

数据驱动的乡村新质生产力碳减排创新应用： 动态评估与统计优化

邬斯锦, 关俊文*

广州理工学院, 广东 广州 510540

DOI:10.61369/SE.2026040009

摘 要： 在“双碳”目标与乡村振兴战略背景下，农村新质生产力以科技创新为核心，成为推动农业绿色低碳转型、实现碳减排的关键力量。本文基于 2012—2022 年中国 31 个省份面板数据，构建农村新质生产力与碳排放指标体系，采用熵权 TOPSIS 法完成综合评价，通过 K-means 聚类将区域划分为 A、B、C 三类，结合正交实验与支持向量机回归（SVR），量化分析农村新质生产力对碳减排的影响机制。结果显示 A 类适合提升劳动者效率与劳动资料智能化，B 类侧重劳动力高效利用与资源结构优化，C 类以技术减耗与设施升级为核心。研究证实农村新质生产力对碳减排具有显著赋能作用，为差异化制定农村绿色发展政策、推动乡村新质生产力与碳减排协同提升提供实证依据。

关 键 词： 农村新质生产力；熵权 TOPSIS 评价；K-means 聚类；SVR 回归模型

Data-Driven Innovative Applications of Carbon Emission Reduction in Rural New Quality Productive Forces: Dynamic Evaluation and Statistical Optimization

Wu Sijin, Guan Junwen*

Guangzhou Institute of Technology, Guangzhou, Guangdong 510540

Abstract: Against the backdrop of the "Dual Carbon" goals and rural revitalization strategy, rural new quality productive forces, driven by technological innovation, are pivotal to advancing low-carbon agricultural transformation. Using 2012–2022 panel data from 31 Chinese provinces, this study constructs an indicator system for rural new quality productive forces and carbon emissions, conducts a comprehensive evaluation via the entropy-weighted TOPSIS method, classifies regions into three categories through K-means clustering, and quantifies the impact mechanism of rural new quality productive forces on carbon emission reduction with orthogonal experiments and support vector machine regression (SVR). The results reveal differentiated optimization paths: Category A focuses on labor efficiency and intelligent labor materials, Category B on efficient labor utilization and resource structure optimization, and Category C on technological emission reduction and facility upgrading. This study confirms the significant empowering effect of rural new quality productive forces on carbon reduction, providing empirical support for formulating differentiated rural green development policies.

Keywords: rural new quality productive forces; Entropy-weighted TOPSIS Evaluation; K-means Clustering; SVR Regression Model

引言

《药品生产质量管理规范》（Good Manufacture Practice，简称 GMP）是药品生产和质量管理的基本准则，是确保药品质量符合预定用途和注册要求的重要规范。生物制药企业的产品质量直接关系到公众的生命健康和安全，因此，基于 GMP 规范优化质量管理体系具有极其重要的意义。

项目基金：本文系 2025 年校级大学生创新训练计划项目“数据驱动的乡村新质生产力碳减排创新应用”成果，编号：CX202544。

作者简介：邬斯锦（2004—），男，汉族，广东河源，本科，学生，研究方向：计算机科学。

通讯作者：关俊文（2001—），男，汉族，广东惠州，本科，广州理工学院辅导员，研究方向：思想政治教育。

一、研究背景

（一）研究背景

随着全球气候变化问题日益严峻，碳减排成为各国发展的重要目标。

（二）研究目标

本文旨在探讨农村新质生产力的发展对农村碳减排效应的赋能作用。

二、研究设计

（一）农村新质生产力组成

相较于传统生产力理论框架下的三要素，农村新质生产力^[1]展现出了显著的质变特性，这一变革在农业领域内尤为鲜明。

（二）劳动者体系构建

教育赋能指数、技术普及率、科研人员密度、人均收入、第一产业人均产值、劳动力流失情况。

（三）劳动对象体系构建

本文参考了乔均、台德进等学者^[2]的研究，建立森林面积占比、环保财政贡献度、农业污水污染指标、抗灾害能力。劳动资料体系：互联网普及率、智能化普及程度、数字普惠金融投资、基础交通、数字设施、科研投入、电气化水平、农林牧渔水平、医疗水平。

（四）劳动资料体系构建

种植业、交通建筑、工业生产、废弃物处理、电力供热制冷。

（五）农村碳排放体系构建

本文以公式：

$$E = \sum E_i \sum T_i \times \varepsilon_i \tag{1}$$

测算种植业碳排放，并构建包含种植业、交通建筑、工业生产、废弃物处理、电力供热制冷的农村碳排放体系。

$$L_{16}(3^4) \tag{2}$$

（六）正交实验设计

正交试验^[3]，采用正交表，设置劳动者、劳动对象、劳动资料三因素，各取±10%、±20%四水平，生成16种发展情景，模拟不同要素组合对碳排放的影响。

三、数据预处理

（一）数据来源

本文所采用到的数据均来自于中国统计年鉴、中国农村统计年鉴、中国农业年鉴、国家统计局和EPS数据库，选取中国31个省份自2012年到2022年的指标数据。

（二）数据预处理

本文收集到的数据当中，发现存在多处缺失值^[4]的情况，

为了更加有效且精准地填补缺失数据，我们采用决策树填补缺失值。

四、模型原理

（一）K-means 聚类模型原理

K-means 聚类模型^[5]是一种广泛应用于数据挖掘和机器学习领域的无监督学习算法。

（二）支持向量机回归模型原理

支持向量机通过最大化间隔思想解决分类或回归任务的方法，本文应用了支持向量机回归 (SVR) 来对模型进行求解。

五、区域分类

（一）熵权 TOPSIS 评价分析

本文旨在针对农村新质生产力的三大构成部分进行综合评价，通过运用熵权法来计算各个评价指标的信息熵，从而揭示各指标在决策过程中的贡献程度。

在 TOPSIS 评价模型下，31 个省份的整体评价情况如图 1 所示。

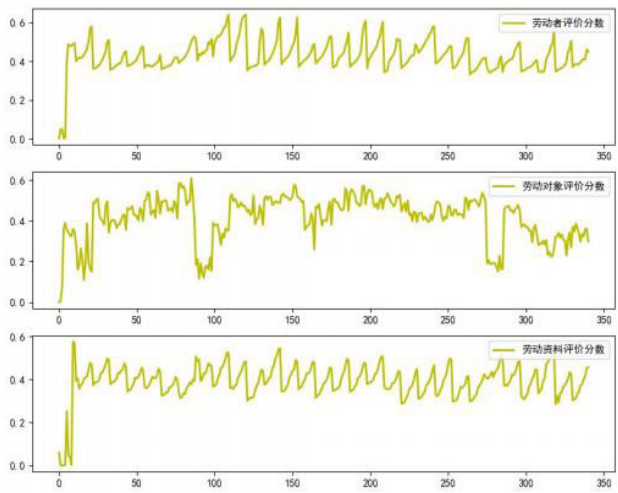


图 1 31 个省份劳动者、劳动对象与劳动资料的评价情况折线图

在运用 TOPSIS 评价模型对 31 个省份进行评估时，我们发现劳动者和劳动资料的评价分数普遍集中在 0.3 至 0.6 的区间内，而劳动对象的评价分数则呈现出较为分散的分布状态，不过其大多数省份的评分均超过了 0.4。

（二）K-means 分类

为了更全面地理解农村新质生产力在不同地区对农村碳减排影响的差异性，本文依据熵权 TOPSIS 评价的结果，采用 K-means 聚类分析方法，将所收集的地区数据科学地划分为 A、B、C 三类区域。我们通过分析特征值的划分情况（如图 3 所示）以及这些区域在地理位置上的分布情况（如图 4 所示），来深入解析和阐述这一分类的结果。

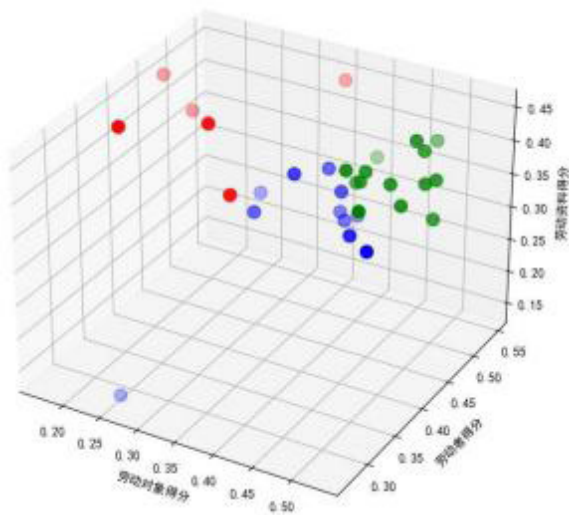


图2 空间分布情况



图3 地理位置分布情况

由图2可知，A类区域得分较高，集中于z轴高位；B类得分中等，分布在x、y轴中部；C类得分较低，集中于z轴低位及x、y轴边缘，三类群组在三维空间中分布相对集中。由图3可见，三类区域地理分隔明显：A类集中于西北部，B类集中于东北部，C类广泛分布于中部与西南部。

六、基于SVR回归分析

（一）各变量描述性统计

基于k-means聚类将研究区域划分为A、B、C三类，对三类区域劳动者、劳动对象、劳动资料的TOPSIS得分进行统计分析，结果显示A类劳动者得分偏低、略右偏，劳动对象得分高、略右偏，劳动资料得分接近劳动对象但明显左偏；B类劳动者得分提升但左偏，劳动对象得分低、左偏显著，劳动资料得分最低、强左偏；C类劳动者得分最高、略左偏，劳动对象得分较

高、略右偏，劳动资料得分偏低但分布相对对称。

（二）A类区域回归分析

本文采用支持向量机回归（SVR）建模，选取径向基函数（RBF）作为核函数，以农村标准碳排放量为目标值，劳动者、劳动对象、劳动资料为特征值，通过调优gamma与C参数，构建最优SVM模型，实现对农村碳排放的精准预测（如图4所示）。

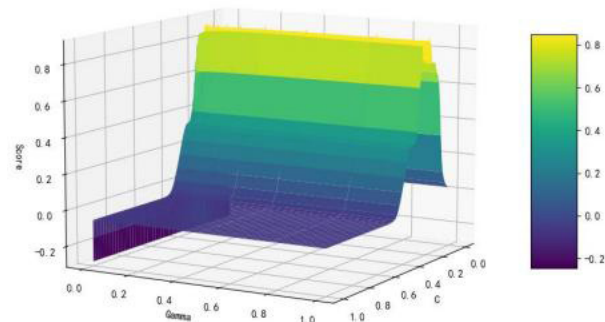


图4 A类区域支持向量机回归训练过程图

根据图4所示的信息，最终准确率R2高达90.63%。在此基础上，本文利用已经训练好的模型，结合正交实验设计出的16种数据波动情景，对A类区域农村新质生产力如何影响其区域农村碳排放进行了深入分析，具体结果如图6所示。

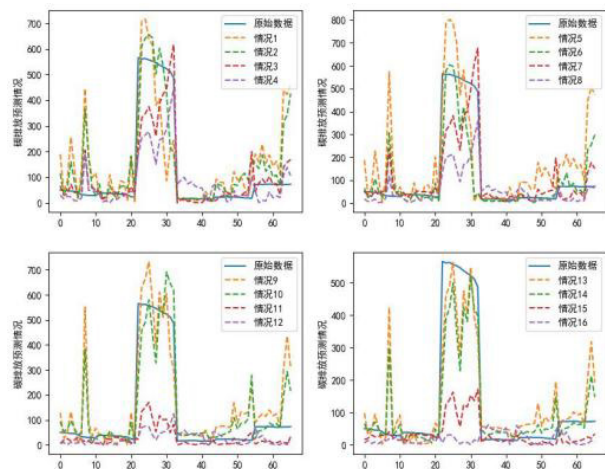


图5 A类区域16种数据波动预测情况

由图5可知，A类区域碳排放最低的4种情景为2、8、12、16组：适度调整劳动者比例（增减10%~20%），配合劳动对象减少10%~20%、生产资料相应增加10%~20%，可有效降低农村碳排放。

（三）B类区域回归分析

针对B类区域，本文同样采用支持向量机回归模型建模，选取RBF作为核函数以确立模型架构与决策边界，其训练阶段的最高准确率如图6所示。

由图6可得，最终准确率R2高达92.3%。结合正交实验设计出的16种数据波动情况如图7所示。

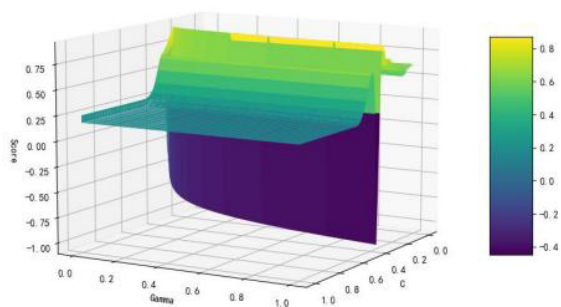


图 6 B 类区域支持向量机回归训练过程图

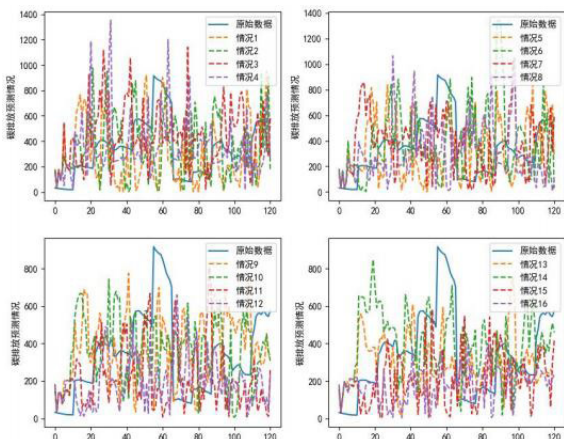


图 7 B 类区域 16 种数据波动预测情况

由图 7 可知，B 类区域最低碳排放多出现于劳动者比例为 $\pm 10\%$ 的情景，尤其劳动者比例 -10% 、劳动对象与生产资料配置适当时（如情景 9-12），减排效果显著；将劳动者、劳动对象、生产资料比例同步下调（如从 20% 降至 -20% 、 -10% 、 -20% ，对比情景 1 与 7），可有效降低碳排放。

（四）C 类区域回归分析

对于 C 类区域的分析，本文采用了以 RBF 为核函数的支持向量机回归模型来进行建模与深入解析。该模型在训练过程中所实现的最高准确率，如图 9 所示。

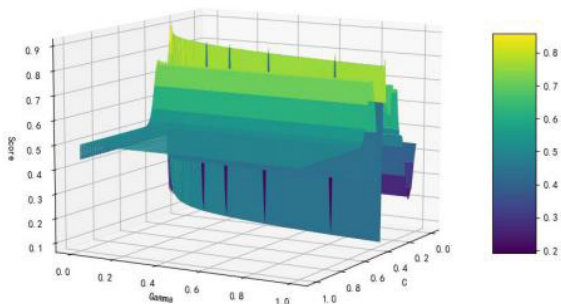


图 8 C 类区域支持向量机回归训练过程图

根据图 8 所示的结果，可得模型的准确率 R^2 高达 91.97%。此外，通过正交实验设计的 16 种不同的数据波动情况进行分析，如图 10 所示。

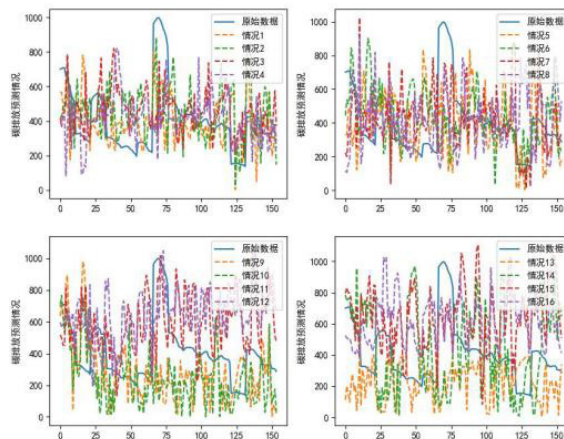


图 9 C 类区域 16 种数据波动预测情况

由图 9 可知，C 类区域劳动者比例从 20% 降至 -20% 时，碳排放量呈显著下降趋势，尤其 10% 至 -10% 区间减排效果突出；劳动者比例为 20%、10% 时，劳动对象与生产资料同步降至 -20% （情景 4、8），可实现较低碳排放；劳动者比例 -20% 至 -10% 为最优减排区间，且劳动对象、生产资料比例需与劳动者比例负相关调整，同步降低以实现最优减排。

七、结论与建议

（一）结论

1. 通过 A 类区域分析可知，劳动者素质与生产效率提升推动农业集约化转型，配合生态环境改善，可有效降低碳排放。
2. 通过 B 类区域分析可知，需合理调配劳动力、优化资源利用、严控生产资料过度投入，以实现减排目标。
3. 通过 C 类区域分析可知，应依托精准农业与智能技术提升资源利用效率，完善基础设施与人才支撑，构建低碳农业体系

（二）建议

1. 明确差异化协同发展路径，以创新、资源整合与政策引导推动低碳转型；
2. 强化人才培养与低碳技术创新，为农村新质生产力发展提供支撑；
3. 优化农业产业结构与布局，发展绿色农业，实现生产与生态和谐共生。

参考文献

- [1] 汝绪华, 刘圣娟. 农业新质生产力赋能乡村振兴的内在机理与实现路径 [J/O L]. 合肥工业大学学报 (社会科学版), 1-10[2024-12-07].
- [2] 乔均, 台德进, 邱玉琢. 农业新质生产力赋能农业碳减排的机理与效应 [J]. 当代经济管理, 2024, 46(12): 42-55.
- [3] 曹俊昌, 石颖, 胡艳红, 等. 基于正交实验设计补阳还五汤水提液对高糖培养视网膜血管内皮细胞活性影响 [J]. 福建中医药, 2023, 54(11): 55-58.
- [4] 岳根霞, 刘金花, 刘峰. 基于决策树算法的医疗大数据填补及分类仿真 [J]. 计算机仿真, 2021, 38(01): 451-454+459.
- [5] 唐蕾, 邱磊, 俞佳慧, 等. 基于 PCA 算法和 K-means 聚类算法的药品库存分类管理 [J/OL]. 医药导报, 1-8[2024-12-07].