低网络传输压力。与人工巡检相比，视觉感知可实现全天候运行，不受排班与疲劳限制，已成为城市管理与社区安防领域应用最为成熟的技术路径之一。

（二）物联网传感与设备状态监测技术

物联网传感技术通过烟雾探测器、温湿度传感器、液位监测器、智能水电表等终端，在物理空间中织就一张状态感知网络。其核心价值在于将基础设施的运行状态转化为实时数据，使管理系统获得感知末梢。垃圾桶满溢传感器触发自动清运指令，地库气体浓度探测器联动排风设备启停，消防管网压力传感器持续反馈设施完好性^[2]。随着低功耗通信技术发展，传感器节点可在市电无法覆盖的区域长期自主运行，为广域分布的市政环卫、园林灌溉、能源计量等场景提供持续感知能力。

（三）无线信号感知与无感行为识别技术

无线信号感知技术利用环境中 Wi-Fi 信号因人体活动产生的变化，实现对人员位置、姿态、行为的无感识别。该技术无需摄像头采集图像，无需用户佩戴设备，在隐私保护方面具有显著优势。系统通过建立空间模型与信号特征的双重映射，借助深度学习算法解译信号扰动对应的人类行为模式。在居家养老与智能家居场景中，该技术可驱动环境从被动等待指令转向主动感知需求，当系统识别用户入睡后自主关闭灯光与电器，为老年群体安全守护提供一种无扰方案。

二、智能感知技术在生活服务场景自动化管理中的应用现状

（一）城市物业全域智能运营加速推进

在“物业城市”理念推动下，城市核心功能区正加速建设全域智能运营平台，将市政设施、环境卫生、绿化养护、公共秩序等分散服务统一纳入感知管理网络。平台在主要道路、公共广场、地下空间等节点布设感知设备与物联终端，打破传统条线分割的管理模式，构建网格化巡查、跨部门协同、自动化派单的新型运营架构。AI 巡检车辆替代人工完成大面积道路巡查，智能环卫终端组成自动化作业矩阵，有效降低一线巡查人力依赖。此类模式已在多个城市重点区域落地运行，展现出压缩运营成本、提升响应效率的综合成效。

（二）智慧社区安防防控体系趋于完善

社区场景中的感知技术应用围绕安防防控与便民服务纵深推进。在高空抛物治理方面，具备轨迹捕捉与溯源能力的 AI 监控设备实现规模化配置，破解了发现难、取证难、追责难的问题。在消防安全方面，烟感探测器、视频火焰识别与电梯阻车感知形成联动，电梯检测到电动自行车进入即触发语音劝阻并阻止关门，同步推送预警至消控中心，构建感知预警干预快速链路^[3]。人脸识别

别门禁与物业管理平台整合后，报修申请、访客授权、快递管理等事务实现线上流转，减少前台人工压力。智慧社区建设已从一线城市向地市级扩展，管理效率与居民满意度稳步提升。

（三）居家养老与育幼场景渗透仍显不足

面向居家养老的健康监测、跌倒检测、行为分析设备，以及面向育幼的体征监测产品，虽已通过技术验证，但实际进入家庭的比例仍然偏低。供给侧层面，聚焦细分场景的专用硬件品类有限，定价处于高位；需求侧层面，部分产品操作复杂，老年用户学习门槛高；生态侧层面，家庭端采集的健康行为数据未能与社区养老、基层医疗系统对接，数据价值未充分释放。当前应用仍以养老机构和社区适老化改造项目为主要载体，大规模进入普通家庭尚需时日。

三、智能感知技术在生活服务场景自动化管理中的实践应用案例

（一）丽泽金融商务区城市管家模式

北京丽泽金融商务区构建的全域智能运营平台，是城市级自动化管理的典型实践。平台融合数字孪生、物联网与 AI 分析技术，设立城市体征、综合管理、市政环卫、园林绿化、停车场运营等功能界面。在业务流程上，建立“市民随手拍上报 AI 视频智能识别平台智能派单作业队伍快速处置政府监督考核”的全流程闭环机制。市民通过移动端上报问题后，系统结合位置信息与资源状态就近调度处置力量，打破各业务条线的独立运作壁垒，实现感知预警与处置资源的精准匹配，问题解决效率大幅提升。

（二）灵石系统楼宇智控与人机协同

万物云“灵石”边缘计算系统服务于商业写字楼与住宅项目，将空间内的摄像头集群、能源计量、消防感知与服务机器人统一接入管理，推动从“人找事”到“事找人”的管理变革。公共区域摄像头发现环境秩序问题后，系统自动完成视频取证与工单生成，可由机器人处理的任务直接调度执行，需人工介入的任务精准推送至就近人员终端。巡检机器人、清洁机器人在楼宇公共空间协同作业，环境事件发现与调度的延迟明显压缩，同步实现巡检人力精简与能耗优化。

（三）黄水镇旅游度假区立体感知治理

重庆石柱土家族自治县黄水镇作为季节性旅居人口密集区域，构建了融合地面监控、物联传感器与无人机巡查的立体感知治理体系。系统整合部署于街道、广场的视觉设备，布设于垃圾点、公厕、消防栓的物联终端，接入多个市级管理应用，部署针对旅游场景训练的识别模型，精准检测垃圾满溢、商铺越门经营、摊贩超区域摆卖等问题，建立限时响应处置流程。运行以来，市容管理事件处置效率显著提高，走失老人寻回与消费纠纷调处等民生服务同步改善。

（四）天津大学 Wi-Fi 感知主动服务方案

天津大学网络与云计算团队提出的 Wi-Fi 感知方案，为智能家居从被动响应转向主动服务提供了技术路径。系统利用家庭已有 Wi-Fi 信号，通过分析人体活动对信号传播的扰动，实现人员位置与行为的无感识别。在部署上，创新借用扫地机器人清扫建图过程同步构建 Wi-Fi 信号地图，用户无需专业人员即可完成初始化。算法层面，新型网络模型有效克服家居环境信号多径反射

干扰，在真实杂乱环境中保持稳定定位能力^[4]。系统感知用户入睡后自主执行关电视、灭灯光、调空调等系列动作，使居住空间真正适应人的状态。

四、智能感知技术在生活服务场景自动化管理中的实践痛点与改进优化建议

（一）部署成本高企制约规模化推广

从黄水镇度假区部署上千路视觉感知设备和数以万计的物联网传感终端，到丽泽全域智能运营平台在广阔城市空间中的大规模物联基础设施建设，高昂的前期硬件采购成本、施工安装费用以及后续持续的运维投入，构成了智能感知技术向更广泛生活服务场景推广普及的首要经济障碍。对于财力相对有限的普通社区、中小型物业项目以及个体家庭用户而言，参照上述标杆案例进行同等水平的技术部署缺乏现实可行性。为此，可积极推广轻量化的租赁服务模式 and 标准化的硬件产品方案。“灵石”系统以订阅制服务模式将 AI 能力包装为可按月付费的“数字员工”提供给客户的做法值得借鉴。建议行业层面大力推动感知设备接口协议与数据格式的标准化工作，降低不同品牌设备之间的互联互通门槛，减少因厂商绑定造成的重复建设与资源浪费，通过规模效应持续降低单位部署成本，使中小型生活服务场景用户也能享受到智能感知技术带来的自动化管理效能提升。

（二）跨系统数据壁垒阻碍服务闭环

智慧社区中居家老人健康监测设备采集的体征数据无法与属地医疗机构的信息系统实现安全互通，社区养老服务站与物业安防中心之间的告警信息链路未能打通，导致老人在家中发生跌倒等异常事件时，系统虽已完成感知与识别，却无法自动触发后续的紧急医疗救援调度。针对这种因数据系统割裂造成的“感知强而响应弱”的问题，严重制约了智能感知应用从“发现问题”到“解决问题”的完整价值闭环形成，建议由地方政府或行业主管部门牵头，搭建区域性、标准化的生活服务数据共享与业务协同平台，制定统一的数据流转规则与隐私安全保护规范，在充分保障个人信息权益的前提下，打通物业管理、社区养老、基层医疗、应急救援等业务系统之间的数据接口与指令通道。充分借鉴丽泽平台“跨部门统一派单、全过程监督考核”的闭环治理经验，将智能感知告警与多部门协同调度流程进行无缝衔接设计。

（三）复杂环境信号干扰降低感知精度

天津大学的研究成果明确指出，真实的家居环境中存在大量家具陈设、墙体隔断和日常活动人员，这些因素会造成无线信号

的复杂多径反射与动态遮挡，导致基于 Wi-Fi 信号的感知系统在定位精度和行为识别准确率方面出现波动和下降。类似的环境干扰问题在视觉感知和物联网传感技术中同样存在，例如强逆光、雨雪雾天气对摄像头成像质量的影响，以及金属结构对无线传感器通信信号的屏蔽效应。需在算法层面推广自适应信号传播建模技术，使感知系统能够根据实时感知到的环境条件变化动态校准判别参数，在复杂条件下维持可用精度^[5]。在架构层面引入多源异构感知融合机制，将视觉感知、红外热释感应、无线信号感知等多种技术路径获取的信息进行综合研判，以冗余设计的思路弥补单一技术方案在特定场景下的性能短板，在老人跌倒检测等对准确度要求极高的关键应用中，采用多模态联合判决策略以有效降低误报率与漏报率。

（四）适老化设计缺失致使用户抵触

针对部分地区智能养老设备使用情况的调研显示，部分智能终端产品存在操作流程烦琐、交互界面不够直观、功能设置冗余等问题，导致以老年人为主要使用群体的目标用户在学习使用时遭遇较大困难，进而产生抵触心理，造成设备购置后长期闲置，技术价值未能有效发挥。黄水镇旅游度假区面向旅居老人的服务实践同样表明，纯粹的技术方案若缺乏与用户实际接受能力的匹配，其应用效果将大打折扣。因此，在硬件层面，设备制造商应将简洁直观的“一键式操作”作为适老化产品设计的基本准则，精简功能菜单层级、放大触摸交互区域、增加高对比度视觉提示。在交互层面，为设备引入自然语言语音引导功能，降低文字阅读负担。在服务层面，建立社区陪护与培训体系，由社区工作者或志愿者定期上门为老年用户提供面对面的操作指导与使用答疑，将技术的理性逻辑转化为有温度的人文关怀服务，使智能感知产品真正融入老年人的日常生活。

五、结语

智能感知技术正在重塑生活服务场景的自动化管理格局。从城市全域运营到社区安全防控，从楼宇人机协同到家庭主动服务，技术的变革价值已在多维场景中得到验证。然而，从标杆示范走向规模普及，仍需跨越成本、数据、精度与用户体验等多重障碍。未来应坚持技术创新降本与制度机制协同双轮驱动，推进感知设备与数据接口标准化，构建跨部门业务联动体系，持续优化适老易用设计，使智能感知技术真正成为提升生活品质、降低社会运行成本的普惠基础设施。

参考文献

- [1] 褚旭. 物联网+AI：社区小空间智能化设计应用[J]. 住宅与房地产, 2024, (25): 80-82.
- [2] 徐强. 人工智能时代智慧社区景观设计的探索[J]. 未来城市设计与运营, 2024, (02): 27-30.
- [3] 张宇阳. 智能感知技术在智能家居中的应用[J]. 中国科技信息, 2024, (01): 119-122.
- [4] 付心仪, 张鹤, 薛程, 等. 面向未来的智能家居前沿进展[J]. 科技导报, 2023, 41(08): 36-52.
- [5] 王涛, 韩照华, 张朋, 等. 智能自感知和控制技术在电烤箱上研究与应用[J]. 家电科技, 2021, (S1): 478-482.

知识转化理论视角下研究生课程教学质量的量表开发与验证

潘莉, 徐欣悦, 冯诗佳, 徐松鹤*

浙江师范大学经济与管理学院, 浙江 金华 321004

DOI:10.61369/ASDS.2026070011

摘 要 : 作为整个教育体系的最高端, 研究生教育能够有意义地推动国家的科技创新和社会进步以及实现教育强国目标。研究生课程教学质量评价则是引导教师去进行教学改革, 促进研究生成长和发展的关键环节。本研究以学生为中心, 遵循知识转化理论中各场之间的螺旋式上升方向, 严格按照量表开发流程来开展研究, 采用焦点小组访谈、问卷调查等方法, 开发出一份可靠有效的研究生课程教学质量量表。量表共包含4个维度, 包含研究开展规范化、教学内容议题化、教学手段智慧化、小组研讨协作化, 共计20个问项。文章基于知识转化理论对研究生课程的教学质量进行评估, 为高等教育的课程教学质量评价提供新工具, 也为高校与教师更有效引导和帮助研究生科研进步, 推动课程改革提供参考。

关 键 词 : 课程教学质量; 知识转化; 研究开展规范化; 教学内容议题化; 教学手段智慧化; 小组研讨协作化

Development and Validation of a Scale for Measuring the Teaching Quality of Graduate Courses from the Perspective of Knowledge Transformation Theory

Pan Li, Xu Xinyue, Feng Shijia, Xu Songhe*

College of Economics and Management, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004

Abstract : Postgraduate education, as the highest level of the entire education system, plays a significant role in promoting national scientific and technological innovation and social progress, and in achieving the goal of becoming an education power. The evaluation of postgraduate course teaching quality is a crucial link in guiding teachers to carry out teaching reforms and promoting the growth and development of postgraduate students. This article, centered on students, follows the spiral ascending development path among various fields in the knowledge transformation theory. By strictly following the scale development procedure and using methods such as focus group interviews and two rounds of survey, a reliable and effective postgraduate course teaching quality scale has been developed. The scale is consisted of four dimensions that are conducting research sticking to academic moral norms, designing teaching with issue-orientation, teaching utilizing intelligent methods, scholar discussion and collaboration as a unit, with a total of 20 items. Based on the knowledge transformation theory, this article assesses the teaching quality of postgraduate courses, providing a new tool for the evaluation of course teaching quality in higher education, and offering references for universities and teachers to more effectively guide and assist postgraduate students in their research progress and promote course reforms.

Keywords : course teaching quality; knowledge transformation; academic moral norms; issue-orientation teaching; intelligent teaching methods; group collaboration unit

引言

作为整个教育体系的最高端, 研究生教育对于推动国家的科技创新和社会进步、实现教育强国目标具有重要意义: 一方面, 就个体发展而言, 研究生教育通过强调交叉学科的理论素养塑造、研究方法的科学规范训练与前沿议题的敏锐理论创新^[1], 帮助学生掌握独立

基金项目: 本文系浙江省高等教育“十四五”研究生教学改革项目(JGCG2024103、JGCG2024100)的研究成果。

作者简介:

潘莉, 浙江师范大学经济与管理学院, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为旅游管理、旅游职业技术教育;

徐欣悦, 浙江师范大学经济与管理学院, 硕士研究生, 研究方向为旅游职业技术教育;

冯诗佳, 浙江师范大学经济与管理学院, 硕士研究生, 研究方向为旅游职业技术教育。

通讯作者: 徐松鹤, 浙江师范大学经济与管理学院, 党委委员、纪委, 副教授, 研究方向为研究生教育改革、组织管理与创新。

发现、思考与解决问题的能力,产出具有原创性和实用性的科研成果,成为符合国家与社会发展需求的高层次专业人才;另一方面,从国家与社会整体发展来看,研究生教育通过为不同背景的学生提供高层次专业教育机会、跨地区乃至全球化的交流平台,有效缩小不同地区和群体之间的教育差距,促进社会和谐与稳定,最终为国家的全球战略布局与国际人才竞争力提升提供人才保障^[2]。

教学评价在课程建设工作中发挥保障、监督、诊断、反馈、调节等作用,是提升课程质量、实现研究生高质量培养的必要前提,更是国家教育改革与创新战略关注的重点。早在2020年中共中央、国务院印发的《深化新时代教育评价改革总体方案》中就明确提出,教育评价事关教育发展方向,有什么样的评价指挥棒,就有什么样的办学导向^[3]。同年国务院学位委员会、教育部又专门发布《关于进一步严格规范学位与研究生教育质量管理的若干意见》,进一步要求,全面压实质量责任,严格规范培养全过程监控与质量保证,加快建立以教师自评为主、教学督导和研究生评教为辅的研究生教学评价机制,对研究生教学全过程和教学效果进行监督和评价^[4]。

但是我国研究生教育暴露出教育内容与市场需求脱节、创新能力重视不足、教学手段传统单一、教学效果难以量化测评、学术不端事件频发等严重问题^[5],其症结在于研究生培养过程之硬核——课程教学质量的参差不齐及其对应评价体系的偏颇与过时^[6]。围绕课程教学质量评价,既有研究多使用课堂观察、学生反馈、成绩考核、教师自评与专家评审等传统手段,从教学资源、科研成果、就业情况、教育成本、社会影响等内容维度进行课程教学的笼统分析。但是上述评价方法与内容远远没能体现“以人为本”的核心育才理念与基本原则,更没能以知识转化与创新为导向落实研究生教育强国的根本任务。如此一来,科学量化研究生课程教学质量,以全面评估和实时反馈研究生课程教学水平,持续改进和提高人才培养质量,愈发凸显重要价值^[7]。

根据知识转化理论,知识是动态的、螺旋式演进的过程,而非静态的存储。它强调隐性知识与显性知识通过社会化、外显化、组合化与内隐化等环节的持续互动与转化,在特定“场域”中实现知识创新与实践升级^[8],这与研究生的教育注重创新与应用的目标一致,也成为量化测度研究生教学质量的有效依据。本研究基于上述理论,严格遵循量表开发流程,完成研究生课程教学质量量表的开发与检验,为研究生课程教学质量比较提供测量工具。相关结果有助于高校与教师精准把握教学过程中存在的问题,为提高研究生教学质量,开展课程改革提供参照,为全面促进研究生教育高质量发展,契合新时代教育强国目标,提供思路借鉴。

一、文献综述与理论依据

研究生教育不仅强调深厚的专业理论与广博的专业知识,更注重于对研究对象的深度探讨,实现具备科研能力的高级创新人才培养。从发展趋势来看,研究生教育的重心正从单纯的“知识获取”转向以科研为本的专业能力培养^[9],也即在培养过程中,要求研究生主动发现未知、归纳总结,并有效应用所学知识。考虑到研究生阶段的上课时间与次数较少,课堂教学难以覆盖全部内容,教师更多采用以提出专业问题为起点、以批判为关键环节、以创新为最终目的的问题建构模式^[10],通过不断发现、分析和解决问题来锻炼学生的专业研究能力。在问题建构的过程中,研究生课程教育成为专业研讨,形成基于具体研究问题进行学习、研讨和批判的三位一体教学过程。

(一) 研究生课程教学质量

与本科生通过专业课程学习夯实基础、形成较为系统性的专业知识体系之核心培养目标不同,研究生的课程学习旨在高阶认知能力跃迁与知识创新应用的动态发展^[11]。目前学界对于研究生教学质量要点的表述有三:第一,重视多样化教学手段的实施,体现现代科学技术与多样化教学方法对教学质量的支撑作用,如“慕课资源重构学习空间”^[12]“线上线下资源融合”^[13]“资源整合与过程优化”^[14]。第二,以学生为中心,强调学生在教学互动中的主动参与和高阶认知能力发展^[15],如帮助学生“自主建构知识”“生成自主探索能力”合法的边缘性参与”^[16]“专业共同体实践”^[17],以学生为中心的观测与测度指标主要体现在学生在教学中的主动地位,如课堂学习参与度、学生高阶思维参与度^[13]、

认知投入、学习成果复杂性^[18]等;第三,以知识转化与创新为目标,指向知识从输入到实践应用的转化过程,尤其是动态创新能力的培养,如“多学科知识整合”^[19]“高阶认知能力跃迁”“真实问题协同解决”及“知识传递效率最大化”。

尽管上述定义与内涵较好把握了研究生课程教学质量的关键内核,近年来愈发被看重的科研道德规范问题却被忽视。本研究借鉴既有定义将研究生课程教学质量界定为:在严格遵守科研道德规范的前提下,将学生放在教学的重要位置,设计符合深度学习的教学过程,将线上线下资源整合并借助科技系统辅助教学,更好地培养学生高阶认知能力的发展与科学问题解决能力的创新应用,最终在师生相互配合的动态过程中,实现个体发展与社会人才需求的有效适配。

(二) 研究生教学质量评价

研究生教学质量评价是保障人才培养的前提,是“以学促研,以研促学”的需要,围绕研究生教学质量评价问题,既有研究多遵循课程教学全过程视角,覆盖课前、课中与课后环节,将评价指标系统贯穿到整个教学活动过程当中。该框架的理论基础是Tyler的课程评价目标模式——教学应形成“目标确立—内容组织—实施—评价”的流程。具体而言,课前指标的确定多聚焦于教学团队^[20]、师资水平、教学资源^[21]与教学计划方案的科学性与适切性。课中实施阶段,评价核心转向教学过程的动态性与参与性^[22]、聚焦教学方法运用、教师素养体现^[23]、以及课堂组织与互动等;也有学者侧重教学过程中难以量化的更多依赖学生评教或专家观察的态度、意识与情感因素,例如“课堂气氛融洽”“讲课严谨认真”^[24]“语言生动”^[25]等。课后阶段,聚焦于教学效果

反馈（用人单位认可度等）^[26]、教学反思与改进，并延伸至教学效果的可测量性^[27]与长效性，如潘丹等将学生的成绩按照分数区间划分出五个等级，量化作为一级指标的“知识收获”，实现教学效果的数据化处理^[28]。

尽管不同研究在构建课程教学质量评价指标时存在差异，但核心内容都是紧紧围绕教学设计、实施与效果的关键环节以及主客观表现的相互作用。这种多样的表面形式但其本质却鲜有差异，不仅能够反映教学活动的客观规律，也能够通过整合多方面维度内容构建更全面、科学的评价体系奠定基础。遗憾的是，上述指标构建的方式的内在缺陷日益凸显，这表现在（一）评价重心并不在于教学内容本身而多在于教学环节的设置，教学方法的使用；（二）传统的评价体系很难衡量学生高阶思维认知能力的发展；（三）当前学术评价体系在应对知识生产模式的协作化方面存在不足，未能充分体现协作性、伦理性和约束性等关键维度。要重点关注研究生培养目标中的知识转化与创新，关注教学内容本身的议题化设计与实施，构建科学有效的研究生教学质量评价体系。

所谓“议题化”，是将教学内容转化为具有思辨性、实践性与整合性的“议题”，引导学生在结构不良的真实性情境中，在“未知”和“关联”中建构知识、迁移运用并形成价值判断。沈雪春指出，这种教学方式能有效“提升在新情境中独立应用所建构知识的能力”，尤其契合研究生科研中复杂问题解决的创新需求^[29]。陈式华进一步强调通过“争议性议题的立场互换”，学生得以突破思维定式，从不同角度审视问题，为学术批判性思维提供制度化训练场景^[30]。

议题化的另一核心价值在于其跨学科整合特性。刘慧在以思政学科为例说明，“总议题—分议题”的架构模式既可实现“跨学科综合”，也可实现“跨模块综合”^[31]。这种设计打破学科壁垒，模拟真实科研场景的复杂性，与研究生培养中的交叉学科研究需求高度契合。对此，有研究进一步提出“理解—应用—迁移”的任务进阶路径，要求学生将核心知识“结合自身活动经验解决陌生问题”，为学术迁移与创新能力的培养提供方法论支撑^[32]。

更重要的是，议题化教学具有价值引导与伦理训练的特点。孙云英^[33]和潘嘉玲^[34]指出，议题化设计通过价值判断与生活实践的融合，借助立场互换机制，帮助学生在充满矛盾的争议性议题中达成价值共识，将价值观内化为学术研究中的自觉行动，从而奠定伦理基础。考虑到现有评价体系对“教学内容的设计”“学术道德素养”及“学术规范约束”的忽视，难以满足知识社会对伦理责任与社会责任的更高要求，本研究考虑将协作性、伦理性与约束性等纳入评价维度，以强化学术伦理与社会责任的培育功能。

（三）理论依据：知识转化模型

知识转化是指人们在实践中所获得的知识不断地向另一知识转化以及向实践现实转化的哲学范畴。从构成上看，知识转化由两部分组成，知识是转化的主体承担者，转化是知识的存在形式，两者的共同存在才能形成知识转化。从转化主体来看，在知

识大爆炸时代，知识尽管保留着基本内核不变，但是它的边缘部分，甚至它的某些主干部分都处在转化之中。从转化形式来看，知识沿着人们在实践过程中正确认识客观事物所获得的系统化、理论化知识这一中心，在不断向外扩张和细化，而这一过程只有在和实践的统一中才能实现。从知识和转化的关系来看，知识的内容、存在形式都在发生变化或转化，而转化是指在实践过程中所涉及的知识以及实践内容都在实践主体、客体的双向作用中才能形成，既以扬弃的形式使原有知识发生转化，又使实践发生新的飞跃^[35]。

知识转化不是简单的单向传递而是涉及认知元认知和社会建构的复杂过程。Nonaka 与 Takeuchi（1995）提出的知识转化模型（Socialization-Externalization-Combination-Internalization，简称 SECI）首次系统地分析知识流动的螺旋过程（见图1）。该模型以知识的显性与隐性分类为起点，通过提出知识创新过程中的知识场（Ba），明晰地展示了知识流动的动态过程以及知识创新的生成过程。整个过程包含四个环节——社会化（Socialization）、外显化（Externalization）、组合化（Combination）与内隐化（Internalization）。每一个螺旋上升的阶段都会分别有一个场的存在，分别是创始场（Originating Ba）、对话场（Interacting/Dialoging Ba）、系统化场（Cyber/Systemizing Ba）与练习场（Exercising Ba）。

研究生课程中知识转化的应用和创新能力的培养是核心目标，知识转化理论模型合理解释了核心目标的理论意义以及获取路径。具体来说 S（Socialization）是指通过与导师互动等方式完成隐性知识的传递，E（Externalization）是指将隐性知识转化为显性知识，C（Combination）是指整合跨领域的显性知识（如课程体系设计），I（Internalization）则侧重学生将知识转化为自身创新能力。四个阶段稳步推进知识转化升级，本质在于揭示一个重要规律“知识创新发生于动态转化过程而非静态存储”。

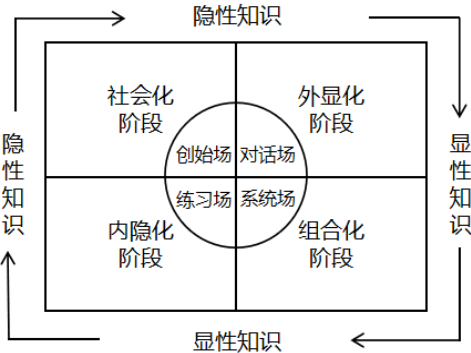


图1：知识转化（SECI）理论

本研究的理论基础为知识转化理论模型，将其作为评价研究生课程教学质量的原因在于该模型将学生主动性、知识转化动态性、师生协作必要性作为中心内容，高度契合研究生课程所强调的培养创新能力、促进知识转化等核心目标。一方面，SECI模型的知识转化不是单向的知识传递，是通过互动实践，表达与工具支持，系统整合，能力内化四个阶段，帮助学生从简单的积

累知识经验到复杂的知识创新以及应用能力,符合研究生阶段时学生个人成长和学习的核心目标要求;另一方面,SECI模型的知识螺旋上升的转化方向要求师生共同参与协同合作,并且研究生课程设计不能单向传递导师的隐形经验,如何有效将隐形经验转化为学生的内在能力是应当首先解决的问题,

二、方法设计

本研究遵循量表开发与验证流程^[36],设计如下研究思路:

(1)明确研究生课程教学质量的定义与内涵,围绕知识转化理论形成研究生课程教学的全过程还原与解构,精准识别研究生课程教学质量的关键节点,通过组织专家评审,结合既有课程教学质量的评价方法与方式研究,确定教学质量评价的关键维度;(2)邀请在校研究生与已经就业的研究生代表参与专题访谈,逐一讨论专家组确定的教学质量评价维度,从学生角度补充和确认自己看重的课程教学质量的具体内容;(3)组织专题研讨,针对小组访谈生成的条目进行面对面的专家咨询,共同敲定研究生教学质量评价的具体指标,形成初始调查问卷;(4)针对在校研究生实施小规模预调研,通过被调查者的实时反馈改进或微调个别表述,确定正式调查问卷,借助线上与线下调研渠道,收集足够规模的有效问卷;(5)采用恰当的统计方法进行评价体系的信效度检验,完成整个量表开发与验证。

(一) 维度操作化

本研究以Nonaka与Takeuchi提出的SECI知识转化模型为核心理论框架,将知识的转化过程具体分解为四个知识场的动态转化过程,并且从四个场的特点出发细化研究生教学质量评价的核心维度。在梳理知识转化理论相关成果基础上,邀请3位在研究生教育领域与知识转化理论有深入研究的教授进行专题研讨,基于相关理论,形成对研究生教学质量评价构成层面的一致看法(见附录A)。

1. 初始场的议题化教学

初始场是知识创造的起点,是信任、共享经验与隐性知识传递的基础空间,对应社会化的过程——师生通过共同在场、非正式互动、身体示范等方式实现隐性知识的社会化。对于研究生而言,实现这一过程的关键在于激活现有学术知识,引导其聚焦于真实、前沿的学术议题。然而研究生课堂存在教师一味知识灌输,教学内容枯燥乏味、纯理论讲解等问题,这些问题会影响学生隐性知识的唤醒,难以进行知识的储存。所以应改变传统教学中的知识灌输的方式,转向以议题为纽带的内容设计。这样本研究将“教学内容议题化”确立为初始场对应的教学质量维度。根据Boyer区分出的发现的学术、整合的学术、应用的学术与教学的学术等四种学术类型^[37],提取出自主性、真实性、整合性、跨界性、批判性、参与性等好议题的六个教育属性,完成六个可观测指标的操作化过程:议题是否支持学生自主探究、是否关联现实情境、是否促进知识系统整合、是否鼓励跨学科创新、是否激发批判性思维,以及是否有效提升学生参与度。

2. 对话场的科研协作化

对话场对应SECI模型中的外显化阶段,即个体通过语言、符

号等将隐性知识转化为显性知识。在对话场中,学生隐性知识转化为可共享的显性知识是需要深度交流的方式来实现,在研究生的教育中培养科研能力是必要的,在这个过程中科研能力的形式是通过小组研讨中的思想碰撞、知识共建以及冲突协商的过程中慢慢实现的。但是在现阶段的研究生课堂中,往往存在教师处于中心地位,讨论流于表面以至于缺少思想的碰撞,这些现存的劣势往往会阻碍显性知识的形成。据此,本研究提出“小组研讨协作化”作为对话场的核心评价维度,并根据Johnson^[38]提出的合作学习五要素,积极互赖(Positive interdependence)、个体责任(Individual accountability)、促进性互动(Promotive interaction)、社交技能(Interpersonal and small-group skills)、小组反思(Group processing),进一步细化具体指标:研讨是否有明确规则与角色分工(协作机制设计与公约);成员发言被记录、整合、可视化(知识共建与共享);观点冲突是否被引导为有效辩论(批判性对话与冲突管理);每次研讨是否有明确产出;教师是否及时提供反馈(创新成果与评价引导)。

3. 系统场的手段智慧化

系统场对应SECI模型中的组合化过程,即通过知识平台、数据库等,对已有显性知识进行整合、分类、重构与再创造。在数字化的当下,在教学过程中充分利用智慧化的手段进行教学能够降低学习难度、提高学习效率。但是当前的研究生课堂仅仅将智慧化教学工具运用在浅层表面:PPT仅仅用来展示课件,线上交流平台只用于消息的通知等,未能真正进行知识的可视化与重构,学生也未能利用智慧化的手段进行文献分析与数据建构。本研究根据Mishra与Koehler提出的强调技术、教学法与学科内容的深度融合之TPACK整合框架^[39],融入数字教育公平理念^[40],将“教学手段智慧化”纳入评价范围,并细化出五个观测点:课程是否提供结构化数字资源(知识管理与构建支持);学习过程是否可被追踪并反馈(动态诊断与反馈机制);是否支持高阶任务(复杂系统模拟与建模);是否所有学生能公平使用技术(技术系统适配与公平性);教师能熟练使用并指导工具(教师技术应用能力)。

4. 练习场的学术规范化

练习场对应SECI模型中的内隐化阶段,即个体通过反复实践与反思将显性知识内化为个人的隐性能力与专业技能。在研究生阶段练习场的内化更加注重的是学术规范化及科研准则的内化。任何偏离规范的研究行为都是对学术的破坏。在当前的研究生教育阶段实践过程相较于理论讲解更为薄弱,在项目研究过程中缺乏对科研规范的培养引导,并在项目研究完成后缺乏严谨的学术规范习惯和意识。本研究提出研究生课程必须对学术规范和技术规范进行双重的监督与引导,并具体根据欧盟倡导的RRI框架并且引导研究者在遵守COPE科研诚信准则,积极将成果转化为社会价值。如此以来“研究开展规范化”也被纳入评价范围,细化出四个具体观测点:明确引用、数据、作者署名等学术规范(学术规范与伦理监督);提供标准操作流程(SOP)或方法指南(技术规范与过程管理);允许试错但有底线(规范体系构建与动态平衡);鼓励成果向论文、专利、政策等多形式转化(成果多级

转化思维)。

综上，本研究确定的研究生课程教学质量的具体维度及核心观测点如表1所示。

表1：研究生课程教学质量分维及核心观测点				
SECI阶段	对应“场”	具体维度	核心观测点	
社会化	初始场	教学内容议题化	议题设计与自主探究支持，情境创设与现实关联	
			知识整合与系统认知，跨学科整合与创新能力	
外显化	对话场	小组研讨协作化	认知转化与批判性思维，学生经验激活与参与度	
			协作机制设计与公约，知识共建与共享，批判性对话与冲突管理，创新成果与评价引导	
组合化	系统场	教学手段智慧化	知识管理与构建支持，动态诊断与反馈机制，复杂系统模拟与建模，技术系统适配与公平性，教师技术应用能力	
内隐化	练习场	研究开展规范化	学术规范与伦理监督，技术规范与过程管理，规范体系构建与动态平衡，成果多级转化思维	

（二）初始测量条目库

参照表1识别出的研究生课程教学质量评价维度及核心观测点，继续开展小组访谈与专家咨询，初步构建研究生教学质量评价的测量条目库。

1. 小组访谈

本研究围绕“研究生课堂教学内容与岗位需求适配度”“研究生课堂教学手段”“团队协作科研效率”“学术规范性与道德规范”等议题，针对于在校研究生与已就业研究生开展了半结构化讨论，组织6场学科分层焦点小组访谈（每场70分钟左右）。访谈对象覆盖理工科，人文，经管三个学科门类，每组招募5-7名研究生——高低年级人数均衡，硕博混龄。访谈按以下步骤落实（1）采用阶梯式追问，结合学科对比案例激发热烈讨论；（2）邀请参与者对虚拟改革方案进行模块需求投票；（3）总结反馈，研究者复述核心观点并现场请求验证，确保语义无歧义。最后对于访谈的资料进行三级编码分析，形成《四维评价框架草案》（见附录B）。

2. 专家咨询

为构建兼具科学性，学科适配性及社会需求导向的研究生课程教学质量评价体系，有必要系统性整合专家意见。项目组具体邀请资深教育学者，课程评价研究人员，已发表相关领域论文或参与过国家级教改项目的多位专家进行面对面咨询，咨询内容聚焦上述焦点小组访谈结果形成的评价框架之科学性与信效度，既关注实践层面的指标落地性，又重视评价结果之可行性与有效性。具体步骤如下，根据焦点小组访谈形成的《四维评价框架草案》邀请专家进行独立匿名审核并提交修订建议框架，在此基础上完成新条目补充并分组将指标映射至典型场景，完成指标的落地性推演，最终形成初始测量条目库（见附录C）。

三、调研过程与数据分析

（一）预调研

预调研是通过小样本测试，精准识别问卷设计中可能存在的

“表述模糊”“指代不明”等问题，以针对性优化问卷设计，确保正式问卷的科学性与针对性。考虑到现场收集问卷具有实时观察与及时反馈的优势，课题组在浙江省某高校研究生课堂上开展预调研。具体场景设定为与正式调研相似的环境，既避免干扰正常教学，又能保证填写环境安静，从而减少因环境差异对回答真实性的影响。通过与任课教师协商，在两个年级的社科类硕士生课堂中，邀请50名学生参与预调研。问卷发放前，由助手说明调研目的，并强调问卷的匿名性和自愿参与原则，以获取知情同意。在纸质问卷发放过程中，调研助手负责现场观察学生的填写反应，确保其独立，匿名完成。问卷回收后，随机邀请5名学生进行简短访谈，了解他们对问题的理解情况，重点关注是否存在看不懂或表述不清的问题，容易产生歧义的表述，以及是否有遗漏的教学质量评价内容。

预调研于2025年10月中旬进行，在剔除5份不完整或无效作答后，保留45份有效问卷。结果显示，所有问项的平均得分均高于4.0（7点Likert量表，1=非常不同意，4=中立，7=非常同意），表明问项在教学评价中符合接受度和合理性要求；根据反馈显示出的个别问项（如YT9、XZ4、SD10）存在表述不清或理解偏差等问题，课题组对问题措辞与顺序进行微调，形成包含31个问项的正式问卷。所有问项均采用Likert7点量表形式（1=非常不同意，4=中立，7=非常同意）。

（二）第一轮正式调研与探索性因子分析

第一轮正式调研问卷包括三个部分，第一部分是指导语鼓励被调查者认真回忆研究生专业课程的学习过程，“通过了解学生的专业课程学习体验，帮助老师们持续优化课程设置提升教学质量”。确保所有作答不限于某个特定方面，保证各维度内部与不同维度之间相关性构建科学有效的量表结构；第二部分要求被调查者结合上述回忆的体验与感受，回答测量研究生教学质量的31个问项；第三部分为基本社会人口统计，包括性别、年级和专业所属大类。

正式调研问卷于2025年10月有偿发布到见数调研平台网站的数据集市（<https://www.credamo.com>），共回收完整作答问卷241份。依据以下无效作答识别标准：①答案存在明显规律性；②前后回答矛盾；③作答时长不足1分钟，存敷衍或者非认真参与可能，剔除14份无效问卷，保留227份有效问卷。初步统计显示，被调查者在性别分布上，男性78人（34.4%），女性149人（65.6%）；年级分布上，研究生一年级77人（33.9%），研究生二年级95人（41.9%），研究生三年级55人（24.2%）；从研究生专业所属学科方面看，管理学、教育学、经济学的研究生占主体，分别有75人（33.0%）、47人（20.7%）、40人（17.6%）。

第一轮正式调研采集的数据主要用于测量问项纯化，具体借助SPSS 26.0完成信度检验与探索性因子分析。根据信度分析达标要求：①Cronbach’s α系数大于0.70；②与整体相关系数不低于0.50，结果显示四个维度的Cronbach’s α值介于0.885至0.911之间，且条目与整体相关系数皆高于0.50，符合信度标准。整体KMO结果（KMO=0.958>0.70）及Bartlett球形检验（p<0.001）均证实数据适用于探索性因子分析（EFA）。

EFA 具体选择主成分方法提取因子，按照特征值大于1.00的标准，运用最大方差法进行旋转，通过反复尝试并逐一删除因子载荷小于0.50、以及同时在至少两个因子上的载荷不低于0.50的条目，因子结构趋于稳定，此时，共删除6个条目，保留4个因子、25个条目（见表2），累积贡献率为63.06%。值得注意的是，

“小组研讨协作化”维度中第七个条目（“我们会使用图表等可视化工具，呈现讨论过程与结论”）被加载到“教学手段智慧化”因子上，这可能因为可视化工具容易被视为教学智慧化手段的一种，鉴于该项因子载荷超过0.50，最终保留在探索性因子分析结果中。

表2：探索性因子分析结果

维度及测量条目	因子载荷	Cronbach' s α	所解释的方差
研究开展规范化		0.898	17.74%
KZ1: 我在撰写学术研究报告时，主动遵循格式引用等写作规范。	0.779		
KZ2: 查重和学术诚信记录，让我更重视学术规范。	0.728		
KZ3: 我能够依据老师的反馈改正研究过程中的不规范操作，提升研究质量。	0.704		
KZ4: 我会自觉遵守学术圈的基本准则与核心价值观。	0.687		
KZ5: 专业课程提升我识别和防范抄袭、篡改数据等不端行为的能力。	0.631		
KZ6: 老师会给我们提供论文写作等学术规范的明确指导。	0.586		
KZ7: 我在团队合作中能监督并提醒其他人一起遵守学术规范和伦理要求。	0.561		
教学内容议题化		0.910	17.34%
NR1: 老师会指导我们将不同学科的知识结合起来，并进行创新	0.768		
NR2: 老师会告诉我们怎样把自己的经历和课堂的议题相联系。	0.749		
NR3: 老师会围绕专题或议题内容，主动对接现实生活或社会热点。	0.714		
NR4: 老师会根据我们的学习进度，适当调整议题难度。	0.647		
NR5: 老师会通过辩论、案例回顾等活动，让我们更深入理解这个议题。	0.644		
NR6: 在专题学习，我能用批判性思维，从不同角度分析问题。	0.621		
NR7: 我可以选自己最感兴趣的议题，设计并实施相关研究任务。	0.575		
教学手段智慧化		0.885	15.10%
SD1: 我可以随时用多种设备访问老师提供的在线资源，进行自主学习。	0.694		
SD2: 老师会主动将 AI 助手和在线学习平台融入课堂。	0.689		
SD3: 学习平台的进度和反馈帮助我按时完成学习目标。	0.637		
SD4: 我们会使用图表等可视化工具，呈现讨论过程与结论。	0.587		
SD5: 教学系统支持师生双向交流和信息共享，帮助老师更好地指导学习。	0.565		
SD6: 我会用 AI 助手查找信息，整合跨学科的知识，发现新的研究思路。	0.543		
小组研讨协作化		0.911	12.88%
YT1: 我们的研讨会围绕主题展开，并能控制时间、注重效率。	0.827		
YT2: 我们会明确分工、安排时间，确保项目按时完成。	0.784		
YT3: 我会在讨论中积极表达观点并回应他人。	0.725		
YT4: 我们能通过集中讨论，获得针对性反馈并优化想法。	0.595		
YT5: 我会在讨论后总结反思，以改进合作。	0.546		

（三）第二轮正式调研与验证因子分析

为进一步验证因子结构的稳定性与有效性，继续开展第二轮调研。第二轮问卷调研于2025年11月完成，具体过程与上一轮保持一致。为实现效标效度检验，第二轮调研在25个研究生教学质量问项与社会人口统计的基础上，增加教学满意度与科研焦虑两个效标变量的测量。效标变量的选择依据如下：其一，教学满意度是衡量教学实践的天然标尺，描述的是学生在学习课程之后，对学业学习、老师教学和授课环境所形成的综合满意感觉的程度^[41]。已有研究表明，课程教学质量作为其中至为关键的影响因素，能够显著提升学生的整体满意度^[42]。其二，科研焦虑是指当个体感知到未完成的研究任务存在特定或潜在的威胁时产生的紧张、焦虑和沮丧等消极情绪^[43]。高研究生课程教学质量不但有助

于个体提升自身科研创新与问题解决能力、塑造良好的学术行为与习惯、夯实专业知识基础，而且有利于师生之间较多的良性互动与沟通，形成较好导学关系，这些都有助于减少科研焦虑^[44]。

针对采集到的212份有效问卷，在 AMOS 26.0统计软件中进行验证性因子分析，具体采用极大似然估计、对包含25个条目的初始量表进行模型拟合。鉴于拟合优度指数（GFI）等部分拟合指标不太理想（见表3），对原量表进行必要修正以获得更好拟合效果。在移除4个路径系数过低的题项、1个因标准化残差过高的题项后，模型达到拟合要求，具体结果如下： $\chi^2/df=1.130$ （<3.0），RMSEA=0.026（<0.06），RMR=0.030（<0.05），GFI=0.917（ ≥ 0.90 ），CFI=0.990（ ≥ 0.90 ），AGFI=0.893（>0.80）。

表3：原有模型与修正模型的拟合结果						
模型拟合指标	χ^2/df	RMSEA	RMR	GFI	CFI	AGFI
指标要求	<3.0	<0.06	<0.05	≥ 0.90	≥ 0.90	>0.80
原有模型	1.478	0.049	0.054	0.864	0.946	0.835
现有模型	1.130	0.026	0.030	0.917	0.990	0.893

（四）信效度检验结果

量表的信度检验主要借助 Cronbach's α 完成。具体而言，量表整体 Cronbach's α 值为 0.923，各潜变量的 Cronbach's α 值在 0.843 至 0.906 之间，组合信度在 0.846 至 0.908 之间，均超过可接受的最低标准（见表 4）。在效度检验方面，首先根据 Hair 等的建议标准进行收敛效度检验：①测量题项的因子载荷大于 0.50；②潜变量平均方差提取（AVE）大于 0.50。结果表明，各条目的标准化因子载荷均大于 0.60，AVE 值均大于 0.50（见表 4），量表的收敛效度良好。其次，进行判别效度的检验，具体参照标准为：潜变量的平均方差提取（AVE）的平方根大于该潜变量与其它变量间的相关系数，结果表明（见表 5），该变量的潜在结构具备较好判别效度。最后进行效标效度检验。自变量为研究生课程

教学质量维度，因变量为教学满意度与科研焦虑，人口统计特征（性别、年级、专业）为控制变量进行线性回归分析。结果表明，研究生课程教学质量的四个维度均能显著正向影响教学满意度：研究开展规范化（ $\beta=0.36$, $R^2=0.29$, $p < 0.001$ ）、教学内容议题化（ $\beta=0.11$, $R^2=0.28$, $p < 0.001$ ）、教学手段智慧化（ $\beta=0.10$, $R^2=0.29$, $p < 0.001$ ）、小组研讨协作化（ $\beta=0.29$, $R^2=0.30$, $p < 0.001$ ）。研究生课程教学质量的四个维度均会显著负向影响科研焦虑：研究开展规范化（ $\beta=-0.23$, $R^2=0.23$, $p < 0.001$ ）、教学内容议题化（ $\beta=-0.20$, $R^2=0.29$, $p < 0.001$ ）、教学手段智慧化（ $\beta=-0.15$, $R^2=0.28$, $p < 0.001$ ）、小组研讨协作化（ $\beta=-0.22$, $R^2=0.29$, $p < 0.001$ ）。上述结果表明，研究生课程教学质量量表具有较好的效标效度。

表4：修正量表的信度与收敛效度检验				
维度及测量条目	标准化因子载荷	Cronbach's α AVE CR		
研究开展规范化		0.906	0.664	0.908
KZ1: 我在撰写学术研究报告时，主动遵循格式引用等写作规范。	0.876			
KZ3: 我能够依据老师的反馈改正研究过程中的不规范操作，提升研究质量。	0.768			
KZ4: 我会自觉遵守学术圈的基本准则与核心价值观。	0.815			
KZ5: 专业课程提升我识别和防范抄袭、篡改数据等不端行为的能力。	0.792			
KZ7: 我在团队合作中能监督并提醒其他人一起遵守学术规范和伦理要求。	0.819			
教学内容议题化		0.843	0.525	0.846
NR1: 老师会指导我们将不同学科的知识结合起来，并进行创新	0.806			
NR2: 老师会告诉我们怎样把自己的经历和课堂的议题相联系。	0.672			
NR3: 老师会围绕专题或议题内容，主动对接现实生活或社会热点。	0.691			
NR4: 老师会根据我们的学习进度，适当调整议题难度。	0.753			
NR7: 我可以选自己最感兴趣的议题，设计并实施相关研究任务。	0.693			
教学手段智慧化		0.852	0.537	0.852
SD1: 我可以随时用多种设备访问老师提供的在线资源，进行自主学习。	0.759			
SD2: 老师会主动将 AI 助手和在线学习平台融入课堂。	0.737			
SD4: 我们会使用图表等可视化工具，呈现讨论过程与结论。	0.771			
SD5: 教学系统支持师生双向交流和信息共享，帮助老师更好地指导学习。	0.760			
SD6: 我会用 AI 助手查找信息，整合跨学科的知识，发现新的研究思路。	0.629			
小组研讨协作化		0.844	0.524	0.846
YT1: 我们的研讨会围绕主题展开，并能控制时间、注重效率。	0.681			
YT2: 我们会明确分工、安排时间，确保项目按时完成。	0.746			
YT3: 我会在讨论中积极表达观点并回应他人。	0.66			
YT4: 我们能通过集中讨论，获得针对性反馈并优化想法。	0.752			
YT5: 我会在讨论后总结反思，以改进合作。	0.774			

表5：判别效度检验结果				
	研究开展规范化	教学内容议题化	教学手段智慧化	小组研讨协作化
研究开展规范化	0.815			
教学内容议题化	0.356	0.725		
教学手段智慧化	0.378	0.621	0.733	
小组研讨协作化	0.391	0.690	0.617	0.724

四、结论与讨论

本研究以学生为中心，借助显性知识与隐性知识之间的动态转化与持续流动，紧扣研究生教学的知识转化与创新这一根本目标导向，遵循知识转化理论的四个螺旋上升“场”，解构研究生课程教学的全过程并对应识别课程教学质量的多个关键控制点。本研究遵循量表开发与检验程序，采用定性与定量相结合的研究设计，通过小组访谈、专家咨询、问卷调查等资料或数据收集方法，借助信效度检验、探索性与验证性因子分析、线性回归等分析方法，形成一份包含4个维度、20个问项的研究生课程教学质量量表，为教学质量的测量与评价提供新工具，主要发现与理论创新如下。

在知识转化理论框架下构建研究生教学质量评价量表，是对教学质量评价内涵的拓展与延伸，现有教学质量评价体系多关注于学生学习成果及教学环节的设置，忽视以学生为中心的新理念。知识转化理论注重在学习过程中对知识的吸收转化以及目标创新，实现了知识的生成、共享、应用、内化的全过程，实现从结果导向型指标到过程导向型指标的转变^[45]。将“知识的动态性”与“质量的多维性”结合，丰富教学质量研究的理论视野。有助于打破以静态成果衡量教学成效的单一模式，推动理论向动态过程与价值转化方向发展。具体表现如下：

（一）以教学内容的议题化与手段的智慧化从教师端提高课
前展开准备与课堂教学质量。

在教学内容议题化方面，已有评价指标通常关注课程目标达成与教材覆盖^[46]，但较少衡量课堂内容与学科前沿、社会热点的结合程度。本研究引入教学内容议题化指标，关注教师在课堂中引导学生探究真实情境与跨学科问题的能力，拓展了质量评价的内涵，有助于提升学生的批判性思维与跨领域整合能力。现有教学质量评价体系多聚焦课堂管理与教师素质^[47]，对智慧化教学工

具与技术的应用评价不足。本研究在量表设计中，将智慧化教学手段纳入指标体系，突出技术应用的深度与有效性，符合新时代培养数智化人才的需求^[48]。

（二）以小组研讨协作化与研究开展规范化从学生端提高课
堂学习成效与科研创新产出。

既有评价体系往往依赖成果性指标而忽略研究过程的规范化^[49]。本研究在学生端设计了“研究开展规范化”维度，这一做法为教育者提供了改进教学的依据，并能够促进学生科研素养的形成。在小组研讨协作化方面，传统体系常局限于考察学生参与度^[50]而缺乏系统化的协作成效评价。本研究参考知识转化理论，设置小组研讨协作化这一指标，凸显师生、生生共同创造知识的动态过程。

本研究通过知识转化理论构建研究生课程教学质量评价框架，包含教学内容的议题化、智慧化教学，研究规范化，小组协作化四个维度，此框架突破传统评价体系中只注重单一结果评价，其价值体现在：1. 理论价值，创造性地将知识创造与转化过程作为研究生教学质量评价的新视角；2. 方法价值，将抽象的理论转化为可测量的理论指标；3. 实践价值，帮助提升教学质量评价工具的诊断性和发展性，为教学质量的改进提供参考依据。

尽管本研究在确保量表的信度与效度方面做出系统努力，但仍存在一定的局限性。其一，没能将构建的量表与既有教学质量评价工具进行比较，这在一定程度上会影响量表的外部效度；其二，对于新构建的量表未能进行历时性的跟踪研究，所以无法衡量教学质量感知与相关变量的稳定性。另外在效标变量的选取方面，因篇幅所限仅教学满意度和科研焦虑两个变量被选取，未来可以选取更具发展性和综合性的中长期指标，可以提升研究生课程教学质量评价工具的科学合理性及持续效应。

附录

附录 A. 既有教学质量评价体系依据

维度	依据	观测点
教学内容议题化	Boyer（1990）	发现的学术（scholarship of discovery）
		整合的学术（scholarship of intergration）
		应用的学术（scholarship of application）
		教学的学术（scholarship of teaching）
		积极互赖（positive interdependence）
小组研讨协作化	合作学习五要素 （Johnson,1999）	个体责任（individual accountability）
		促进性互动（promotive interaction）
		社交技能（interpersonal and small-group skills）
教学手段智慧化	TPACK 模型 （Mishra,Koehler,2006）	小组反思（group processing）
		（技术+学科）TCK
		（技术+教学法）TPK
		（三者整合）TPACK
		数字公平
		（教师技术应用能力）TK+TPK

研究开展规范化	RRI 模型 (欧盟，2013)	Ethics
		Governance
		Anticipation & Reflection
		Engagement
		Open Access
		Gender Equality
		Authorship and contributorship
		Plagiarism
		Data fabrication and falsification
		Conflicts of interest
		
	COPE 核心准则（2023）	

附录 B.《四维评价框架草案》			
评价维度	维度定义	评价指标	评分规则
清晰度	项目语言表达是否准确、易懂，学生是否能毫无歧义地理解题意	语义清晰度 语言简洁行 歧义性排除	采用 1–5 分李克特量表进行评估。 1 分：极度晦涩，学生无法理解。 5 分：表达极其准确，学生能轻松理解。
相关性	项目内容是否与所测量的维度契合	理论关联度 内容匹配度	采用 1–5 分李克特量表进行评估。 1 分：与测量目标完全无关。 5 分：高度契合测量维度
重要性	项目在改维度中是否提供了充足的区分度，是否能有效反应学生的真实能力。	信息贡献度 区分度潜力	采用 1–5 分李克特量表进行评估。 1 分：信息价值极低，无法区分学生差异。 5 分：信息价值极高，能有效区分能力层次。
维度定位	项目在理论模型中归属是否准确，是否存在跨维度测量现象	维度归属清晰度 理论一致性	采用名义尺度进行归类。 步骤：评审者需根据理论模型，将题目分配到具体的维度（如 A 维度、B 维度、C 维度）。 目的：检验题目是否被归类到了正确的理论维度中

评价维度		清晰度	相关性	重要性	维度定位
维度名称					
研究开展规范化					
教学内容议题化					
教学手段智慧化					
小组研讨协作化					

附录 C. 研究生课程教学质量的初始测量条目库	
维度	初始测量条目
教学内容议题化	[1] 该课程提供帮助我将个人经历与课程议题相结合的具体方法。
	[2] 任课教师通过真实案例或现实问题，激发我对跨学科知识整合与创新的兴趣。
	[3] 任课老师会教在议题探究过程中如何借力外部资源支持（如行业数据库、专家交流）。
	[4] 我在课程中能够运用批判性思维，对议题进行多角度分析和价值判断。
	[5] 该课程通过辩论、案例复盘等活动，提升我的逻辑表达与论证能力。
	[6] 任课老师会根据我们的学习进展调整议题难度，以符合个性化学习需求。
	[7] 我能够在课程中自主选择感兴趣议题，并主导相关研究任务的设计与实施。
	[8] 该课程通过情境创设，将议题与现实生活或社会热点相关联。
小组研讨协作化	[9] 任课教师在议题讨论中提供多视角分析提示，帮助我们避免思维片面化。
	[1] 小组成员在研讨过程中轮流进行思辨引导，避免思维趋同，推动讨论深度。
	[2] 我在小组中主动贡献观点，并有效回应他人意见，形成互动式对话。
	[3] 小组通过角色分工（如记录员、时间员）、限制发言时长等提高协作效率。
	[4] 小组使用在线协作工具（如白板、共享文档）共同完成工作任务。
	[5] 小组制定了明确的任务分工表和时间节点，并通过定期检查确保项目按时推进。
	[6] 我在小组中承担具体职责（如资料收集、汇报展示），并获得针对性反馈与改进意见。
	[7] 小组通过模拟评审、互评（如 PPT 修改建议）等方式提升成果质量。
	[8] 小组通过跨组交流（如成果展示会、线上论坛）分享成果，并积极吸收其他组的建议。
	[9] 小组制定了明确的讨论规则（如发言顺序、冲突解决方式），确保对话有序进行。
	[10] 小组主动运用可视化工具（如思维导图、图表）呈现讨论过程和结论，促进相互理解。
	[11] 小组在讨论结束后进行反思（如总结成功经验和改进方向），并优化后续协作策略。

教学手段智能化	[1] AI助手根据我的提问推荐相关文献和跨学科知识图谱，帮我发现潜在创新方向。
	[2] 学习平台通过错题热力图、知识点盲点提示等方式，实时反馈我的知识掌握情况。
	[3] 智能问答系统在学习过程中及时解答我的提问，并提供拓展性解释。
	[4] 学习平台提供的学习进度监督与反馈帮我进行自主管理，按时完成阶段性目标。
	[5] 任课教师会依据数据分析结果调整教学策略，如补充辅导资源或优化任务难度设置。
	[6] 该课程使用虚拟仿真等技术手段，增强我对抽象概念的理解与应用能力。
	[7] 我能随时通过多类终端访问教学平台，主动开展线上学习。
	[8] 教学平台整合多种智能功能（如语音识别、自动生成摘要），提升学习效率与体验。
	[9] 我能在平台上获取即时学习的各类数据报告与评估（如周学习时长、知识点覆盖率）。
	[10] 教学系统支持教师与学生之间的双向交流与信息共享，便于教学干预与个性化指导。
研究开展规范化	[1] 任课教师会主动引导我们进行研究中的潜在伦理风险识别。
	[2] 任课教师通过查重系统和学术诚信档案等，强化我对学术规范的理解与重视。
	[3] 我在撰写研究报告时遵循学术写作规范，包括引用格式与数据来源说明。
	[4] 任课教师为给我们提供清晰的学术规范指导，如论文撰写指南。
	[5] 我通过课程训练提升了对学术不端行为（如抄袭、篡改数据）的识别与防范意识。
	[6] 我在研究过程中自觉遵守学术共同体的基本准则与核心价值观。
	[7] 课程设置阶段性自查环节，帮助我在研究各阶段主动对照学术规范标准。
	[8] 我能根据教师反馈修正研究过程中的不规范操作，提升研究质量与合规性。
	[9] 我在团队合作中能够监督并提醒他人共同遵守学术规范与研究伦理要求。

参考文献

[1] 王文利, 侯敬芹. 日本筑波大学复合创新型人才体系构想实践与启示——以交叉学科研究生的培养为视角 [J]. 中国高校科技, 2023, (3): 58–63.

[2] 缪园. 基于学科的中国科学院研究生教育质量保障研究：以图书馆情报学为例 [D]. 中国科学院研究生院（文献情报中心）, 2003.

[3] 中共中央国务院印发深化新时代教育评价改革总体方案 [N]. 人民日报, 2020–10–14(001).

[4] 国务院学位委员会教育部关于进一步严格规范学位与研究生教育质量管理的若干意见 [J]. 中华人民共和国教育部公报, 2020, (11): 23–28.

[5] 教育部国家发展改革委财政部关于加快新时代研究生教育改革发展的意见 [J]. 中华人民共和国教育部公报, 2020, (10): 27–31.

[6] 邢红军, 田墨璇. 课堂教学评价理论：反思与建构 [J]. 课程·教材·教法, 2020, 40(6): 53–58.

[7] 胡馨文. 硕士研究生课程教学管理研究：以湖南某高校为个案 [D]. 湖南大学, 2009.

[8] NONAKA, Ikujiro. A dynamic theory of organizational knowledge creation [J]. Organization science, 1994, 5(1): 14–37.

[9] 阳荣威, 胡陆英. 我国硕士研究生教育“本科化”倾向及其应对措施 [J]. 研究生教育研究, 2014, (1): 11–16.

[10] 简基松. 论本科与研究生教育目标差异对教育模式之影响 [J]. 当代教育理论与实践, 2009, 1(5): 93–94.

[11] 邢璠, 王帆, 李雯洁. AIGC 环境下研究生复杂认知的生成演变——基于 ChatGPT 的“证据推理” [J]. 现代教育技术, 2024, 34(4): 47–59.

[12] 于敬杰. 《以学生为中心的教与学——利用慕课资源实施翻转课堂的实践（第2版）》 [J]. 中国大学教学, 2017, (12): 98.

[13] Aurangzeb W. Teaching-learning Quality Indicators in Higher Education: Comparative Perspectives of Post Graduate Students [J]. Pakistan Journal of Educational Research and Evaluation, 2019, 7(2): 62–76.

[14] 曹大文. 教学质量保障体系及其建设 [J]. 中国高教研究, 2002, (9): 49–50.

[15] Biggs J. What the Student Does: Teaching for Enhanced Learning [J]. Higher Education Research & Development, 1999, 18(1): 57–75.

[16] Jean L, Etienne W. Legitimate Peripheral Participation [J]. Situated Learning, 1991: 27–44.

[17] 潘懋元, 王琪. 从高等教育分类看我国特色型大学发展 [J]. 中国高等教育, 2010, (5): 17–19.

[18] Mintrop H, Trujillo T. The Practical Relevance of Accountability Systems for School Improvement: A Descriptive Analysis of California Schools [J]. Educational Evaluation and Policy Analysis, 2007, 29(4): 319–352.

[19] Gibbons M, Limoges C, Nowotny H. New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies [M]. Sage Publications, 1994.

[20] 刘颖, 吉久明, 李楠, 等. 学生视角下的 MOOC 课程教学质量评价体系构建研究——以学术信息素养类 MOOC 课程为例 [J]. 图书馆杂志, 2021, 40(2): 95–103.

[21] 王君明, 关月晨, 宋玲玲, 等. 基于德尔菲法研究构建中医药“以学生为中心”的课堂教学质量评价指标体系 [J]. 时珍国医国药, 2020, 31(2): 442–444.

[22] 沈树声, 邓治生, 夏建中, 等. 新工科背景下教学质量评价体系构建与实证研究 [J]. 电化教育研究, 2023, 44(8): 103–107.

[23] 洪丽雯, 董志, 钟朝晖, 等. 利用顶层设计原理构建医学类研究生教师课堂教学质量评价体系 [J]. 重庆医学, 2015, 44(21): 3009–3010.

[24] 刘尧飞, 蔡华健, 张相学. 基于层次分析法的课堂教学质量评价指标体系研究 [J]. 江苏师范大学学报（教育科学版）, 2014, 5(S1): 45–47.

[25] 曹成茂, 孙福, 秦宽. 谈高校理论课教学质量评价体系构建与实践 [J]. 教育教学论坛, 2021, (4): 98–102.

[26] 姜晓萍, 张伟科. 新文科理念下高校教学质量评价体系构建研究 [J]. 中国大学教学, 2023, (10): 75–81.

[27] 唐琦. 运用数学模型构建课堂教学质量评价指标体系的研究 [J]. 教育与职业, 2013, (30): 35–36.

[28] 潘丹, 邱玉莲, 李瑞玮, 等. 基于 DM-AHP-FCEM 的专业硕士课程的教学质量评价指标体系构建与应用研究 [J]. 黑龙江高教研究, 2023, 41(7): 97–103.

[29] 沈雪春. 议题式教学的课堂架构路径——“人民代表大会：国家权力机关”教学为例 [J]. 福建教育, 2019(29): 54–57.

[30] 陈式华. 议题中心教学法：中学政治学科核心素养培育的有效策略 [J]. 天津师范大学学报（基础教育版）, 2017, 18(04): 37–41.

[31] 刘慧. 中职思政议题式教学的现实背景、实施策略和生成逻辑 [J]. 中国职业技术教育, 2022, (8): 77–80.

- [32] 沈雪春. 议题式教学的线式架构 [J]. 中学政治教学参考, 2001(06): 69-72.
- [33] 孙云英. 基于学科核心素养的议题式教学 [J]. 中学政治教学参考, 2020(21): 41-42.
- [34] 潘嘉玲. 指向深度学习的议题式教学构建 [J]. 中学政治教学参考, 2022(30): 6-8.
- [35] 吕国忱. 知识转化的哲学意蕴 [J]. 辽宁大学学报 (哲学社会科学版), 2001(06): 69-72.
- [36] Churchill Jr G A. A Paradigm for Developing Better Measures of Marketing Constructs[J]. Journal of Marketing Research, 1979, 16(1): 64-73.
- [37] Boyer E L.Scholarship Reconsidered: Priorities of the Professoriate[J].Issues in Accounting Education,1992,7(1): 87-87.
- [38] Johnson D W, Johnson R T. Making Cooperative Learning Work[J]. Theory into Practice, 1999, 38(2): 67-73.
- [39] Mishra P, Koehler M J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge[J]. Teachers College Record, 2006, 108(6): 1017-1054.
- [40] Chen S Y, He G D.Learning Vision Driven by New Technologies and Its Impact:2017 U.S. National Educational Technology Plan and Its Inspirations[J].Journal of Distance Education,2017,35(6): 21-30.
- [41] 覃红霞, 李政, 周建华. 不同学科在线教学满意度及持续使用意愿——基于技术接受模型 (TAM) 的实证分析 [J]. 教育研究, 2020, 41(11): 91-103.
- [42] 马晓红. 高校教学满意度的结构方程模型 [J]. 统计与决策, 2012(20): 66-68.
- [43] 王仙雅, 林盛, 陈立芸. 挑战—阻碍性科研压力源对科研绩效的作用机理——科研焦虑与成就动机的中介作用 [J]. 科学学与科学技术管理, 2014, 35(3): 23-30.
- [44] 江丽晶. 导学关系对硕士研究生科研焦虑的影响: 科研自我效能感的中介作用和应对方式的调节作用 [D]. 南宁师范大学, 2023.
- [45] 郭哲, 纪璇. 智能技术时代的高校在线教学质量评价体系 [J]. 现代教育技术, 2023, 33(1): 40-48.
- [46] 孙昊天, 程肖冰, 杨世元, 等. 基于数据挖掘的教师教育质量评价指标体系的构建 [J]. 数据挖掘, 2024, 14(4): 230-242.
- [47] 陈翔, 韩响玲, 王洋, 等. 课程教学质量评价体系重构与“金课”建设 [J]. 中国大学教学, 2019, (5): 43-48.
- [48] 白云朴, 赵鸿洋. 数字经济政策赋能新质生产力——基于大数据综合试验区的准自然实验 [J/OL]. 科学学与科学技术管理, 1-25[2026-05-28].
- [49] 林媛媛, 史万兵. 研究生学术规范意识的缺失、成因及管理对策研究 [J]. 教育理论与实践, 2015, 35(3): 8-10.
- [50] 王蓓蕾, 安琳. 大学英语课堂教学评价标准探微——从“外教社杯”全国大学英语教学大赛评分标准说起 [J]. 外语界, 2012, (3): 42-50.

中国农业农村现代化的统计测度和时空演变特征

周靖洁, 林婉荧, 旷开金*

福建江夏学院 金融学院, 福建 福州 350108

DOI:10.61369/ASDS.2026070012

摘 要 : 本文围绕“农业生产—农村社会—农民生活”三维框架,运用投影寻踪与 Critic 法测算2015—2024年中国30个省份的农业农村现代化水平,并基于MGWR与fsQCA探讨其时空演变特征与驱动机制,研究表明:(1)全国农业农村现代化水平呈上升态势,投影寻踪与CRITIC法测度结果显著相关且呈现稳健性。(2)中部地区农业农村现代化水平最高,西部地区增速最快,东北地区发展相对滞后;核密度分布主峰向右移动,马尔可夫链揭示长期保持稳态时,高水平省份占比将达到80.4%,整体发展向高水平方向收敛。(3)fsQCA共识别出7条组态路径,其中“高生产效率·高节水水平”组态覆盖范围最广,在全国范围内均表现出稳健的正向促进效应,“高生产效率·高交通便利”组态在东部地区边际贡献已饱和,在西部地区仍有发展潜力,数字融入可有效弥补交通条件或收入水平的不足。为此,提出分区分类精准施策,全域推广绿色高效生产模式,加快数字赋能乡村建设等政策建议。

关 键 词 : 农业农村现代化;投影寻踪模型;Critic法;MGWR;fsQCA

Statistical Measurement and Spatiotemporal Evolution Characteristics of Agricultural and Rural Modernization in China

Zhou Jingjie, Lin Wanying, Kuang Kaijin*

School of Finance, Fujian Jiangxia University, Fuzhou, Fujian 350108

Abstract : This study develops a three-dimensional analytical framework encompassing "agricultural production—rural society—farmers' livelihoods," and employs the Projection Pursuit method and the CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) method to measure the level of agricultural and rural modernization across 30 provinces in China over the period 2015–2024. Furthermore, Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR) and fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis (fsQCA) are applied to examine the spatiotemporal evolution patterns and underlying driving mechanisms. The principal findings are as follows: (1) The overall level of agricultural and rural modernization in China exhibits a sustained upward trajectory, with the measurement results derived from the Projection Pursuit and CRITIC methods demonstrating statistically significant correlation and cross-validation robustness. (2) The central region attains the highest level of agricultural and rural modernization, the western region registers the fastest growth rate, whereas the northeastern region remains relatively lagging. Kernel density estimation reveals a progressive rightward shift of the primary peak, and Markov chain analysis indicates that under long-run steady-state conditions, the proportion of provinces classified at high modernization levels will reach 80.4%, suggesting an overall convergence toward higher development stages. (3) The fsQCA identifies seven configurational pathways leading to high agricultural and rural modernization. Among these, the configuration combining "high production efficiency and high water-saving capacity" exhibits the broadest coverage and demonstrates a robust positive effect across all regions nationwide. The configuration of "high production efficiency and high transportation accessibility" displays saturated marginal returns in eastern regions but retains considerable developmental potential in western regions. Notably, digital integration can effectively compensate for deficiencies in transportation infrastructure or income levels. Based on these findings, this study proposes targeted policy recommendations, including region-specific and category-differentiated precision strategies, nationwide promotion of green and high-efficiency production models, and acceleration of digital empowerment in rural construction.

Keywords : agricultural and rural modernization; projection pursuit model; Critic method; MGWR; fsQCA

基金项目: 福建省自然科学基金项目《基于资源环境承载力监测预警的闽江流域空间功能格局演变和调控机理研究》(2023J011116); 福建省教育科学规划课题《应用型高校“本科导师制”模式下学生自主学习能力模型构建与成效测度研究》(FJJKBK24-045)。

作者简介:

周靖洁, 福建江夏学院金融学院, 本科生, 研究方向为资源与环境统计;

林婉荧, 福建江夏学院金融学院, 本科生, 研究方向为资源与环境统计。

通讯作者: 旷开金, 福建江夏学院金融学院, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为环境经济、资源与环境统计。

引言

“十五五”是我国全面建设社会主义现代化国家的关键阶段。中央在“十五五”规划建议里明确提出，要“加快农业农村现代化，全面推进乡村振兴”，还要系统打造现代农业产业体系、推进乡村建设行动，进一步深化农村改革。这些顶层设计，既为科学评估、稳步推进农业农村现代化明确了政策方向与实践路径，也凸显出农业农村现代化在中国式现代化整体布局中的基础性与战略性地位。然而，我国地域广阔，不同地区的资源条件、经济基础和社会环境差别较大，农业农村现代化进程呈现出显著的区域异质性与阶段性特征，其内部结构与驱动机制较为复杂。

关于农业农村现代化的评价、测度以及时空分析，现有文献积累了丰富的研究成果。如在评价指标体系方面，张小允等（2022）^[1]、刘战伟（2023）^[2]、郭豪杰等（2019）^[3]主要从农业、农村或乡村振兴的总要求出发来构建指标体系；而张俊婕（2022）^[4]、李佩雯等（2025）^[5]则进一步将研究视角拓展到农业生产、农村社会、农民生活等多个维度。在发展水平测度领域，曹连海等（2023）^[6]采用了Critic-Topsis方法进行研究，侯立颖（2018）^[7]和田振中（2025）^[8]引入投影寻踪模型处理高维数据，王森培等（2024）^[9]将熵值法与层次分析法结合应用，朱雪莲等（2025）^[10]还对比了Critic法与熵权法的适用场景；董晓芳等（2025）^[11]使用非参数DEA-Malmquist方法结合Kruskal-Wallis检验测算效率、分析差异。针对时空特征与驱动机制，刘彦随等（2017）^[12]借助地理探测器探究农村贫困的空间分异特征，胡敬（2021）^[13]描绘了农业农村现代化的时空分布格局，辛岭等（2019）^[14]、许润达等（2024）^[15]、李潇等（2025）^[16]对驱动因素的时空效应展开分析，赵静等（2026）^[17]则利用多尺度地理加权回归（MGWR）模型展现了影响因素的空间异质性。组态分析领域，杜运周等（2017）^[18]系统讲解了QCA方法的方法论基础，池易真等（2022）^[19]借助fsQCA分析乡村绿色发展的多条实现路径；周利平等（2026）^[20]通过动态QCA识别出数字乡村建设的五条组态路径，李雪等（2025）^[21]利用动态fsQCA展现了资源型城市城乡协调发展的多元驱动模式。

以上研究在评价体系、测度方法和时空分析等方面积累了坚实基础，但依然存在一些不足：如单一方法存在局限性、部分指标相互重叠，对驱动机制时空异质性挖掘不够深入，从组态视角展开的研究较少。为此，本文构建“农业生产现代化—农村社会现代化—农民生活现代化”评价体系，基于投影寻踪模型与Critic模型测度农业农村现代化水平，运用MGWR与fsQCA方法深入分析驱动因素的时空异质性与多元组态路径，揭示中国省域农业农村现代化水平的时空演变格局与驱动机制，研究结果为区域差异化政策制定提供参考依据。

一、研究区及研究方法

（一）指标体系构建

1. 数据来源

本文以2015—2024年中国30个省份（不含西藏和港澳台）为研究对象，从农业生产、农村社会、农民生活三维度测度农业农村现代化水平。数据源于国家统计局及各省统计年鉴，缺失值采用插值法或均值填补。

2. 指标选取

党的二十大报告明确提出“全面推进乡村振兴”和“加快建设农业强国”的战略部署，将农业农村现代化置于中国式现代化全局的突出位置。基于上述政策导向，本文在系统梳理农业农村现代化内涵与核心特征的基础上，参考相关文献^[22]，围绕“农业、农村、农民”三个维度，遵循系统性、代表性与数据可得性原则选取评价指标，构建中国农业农村现代化综合评价指标体系，见表1。

表1：中国农业农村现代化评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	说明	指标属性
农业生产现代化	生产效率	农业劳动生产率	第一产业增加值 / 亿元	+
		粮食生产能力	粮食产量 / 万吨	+
		农业机械化密度	人均农业机械总动力 / 万千瓦	+
	绿色可持续发展	节水农业	农业用水量 / 亿立方米	-
		化肥施用强度	化肥施用量 / 万吨	-
		农药使用强度	农药使用量 / 万吨	-
		农村产业结构	农业总产值 / 农林牧渔业总产值	+
	产业融合与市场化	农产品零售额占比	农产品零售市场成交额 / 社会消费品零售总额	+
		农村耕地使用状况	耕地面积 / 土地总面积	+
农村社会现代化	基础设施与公共服务	出行便利程度	每百户农户汽车拥有量	+
		农村用电量	农村用电量	+
		卫生技术人员	农村每千人拥有卫生技术人员数	+

农村社会 现代化	治理与乡风文明	教育文化娱乐支出	农村居民教育文化娱乐支出占比	+
		农村绿化	农用地肥施用折纯量(万吨)	-
		乡村文化站建设	乡村文化站数量	+
		有线广播电视普及率	农村有线电视覆盖率	+
农民生活 现代化	收入水平与结构	农村居民人均可支配收入	农村居民人均可支配收入	+
		农村居民工资性收入占比	工资性收入占人均可支配收入的比重	+
		城乡居民收入水平差距	城乡居民消费支出比	-
	生活品质与保障	农村居民生活水平	居民消费价格指数(上年=100)	-
		农村居民最低生活保障	农村居民最低生活保障人数(万人)	+
	数字融入与发展	农村居民互联网普及率	农村宽带接入用户(万户)	+
		行政村5G网络通达率	光缆线路长度(公里)	+

注：+、- 分别表示正向指标、负向指标。

(二) 研究方法

1. 投影寻踪模型

投影寻踪模型^[8]是一种处理高维数据分析与降维的统计方法,主要思路是把高维数据投影到低维空间当中,寻找体现原始数据结构和特征的最优投影方向,实现对高维数据的分析与处理。与主成分分析法、熵值法等传统评价方法相比,投影寻踪模型可更稳定、客观、准确地反映被评价对象的综合水平,具体操作步骤如下:

第一步,对数据做标准化处理。为消除量级和量纲带来的影响,要先对各指标数据做标准化处理。数据标准化的公式为。

正向指标:

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

负向指标:

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

其中 $i=1,2,\dots,j=1,2,\dots,n$, x_{ij} 为变换前的指标数值; x_{ij}^* 为标准化后的指标数值; $\max(x_{ij})$ 、 $\min(x_{ij})$ 分别为第 j 项指标的最大值和最小值。

第二步,构建一维投影指标函数 $Q(a)$ 。假设向量 $a=(a_1, a_2, \dots, a_n)$ 投影方向,则 i 个样本的投影值 $z(i)$ 为:

$$Z(i) = \sum_{j=1}^n a(j)x(i,j), i=1,2,\dots,n \quad (3)$$

将投影指标函数定义为 $Q(a)$,类间距离用 $S(a)$ 表示, $D(a)$ 表征类内密度,构建投影指标函数为:

$$Q(a) = S(a)D(a) \quad (4)$$

$$S(a) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z(i) - E(z))^2}{n-1}} \quad (5)$$

$$D(a) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [R - r(i,j)]u[R - r(i,j)] \quad (6)$$

式中, $E(z)$ 为投影值 $z(i)$ 的均值; R 为局部密度的窗口半径,一般取值为 $0.1S(a)$; $r(i,j)$ 为样本之间的距离; $u(t)$ 为单位阶跃函数,当 $R \geq r(i,j)$ 时,其值为1,否则为0。

第三步,优化投影指标函数 $Q(a)$ 。将投影指标函数最大化以求解最佳投影方向,即:

$$\begin{cases} \max Q(a) = S(a)D(a) \\ s.t. \sum_{j=1}^m a^2(j) = 1, a(j) \geq 0 \end{cases} \quad (7)$$

公式(7)是一个求解复杂非线性优化的问题,用常规优化方法难以解决,本文采用加速遗传算法进行求解。

第四步,农业农村现代化水平综合评价。将公式(7)得到的最佳投影方向向量 a^* 代入公式(3),求得农业农村现代化水平的投影值 $z^*(i)$,即农业农村现代化水平综合评价。 $z^*(i)$ 值越大,农业农村现代化越高;反之,农业农村现代化水平就越低。

2.CRTCIC 客观赋权法

CRTCIC 法用到变异性、冲突性两项指标,同时兼顾了评估指标数据的波动情况与相互关联关系^[10]。该方法的基本原理与操作步骤如下:

(1) 变异性计算

$$\begin{cases} \bar{y}_j = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ij}}{n} \\ S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}{n-1}} \end{cases} \quad (8)$$

式中: $\bar{y}_j$ 为第 j 个指标在所有待测样本下的均值; S_j 为标准差即所求的指标变异性。

(2) 冲突性计算

$$\begin{cases} r_{kj} = \frac{\text{cov}(Y_k, Y_j)}{(S_k, S_j)}, k, j = 1, 2, 3, \dots, m \\ S_j = \sum_{j=1}^m (1 - r_{kj}) \end{cases} \quad (9)$$

式中: r_{kj} 表示第 k 个指标和第 j 个指标的相关性; R_j 表示第 j 个指标的冲突性; $\text{cov}(Y_k, Y_j)$ 表示第 k 个指标和第 j 个指标的协方差; S_k, S_j 分别为第 k 个指标和第 j 个指标的标准差。

(3) 信息量计算

$$H_j = R_j \times S_j, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

(4) 权重计算

$$\omega_{cj} = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j}$$
 (11)

可得由 Critic 法计算的客观权重为：

$$W_c = (\omega_{c1}, \omega_{c2}, \cdots, \omega_{cm})$$
 (12)

3.MGWR 模型

MGWR 模型^[17]考虑了空间特性对全局回归分析的影响，利用自身最优带宽对每个自变量进行回归分析^[19]，探索影响因素的空间异质性，计算公式如下：

$$Y_i = \sum_{j=1}^k \beta_{bj} x_j + \varepsilon$$
 (13)

式中：Y_i 为因变量；k 为解释变量个数；β_{bj} 为带宽 b 的第 j 个回归系数；x_j 为第 j 个协变量；ε 为回归残差。

4.fsQCA

fsQCA 即模糊集定性比较分析^[19]，属于集合分析方法的一种，该方法以组态理论为基础，可用来判断条件变量和结果变量之间是否存在充分或必要关联，以此找出多因素共同作用时形成的复杂因果路径。与传统回归分析相比，fsQCA 可较好地处理变量间的非线性关系和多重共线性问题，适合用于研究多因素组合对农业农村现代化的影响机制。

5. 马尔可夫链

马尔可夫链^[22]是用来分析系统状态随时间变化转移概率的一种方法。为了揭示农业农村现代化水平的动态演变以及长期收敛趋势，本文把各个省份的现代化发展水平按照四分位数划分为低（L）、中低（ML）、中高（MH）、高（H）四类状态，构建状态转移概率矩阵，探究不同水平之间的转移路径以及稳态分布，转移概率的计算公式为^[23]：

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i}$$
 (14)

其中，n_{ij} 表示从状态 i 转移到状态 j 的样本数，n_i 为状态 i 的总样本数。

二、基于投影寻踪和 Critic 的综合测度和稳健性检验

(一) 指标权重计算结果

从表2可知，投影寻踪权重分布较不均匀，部分指标权重较高，如卫生技术人员权重为0.1227、农村居民互联网普及率权重为0.1226、农业机械化密度权重为0.1197，而农村绿化、农药使用强度等指标权重较低，分别为0.0011、0.0015。Critic 权重分布相对均匀，大部分指标权重在0.04~0.06之间，最高为农村居民生活水平0.0630，最低为农村居民工资性收入占比0.0185，整体波动较小，体现了 Critic 法平衡变异性和冲突性的特点。

表2：三级指标权重计算结果

三级指标	投影寻踪模型	Critic
农业劳动生产率	0.1047	0.0458
粮食生产能力	0.1124	0.0503

农业机械化密度	0.1197	0.0413
节水农业	0.0092	0.0434
化肥施用强度	0.0012	0.0367
农药使用强度	0.0015	0.0586
农村产业结构	0.0124	0.0365
农产品零售额占比	0.0018	0.0503
农村耕地使用状况	0.0103	0.0628
出行便利程度	0.0070	0.0433
农村用电量	0.0302	0.0433
卫生技术人员	0.1227	0.0557
教育文化娱乐支出	0.0118	0.0442
农村绿化	0.0011	0.0367
乡村文化站建设	0.0626	0.0252
有线广播电视普及率	0.0566	0.0425
农村居民人均可支配收入	0.0069	0.0417
农村居民工资性收入占比	0.0181	0.0185
城乡居民收入水平差距	0.0060	0.0275
农村居民生活水平	0.0007	0.0630
农村居民最低生活保障标准	0.0946	0.0474
农村居民互联网普及率	0.1226	0.0470
行政村 5G 网络通达率	0.0860	0.0385

(二) 综合测度水平计算结果

由表3可知，两种方法对农业农村现代化水平测度结果排序基本一致，表明评价结果不受单一方法局限，具有较强的科学性与可靠性。2015年到2024年间，投影寻踪的测度结果从0.781升高到1.016，Critic 的测度结果则从0.344升高到0.463。这说明中国农业农村现代化水平综合测度结果呈持续上升态势，表明过去十年我国农业农村发展取得了显著成效，这与国家大力促进乡村振兴、农业供给侧结构性改革、农村基础设施建设以及数字乡村建设等政策导向高度契合。

表3：中国农业农村现代化水平计算结果

年份	投影寻踪模型		Critic	
	测度结果	排序	测度结果	排序
2015	0.7811	10	0.3436	10
2016	0.7883	9	0.3442	9
2017	0.8066	8	0.3546	8
2018	0.8285	7	0.3570	7
2019	0.8628	6	0.3583	6
2020	0.8951	5	0.3702	5
2021	0.9343	4	0.4319	3
2022	0.9850	2	0.4142	4
2023	0.9829	3	0.4485	2
2024	1.0158	1	0.4634	1

(三) 稳健性检验

进一步运用 Spearman 相关系数衡量两种方法综合得分排序的一致性，以及 Wilcoxon 秩和检验两种方法综合得分分布是否存在系统性差异（表4）。Spearman 相关系数为0.8367（P<0.001），说明两种方法综合得分排序高度正相关且相关性显著，投影寻踪模型与 Critic 法对各省份各年度农业农村现代化水平的排序结果高度一致。Wilcoxon 秩和检验 P 值为0.084，表明两种方法的得分分布无显著差异，测度结果具有很强的稳健性。

表4：稳健性检验结果

检验方法	统计量	P 值	显著性
Spearman 相关系数	0.8367	<0.001	显著
Wilcoxon 秩和检验	43192	0.084	不显著

三、农业农村现代化的时空特征及驱动因素分析

（一）时序演变特征分析

1. 全国层面趋势分析

基于投影寻踪方法测算结果表明，2015年到2024年，全国农业农村现代化水平始终保持上升走势，得分从0.781升高至1.016，年均复合增长率为2.96%。增长过程可划分为三个阶段：2015—2017年属于平稳增长阶段，得分从0.781逐步升高到0.807，平均每年增长约2.3%；2018到2022年进入加速增长阶段，得分从0.828快速升至0.985，年均增速达到4.5%，这主要得益于乡村振兴战略、脱贫攻坚及数字乡村建设等政策红利的持续释放。2023—2024年进入波动调整阶段，2023年小幅下降0.22%，但2024年很快反弹回1.016，环比增长3.35%，表明发展仍具较强韧性。

表5：2015—2024年全国农业农村现代化水平综合得分及增长率

年份	全国平均投影寻踪得分	环比增长率	年均增长率
2015	0.7811	—	0.0296
2016	0.7883	0.92%	
2017	0.8066	2.33%	
2018	0.8285	2.71%	
2019	0.8628	4.14%	
2020	0.8951	3.75%	
2021	0.9343	4.38%	
2022	0.9851	5.43%	
2023	0.9829	-0.22%	
2024	1.0158	3.35%	

2. 区域层面差异分析

为进一步揭示中国农业农村现代化水平的空间分异特征，本文将30个省份（不含西藏和港澳台）划分为东部、中部、西部和东北四大区域。其中，东部区域包含北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南；中部区域包含山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南；西部区域包含内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆；东北区域包含辽宁、吉林、黑龙江。计算各区域历年的投影寻踪得分均值，并据此计算年均增长率，结果见表6。

表6：2015—2024年四大区域农业农村现代化水平综合得分及年均增长率

年份	东北	东部	西部	中部
2015	0.7213	0.7778	0.6411	1.0730
2016	0.7500	0.7748	0.6489	1.0855
2017	0.7637	0.8010	0.6655	1.0963
2018	0.7710	0.8230	0.6830	1.1331
2019	0.7851	0.8643	0.7165	1.1671
2020	0.7985	0.8819	0.7529	1.2262

2021	0.8362	0.9121	0.7954	1.2751
2022	0.8517	0.9512	0.8534	1.3496
2023	0.8641	0.9632	0.8478	1.3227
2024	0.8797	0.9928	0.8812	1.3687
年均增长率	0.0223	0.0275	0.0360	0.0274

各区域农业农村现代化得分表明，中部地区在整个研究阶段始终处于第一位，得分从2015年的1.073上升至2024年的1.369，累计增幅达到27.6%。排在第二位为东部地区，得分从0.778增长到0.993，涨幅为27.7%。西部地区初始得分最低，但增长势头最为强劲，年均增速达到3.60%，十年间累计增长37.4%，与东部、中部之间的差距明显缩小。东北地区的表现相对偏弱，得分从0.721增加到0.880，年均增速仅2.23%，在2019年之后出现小幅波动。

四大区域发展路径不同，未来需要结合各地实际情况制定差异化政策，推动区域农业农村现代化水平高质量协调发展。

（二）空间格局与动态演化特征

1. 空间格局分布特征

为进一步厘清各省份农业农村现代化水平时空分布差异，绘制2015—2024年全国30个省份投影寻踪得分的热力图（图1）。

由热力图中可知，中国农业农村现代化水平呈现“东高西低、中部隆起、东北滞后”空间分布特点，东部的山东、江苏、河北等省份颜色偏深红，得分长期处于较高水平。北京、上海、天津等直辖市颜色偏浅，中部省份整体表现较好，河南、湖南、湖北颜色较深，其中河南在2022年得分达到峰值2.26，得分是全国最高，这说明农业大省拥有较强的发展动力。西部省份内部差异明显，四川、广西增长速度较快。甘肃、新疆、内蒙古整体水平偏低，青海、宁夏农业农村现代化处于较低水平，现代化发展进程比较缓慢。东北三省整体颜色偏浅，且变化幅度小，辽宁、吉林、黑龙江得分提高幅度较小，部分年份甚至出现得分下降的情况。

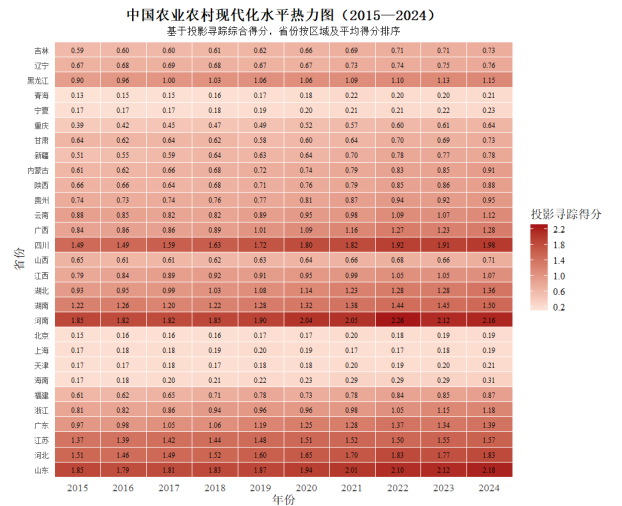


图1：中国农业农村现代化水平热力图（2015—2024）

2. 整体动态分布特征

核密度等高线图能够直观呈现分布的主峰位置、形态变化以及延伸特征，该方法已在区域差异的动态演进研究中得到使

用^[24]。为了探究全国农业农村现代化发展水平的分布形态、位置以及极化特征的动态变化，绘制2015—2024年全国农业农村现代化水平的核密度等高线图，见图2。

从分布位置看，核密度等高线的主峰区整体呈显著右移趋势，2015—2018年高值区集中在0.5—1.0的中低得分区间，2018年后逐步向1.0—2.0的中高得分区间迁移，表明全国农业农村现代化发展水平随时间推移稳步提升，各省份发展质量持续改善。从分布形态看，等高线主峰高度呈“先升后稳”特征，2015—2018年主峰高度快速抬升，曲线集中紧凑，反映低水平省份的得分集聚性较强；2018年后主峰高度趋于稳定，等高线宽度小幅扩大，说明省份间发展差异缓慢扩大，尚未出现明显收敛迹象。从分布延展性与极化特征看，核密度分布始终以单峰为主，右侧高分区间未形成显著多峰分化，整体呈单峰集聚格局。

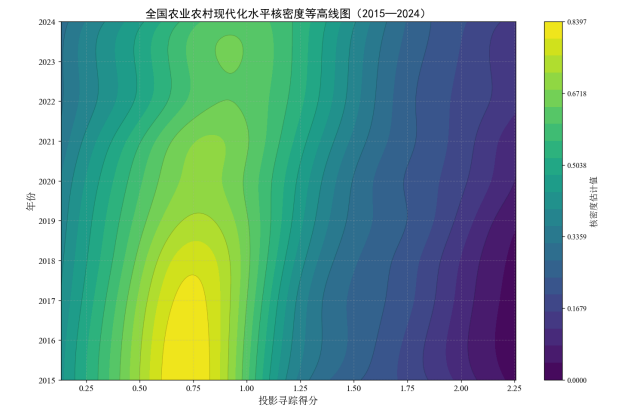


图2：中国农业农村现代化水平核密度等高线图

3. 分区域核密度估计的区域异质性动态

按照四大区域划分绘制核密度等高线图（见图3），由图3可知，我国农业农村现代化发展存在明显的区域差异，不同区域的发展演进路径区别较大。

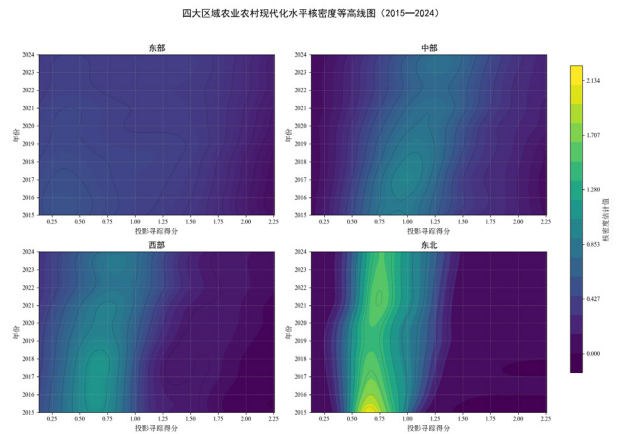


图3：中国四大区域核密度等高线图

东部地区的等高线主峰长期稳定在1.5—2.25的高得分区间，随着年份增加持续向右移动，主峰高度更高、等高线分布更紧凑，呈现出“高水平、低离散”的均衡发展特点，区域内各省份之间差距较小。中部地区的主峰右移幅度最大，2015—2024年高值区从0.5—1.0区间逐步扩展到1.0—1.75区间，是促进全国整体水平提高的核心动力。发展后期主峰形态逐渐稳定，右侧等高线

略有延伸，区域内的梯度差异慢慢显现出来。西部地区的主峰长期集中在0.5—1.25的中低得分区间，右移幅度比东部、中部地区更小，发展前期主峰高度下降、等高线宽度变大，区域内差异有所扩大，到后期差异逐渐收缩，出现轻微的多峰分化，反映出区域内省份发展不均衡的特点。东北地区的主峰右移趋势不明显，高值区集中在0.5—1.0的中低得分区间，整体发展速度放缓，该区域等高线在四大区域中最为紧凑，说明内部省份间差异较小，但长期处于较低水平。

4. 基于马尔可夫链的空间动态转移特征

为揭示农业农村现代化水平的动态演化与长期收敛趋势，运用马尔可夫链模型，按四分位数将发展水平划分为低（L）、中低（ML）、中高（MH）、高（H）四类状态，各状态样本量均为75，均衡分布，转移概率与长期稳态结果整合见表7。

表7：农业农村现代化水平马尔可夫链转移概率与稳态分布

状态	L（低）	ML（中低）	MH（中高）	H（高）	稳态概率
L	0.942	0.058	0.000	0.000	0.006
ML	0.014	0.884	0.101	0.000	0.024
MH	0.000	0.015	0.910	0.075	0.166
H	0.000	0.000	0.015	0.985	0.804

注：行表示t期状态，列表示t+1期状态；数值为概率值。

由表7可知，各类状态的对角线概率明显偏高，呈现出强路径依赖与等级锁定的特点，低水平状态仅以较低概率向中低水平转移，中高水平是向高水平突破的关键阶段。从长期稳定状态来看，未来高水平占比将达到80.4%，低水平与中低水平状态发生概率趋于零，整体呈现向高水平均衡收敛的趋势。

（三）基于fsQCA与MGWR的驱动路径时空异分析

1. 变量选择

由于农业农村现代化受多因素交互影响，引入fsQCA方法揭示多重叠加的复杂因果路径。基于投影寻踪权重，选取6个核心条件变量，包含生产效率以农业劳动生产率衡量，节水水平以农业用水量倒数衡量，交通便利以每百户农户汽车拥有量衡量，收入水平以农村居民人均可支配收入衡量，数字融入以农村宽带接入用户衡量，社会保障以农村低保人数倒数衡量。结果变量为投影寻踪综合得分。采用直接法校准，以75%、50%、25%分位数为完全隶属、交叉点与完全不隶属的阈值。

2.fsQCA 组态分析结果

基于fsQCA对2015—2024年30个省份面板数据组态分析，得到高水平农业农村现代化的组态结果（表8）。除组态2外，其余组态的一致性均高于0.90，组态2一致性为0.871，说明每组组态都是该结果的充分条件，覆盖度数据表明，这些组态一共能解释约90%的样本。

表8：高水平农业农村现代化的组态路径

组态	条件组合	一致性	原始覆盖度	唯一覆盖度
1	高生产效率·高交通便利	0.929	0.518	0.051
2	高生产效率·高社会保障	0.871	0.304	0.007
3	高生产效率·高节水水平	0.956	0.744	0.025
4	低交通便利·高数字融入	0.936	0.444	0.006
5	低收入·高数字融入	0.913	0.395	0.008

6	低节水水平·低交通便利·低社会保障	0.948	0.371	0.000
7	低节水水平·低收入·低社会保障	0.917	0.329	0.002

注：“·”表示条件同时存在（逻辑“与”）；“高”表示该条件隶属度高于交叉点，“低”表示隶属度低于交叉点。

组态解读：

（1）第一种组态：生产效率高叠加交通条件优良，是实现高水平农业农村现代化的典型路径，覆盖超过一半的样本。生产效率和交通条件需要互相配合，二者的协同作用十分关键。

（2）第二种组态：生产效率高叠加社会保障水平良好，这种“生产+保障”双轮驱动的模式表明，发展生产的同时提高民生保障水平。

（3）第三种组态：生产效率高且节水农业发展较好，这说明绿色可持续发展和生产效率并不矛盾，二者可以同步推进，共同助力农业农村现代化。

（4）第四种组态：若交通条件欠佳，提高数字化水平就能起到替代作用，成为替代性的驱动因素，为交通发展落后的地区提供了补齐短板的新方向。

（5）第五种组态：收入水平偏低时，数字融入依然可以促进现代化发展，这也体现出数字技术具备普惠性。

（6）第六和第七种组态：这两种组态涉及多个负向条件，组合形式比较复杂，覆盖度较低。这表明，即使处于不利条件下，借助特定路径也能达成高水平现代化，但路径较为特殊，可能与特定区域的政策扶持或自然资源禀赋有关。

3. 组态效应的 MGWR 空间异质性分析

为探究上述组态路径对农业农村现代化水平的影响强度在不同区域是否存在显著差异，将组态1、组态2、组态3作为解释变量，以农业农村现代化水平（ANM）为因变量，构建 MGWR 模型。模型诊断结果显示（见表9），MGWR 的全局 R^2 达0.951，调整 R^2 为0.937，AICc 为-289.34，模型拟合效果良好。

表9：MGWR 模型诊断

指标	数值
全局 R^2	0.951
调整 R^2	0.937
AICc	-289.34
残差平方和	3.96

各组态系数的描述性统计结果如表10所示。组态1和组态2的系数平均值为负，说明在大多数样本里，这两个组态对农业农村现代化水平存在负向影响，并且空间变异程度较大；组态3的系数平均值为正数，且四分位区间均为正数，说明该组态对农业农村现代化水平的正向促进作用普遍存在，效果也比较稳定。

表10：各组态回归系数描述性统计

组态 路径	均值	标准差	最小值	25分位	中位数	75分位	最大值
组态1	-0.314	0.524	-2.182	-0.505	-0.251	-0.048	0.828
组态2	-0.371	1.040	-5.383	-0.588	-0.167	0.173	0.473
组态3	0.863	0.868	-0.553	0.237	0.666	1.417	2.726

4. 综合讨论

结合 fsQCA 与 MGWR 的分析结果，农业农村现代化的达成路径有着多元共同作用的特征，高生产效率是核心条件，它和绿色可持续发展、数字融入、社会保障等条件能够形成多种互补组合。不同条件组合的效果呈现出明显的空间差异（表11），“高生产效率·高节水水平”在全域都表现出稳定的正向促进作用，“高生产效率·高交通便利”在东部地区的边际贡献已经接近饱和，在西部地区存在提高空间。数字融入在交通或者收入条件不够完善时，能发挥重要的替代作用，为欠发达地区创造了“弯道超车”的机会。

表11：不同组态路径下各省份 MGWR 回归系数平均值

省份	区域	组态1	组态2	组态3
北京	东部	-0.2109	-0.5880	1.6471
天津	东部	-0.0908	-0.6151	2.2081
河北	东部	-0.1304	-0.2258	1.1040
上海	东部	-0.9048	-0.6409	2.7264
江苏	东部	-0.3154	-0.5488	-0.0658
浙江	东部	-1.2656	-0.8686	2.1619
福建	东部	-0.2207	-0.1098	0.3767
山东	东部	-2.1816	-5.3834	1.8520
广东	东部	0.2426	-1.6273	-0.4565
海南	东部	-0.0483	-0.8666	0.1547
	东部均值	-0.56	-1.26	1.24
山西	中部	0.1158	-0.1490	1.3879
安徽	中部	-0.8851	-0.0601	-0.1264
江西	中部	-0.5631	-0.1933	-0.4804
河南	中部	0.8281	-0.7321	1.1156
湖北	中部	-0.5608	-0.3785	-0.5532
湖南	中部	-0.4899	-0.1956	-0.0965
	中部均值	0.01	-0.28	1.00
内蒙古	西部	0.0854	-0.1855	0.6681
广西	西部	-0.3651	-0.1348	0.5156
重庆	西部	-0.3278	0.1686	1.2346
四川	西部	0.0349	-0.2152	1.4175
贵州	西部	-0.4322	0.4729	0.5276
云南	西部	-0.1551	0.0054	0.2370
陕西	西部	0.3247	-0.1367	1.8372
甘肃	西部	-0.0564	0.4161	1.1418
青海	西部	-0.0917	0.4218	1.1655
宁夏	西部	-0.0414	0.1735	1.2157
新疆	西部	-0.2813	0.2840	0.4627
	西部均值	-0.16	0.08	0.90
辽宁	东北	-0.3536	0.1886	0.2580
吉林	东北	-0.5054	0.3005	0.5819
黑龙江	东北	-0.5176	0.3073	0.6631
	东北均值	-0.46	0.27	0.50

四、结论与建议

（一）结论

1. 农业农村水平稳步提升，测度结果稳健且可靠

农业农村现代化投影寻踪和 CRITIC 测度排序结果高度一致，

测度结果呈现稳健性，并且现代化水平呈现增长趋势。从发展阶段看，2015—2017年为平稳增长期，2018—2022年为加速提升期，2023—2024年进入波动调整期。从空间格局看，中部地区得分最高，东部地区长期领先，西部地区增速最快，东中部差距不断缩小。

2. 东北地区发展相对滞后，全国整体向高水平收敛

东北地区年均增速偏低，发展动力不足，在四大区域中表现最为滞后。核密度估计显示，全国主峰持续右移，分布由单峰集聚向中高得分区间迁移，但西部区域内部存在轻微多峰分化。马尔可夫链分析表明，低水平状态向高水平转移的概率极低，高水平状态稳定性最强；长期稳态下，高水平省份占比将达到80.4%，低水平和中低水平省份基本消失，整体呈现向高水平均衡方向收敛的特征。

3. 驱动路径呈现多元特征，时空异质性表现明显

fsQCA 共识别出7条组态路径，其中“高生产效率·高节水水平”这条路径覆盖范围最广、一致性最高，同时 MGWR 结果进一步表明该组态在全域均具有正向且稳定的效果，可以作为通用推广路径。另一条“高生产效率·高交通便利”在东部地区的边际贡献已趋于饱和，在西部地区仍有发展空间。数字融入在交通条件或者收入水平不足的时候，能发挥重要的替代作用。

（二）建议

1. 分区分类精准施策，统筹推动缩小区域差距

坚持因地制宜、分类指导，针对东、中、西、东北四大区域实际，实行差异化推进策略。中部地区巩固粮食生产与机械化优势，加快三产融合，提升农业产业效益。东部地区聚焦绿色提质

与公共服务优化，率先探索农业农村现代化先行路径。西部地区加快基础设施和数字设施建设，以数字技术弥补区位短板，培育农业新业态。东北地区调整农业结构与经营模式，健全社会保障体系，缓解人口外流趋势，全面激活内生动力。

2. 全域推广绿色高效生产模式，有力支撑整体向高水平收敛

紧盯东北地区发展滞后短板，以黑土地保护和高标准农田建设为重点，实施新一轮千亿斤粮食产能提升行动，夯实国家粮食安全根基。在全国范围内系统推广“高生产效率·高节水水平”生产模式，加大节水灌溉和水肥一体化技术应用力度，建立化肥农药减量激励约束机制，推动农业绿色低碳转型。将“十五五”时期作为高水平收敛的关键窗口期，强化政策协同与资源整合，确保长期稳态下高水平省份占比稳步提升，加快形成全国农业农村现代化均衡发展新格局。

3. 加快数字赋能乡村建设，以技术普惠突破资源局限

发挥数字技术对农业农村现代化的放大、叠加、倍增作用，着力破解欠发达地区交通不便、收入偏低等制约。将农村宽带和5G网络全覆盖纳入硬性指标，中央财政转移支付向中西部及东北偏远地区倾斜。在交通不便和收入偏低区域，重点布局农村电商平台和冷链物流设施，常态化开展数字技能培训。积极推广智慧农业和数字化治理平台，拓展“互联网+”普惠服务覆盖范围，让数字红利更多惠及低收入群体，为欠发达地区创造“弯道超车”条件。东部地区率先推进数字农业与城乡数字治理一体化，中西部地区以电商新业态和数字人才培育为主攻方向，形成各具特色的数字赋能路径。

参考文献

[1] 张小允, 许世卫. 我国农业农村现代化评价指标体系研究 [J]. 农业现代化研究, 2022, 43(5): 759-768.

[2] 刘战伟. 乡村振兴水平的区域差异、动态演进及空间收敛性研究 [J]. 统计与决策, 2023, 39(12): 73-78.

[3] 郭豪杰, 龙蔚, 张德亮. 基于投影寻踪模型对乡村振兴的评价 [J]. 世界农业, 2019, (12): 44-52.

[4] 张俊婕. 中国农业农村现代化发展水平的时空特征及障碍因子分析 [J]. 经济体制改革, 2022, (2): 87-94.

[5] 李佩雯, 覃诚, 汪宝, 等. 中国农业农村现代化发展水平与动态演进特征——基于沿海-内陆-边疆地区的分析 [J]. 地域研究与开发, 2025, 44(4): 154-160.

[6] 曹连海, 刘硕博, 张志强, 等. 基于 CRITIC-TOPSIS 的许昌市农业水土资源评价 [J]. 华北水利水电大学学报 (自然科学版), 2023, 44(1): 56-61.

[7] 侯立颖. 基于遗传投影寻踪模型的辽宁省水资源利用效率评估 [J]. 水资源开发与管理, 2018, (8): 68-72.

[8] 田振中. 我国道路交通安全水平时空演化及其影响因素研究 [J]. 中国人民公安大学学报 (自然科学版), 2025, 31(4): 32-39.

[9] 王森培, 陈沧桑, 赵颖文, 等. 全面推进乡村振兴指标体系构建及实证测评研究 [J]. 四川农业科技, 2024, (6): 19-25.

[10] 朱雪莲, 高俊吉, 薛婕, 等. 磁防护能力评估的客观赋权方法研究 [J]. 船舶, 2025, 36(6): 84-92.

[11] 董晓芳, 宋彩凤, 张良勇. 河北省数字农业发展效率的非参数统计研究 [J]. 高师理科学刊, 2025, 45(10): 20-26.

[12] 刘彦随, 李进涛. 中国县域农村贫困化分异机制的地理探测与优化决策 [J]. 地理学报, 2017, 72(1): 161-173.

[13] 胡敬. 长三角地区农业农村现代化发展水平比较分析 [J]. 市场周刊, 2021, 34(7): 1-3+33.

[14] 辛岭, 安晓宁. 我国农业高质量发展评价体系构建与测度分析 [J]. 经济纵横, 2019, (5): 109-118.

[15] 许润达, 张建平, 葛扬. 中国乡村振兴水平的指标构建、测度评价及时空演变 [J]. 规划师, 2024, 40(8): 43-49.

[16] 李潇, 李新妍. 中国乡村“产业-生态”耦合协调振兴的区域差异、动态演进及影响因素研究 [J]. 地域研究与开发, 2025, 44(5): 128-137.

[17] 赵静, 王永瑜, 史小英. 基于 MGWR 模型的中国人均碳足迹时空演变及影响因素研究 [J/OL]. 干旱区地理, 1-15[2026-01-27].

[18] 杜运周, 贾良定. 组态视角与定性比较分析 (QCA): 管理学研究的一条新道路 [J]. 管理世界, 2017, (6): 155-167.

[19] 池易真, 李凌汉. 新乡贤视角下乡村绿色发展的影响因素及路径选择——基于模糊集的定性比较分析 (fsQCA)[J]. 农学报, 2022, 12(12): 87-92.

[20] 周利平, 魏思琪, 胡思涵. 数字乡村建设水平的驱动路径及其效应研究——基于省域面板数据的动态 QCA 分析 [J]. 沈阳农业大学学报, 2026, 57(1): 143-152.

[21] 李雪, 袁春燕, 刘樾. 资源型城市乡村振兴与新型城镇化协调发展提升路径研究——基于动态 fsQCA 的分析 [J]. 河南工业大学学报 (社会科学版), 2025, 41(4): 57-65.

[22] 程静, 陈佳睿. 中国农业农村现代化的区域差异、时空演化及趋势预测 [J]. 河南牧业经济学院学报, 2024, 37(6): 29-36.

[23] 赵景辉, 李廷智, 张华, 等. 土地流转马尔科夫概率矩阵的设定及应用——以福建省泰宁县为例 [J]. 中国农业资源与区划, 2012, 33(2): 23-27.

[24] 沈丽, 张好圆, 李文君. 中国普惠金融的区域差异及分布动态演进 [J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36(7): 62-80.

马克思精神交往研究的现状及趋势分析 ——基于 CiteSpace 的可视化分析

邹思仪¹, 林晓珊^{2,3*}

1. 广州大学 经济与统计学院, 广东 广州 510006

2. 广州大学 人工智能学院, 广东 广州 510006

3. 广州大学 教育学院, 广东 广州 510006

DOI:10.61369/ASDS.2026070013

摘 要 : 目的 分析马克思精神交往研究的现状、热点及趋势, 为把握马克思精神交往理论的研究热点变迁以及后续相关研究提供参考。方法 本文运用 CiteSpace 6.3.R1 软件对 307 篇中国知网中文文献进行发文量、作者、研究机构、文献来源和关键词分析。结果 马克思精神交往研究发文量逐渐增多, 但作者之间及研究机构之间的合作均较为松散。新时代、精神生活、唯物史观是这一时期马克思精神交往研究的核心热点。结论 马克思精神交往研究需进一步强化跨主体协同, 深化时代回应。既要推动跨学科、跨机构的学术合作, 搭建稳定的交流平台, 也要锚定数字技术、新媒介等时代语境, 持续追踪精神交往的实践形态变迁, 在经典理论与当代现实的互动中拓展研究的解释力与实践价值, 推动马克思精神交往向多元化、深度化方向发展。

关 键 词 : 马克思; 精神交往; 文献计量学; 可视化分析

Current Status and Trends of Research on Marx's Mental Intercourse: A CiteSpace-Based Visual Analysis

Zou Siyi¹, Lin Xiaoshan^{2,3*}

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

2.School of Artificial Intelligence, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510006

3.School of Education, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510006

Abstract : Objective To reveal the current status, hot spots and trends of research on mental intercourse, so as to provide a reference for grasping the evolution of research hot spots in mental intercourse theory and guiding subsequent related research. Methods Literature on Marx's mental intercourse theory (307 Chinese documents from CNKI) is analyzed in this paper using CiteSpace 6.3.R1 software, focusing on publication volume, authors, research institutions, literature sources and keywords. Results The number of publications on Marx's mental intercourse research has gradually increased, while the collaboration between authors and research institutions is not close enough. New era and spiritual life are the core research hot spots of Marx's mental intercourse studies during this period. Conclusion Research attention on Marx's mental intercourse continues to grow, and future studies need to be further strengthened. To advance the field, efforts should be made to enhance academic collaboration across interdisciplinary teams and institutions, as well as build stable exchange platforms. Meanwhile, focus should be placed on the context of digital technologies and new media, with continuous tracking of the evolution of practical forms of spiritual communication. By integrating classical theories with contemporary realities, we can expand the explanatory and practical value of the research, and promote the development of Marx's mental intercourse studies toward diversification and in-depth exploration.

Keywords : Marx; mental intercourse; Bibliometrics; visual analysis

基金项目: 2025 年度教育部人文社会科学研究青年基金项目“大学生数字化精神交往中的孤独感形成机理与干预路径研究”(项目编号: 25YJC710028)。

作者简介: 邹思仪, 女, 广州大学经济与统计学院 2024 级本科生。

通讯作者: 林晓珊, 女, 广州大学人工智能学院党总支副书记, 广州大学教育学院博士研究生, 硕士, 讲师, 研究方向为思想政治教育、心理健康教育。电子邮箱: 110458307@qq.com。

引言

马克思和恩格斯在《德意志意识形态》等经典著作中提出的“交往”概念，具有宏观的社会属性，包含了这个词的全部含义，指个人、社会团体、民族、国家间的物质交往和精神传递，是一个宏观的社会性概念^[1]。而精神交往作为人类社会交往的核心维度，是推动社会历史发展的内在动力^[2]。自马克思精神交往理论诞生以来，历经不同时代的阐释与发展，逐渐成为马克思主义理论、传播学、社会学等多学科交叉研究的重要议题。“全球现代化交往实践展现出一幅以物质交往实践为基础、伴随着精神交往，两种层次的交往交互作用、交相辉映的现实图景^[3]。”在全球化与社会信息化交织下，精神交往领域不同思想意识与价值观念相互交织^[4]，更使马克思精神交往这一理论不断被赋予新的时代内涵，相关研究成果日益丰富，不仅形成了独特的知识演进脉络，也涌现出诸多新的研究视角与方向。

近年来，国内学界关于马克思精神交往的研究关注度持续提升，相关文献成果呈逐步增长趋势，但既有研究多集中于单一理论层面的阐释与局部议题的探索，或聚焦于经典文本的解读，或探讨其在某一领域的当代价值，虽在局部议题上取得一定进展，但对该领域的整体知识演进、核心研究热点、作者与机构的合作与网络等内容，缺乏系统的梳理与可视化呈现；同时，对新时代背景下该领域的研究前沿与未来的发展趋势，也未形成清晰的研判框架。这种碎片化的研究现状，难以全面把握马克思精神交往研究的整体图景。

基于此，本文借助 Citespace 可视化分析工具，以中国知网数据库中1995–2025年收录的马克思精神交往相关中文文献为研究样本，对文献的发文量变化、研究者与机构的合作关系、关键词共现与突现等内容进行计量分析，以期系统揭示该领域的发展现状、核心热点与研究前沿，剖析当前研究存在的问题，并尝试预测其未来走向，为后续深化马克思精神交往理论研究、推动理论与当代实践深度结合提供更清晰的参考框架，助力构建兼具理论深度与时代特征的马克思精神交往研究体系。

一、数据来源与分析方法

（一）数据来源

以中国知网数据库中收录的有关马克思精神交往的中文文献为数据统计来源。其中，检索条件1设定为“主题”，检索词为“精神交往”，精准锁定研究核心主题；检索条件2设定为“篇摘”，检索词为“马克思”，确保文献与马克思精神交往理论的直接关联性；检索条件3设定“发表时间”，条件为1995年1月1日–2025年12月31日。检索时间为2026年3月7日，剔除与研究主题低相关的文献，检索得到有效文献307篇，其中期刊论文136篇，学位论文171篇。将筛选后的有效文献用 Refworks 格式导出，并利用 Citespace 软件进行数据格式转换后开展可视化分析与计量研究。

（二）分析方法

采用美国德雷塞尔大学陈超美博士研发的 CiteSpace 6.3.R1 软件进行可视化分析^[5]，将时间切片设置为1年，绘制该领域发文量趋势图，以了解该研究领域的时间分布情况，直观呈现马克思精神交往研究的时间分布特征与发展态势；对作者、研究机构进行合作网络分析，生成作者共现图谱与研究机构共现图谱，揭示该领域研究的时空分布情况、核心研究主体与合作关联特征；对关键词进行共现网络分析、聚类分析、突现分析，并生成相应的知识图谱，关键词能够凝练出研究的主要内容，高频关键词能够反映该领域研究的热点，突现关键词能够探测研究前沿与发展趋势，从而为研究者指明研究方向。

同时，结合 Excel 软件对年发文量趋势、作者发文数、研究机构发文数等数据进行统计分析，通过定量与定性相结合的研究方法，实现对马克思精神交往研究领域的全面系统分析，通过图表形式呈现直观数据。

二、结果

（一）研究现状

1. 年度发文量

经文献溯源梳理，有关马克思主义精神交往的研究最早可追溯到1987年。为聚焦该领域的核心发展阶段，本文以1995年为起点，统计了1995–2025年中国知网上马克思主义精神交往相关文献的发文量，整体来看，相关文献数量呈波浪式上升趋势。从各年份发文量具体数据来看，1995–2009年为研究缓慢发展阶段，发文量整体较小，各年份发文量均在十篇以下，年均发文量约4篇，其中1995年、1996年、2001年、2003年仅各发表1篇文献，研究发展呈稳定缓慢态势；自2010年起发文量增长明显，进入快速发展阶段，2010年发文数量突破10篇，此后各年发文量均保持在8篇及以上，且整体呈波动上升态势，2020年与2023年发文量均突破20篇，研究数量在2024年出现高峰（32篇），2025年虽略有回落，但仍保持28篇的较高产出水平，见图1。

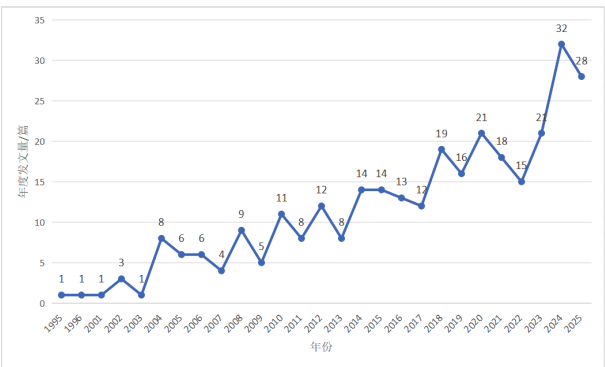


图1：1995–2025年马克思精神交往研究年度发文量

2. 作者分析

运用 Citespace 生成的作者共现图谱，其中生成节点数为255

个、连线37条、网络密度为0.0011。在作者共现图谱中，节点代表分析的研究作者，节点越大，代表作者出现的频次越多，连线则代表作者之间的合作关系，连线数量与密度反映合作的紧密程度，见图2。其中发现作者节点疏离且连线稀疏，各节点大小相似，且图谱中形成的子合作网络较少，表明马克思主义精神交往研究的作者较为分散，核心作者的引领作用未充分凸显，作者之间互动合作性较低，以独立研究为主，仅存在少量2-3人的小型合作团队。同时，在中国知网中对作者发文量进行统计，发文量排名前十的作者仅陈力丹教授发文量大于5篇，为该领域的核心高产作者，其余作者发文量均在3篇及以下，且多为2篇，作者间的发文量差距较为明显，见表1。

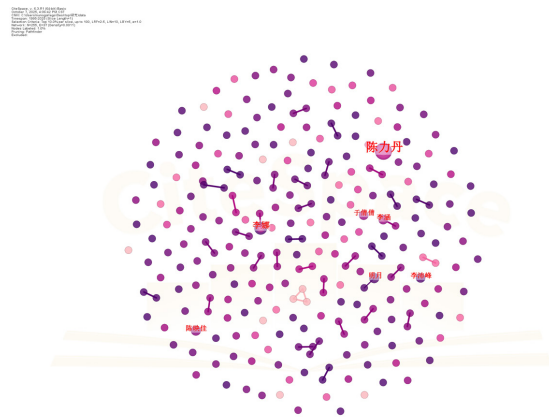


图2：马克思精神交往研究作者合作图谱
表1:1995-2025年前十名作者发文量统计

序号	作者	发文量 / 篇	最早发文年份
1	陈力丹	8	1995
2	李涵	3	1995
3	夏宏	2	2008
4	李娜	2	2014
5	梁芷铭	2	2014
6	林克勤	2	2016
7	于倩倩	2	2018
8	陈映佳	2	2020
9	李沛峰	2	2023
10	明月	2	2024

3. 研究机构分析

运用 Citespace 软件生成研究机构共现图谱，节点筛选方式为 g-index，k 设置为 15，得到节点204个，连线24条，网络密度为0.0012的研究机构共线网络，发现各研究机构节点分散分布，节点间连线数量较少且关联度低，未形成集聚化的研究网络，表明马克思精神交往研究机构间的合作联系不强，未形成集聚化的研究团队与学术共同体，见图3。从发文数量来看，发文数量≥5的研究机构仅5个，分别为广西师范大学、河北师范大学、西南大学、山东大学、吉林大学，可见，目前关于马克思主义精神交往的研究主体主要为高校，师范类高校成为研究中坚力量。此外，发文量≥5的研究机构最早发文年份均在2005年后，较该领域最早研究时间滞后近20年，反映高校在该领域研究起步较晚，见表2。



图3：马克思主义精神交往研究机构合作图谱
表2:1995-2025年发文量≥5研究机构

序号	研究机构	发文量 / 篇	最早发文年份
1	广西师范大学	8	2005
2	河北师范大学	7	2010
3	西南大学	6	2013
4	山东大学	5	2009
5	吉林大学	5	2011

(二) 研究热点

1. 关键词共现分析

关键词共现分析能够通过揭示关键词之间的关联关系，直观呈现某一研究领域的核心研究内容与研究热点。选择关键词作为分析节点绘制关键词共现图谱，标签阈值设置为18，得到节点241个，连线335条，网络密度为0.0116的关键词共现网络。在关键词共现图谱中，节点代表关键词，节点大小表示关键词的出现次数，节点越大，表明该关键词在研究中被提及的频次越高；标签字体大小代表中心性，中心性越高的关键词，在研究网络中占据越核心的位置，对其他研究内容的辐射与联结作用越强；连线描述关键词之间关系，连线越密集，表明关键词之间的关联性越强，相关研究内容的融合度越高，见图4。其中出现频次最高的关键词是马克思、交往、交往理论、精神交往、交往实践、精神生活、主体间性，是该领域研究的核心词汇，构成了马克思精神交往研究的基础框架。从中心性特征来看，交往理论（0.47）、全球化（0.31）、精神交往（0.29）等关键词中心性较高，为研究的核心枢纽词汇，是联结各研究内容的关键节点；而部分高频关键词，如精神生活（0.10）、实践（0.11）中心性较低，关键词的词频及其中心性并未呈显著正相关，表明该领域研究内容较为分散和多样，未形成高度聚焦的核心研究方向，见表3。

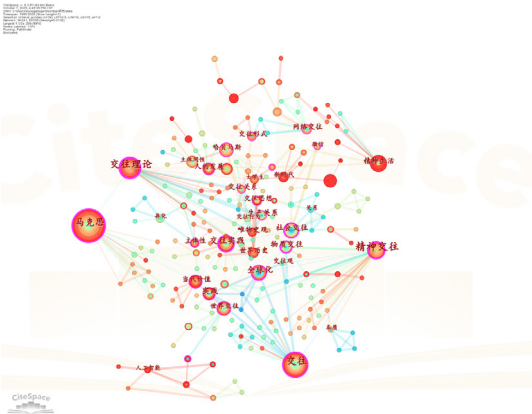


图4：马克思精神交往研究关键词共现图

表3: 关键词共现统计表

序号	频次	中心性	最早发文年份	关键词
1	71	0.21	2005	马克思
2	57	0.21	2002	交往
3	45	0.47	2004	交往理论
4	37	0.29	2003	精神交往
5	19	0.25	2001	交往实践
6	13	0.10	2008	精神生活
7	13	0.11	2002	实践
8	12	0.11	2009	当代价值
9	12	0.06	2004	人的发展
10	12	0.26	2003	主体间性
11	11	0.08	2003	物质交往
12	10	0.08	2004	唯物史观
13	9	0.31	2002	全球化

2. 关键词聚类分析

为进一步明确马克思精神交往研究的核心研究领域与热点分类,在关键词共现分析的基础上,按照关键词进行聚类分析,通过 Citespace 软件将语义相近、关联度较高的关键词聚合为同一簇群,形成了10个聚类簇群,见图5。其中聚类模块值 $Q=0.7866>0.3$,表明聚类结构具有显著的区分度,各簇群间的研究主题边界清晰;平均轮廓值 $S=0.9497>0.5$,说明聚类结果位于可置信的区间,聚类有效性高、情况良好,能够反映该领域的研究热点分类特征。各聚类簇群围绕马克思精神交往理论的经典内涵、当代发展、实践应用等维度展开,形成了多主题并行的研究热点格局,见图5。

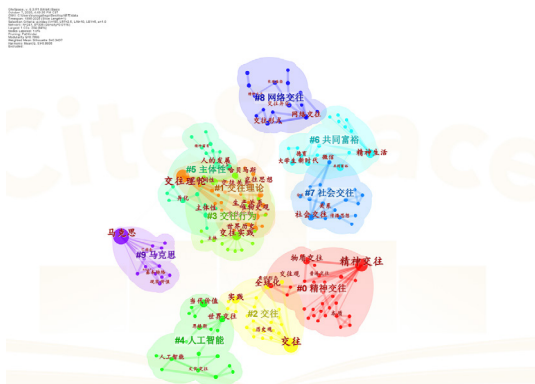


图5: 马克思精神交往研究关键词聚类图

(三) 研究前沿

将关键词作为节点,通过 Citespace 的关键词突现分析,探测研究领域中短时间内使用频率激增的关键词,得到17个突现关键词,见图6。各突现关键词的突现强度、起始年份与结束年份存在明显差异,反映出不同时期马克思精神交往研究的前沿热点与发展变化。从时间演进来看,在17个突现词中,“社会交往”是最早出现的突现词,于2001年开始受到重点关注,成为早期研究前沿,这一时期的研究主要聚焦于交往的基本内涵与类型划分,为后续研究奠定了基础。“物质交往”是热度持续时间最长的突现

词,突现强度为2.97,持续时间从2003年到2010年,长达7年,是该领域一定时期内的核心研究方向,这一时期学界重点探讨物质交往与精神交往的辩证关系,明确精神交往在人类交往体系中的核心地位。2002–2009年,“全球化”、“实践”、“异化”、“意识形态”等关键词先后成为突现词,反映出这一时期的研究开始结合全球化的背景,从实践视角探讨马克思精神交往理论的内涵,同时关注交往过程中的异化问题与意识形态维度。2009年以后,“人的发展”、“哈贝马斯”、“精神交往”、“交往异化”等关键词成为突现词,研究视角进一步拓展,开始探讨精神交往与人的全面发展的内在关联,同时引入西方学者的理论成果进行比较研究,深化对交往异化问题的研究。从最新研究趋势来看,“新时代”、“精神生活”和“唯物史观”在2022年后得到关注,成为该领域最新的研究热点和前沿方向,研究视角逐步向新时代背景下的理论实践与价值阐释倾斜,重点探讨新时代背景下精神交往与精神生活的内在关联,从唯物史观视角挖掘马克思精神交往理论的时代价值。

Top 17 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End
社会交往	2001	2.22	2001	2007
全球化	2002	2.57	2002	2008
实践	2002	1.94	2002	2006
物质交往	2003	2.97	2003	2010
交往	2002	3.86	2005	2009
异化	2005	2.01	2005	2008
意识形态	2008	1.75	2008	2009
人的发展	2009	1.71	2011	2014
哈贝马斯	2008	1.59	2015	2020
精神交往	2003	1.48	2016	2018
交往异化	2017	1.95	2017	2020
大学生	2019	1.68	2019	2023
世界历史	2013	1.55	2019	2023
交往形式	2006	1.5	2020	2021
新时代	2020	2.41	2022	2025
精神生活	2008	5.33	2023	2025
唯物史观	2004	1.42	2023	2025

图6: 马克思精神交往研究关键词突现图谱

三、讨论

(一) 发文量逐渐增多,关注度持续提高

我国关于马克思主义精神交往研究发文量呈现出明显的递增趋势,自2010年后呈现显著增长态势,2024年达到32篇的峰值,2025年仍保持28篇的较高产出水平,这一发展趋势,与我国的社会发展背景、学科建设进程、学术研究氛围高度契合,反映出该领域的学术关注度正持续提高,研究影响力不断扩大。总的来说,发文量的变化可以分为两个阶段,第一个阶段是1994–2009年,这一时期加上1995年前的起步时期,年发文量均为个位数,且增长较为平缓;第二个阶段是2010–2025年的发展阶段,年发文量有明显的递增趋势,研究者关注度提升,并将马克思精神交往与多个领域联系并拓展。这个趋势的形成,既源于马克思主义理论研究与建设工程的深入推进,马克思主义理论一级学科的学科建设不断完善,为相关研究提供了坚实的学科支撑与研究

氛围；也与新时代社会发展的实践需求高度契合，随着我国社会主要矛盾的转化，人们对美好精神生活的需求日益增长，数字技术、人工智能等新技术的快速发展又重塑了精神交往的实践形态，催生了诸多新的研究议题，推动更多学者投身于马克思精神交往理论的时代化、本土化研究。根植于“交往”概念的马克思主义传播理论，已发展为一个多学科交叉领域，当代符号资本主义的形式将精神交往改造为资本主义生产方式的核心生产力^[6]。跨学科研究理念的普及，让马克思主义理论与传播学、社会学、教育学等学科的融合不断加深，打破了单一学科的研究边界，进一步拓展了研究视角与研究范畴，成为马克思精神交往研究发文量增长的重要推动因素。

（二）作者间和机构间合作皆较为松散，需加强合作交流

从作者与研究机构的合作网络分析结果来看，国内马克思精神交往领域研究的作者和机构内部的合作联系均较为松散，未形成稳定的学术共同体与集聚化的研究力量，这是当前该领域研究存在的核心问题之一。从作者合作来看，该领域核心作者群规模较小，仅陈力丹教授发文量达8篇，成为领域内的核心引领者，其余作者发文量均不超过3篇，且作者共现图谱的网络密度仅为0.0011，节点疏离，连线稀疏，多数作者以独立研究为主，缺乏深度的学术合作与思想交流，这种分散的研究模式容易导致研究内容相似或重复，部分研究仅停留在基础理论的解读层面。从研究机构来看，机构共现图谱密度仅为0.0012，各高校或机构间缺乏跨校或跨区域的合作研究，发文量多的核心机构均为高校，无专业社科研究机构参与，师范类高校成为研究中坚力量，多为研究思想政治教育中精神交往的价值，思想政治教育互动关系具有精神交往的本质属性^[7]。这种松散的合作格局，易导致研究成果碎片化，难以形成具有影响力的研究成果集群，可能造成研究内容的重复探索，降低研究效率，同时也限制了研究视角的多元化与研究深度的进一步拓展。因此，作者与作者间、机构与机构间应加强交流合作，搭建学术交流平台，推动形成稳定的合作团队与学术共同体，整合研究力量，实现优势互补，共同推进马克思精神交往朝多元化、深度化发展。

（三）研究聚焦核心理论，向当代实践延伸

马克思精神交往研究始终以马克思经典理论为核心根基，围绕“马克思”、“精神交往”、“交往”、“交往理论”等基础概念展开，形成了理论研究的基础框架，同时随着社会发展与时代进步，研究视角逐步向当代现实议题延伸，呈现出鲜明的理论与实践相结合的研究导向，这是该领域研究的重要特征。从关键词共现与聚类结果来看，该领域研究内容既涵盖物质交往与精神交往的辩证关系、主体间性、交往实践、交往异化等经典理论议题，也逐步拓展到当代价值、人的发展、全球化、精神生活等现实议题，实现了经典理论的当代阐释与创新发展。经典理论研究是该领域研究的基础，学界通过对马克思经典著作的深度解读，不断深化对精神交往的核心内涵、理论体系、价值意蕴的理解，

明确精神交往作为人类社会交往核心维度的重要地位。正如 Holzer 在批判传播政治经济学的框架中所强调的，人类精神交往并非脱离物质生产的纯粹观念活动，而是根植于社会关系之中的实践过程：人在精神交往中既维护着既有的社会结构，也通过符号互动与意义交流创设新的社会关系，并在这一过程中深化情感联结与心灵沟通，构成社会再生产的重要环节^[8]。“人在精神交往过程中既维护现有的社会关系，也创设新的社会关系，并在社会关系中深化情感交流、心灵沟通^[9]。”为后续研究提供坚实的理论基础。同时，学界将马克思精神交往与当代社会实践相结合，探讨理论的当代价值与实践意义。这种经典理论与当代实践相结合的研究导向，既保证了研究的理论深度，又赋予了研究鲜明的时代特征与实践价值，推动马克思精神交往理论在当代社会不断丰富与发展，使理论始终保持强大的生命力与解释力。

（四）新兴议题凸显时代特征

“在信息时代，信息作为人类社会普遍联系的形式，传播着人类社会的一切内容，创建着人类的精神交往，成为社会经济发展与财富积累的重要资源。^[2]”“新时代”、“精神生活”等2022年后突现词的研究导向，标志着马克思精神交往研究正逐步对接当代社会需求，呈现出鲜明的时代性，新兴研究议题不断涌现，成为该领域研究的新增长点。新时代下数字技术的发展进一步重塑了精神交往的实践形态，随着人工智能技术的出现和大规模应用，产生了交往方式的变革，推进了精神交往的新变化^[10]。数字交往、智能交往、虚拟交往等新的交往形式不断涌现，精神交往的主体、客体、媒介、场景均发生了显著变化，产生了一系列新的研究议题，数字交往作为新时代的形态，其形式取代了传统面对面交往形式，成为人们数字化生存的重要方式^[11]。它既承载着物质交往的内容，更蕴含着丰富的精神交往内涵^[12]。

（五）未来研究方向

近年来，我国马克思精神交往研究逐渐增多，但仍存在3个主要问题：第一，研究主体合作格局松散，学科研究视角单一，未形成集聚化的学术共同体，后续需强化跨学科与跨主体协作，推动马克思精神交往多学科交叉融合，拓宽研究视角与范畴，同时搭建学术交流平台，促进不同作者、高校及研究机构的跨区域合作，整合研究力量形成稳定的学术共同体，提升研究的系统性与成果影响力。

现有研究多以静态分析为主，缺乏对精神交往发展变迁的长期追踪与动态研判，难以精准把握其与社会发展、人的全面发展的深层关联及演进趋势。后续需开展长期追踪与动态研究，围绕精神交往与社会发展、人的全面发展、精神生活建设的内在关联进行多时点持续探究，动态把握新时代精神交往的发展脉络与趋势，为马克思精神交往理论的时代化提供长期实证支撑，为现实精神交往实践提供持续性、针对性的理论指导。

虽已有对新时代新技术与精神交往的关联研究，但现有研究对时代新变的回应性不足，对数字技术、人工智能发展带来的交

往变革探讨不深，还未充分挖掘理论在数字时代的新内涵与现实解释力。互联网时代，网络延展人们的精神生活和交往实践的场域，丰富精神交往样态^[13]。未来应聚焦新技术、新环境对精神交往的重塑作用，深入分析数字交往、智能交往、虚拟交往等新型形态的特征与规律，聚焦新时代下各群体在技术、环境变化下精神交往的发展变化与其带来的各种影响，让理论研究紧密对接现实交往实践中的新问题、新挑战。

参考文献

[1] 陈力丹. 马克思和恩格斯的“世界交往”观念 [J]. 东南传播, 2013, (07): 17-19. DOI: 10.13556/j.cnki.dncb.cn35-1274/j.2013.07.011.

[2] 赵浚. 信息时代马克思主义精神交往的本质考察 [J]. 学校党建与思想教育, 2018, (09): 10-14.

[3] 何长辉. 马克思交往理论视域下的中国式现代化 [J]. 学术界, 2024, (09): 187-197.

[4] 蒋婷婷. 论网络空间精神交往的实践样态、价值困境与有效引导 [J]. 思想教育研究, 2025, (05): 78-87.

[5] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能 [J]. 科学学研究, 2015, 33(02): 242-253. DOI: 10.16192/j.cnki.1003-2053.2015.02.009.

[6] PLEIOS G. Communication and symbolic capitalism: Rethinking Marxist communication theory in the light of the information society[J]. tripleC: Communication, Capitalism & Critique, 2012, 10(2): 230-252.

[7] 骆郁廷, 郭莉. 精神交往：思想政治教育互动关系的本质 [J]. 教学与研究, 2014, (01): 73-78.

[8] FUCHS C. The forgotten Marxist theory of communication & society: Horst Holzer[J]. tripleC: Communication, Capitalism & Critique, 2017, 15(2): 686-725.

[9] 崔家新. 精神交往境界：本质内涵、生成动因与价值意蕴 [J]. 宁夏党校学报, 2025, 27(06): 95-103.

[10] 刘伟兵. 习近平文化思想对数智时代“文化之问”的科学解答 [J]. 中南大学学报 (社会科学版), 2025, 31(03): 49-58.

[11] 黄美笛, 杨章红. 马克思社会哲学视野中的“数字交往”探析 [J]. 社会科学论坛, 2025, (01): 29-41. DOI: 10.14185/j.cnki.issn1008-2026.2025.01.002.

[12] 李亚楠, 谭亚莉. 数字交往时代铸牢中华民族共同体意识的隐忧及其应对策略——于马克思主义交往理论 [J]. 民族论坛, 2023, (02): 23-32. DOI: 10.19683/j.cnki.mzlt.2023.02.006.

[13] 张瑜, 蒋婷婷. 网络空间精神交往：本质内涵、生成动因与价值意蕴 [J]. 教学与研究, 2024, (12): 58-68.

基于置换检验的高校学生防诈骗认知与需求实证研究

陈依勤, 黄惠婷*

广东技术师范大学 数学与系统科学学院, 广东 广州 510665

DOI:10.61369/ASDS.2026070014

摘 要 : 电信网络诈骗的持续蔓延加剧了高校学生的受害风险。深入了解高校学生的防诈骗认知与需求, 能够有效推动校园安全措施的优化。本研究基于实证调查数据, 运用结构方程模型与非参数组合置换检验, 系统地分析了高校学生防诈骗意识对防范需求的影响路径及群体差异。研究发现, 提高防诈骗意识能够显著增强学生主动获取防诈骗知识的内在需求; 高校学生的防骗意识水平随年级增长呈现单调递增趋势; 防诈骗应用程式的使用能够增强个人防诈骗意识。研究结果揭示了高校学生防骗认知与需求之间的内在联系, 验证了非参数组合置换检验在序数数据分析中的稳健性, 为改进校园安全防诈措施提供了实证参考。

关 键 词 : 电信诈骗; 高校学生; 结构方程模型; 置换检验; 序数数据

Empirical Study on Anti-Fraud Cognition and Prevention Needs Among University Students Based on Permutation Tests

Chen Yiqin, Huang Huiting*

College of Mathematics and Systems Science, Guangdong Polytechnic Normal University, Guangzhou, Guangdong 510665

Abstract : The widespread adoption of telecommunications and the rise of online fraud are increasing the risk of university students falling victim. Understanding the connection between students' awareness of fraud prevention and their needs can help the university to design appropriate security measures to deal with actual risks. This study adopted the Structural Equation Modeling (SEM) and the Nonparametric Combination (NPC) permutation tests to analyse the relationship between fraud prevention awareness and their fraud prevention needs, as well as the differences among groups. Our findings show that when students' fraud prevention awareness increases, their need for fraud prevention also grows. Furthermore, we also found that their fraud prevention awareness rises with grade level or the intensity of anti-fraud app usage. In summary, this paper not only identifies the relationship between students' preventive awareness and their preventive needs but also further confirms the reliability of the NPC permutation test for ordinal data. The results of this study could provide a workable, practical foundation for optimising campus anti-fraud prevention systems.

Keywords : telecommunications fraud; university students; structural equation modeling; permutation test; ordinal data

引言

电信诈骗伴随信息技术的发展呈全球蔓延态势。三六零手机卫士发布的《2023年度中国手机安全状况报告》中显示, 在2023年度电信诈骗受害者中, 90后占比最高, 达38.2%, 其次是80后和00后, 比例分别为33.3%、19.8%, 50后占比最低, 为0.6%。显然, 80后、90后、00后均为受骗高发人群^[1]。新型诈骗手段促使案件数量于2016年与2022年形成双峰, 2022年我国电信诈骗犯罪立案总数首次超越盗窃案件数^[2]。大学生群体受害现象凸显其巨大社会危害性, 已引起各高校和社会的高度重视。

高校学生作为青年主要群体, 已成为电信网络诈骗侵害的高危对象。其高度的互联网参与度与相对薄弱的风险防范意识之间存在显著错位, 导致其在面对复杂诈骗情境时辨识能力不足, 进而造成严重的经济损失与心理压力^[3-4]。本研究通过实证分析高校学生遭遇电信诈骗的行为规律与认知特征, 探究其内在机制以增强信息安全防范能力, 为校园反诈防控体系的科学构建提供实证依据。

基金项目: 2023年度广东省普通高校青年创新人才类项目(2023KQNCX038)。

作者简介: 陈依勤(第一作者), 广东技术师范大学数学与系统科学学院, 本科生, 专业为应用统计学。

通讯作者: 黄惠婷, 广东技术师范大学, 讲师, 研究方向为非参数统计。

一、文献综述

（一）国内研究现状

1. 关于电信诈骗的相关研究文献分析

本文通过中国知网以“电信诈骗”主题词进行检索，显示2009至2026期间，该领域的年度发文量如图1（左）所示，2009–2015年发文量缓慢上升，2016年因政策强化与社会关注度提升，研究量显著增长，2018–2020年文献数量有所下降，2022年达峰值436篇，整体呈现上升的趋势。以“大学生电信诈骗”为主题词进行搜索，如图1（右）所示，其研究数量随时间变化的趋势与“电信诈骗”整体研究基本同步，但发文量相对较少，这表明针对高校学生群体的电信诈骗研究尚不充分。因此，对高校学生电信诈骗问题的行为规律分析研究具有必要性。

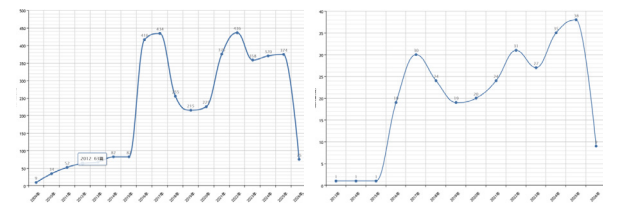


图1：CNKI 分别以“电信诈骗”（左）和“大学生电信诈骗”（右）为主题发文量

2. 关于高校学生电信诈骗问题研究的基本观点

（1）关于电信诈骗的界定

近年来，电信诈骗犯罪案件剧增，伴随着一系列新兴技术的崛起，犯罪分子作案手段不断翻新，从一定程度上加大了电信诈骗犯罪认定问题的难度。文献梳理表明，学界对电信诈骗的界定存在一定的差异^[5-7]，但总的来说可以总结为犯罪分子以非法占有他人财物为目的，利用网络平台或者通信设备，通过隐瞒真相或虚构事实，采取非接触的手段来骗取他人一定数额钱财的行为。

（2）电信诈骗的特点分析

关于电信诈骗的特点，很多学者进行了总结。丁红军、尚欣认为电信诈骗具有隐蔽性强、诈骗手段精准、诈骗过程科技化、洗钱快、追赃难、犯罪分工细化、犯罪组织去中心化凸显、犯罪链条长的特点^[8]。张启飞和虞纯纯在其研究中将电信网络诈骗的特点总结为以下三点：一是非接触式犯罪；二是隐蔽性强、被害人不确定；三是组织性、专业性^[9]。大数据时代背景下，电信诈骗及关联犯罪与传统诈骗犯罪存在一定的差异性，电信诈骗本质上是传统诈骗罪在信息技术条件下的演进形态。

（3）关于高校学生电信诈骗现状及防范措施分析

在关于高校学生遭遇电信诈骗问题的现状分析中，席东升列举了4种主要的犯罪类型，有冒充类、利诱类、威胁类、交友类，犯罪分子根据不同作案理由对受害者实施诈骗，让人防不胜防^[10]。在分析大学生遭遇电信诈骗问题的过程中可以看到，电信诈骗对大学生心理健康、对高校校园安全有着极大的危害性，应加强对它的防范举措。赵雷和陈红敏研究了青年受骗的影响因素以及形成机制，并有针对性地提出了施策建议，如转变治理思路，由打击为主转向预防和打击统筹治理、重点提升青年群体的预防电信诈骗能力、加强对个人信息犯罪的源头治理等^[11]。

（二）国外研究现状

电信诈骗具有跨国界特征，全球协同治理已成为国际社会的共同挑战。尽管各国法律文化与司法制度存在差异，但诈骗手

段的跨国渗透使各国均面临严峻的治理压力。全球反诈联盟（GASA）的最新调查显示^[12]，电信诈骗已成为全球性的治理痛点：巴西约41%的受访者表示每天都会遭遇诈骗，香港（33%）与韩国（26%）的比例亦居高不下。随着生成式人工智能技术的进步，技术赋能型诈骗日益猖獗，而公众的认知水平尚未同步跟进。调查显示，日本（15%）、泰国（12%）与马来西亚（11%）等国公民普遍承认对诈骗者利用AI技术的能力缺乏足够了解。这种全球范围内的认知滞后与技术代差，进一步凸显了提升个体防骗意识与行为干预能力的紧迫性。

二、研究设计

（一）数据来源及样本介绍

本研究选取多所高校学生为研究对象，通过问卷星平台实施线上调查，共收集345份问卷。采用筛查题进行质量控制，经数据核查排除4份无效样本，最终获得有效问卷341份，问卷有效回收率为98.84%。样本性别分布总体平衡，性别比例差异处于合理区间。涵盖高校本科各年级及研究生群体，年级分布呈梯度特征：大四年级占比最高达34.6%，研究生占比最低为7%。月生活费分布方面，74.2%受访者处于1000–2000元区间；3000元以上占比7%；1000元以下与2001–3000元两区间群体规模相近，各占9.4%与10%。

（二）信效度检验

1. 信度检验

本研究对核心变量采用李克特5点量表测量，具体题项分布见表1。

表1：量表设计

维度	题项	标签
防骗意识	当收到可以信息时，我能辨别其真伪	Q1
	若不慎遭受诈骗，我会主动采取措施以免上当或再次受骗	Q2
	我经常关注和学习电信诈骗的案例	Q3
	我了解并掌握与电信诈骗相关法律知识	Q4
	我有很强的防范电信诈骗意识	Q5
防骗需求	提供并加强防诈骗相关教育课程和培训	Q6
	提供并加强实际案例分析和警示	Q7
	提供并加强网络电信诈骗举报渠道	Q8
	提供并加强网络安全知识宣传和教育	Q9
	提供并加强网络电信诈骗防范经验分享	Q10

信度检验结果显示，防骗意识和防骗需求维度的克隆巴赫Alpha系数分别为0.830和0.901，表明该维度5个题项的内部一致性符合测量标准，整个量表的信度比较好。删除任一题项后克隆巴赫Alpha系数均低于总量表系数0.903，故保留全部题项，此时量表信度良好。

2. 效度检验

在信度检验达标的基础上，本研究采用探索性因子分析检验量表的结构效度。结果显示，KMO值为0.905，巴特利特球形度检验近似卡方值为1877.621，自由度为45， $P=0.000$ ，表明测量题项间存在显著相关性，数据适合进行因子分析。综合检验结

果，量表效度符合测量要求。

（三）结构方程模型

本研究以认知行为理论为基础，应用结构方程模型（SEM）探讨高校学生防骗意识与防骗需求的影响路径。

1. 研究假设

通常情况下，具备较高防骗意识的高校学生能更敏锐地识别潜在的诈骗风险，进而激发其主动获取防骗知识、提升自我保护能力的内在需求。基于此，本研究提出如下假设：H1：防骗意识对防骗需求具有显著的正向影响。

2. 测量模型检验与结构方程构建

本研究首先运用验证性因子分析（CFA）检验测量模型的效度，确保观测变量能够准确反映预设的潜变量^[13]。随后，基于理论假设构建以防骗意识为自变量、防骗需求为因变量的结构方程模型，通过最大似然估计法考察变量间的因果路径。

（四）置换检验

为进一步探究防骗意识在不同群体间的分布特征，本研究引入基于置换检验的非参数组合（Non-Parametric Combination, NPC）方法进行差异性分析。由于年级、反诈 App 使用深度等变量具有显著的自然顺序特征，本研究构建有序约束检验，用以验证防骗意识是否随上述变量呈现单调增长趋势。相较于传统参数检验，NPC 方法不要求数据服从正态分布，能够更稳健地识别序数数据中的群体差异规律^[14-15]。

三、实证研究结果

（一）高校学生电信诈骗问题的现状分析

1. 高校学生遭受电信诈骗的现状分析

调查结果显示，高校学生电信诈骗的遭遇率较高，整体形势严峻（见表2）。在受访群体中，67.5% 的学生曾遭遇过电信诈骗，其中22.0% 的学生遭受了实际经济损失。这表明，在新型网络犯罪手段日益复杂多变的形势下，尽管高校持续开展反诈宣传，社会阅历尚浅的学生群体仍表现出较高的受害风险。

表2：被调查者遭遇电信诈骗情况分析表

变量	选项	人数	百分比
您或您周围的同学是否遭遇过电信诈骗	遇到过且被骗了	75	22.0%
	遇到过但未被骗	155	45.5%
	从未遇到过	111	32.6%

对上述75名受骗学生的进一步调查显示，经济损失呈现明显的梯度分布特征。40.0% 的学生损失在2000元以内，损失在5000元以上的高额损失占比29.3%，甚至出现5万元以上的极端案例。在财产追偿方面，受害者表现出较高的报警意愿，但追回效果不尽人意。仅有9.3% 的受害者实现了全额追回，而高达37.3% 的受害者未能追回任何损失。此外，21.3% 的受害者因各种原因选择放弃报警，这反映出学生在面对电信诈骗时，不仅面临取证难和追回率低的现实困境，还存在维权成本考量导致的沉默化倾向。

从遭遇频次来看，44.9% 的学生在近三年内至少遭遇过一次诈骗，其中11.1% 的群体属于高频受扰人群（遭遇4次及以上）。

这说明电信诈骗对校园群体的渗透具有持续性与反复性。在诈骗发生时间的认知上，32.6% 的学生认为其发生无明显规律，体现了电信诈骗行为的随机性与隐蔽性。在有明确倾向的受访者中，选择白天（19.1%）与夜晚（17.4%）的比例相近，说明诈骗分子善于利用学生在工作学习时的心理防范空隙或休闲娱乐时的网络活跃期实施犯罪。

2. 高校学生遭受诈骗类型与欺骗性认知分析

调查数据显示，受访学生遭遇的电信诈骗类型分布呈现显著的集中性。社交账号盗用冒充是受访学生最常遇到的诈骗形式，占比达51.9%；其次为高薪招聘诈骗，占比达24.0%；投资理财诈骗与奖助学金等诈骗的遭遇比例较低。然而，学生对诈骗手法的欺骗性认知却呈现出不同的分布特征。网络购物诈骗被认为最具欺骗性，占比为26.4%，而遭遇率最高的社交类诈骗在欺骗性排名中仅位列第三，如表3所示。

通过对比遭遇频率与欺骗性认知发现，虽然社交媒体诈骗在校内频繁发生，但学生并未将其视为最大的威胁。这种认知错位说明了高校常态化反诈宣传活动的有效性。高校通过持续宣讲典型案例，增强了学生对常见社交类诈骗手段的心理防御能力。相比之下，网络购物和兼职招聘类诈骗利用复杂的商业流程来掩盖欺诈行为，而高度的信息不对称使得学生极难识别。这种隐蔽性导致学生认为这些手段更难防范，即使它们出现的频率较低，这也反映出利益诱导类诈骗是当前校园反欺诈工作面临的核心挑战。

表3：诈骗类型遭遇情况与欺骗性认知对比表

诈骗维度	第一位	第二位	第三位	第四位
遭遇类型	社交账号盗用 51.9%	高薪招聘 24.0%	投资理财 15.8%	奖助学金等 8.3%
最具欺骗性 认知	网络购物 26.4%	兼职招聘 25.9%	社交媒体 25.5%	学业考试 22.0%

3. 高校学生遭受电信诈骗的特点分析

受访学生对电信诈骗特征的认知呈现多元化分布。排名前三的特征分别为作案方式信息化、手段更新迅速以及团伙化作案，选择比例分别为23.7%、22.5%和19.8%。表明学生群体对诈骗行为的技术化与组织化特征有较为清醒的认识。此外，分别有18.4%和15.5% 的学生关注到诈骗行为的社会危害性与调查取证难度。少量补充案例显示，诈骗分子常利用避害心理设计渐进式陷阱（如招聘诈骗），通过成本沉没效应加剧受害者的财产损失风险。

（二）测量模型与结构模型分析

1. 测量模型检验与修正

本研究首先采用验证性因子分析（CFA）检验测量模型的适配度。初始模型拟合指标显示 χ^2 值为147.25，且 χ^2/df 、RMSEA和AGFI等指标未达理想标准。通过修正指数发现，对误差项e3与e4等建立共变关系。修正后的CFA模型拟合显著改善（ $\chi^2/df=2.253$ ，RMSEA=0.061，AGFI=0.934），各项关键拟合指数均达到模型适配标准，表明测量模型具有良好的建构效度。

2. 信效度分析

如表4所示，各题项的标准化因子载荷介于0.590至0.832之间。除Q4载荷（0.59）略低于0.6外，其余均在0.6以上且在0.001水平上显著。潜变量防骗意识F1与防骗需求F2的组合信度

分别为0.816和0.902；平均方差抽取量分别为0.472和0.649。尽管F1的AVE值略低于0.5，主要原因是测量“法律知识掌握”的Q4题项载荷为0.59。考虑到法律知识获取的专业性与普通防骗认知存在客观差异，且该题项是法律维度的唯一指标，为保证理论框架的完整性，本研究予以保留。综合来看，模型整体收敛效度处于可接受范围。

表4：信效度检验结果

潜变量	题项	组合信度 (CR)	平均方差抽取量 (AVE)	因子载荷范围
F1	Q1-Q5	0.816	0.472	0.59~0.783
F2	Q6-Q10	0.902	0.649	0.781~0.832

3. 潜变量关联与残差分析

潜变量关联分析显示，防骗意识与防骗需求的相关系数为0.754， $p < 0.001$ ，表明二者存在显著的正相关关系，初步证实了意识对需求的驱动关系。修正后的模型引入了Q3和Q4等残差协方差，反映了案例学习与法律认知之间的经验迁移效应，这与实际行为逻辑相符。所有残差相关系数的绝对值均小于0.5，有效改善了模型拟合，且不影响区分效度。

4. 结构方程模型构建与整体拟合效果

(1) 结构模型拟合评价

基于理论假设与模型适配度，本研究构建了以防骗意识为自变量、防骗需求为因变量的结构方程模型（见图2）。由于该结构模型采用了修正的验证性因子分析（CFA）模型的测量关系和残差协方差设置，其整体适配度指标与CFA模型一致，且各项指标均达优秀标准，表明该理论模型与实际数据高度契合。

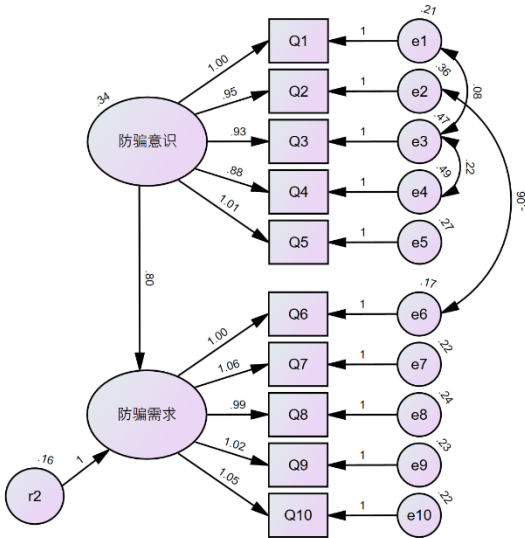


图2：SEM模型的拟合结果

(2) 路径估计与结果讨论

结构路径估计结果如表5所示。防骗意识（F1）显著正向促进防骗需求（F2），未标准化路径系数为0.800。该结果支持认知驱动需求的理论假设，即防骗意识每提高1个单位，防骗需求将相应增加0.800个单位，且防骗意识能够解释防骗需求56.9%的变量。

从实践角度来看，上述结果支持提高防骗意识能有效增加相关教育资源需求的观点。例如，提高学生识别诈骗的能力（Q1）

与防范意识（Q5）可以增加对其他教育资源的需求，如案例警示（Q7）和经验分享（Q10）等。这为校园反诈资源的优化配置提供了实证依据，将意识培养作为前置环节，可以更有效地引导学生主动掌握防骗技能。

表5：结构路径系数与假设检验结果

	未标准化载荷	S.E.	C.R.	P	标准化载荷
F2←F1	0.800	0.069	11.629	***	0.754

(三) 基于非参数组合置换检验的群体差异分析

本研究引入基于置换检验的非参数组合方法，考察年级与反诈App使用深度对防骗意识的影响。将年级划分为大一至研究生的五个类别，反诈App使用情况分为未下载、下载后未开启及下载并开启三个类别。这两类变量均具有显著的序数特征且数据呈现非正态分布，采用置换检验能有效克服参数检验的局限，确保群体差异推断的稳健性。

1. 统计检验设计

针对序数变量下的有序约束假设，构建如下检验模型：

$$H_0: X_1 =_d \cdots =_d X_K \quad \text{vs.} \quad H_1: X_1 \leq_d \cdots \leq_d X_K$$

将全局假设分解为 $K-1$ 个成对的子假设：

$$H_0: \left\{ \bigcap_{k=1}^{K-1} (X_{1(k)} =_d X_{2(k)}) \right\} \quad \text{vs.} \quad H_1: \left\{ \bigcup_{k=1}^{K-1} (X_{1(k)} \leq_d X_{2(k)}) \right\}$$

采用蒙特卡洛随机置换技术，设置置换次数为10000次，选择样本均值作为局部检验统计量，并通过Direct、Fisher和Liptak三种组合函数对局部P值进行全局整合，以确保推断结论的稳健性。

2. 年级对防骗意识的影响分析

针对不同年级群体的有序约束检验结果如表6所示。实证结果显示，在三种组合函数下，全局P值均显著小于0.05，这表明高校学生的电信诈骗防范意识在年级维度上存在显著的阶梯式差异。随着年级的增长，学生的社会阅历和受教育程度提升，其防范意识呈现出显著的单调递增趋势。

3. 反诈App使用深度对防骗意识的影响分析

针对反诈App的三种使用状态进行有序约束检验，结果如表6所示。三种组合函数下的全局P值均达到显著性水平，这表明反诈App的使用深度与防骗意识之间存在显著的有序约束关系。随着App使用程度的加深，学生的防骗意识整体呈现上升趋势，说明了技术干预手段在提升个体自我保护能力方面的有效性。

表6：个人特征对防骗意识影响的置换检验结果

	T_D^*	T_F^*	T_L^*
年级	0.021	0	0.025
反诈App使用深度	0.0154	0.0197	0.0155

四、研究结论与对策建议

(一) 研究结论

本研究采用结构方程模型和置换检验相结合的方法，系统地分析了高校学生电信诈骗的防诈骗意识对防骗需求的影响路径及群体差异。主要结论如下：（1）基于结构方程模型路径分析表

明, 提高防骗意识能够有效激发学生对防骗知识的内在需求, 说明意识培养是促进主动学习的关键。(2) 基于置换检验发现, 防骗意识随年级增长呈现显著的单调有序特征。高年级学生由于积累了更多社会经验, 在面对潜在诈骗风险时表现出比低年级学生更强的防范素质。(3) 反诈 App 的使用深度与防骗意识显著正相关, 深度使用反诈 App 的学生通常拥有更高的警觉性。技术防控手段的有效介入, 为筑牢校园安全防线提供了重要技术支持。

(二) 对策建议

基于上述实证结果, 应对电信诈骗的有效途径是构建多层次

的防护体系: (1) 在个体层面, 学生应养成保护个人信息的习惯, 避免随意泄露身份证号和银行卡等信息, 提高网络交互风险识别能力。(2) 在学校层面, 应加强教育宣传, 重点通过法律讲座、案例分析等防诈骗教育, 讲解正确的防范诈骗方法, 提高学生的防诈骗意识。(3) 在技术层面, 公安机关可利用社交媒体发布新型诈骗预警, 并加强反诈 App 的覆盖率与活跃度。(4) 在法律层面, 应加强反诈法律法规宣传普及, 引导学生提高法律意识, 在遭遇侵害时能够及时采取法律武器维护自身合法权益。

参考文献

- [1] 360手机卫士. 2023年度中国手机安全状况报告 [R/OL]. (2024-03)[2026-03-20]. https://pop.shouji.360.cn/safe_report/Mobile-Security-Report-202312.pdf.
- [2] 单勇. 数字平台与犯罪治理转型 [J]. 社会学研究, 2022, 37(04): 45-68+227.
- [3] 北京师范大学法学院课题组. 2022年电信网络诈骗治理报告: 以短视频平台为样本的研究 [R/OL]. (2022-12-01)[2026-03-20]. <https://law.bnu.edu.cn/xsyj/xsdt/db33e1c2d69b46f3a5888122e09008cd.htm>.
- [4] 谭秀娟, 鹿子佳, 聂永飞, 白学军. 大学生电信网络受骗易感性量表的编制 [J]. 心理与行为研究, 2025, 23(02): 280-288.
- [5] 李学军, 贺娇. 推定在电信网络诈骗及其关联犯罪案件证明中的适用与规制完善 [J]. 法学论坛, 2024, 39(02): 119-130.
- [6] 陆雪, 徐睿. 电信网络诈骗犯罪定性的实证研究——以某市147份刑事判决书为样本 [J]. 上海公安学院学报, 2021, 31(04): 37-44.
- [7] 中华人民共和国最高人民检察院. 电信网络诈骗的治罪与治理 [EB/OL]. (2024-01-16)[2026-03-20]. https://www.spp.gov.cn/spp/llyj/202207/t20220706_562146.shtml.
- [8] 丁红军, 尚欣. 电信网络诈骗犯罪治理研究 [J]. 中国人民警察大学学报, 2023, 39(12): 5-10.
- [9] 张启飞, 虞纯纯. 论电信网络诈骗犯罪的刑法规制 [J]. 法律适用, 2023(08): 74-82.
- [10] 席东升. 电信诈骗犯罪的经济学思考 [D]. 广西大学, 2022.
- [11] 赵雷, 陈红敏. 电信诈骗中青年受骗的影响因素和形成机制研究 [J]. 中国青年社会科学, 2022, 41(03): 102-112.
- [12] GASA. The global state of scams [R/OL]. (2025-12)[2026-03-20]. <https://gasa.org/knowledge-base/reports/global-state-of-scams-2025>.
- [13] 张伟豪, 徐茂洲, 苏荣海. 与结构方程模型共舞 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2020.
- [14] Huang, H., Barzizza, E., Ceccato, R., & Pesarin, F. Permutation tests for multivariate order-constrained testing problems [J]. Communications in Statistics-Simulation and Computation, 2025, 54(1), 267-282.
- [15] Pesarin F., Salmasso L. Permutation tests for complex data: theory, applications and software[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2010.

社会支持网络视角下乡村独居老人互助养老困境及优化路径——以烟台市村庄实地调查为例

陈炫逸

山东工商学院, 山东 烟台 264000

DOI:10.61369/ASDS.2026070015

摘 要 : 随着农村人口老龄化程度加深, 独居老人数量持续增长, 互助养老成为应对乡村养老困境的重要路径。本文基于社会支持网络理论, 以山东省烟台市3个村庄为田野调查点, 通过半结构式访谈和参与式观察, 从个人、家庭、社会、政府四个维度分析乡村独居老人互助养老的运行困境。研究发现, 个人层面存在互助意愿与能力不匹配, 家庭层面核心支持功能呈现“虚拟化”特征, 社会层面社区组织资源匮乏、非正式网络缺乏组织化, 政府层面政策供给与乡村内生需求出现脱节等问题。上述困境的根源在于正式与非正式支持系统衔接不畅, 以及行政逻辑与社区逻辑之间的冲突。针对以上问题, 本文提出建立需求反馈机制、培育本土化社会组织、构建多元主体协同治理格局等优化路径, 以推动乡村互助养老体系的完善与发展。

关 键 词 : 乡村独居老人; 互助养老; 社会支持网络; 需求层次; 困境

The Dilemma and Optimization Path of Mutual Support for the Elderly Living Alone in Rural Areas from the Perspective of Social Support Network — Taking the Field Investigation of Villages in Yantai City as an Example

Chen Xuanyi

Shandong Technology and Business University, Yantai, Shandong 264000

Abstract : With the deepening of the aging of the rural population and the continuous growth of the number of elderly people living alone, mutual support for the elderly has become an important way to deal with the plight of rural old-age care. Based on the theory of social support network, this paper takes three villages in Yantai City, Shandong Province as the field survey points, and analyzes the operation dilemma of mutual support for the elderly living alone in rural areas from the four dimensions of individual, family, society and government through semi-structured interviews and participatory observation. The study found that there is a mismatch between the willingness and ability of mutual assistance at the individual level, the core support function at the family level presents the characteristics of "virtualization," the community organization resources at the social level are lacking, the informal network is lacking in organization, and the policy supply at the government level is out of line with the rural endogenous demand. The root of the above dilemma lies in the poor connection between formal and informal support systems and the conflict between administrative logic and community logic. In view of the above problems, this paper proposes to establish a demand feedback mechanism, cultivate localized social organizations, and build a multi-subject collaborative governance pattern to promote the improvement and development of the rural mutual assistance pension system. .

Keywords : rural elderly living alone; mutual assistance for the aged; social support network; level of demand; dilemma

引言

中国农村当前正在经历意义深远的人口结构转型。第七次全国人口普查所得数据表明, 农村当中60岁、60岁以上的人口在总人口里所占的比例已经达到了23.81%, 这一比例远远高于城镇地区15.82%的水平。城镇化进程不断加快使得农村劳动力出现外流的情况, 大量农村家庭呈现出“空心化”的特点, 独居老人的数量一年比一年多。传统家庭养老的功能持续减弱, 农村养老服务的供给面临着

基金项目: 2025省级大学生创新创业训练项目 - 社会支持网络视角下乡村独居老人互助养老困境及优化路径——以烟台市村庄实地调查为例 (X2025116880058)。

作者简介: 陈炫逸, 山东工商学院, 本科在读, 专业: 会计学。

非常严峻的挑战。

针对这样的现实困境，互助养老作为一种成本较低且方式灵活多样的养老模式，受到了政府、社会组织、学术界的广泛关注。2019年发布的《国家积极应对人口老龄化中长期规划》明确指出要大力发展互助养老^[1]，各地随后相继出现了“幸福院”、“时间银行”、“邻里互助”等多种实践形式。这些新型的养老模式在一定程度上减轻了农村养老的压力，然而在实际运行过程中存在可持续性不足、参与度不高、服务内容单一等问题。

所以，“社会支持网络里的各个主体在满足乡村独居老人互助养老需求这件事情上，分别发挥了什么作用？存在哪些‘错位’与‘缺位’的情况？”成了急需给出答案并且加以解决的问题。本文将山东省烟台市的3个村庄作为田野调查的地点，运用社会支持网络理论建立起“个人—家庭—社会—政府”四维分析框架，通过质性研究的方法，考察乡村独居老人互助养老的运行困境、其背后深层的原因，进而提出具有针对性的优化路径。

一、乡村养老研究现状与理论基础

（一）乡村独居老人的养老需求

乡村老年人养老需求问题，学界已积累了较为丰富的成果。早期研究主要关注老年人的基本生存需求，像是饮食起居、医疗等物质方面的保障内容。随着研究的持续推进，学者们渐渐意识到老年人需求具备多层次的特性。马斯洛需求层次理论把人的需求按照从低到高的次序，划分成生理需求、安全需求、社交需求、尊重需求、自我实现需求这五个层次，这个理论框架在老年人需求分析领域获得了广泛的运用。白维军和王欢（2023）的研究发现农村老年人需求已经从单纯的生存保障^[2]，转变成了医疗照护、精神慰藉、社会参与等多元化的方向。郭静等（2023）通过对全国老年人孤独感影响因素展开分析表明^[3]，独居老人精神孤独的问题比较显著，超过60%受访独居老人称自己“常感孤独”。代秀亮（2025）进行的研究进一步显示^[4]，农村独居老人在医疗护理方面需求的满足率不足40%，远远低于城市水准。上述这些研究都表明，乡村独居老人养老需求展现出明显的复杂性与多层次性，仅仅依靠单一主体很难充分满足这些需求。本文把马斯洛需求理论和农村独居老人实际需求进行对应，建立了一个从生理需求到自我实现的分析框架，具体情况如图1所示。

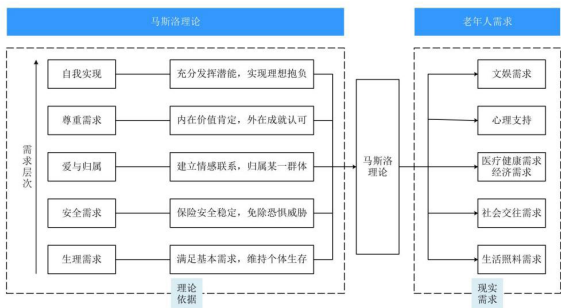


图1：马斯洛需求理论与农村独居老人现实需求

（二）互助养老模式

互助养老作为一种新型养老模式，近年来受到学术界的持续关注。从国际经验来看，德国的“多代屋”模式、日本的“社区互助”体系以及英国的“时间银行”实践，都为我国乡村互助养老的发展提供了有益借鉴。国内学者对互助养老的研究主要集中在

在模式总结、运行机制和效果评估等方面。严红（2024）对农村内生式互助养老的个案研究表明互助养老在降低养老成本增进邻里关系方面具有显著优势^[5]，但也面临资金短缺、管理松散等挑战。张世青（2024）通过对农村互助养老制度进路的分析发现政府主导型模式在资源动员方面效率较高^[6]，但社区参与度偏低；而社区内生型模式虽然参与度较高，但资源整合能力有限。李根等（2024）的研究则指出互助养老的可持续性取决于“普惠机制”的有效建立^[7]，即参与者能够在给予和获取帮助之间形成良性循环。

（三）社会支持网络理论及其分析框架

社会支持网络理论源于社会学和社会工作领域，强调个体通过社会网络获取物质帮助、情感支持和信息指导等资源。王辉（2023）将社会支持定义为个体从其所处的社会网络中获得的使其感到被关心^[8]、被爱和被尊重的资源与信息，并强调社会支持是农村互助养老长效机制的理论基础。陈义媛（2023）进一步区分了情感性支持^[9]、工具性支持、信息性支持和评价性支持四种类型，并指出农村社区的组织基础对各类支持的供给具有关键作用。在国内学界，汪龙鑫等（2024）将社会支持网络理论引入农村互助养老研究^[10]，发现社会网络规模和支持强度对老年人身心健康具有显著影响，并从结构—行动视角揭示了互助养老的行动逻辑。

综上所述，已有研究对乡村独居老人养老问题的探讨主要集中在需求分析、模式比较和政策建议等方面。部分学者从社会支持理论出发，考察了正式支持与非正式支持对老年人生活质量的影响。总体而言，现有研究多侧重于对单一支持主体的分析，缺乏从社会支持网络整体视角出发，对网络整体协同性的系统考察各主体之间的互动关系及其协同效果。社会支持网络理论强调，个体所获得的社会支持并非来自单一来源，而是由个人、家庭、社区、政府等多个主体构成的网络共同提供。当这一网络中的某些节点出现“断裂”或“缺位”时，个体的需求便难以得到有效满足。

本文在借鉴已有研究的基础上，构建“个人—家庭—社会—政府”四维分析框架。在这一框架中，“个人”维度关注独居老人自身的互助意愿与能力；“家庭”维度考察家庭成员提供的支持功能及其变化；“社会”维度分析社区组织、邻里关系等非正式社会网络的作用；“政府”维度审视政策供给、资金投入等正式支持系统的运行状况。四个维度并非彼此孤立，而是相互关联、

相互影响的有机整体。当某一维度的支持功能弱化时，其他维度能否有效“补位”，直接决定独居老人的需求满足程度。

二、研究方法 with 数据

(一) 研究方法

本文运用质性研究方法，把文献分析法、半结构式访谈法、参与式观察法当作主要的研究工具。质性研究方法适用于对复杂社会现象的理解，能够揭示定量研究不容易捕捉到的细节与过程。文献分析法用来梳理相关政策文件与已有研究成果，为研究给予理论支撑、背景信息。半结构式访谈法是本文的核心数据收集方式，借助设计开放性的访谈提纲，引导受访者围绕互助养老的参与体验、需求感知、困难评价等主题进行叙述。参与式观察法则用于记录村庄互助养老活动的实际运行情形，补充并且验证访谈信息。本研究设计了《互助模式下农村独居老人养老需求调查问卷》，问卷详细内容可见附录。问卷内容包括受访老人的基本情况、经济状况、健康状况、养老需求、互助意愿等维度。

(二) 田野点选择与数据来源

本文选取山东省烟台市福山区、牡平区和莱山区的3个村庄作为田野调查点。把烟台市当作调查对象，主要因为该市是山东省老

龄化程度较高的地级市之一，其农村独居老人问题很有代表性。并且，该市从2018年起就在不少村庄积极推进互助幸福院建设，积累了比较丰富的实践经验，可为研究提供充分的观察素材。

田野调查在2025年7月至8月这个时段进行，一共访谈了32人。其中，有18位独居老人（7位男性、11位女性，年龄在65至87岁之间），5名村干部，4名幸福院工作人员、5名村民代表。由于受访者身份特征和信息密度有差异，本研究对访谈时长做了差异化安排：因独居老人年纪大且精力有限，访谈大多在轻松的聊天氛围中进行，时长控制在30至40分钟。村干部、村民代表在村庄治理与公共事务这方面有所涉及，信息涵盖的维度比较广泛，访谈的时长大概是50分钟至60分钟，幸福院工作人员重点关注日常运营方面的细节，时长大概在40分钟至50分钟，所有的访谈都是在获得受访者同意之后进行录音，随后整理成为文字稿。参与式观察累计的时长大概是60小时，主要观察幸福院日常运营的情况、邻里互助活动的组织形式、村庄公共空间的利用状况。受访者基本信息如下表所示。

烟台市位于东部沿海地区，其农村经济发展水平、社会文化特征跟中西部地区存在差别。所以，本文的田野调查数据存在一定的地域局限性。本文的研究发现、结论需要结合具体的情境来理解，不适合简单地推广到所有乡村地区。

表：受访者基本信息

受访者类别	编号	人数	性别	年龄范围	访谈时长	主要访谈内容
独居老人	A01 - A18	18	7男11女	65 - 87岁	30 - 40分钟	互助养老参与体验、需求感知、困难评价
村干部	B01 - B05	5	—	—	50 - 60分钟	村庄养老现状、政策落实情况、互助养老组织管理
幸福院工作人员	C01 - C04	4	—	—	40 - 50分钟	幸福院运营状况、服务内容、工作困难
村民代表	D01 - D05	5	—	—	50 - 60分钟	邻里互助现状、村庄公共空间利用、社区参与意愿
合计	—	32	—	—	—	—

注：独居老人年龄范围为65 - 87岁，其余类别受访者年龄未作限定。“—”表示该栏目不适用或未收集。资料来源：根据田野调查资料整理。

三、研究发现

(一) 需求侧呈现多元化

经过田野调查可以发现，乡村独居老人的养老需求并非仅仅局限于基本的“温饱”问题，而是展现出了多层次的特点。

从生理需求层面来看，接受访问的老人普遍表示在日常起居方面存在困难。比如一位78岁的女性老人（编号 A03）说道：“我的腿脚不太好，做饭和洗衣服都很费劲，有时候一天就只吃一顿饭。”

在安全需求层面，医疗照护成为了最为突出的需求。不少老人提到，村庄距离乡镇卫生院较远，要是突然生病很难及时去就医。一位82岁的男性老人（编号 A07）表示：“最担心的就是半夜突然发病，身边连个能打电话求助的人都没有。”

在社交和情感需求层面，独居老人的孤独感非常强烈。在访谈过程中，超过半数的受访老人都主动提到了“孤独”“没人说话”等感受。一位编号为 A12 的71岁女性老人在访谈过程中多次

忍不住落泪说道：“孩子们都去外地打工了，一年也就回来一两次，平日里连个能上说上话的人都没有，有时候只能对着电视讲一整天的话。”

在尊重需求、自我实现需求层面，有一部分身体状况相对较好的低龄独居老人表达出了想要参与社会活动并且发挥自身余热的意愿。一位编号为 A15 的68岁男性老人讲道：“我现在还能干得动，如果能够去帮助其他老人，自己心里也会觉得挺有意义的。”

对各个层面的需求做综合分析之后，都能够表明，乡村独居老人的需求已经从单纯的生存保障朝着医疗、情感、社会参与等多样化的方向发生转变。这种需求结构所具有的复杂性，对互助养老的支持网络提出了更高的要求。

(二) 多主体协同支持网络的“断裂”与“低效”

1. 个人主体互助意愿与能力不匹配

调查发现，乡村独居老人对互助养老普遍持积极态度，18位受访老人中有15位表示“愿意参与互助活动”。但这种意愿在实际转化为行动时面临显著障碍。低龄老人（65至70岁）虽然互助意愿较强、身体状况相对较好，但往往需要照顾配偶或孙辈，时间和精力有限。一位69岁的老人（编号 A15）说：“我自己还有老伴要照顾，能帮别人的时间不多。”高龄老人（75岁以上）虽

然对互助服务的需求最为迫切，但自身身体状况限制了其参与互助的能力。一位83岁的老人（编号A09）坦言：“想帮忙也帮不动了，自己走路都费劲。”

这种“有意愿的没时间，有时间的没能力”的结构性矛盾，使得个人层面的互助供给严重不足。调查中还发现，部分老人对“互助”存在认知偏差，将其简单理解为“免费帮忙”，缺乏“互惠交换”的意识，这也影响了互助活动的可持续开展。

2. 家庭主体核心支持功能的“虚拟化”与“远距离”

家庭向来都是中国人养老时首要依赖的对象。然而在城镇化的背景状况下，农村家庭的养老支持功能出现了深刻的改变。在被调查的18位独居老人里，其中有14位老人的子女常年都在外地打工，平均每年回家看望老人的次数不到3次。家庭支持展现出显著的“虚拟化”特性，子女主要借助电话、微信视频等途径与老人保持联络，给予老人的是情感上的慰藉并非日常的照料。

一位76岁的女性老人（编号A05）说道：“孩子们打电话过来询问有没有吃饭、身体状况如何，可是在电话里他们没办法帮我做饭，也不能陪我去看病。”这样一种“远距离”的支持模式尽管在一定程度上缓解了老人情感上的孤独，但是却无法取代面对面的日常照料。当老人遭遇突发状况的时候，家庭支持缺失的问题就显得格外突出。一位村干部（编号B02）表示：“村里有个老人半夜摔倒了，打了好几个电话才联系上在外地的儿子，等儿子赶回来的时候已经是第二天了。”

家庭支持的弱化并非子女不孝顺，而是由结构性因素所造成的。城镇化带来的就业机会、子女自身面临的经济压力、农村公共服务不完善这几个方面，共同致使了家庭养老功能的弱化。

3. 社会主体社区组织资源匮乏与非正式网络缺乏组织化

社会层面的支持主要来自两个方面：一是以幸福院为代表的正式社区组织，二是以邻里关系为基础的非正式社会网络。调查发现，3个调查村庄虽已建立幸福院，但运营状况参差不齐。其中一个村庄的幸福院因资金短缺已处于半停运状态，仅能提供偶尔的棋牌活动；另一个村庄的幸福院则服务内容单一，主要以午餐供应为主，缺乏医疗护理、心理疏导等专业服务。一位幸福院工作人员（编号C02）坦言：“我们这里就两个工作人员，都是村里的妇女，没有受过专业培训，能做的很有限。”3个幸福院的运营资金主要依赖政府补贴和村集体收入，缺乏稳定的社会捐赠和自我造血机制。

在非正式社会网络方面，邻里互助仍是乡村独居老人获取日常帮助的重要渠道。但这种互助主要基于情感和地缘关系，缺乏组织化和制度化。一位村民代表（编号D03）说：“谁家老人有困难，邻居看到了会帮一把，这都是自发的，没有个固定的规矩。”随着村庄人口外流和社区交往的减少，传统的邻里互助网络也在逐渐弱化。

4. 政府主体政策供给与乡村内生需求脱节

政府是乡村互助养老的重要推动者和资源供给者。调查发现，政府在推动互助养老方面投入了大量资源，但政策供给与乡村实际需求之间存在明显脱节。

在政策制定方面，互助养老政策多采用“自上而下”的推

行方式，缺乏对乡村内生需求的充分调研。一位村干部（编号B01）反映：“上面下来的政策都是统一的标准，可每个村的情况不一样，有的村老人多、有的村老人少，一套标准管所有村，效果肯定打折扣。”在资金支持方面，政府的投入以“输血”为主，缺乏“造血”机制。3个调查村庄的幸福院每年获得的政府补贴在2万至5万元之间，这些资金主要用于基础设施维护和基本运营开支，难以支撑服务内容的拓展和质量的提升。一位村干部（编号B04）说：“补贴年年有，可就那么多，光维持运转就紧巴巴的，哪还有钱搞别的。”

在考核评价方面，政府对互助养老的考核偏重于硬件设施和覆盖数量等可量化的指标，对服务质量、老人满意度等软性指标关注不足。这种考核导向导致部分村庄在互助养老建设中存在“重建设、轻运营”的倾向。

四、讨论与结论

（一）核心发现

本文基于社会支持网络理论，从个人、家庭、社会、政府四个维度系统探究乡村独居老人互助养老的运行困境。研究发现，当前乡村独居老人的社会支持网络存在明显的“断裂”与“低效”现象。个人层面，互助意愿与能力之间存在结构性不匹配；家庭层面，核心支持功能呈现“虚拟化”和“远距离”特征；社会层面，正式社区组织资源匮乏，非正式网络缺乏组织化；政府层面，政策供给与乡村内生需求存在脱节。这些困境并非孤立存在，而是相互关联、相互强化的。家庭支持的弱化增加了对社会支持和政府支持的压力，而社会支持的不足又进一步加重政府的负担，形成一种“补位不足、错位叠加”的恶性循环。

（二）困境的深层原因

乡村独居老人互助养老所面临的运行困境能够通过两个方面来予以理解。正式支持系统跟非正式支持系统之间没能顺畅衔接是其直接缘由。在理想情形下，正式支持系统也就是政府、社区组织应该与非正式支持系统即家庭、邻里建立起互补关系。然而在实际状况中，二者之间欠缺有效的沟通、协调机制。政府所推行的互助养老政策常常绕过家庭、邻里等非正式网络，直接于社区方面建立正式组织，致使正式组织跟非正式网络之间出现“两张皮”的状况。

行政逻辑与社区逻辑之间存在的冲突是深层次原因。政府推动互助养老依照的是行政逻辑，侧重于统一标准、量化考核、效率优先。而乡村社区依照的是社区逻辑，注重人情关系、互惠交换、因地制宜。当行政逻辑在互助养老建设中占据主导时，政策往往很难契合乡村的实际需求，从而造成“上面热、下面冷”的尴尬情形。这一发现和张世青（2024）关于“政府主导型模式社区参与度偏低”的研究结论相互呼应^[7]，不过本文进一步揭示了这种脱节的内在机制，也就是两种逻辑之间的张力。

（三）优化路径

基于上述发现和讨论，本文提出以下优化路径。在政府层面，应建立自下而上的需求反馈机制。政策制定前应充分调研乡

村独居老人的实际需求，允许各村根据自身情况制定差异化的实施方案。考核评价应从偏重量化指标转向兼顾服务质量、老人满意度等软性指标。资金投入应从单纯的“输血”转向培育“造血”功能，如支持幸福院开展适度的有偿服务、引入社会企业运营模式等。

在社会层面，应着力培育本土化社会组织。可以发掘和培养村庄内部的“积极老人”和“热心村民”，将其组织起来成为互助服务的骨干力量。同时，应促进正式组织与非正式网络之间的衔接，将邻里互助纳入幸福院的管理体系，为自发互助提供组织保障和激励支持。本文构建了“政府—社会组织—公众”三元协同的农村互助养老社会参与机制框架，如图2所示，强调三方应在各自合理定位的基础上形成双向促进的良性循环。

在家庭和个人层面，应探索“远程照料+本地互助”的协同模式。鼓励子女通过技术手段（如远程健康监测设备）参与老人日常照护，同时依托社区互助网络提供面对面的日常服务。对于有互助意愿和能力的低龄老人，可以通过“时间银行”等制度设计，将其互助行为转化为可积累、可兑换的社会资本，从而提升互助的可持续性。

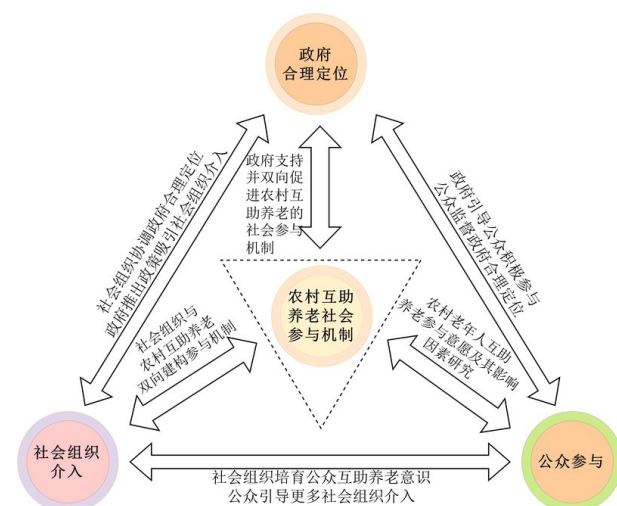


图2：农村互助养老社会参与机制框架

（四）研究局限与展望

本研究虽然构建了农村互助养老社会参与机制框架，但仍存在一定的局限性。首先，田野调查仅涉及山东省烟台市的3个村庄，样本规模较小且地域集中，烟台市作为东部沿海地区，其经济发展水平与社会文化特征与中西部农村存在差异，研究结论的推广性受到一定限制。其次，研究以质性方法为主，侧重于对困境的深度描述与机制阐释，未能对四个维度间的相互关系进行量化检验。再次，受访者的回忆和叙述可能存在主观偏差，社会期望效应及研究者身份亦可能影响数据的客观性。

未来研究可选取东、中、西部不同区域的村庄开展比较研究，检验结论的跨区域适用性；采用混合研究方法，引入量化分析对社会支持网络各维度关系进行检验；并且考虑开展纵向追踪研究，考察互助养老政策的长期效果。

附录一 互助模式下农村独居老人养老需求调查问卷

互助模式下农村独居老人养老需求调查问卷

调研说明：您好！我是山东工商学院的学生，首先请原谅打扰了您的工作和休息。该问卷是乡村互助养老研究的一部分，希望得到您的支持与帮助。这将花费您一点时间，我们保证对您的信息保密，由衷的感谢您的合作！

一、您的基本情况

1. 您的性别
A 男 B 女
2. 您的年龄（岁）
A 60-64 B 65-69 C 70-74 D 75-79 E ≥80
3. 您的文化程度
A 小学及以下 B 初中 C 高中或中专 D 大学及以上
4. 您目前的身体状况
A 很好（还可以照顾别人）
B 较好（一般不需要别人照顾）
C 一般（有时候需要别人照顾）
D 较差（完全需要别人照顾）
5. 您的主要出行情况
A 无法外出 B 自主
C 拐杖 D 轮椅
E 其他_____
6. 您的主要出行时间段
A 早晨 6-8 点 B 上午 8-10 点
C 中午 10-13 点 D 下午 13-16 点 E 晚上 16-20 点
7. 您的主要出行距离（单程）
A 步行 10 分钟以内 B 步行 10-20 分钟 C 步行 20-30 分钟
D 步行 30 分钟以上 E 几乎不出行
8. 您能接受的最远出行距离（单程）
A 步行 10 分钟内
B 步行 10-20 分钟
C 步行 20-30 分钟
D 步行 30 分钟以上
E 几乎不出行
9. 您的主要经济来源[多选题]
A 退休金（养老保险金）
B 股份红利/房屋租金等 C 子女赡养 D 老伴供养
E 仍在工作获得劳动报酬 F 务农 G 政府低保/福利补贴

1

10. 您最理想养老状态

- A 单独在家养老 B 和老伴共同生活 C 和子女共同生活
D 入住福利院/敬老院
E 在家养老，村民互助解决生活困难
F 其他_____

二、您的需求情况

11. 在以下生活服务类设施中，请选出您最需要的 1-3 项[多选题]
A 商店、超市 B 理发店
C 快递驿站 D 老人文娱乐场所 E 老年餐桌
12. 您希望在文化设施内开展什么活动？
A 广场舞 B 宗教活动 C 棋牌 D 聊天 E 阅读 F 健身、保健
13. 在以下医疗康复类设施中，选出您最需要的一项
A 卫生室/社区卫生服务站
B 医院/养老院
14. 在以下养老服务类设施中，请选出您最需要的 1-2 项[多选题]
A 老年公寓 B 敬老院 C 养老院
15. 您希望在以上养老服务设施内享受哪种服务？[多选题]
A 就餐送餐
B 短暂照护
C 日间服务
D 长期居住
E 其他_____
16. 在日常生活中，选出您最需要的服务类型[多选题]
A 无障碍设施改造 B 陪同看病 C 帮助购物 D 定期体检
E 休闲娱乐 F 再就业 G 社会活动 H 日托服务 I 紧急救助
J 心理护理 K 康复锻炼 L 家政维修 M 医疗保健 N 生活照料
17. 在您接受上述服务时，在身体情况允许下是否愿意为其他老人提供帮助。
A 是 B 否
18. 您平时生病在哪里就医（ ）
A 县级以上医院 B 乡镇卫生院 C 村卫生室 D 私人诊所
19. 您享受到的医疗保健服务（ ）【可多选】
A 定期体检 B 陪同就医 C 上门看病
D 紧急救援 E 康复护理 F 健康知识讲座
20. 您享受到的精神慰藉服务（ ）【可多选】
A 谈心聊天 B 相互慰问和心理疏导 C 民间信仰 D 文体娱乐

三、乡村养老互助模式参与情况

2

21. 您所在的村委会是否进行过关于农村互助幸福院的宣传。
A 有 B 没有
22. 您会有孤独感吗？
A 经常 B 有时 C 从不
23. 您对互助幸福院的参与现状是
A 已参与 B 未参与
24. 您认为参加互助幸福院的原因是什么
A 独居很孤单 B 家庭关系不和谐 C 不想给子女造成负担
D 老年人更容易交流 E 村集体宣传到位
25. 您认为农村互助幸福院吸引您的是哪方面
A 精神慰藉方面（比如子女常年不在身边）
B 生活环境方面（比如同龄人易交流）
C 资金支持方面（比如养老院花钱少）
D 社会参与方面（比如义工活动丰富）
E 医疗保障方面（比如村卫生室定期巡诊）
26. 您认为农村互助幸福院的最大的缺点是什么
A 精神慰藉方面（比如远离子女）
B 生活环境方面（比如基础设施差）
C 资金支持方面（比如资金分摊及去向不明）
D 社会参与方面（比如志愿服务次数很少）
E 医疗保障方面（比如冲突事件责任认定不明）
27. 您最希望农村互助幸福院给予哪些社会支持
A 精神慰藉方面（比如建立与子女沟通桥梁）
B 生活环境方面（比如增设娱乐设施）
C 资金支持方面（比如减免部分日常花销）
D 社会参与方面（比如吸引志愿者和公益性组织）
E 医疗保障方面（比如增加医疗知识指导、心理咨询）

参考文献

[1] 国务院办公厅. 国家积极应对人口老龄化中长期规划 [Z]. 国发〔2019〕25号, 2019.

[2] 白维军, 王欢. 分层分类: 我国农村养老服务的制度创新与路径构建 [J]. 中国行政管理, 2024(3): 91-98.

[3] 郭静, 罗瑞, 郭宇濛, 徐艺珊, 朱琳. 我国60岁及以上老年人孤独感影响因素分析 [J]. 中华流行病学杂志, 2023, 44(7): 1086-1091.

[4] 代秀亮. 农村互助养老: 社会基础、历史演进与发展路径 [J]. 社会保障评论, 2025, 9(2): 97-110.

[5] 严红. 农村内生式互助养老可持续发展的实践逻辑研究 [J]. 农业经济问题, 2024(3): 103-115.

[6] 张世青. 从冲突到协调: 农村互助养老可持续发展的制度进路 [J]. 济南大学学报(社会科学版), 2024, 34(1): 114-123.

[7] 李根, 李腾飞. 不确定性共担: 农村互助养老的实践逻辑及其类型化研究 [J]. 人口研究, 2024.

[8] 王辉. 农村互助养老长效机制: 理论建构与实现路径 [J]. 南京社会科学, 2023(2): 65-75.

[9] 陈义媛. 农村社区互助养老的组织基础研究 [J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2023, 23(3): 68-78.

[10] 汪龙鑫, 钟丹, 陈涛. 重构社会基础: 结构—行动视角下农村互助养老的行动逻辑 [J]. 人口研究, 2024.