

新能源汽车协同效应与发展路径：基于耦合协调与随机森林分析

王宇琪

上海对外经贸大学 统计与数据科学学院，上海 201620

DOI:10.61369/ASDS.2026040008

摘要： 随着全球能源转型与环境保护需求的加剧，新能源汽车产业已成为推动社会可持续发展的重要引擎。本研究首先构建新能源汽车—生态环境系统耦合协调度模型，量化二者协调程度及时间演变规律；进而，构建“环境质量—能源结构—经济水平—技术创新”四维度预测框架，结合随机森林与 SHAP 可解释性方法识别关键变量的作用路径。研究发现，新能源汽车发展与生态环境改善存在显著协同效应，且清洁能源基础设施与经济技术水平是核心驱动力。本研究为制定差异化的产业政策、优化基础设施布局与激励机制提供了实证依据与决策参考。

关键词： 新能源汽车；耦合协调度模型；随机森林；SHAP

Synergy Effects and Development Paths of New Energy Vehicles: Based on Coupling Coordination and Random Forest Analysis

Wang Yuqi

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

Abstract： With the intensifying global energy transition and environmental protection demands, the new energy vehicle industry has become a vital engine driving sustainable social development. This study first constructs a coupling coordination degree model for the new energy vehicle–ecological environment system, quantifying their coordination level and temporal evolution patterns. Subsequently, a four-dimensional predictive framework encompassing "environmental quality–energy structure–economic level–technological innovation" is established. Combining random forest and SHAP explainability methods, the study identifies the causal pathways of key variables. Findings reveal a significant synergistic effect between new energy vehicle development and ecological environment improvement, with clean energy infrastructure and economic–technological level serving as core drivers. This research provides empirical evidence and decision-making references for formulating differentiated industrial policies, optimizing infrastructure layout, and refining incentive mechanisms.

Keywords： new energy vehicles; coupling coordination degree model; random forest; SHAP

引言

近年来，随着全球能源危机和环境问题的日益突出，新能源和节能领域获得广泛关注。中国政府将新能源汽车作为战略性新兴产业的重点发展方向，并制定了一系列政策措施来推动其发展。其中，《节能与新能源汽车技术路线图2.0》和《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》提出力争到2035年纯电动汽车成为新销售车辆主流。

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指引，围绕创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念。我国新能源汽车发展在核心技术创新、能源供给适配、空气污染协同治理、与经济市场深度融合等方面仍存在短板，亟待进一步强化。从现有研究来看，学界多聚焦单一政策或技术路径的直接影响，缺乏对“技术—能源—环境—经济”多维度机制分析，系统进行新能源汽车保有量和生态环境协同演进的长期影响和预测分析。

基于上述背景，本文首先利用耦合协调度模型分析新能源汽车系统与生态环境系统的协同演进特征及驱动因素；继而基于随机森林模型对新能源汽车保有量进行多维度预测，并结合 SHAP 值解释方法量化各变量的边际贡献；最后提出针对性政策建议，以期为我国新能源汽车与生态环境的协同发展与可持续路径提供决策参考。

一、文献综述

近年来,新能源汽车(NEV)与生态环境的发展关系成为多学科交叉研究的热点。徐宗煌(2025)^[1]通过构建新能源汽车与生态环境评价指标体系,并结合运用博弈论组合赋权模型、模拟退火模型等模型对2010—2021年中国新能源汽车与生态环境耦合协调发展水平进行分析。潘苏楠(2019)基于生态系统视角对新能源汽车可持续发展进行综合评价以及影响因素分析^[2],通过构建障碍度模型识别影响我国新能源汽车产业发展的障碍因素有行业发展环境可持续化等。张锦程等人(2022)通过构建新能源汽车创新生态系统的“结构-种群-环境”演化分析框架^[3],发现我国新能源汽车产业政策变迁与创新生态系统演变是一个协同演化的过程。

在新能源汽车预测领域,多维度框架逐渐取代单一经济驱动模型。王达等人(2020)^[4],通过随机森林模型提升系统性风险识别的准确性,并利用SHAP值揭示关键风险驱动因素,结果表明随机森林模型对系统性风险的识别显著优于传统的逻辑回归模型,采用Shapley值和作用力图展示不同特征变量的边际贡献。

SHAP值可以量化变量对预测结果的贡献度,能够提高机器学习模型的可解释性(Joseph, 2019; Bracke et al., 2019)^[5,6]。陈小昆等人(2022)引入SHAP框架增强模型可解释性^[7],综合四种模型特征重要性排序结果。罗妍等人(2022)将4种机器学习模型进行比较^[8],并引入SHAP模型用于提供个性化评估和解释。

目前已经有许多学者对新能源汽车方面进行研究,但有关生态环境系统与新能源汽车系统的协调发展以及保有量预测较为单一,故本研究还有一定的探索空间。本研究通过构建两大系统九大指标对协调关系进行分析,进而识别系统重要指标,给予一定的政策建议。同时本文通过构建随机森林模型对新能源汽车保有量进行预测,并引入SHAP值增加模型的可解释性。

二、理论方法介绍

(一) 耦合模型介绍

在物理学中,耦合^[9]是指两个(或两个以上的)系统或运动形式通过各种相互作用而彼此影响的现象。其中耦合度就是衡量系统间相互作用程度的大小,如果系统间相互配合则为良性耦合。协调则反映系统间共同发展的有序状态。协调度是度量系统之间或系统内部要素之间在发展过程中彼此和谐一致的程度,体现了系统由无序走向有序的趋势^[10]。耦合协调度模型就是反映多个系统之间的协同发展水平,常用于评估多个系统的综合效益问题^[11]。本文基于新能源汽车-生态环境系统构建耦合协调度模型,通过非线性耦合关系捕捉系统间动态平衡。两系统表现出耦合和协调发展的关系如下图所示。

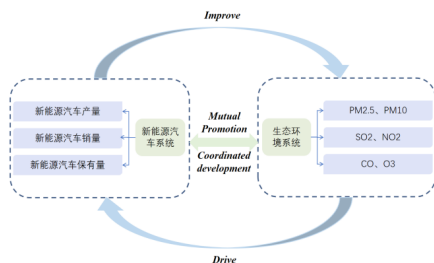


图1：新能源汽车与环境的耦合协调机制

(二) 耦合协调度计算方法

1. 数据标准化处理

为了消除量纲差异,需要对新能源汽车系统内指标 x_i 与生态环境系统内指标 y_i 进行标准化处理,处理方式如下:

$$x'_i = \begin{cases} \frac{x_i - \min\{x_i\}}{\max\{x_i\} - \min\{x_i\}} & (\text{正向指标}) \\ \frac{\max\{x_i\} - x_i}{\max\{x_i\} - \min\{x_i\}} & (\text{负向指标}) \end{cases} \quad (1)$$

$$y'_i = \begin{cases} \frac{y_i - \min\{y_i\}}{\max\{y_i\} - \min\{y_i\}} & (\text{正向指标}) \\ \frac{\max\{y_i\} - y_i}{\max\{y_i\} - \min\{y_i\}} & (\text{负向指标}) \end{cases} \quad (2)$$

2. 确定组合权重及子系统综合评价值

参照徐宗煌(2025年)^[1]关于新能源耦合协调发展及驱动因素的研究,本文使用博弈论组合赋权。这是通过优化模型平衡主客观权重差异,寻求使组合权重与各方法权重偏差最小的均衡解。本文综合主客观权重,采取阶关系分析法(ORA)以及熵权法^[12]确定组合权重大小。其中ORA^[13]是一种基于解析层次的主观加权方法。客观权重采取熵权法,是根据每个指标的相对变化对整个系统的影响来计算指标权重系数^[14,15]。具体步骤如下。

(1) 构建权重矩阵:

设主观权重向量为 w^{ORA} ,客观权重向量为 $w^{Entropy}$,则组合权重表示为:

$$w = \alpha \cdot w^{ORA} + \beta \cdot w^{Entropy} \quad (3)$$

其中 $\alpha + \beta = 1$, $\alpha, \beta \geq 0$ 。

(2) 目标函数最小化:

$$\min \left(\alpha^2 \cdot \|w^{ORA}\|^2 + \beta^2 \cdot \|w^{Entropy}\|^2 \right), s.t. \alpha + \beta = 1. \quad (4)$$

(3) 求解最优系数:

$$\alpha = \frac{\|w^{Entropy}\|^2}{\|w^{ORA}\|^2 + \|w^{Entropy}\|^2}, \beta = 1 - \alpha. \quad (5)$$

(4) 组合权重计算:

$$w_i = \alpha \cdot w_i^{ORA} + \beta \cdot w_i^{Entropy} \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (6)$$

(5) 系统综合评价值计算:

$$U_k = \sum_{i=1}^n w_i x'_i. \quad (7)$$

其中, $U_k(k=1,2)$ 分别代表新能源汽车系统和生态环境系统。

3. 耦合度(C)、综合发展指数(T)及协调度(D)计算

$$C = \frac{2\sqrt{U_1 \cdot U_2}}{U_1 + U_2}, T = \alpha U_1 + \beta U_2, D = \sqrt{C \cdot T}. \quad (8)$$

其中, $\alpha + \beta = 1$, $D \in [0,1]$ 。

(三) 随机森林模型

随机森林(Random Forest)是一种基于决策树的集成学习算

法，由 Leo Breiman 和 Adele Cutler 于 2001 年^[16]提出。它通过构建多棵决策树，在树的每个节点通过选择最优的分裂特征不停地进行分类，直到达到建树的停止条件，显著降低单棵决策树过拟合的风险，通过降低方差来提高模型的泛化能力。同时，随机森林对噪声和缺失数据表现出强容忍度。

本文对比多元回归、XGBoost 等众多预测模型算法后，选取随机森林模型对新能源汽车保有量进行预测。由于“汽车保有量”数据具有明显的时间依赖性，因此在自变量中纳入汽车保有量的滞后一期观测值，以捕捉时间序列的动态特征。

在建模前，模型使用 StandardScaler 进行列向标准化消除量纲差异^[17]。数据分割采用分层抽样策略，基于时间先后将数据集按 7:3 划分为训练集与测试集，确保样本分布一致性。设定因变量 z 为“汽车保有量”，自变量 x 为除“汽车保有量”外的其他变量以及汽车保有量滞后值 z_{t-1} 。使用下式表示：

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_{13}, z_{t-1}\}, z = \text{汽车保有量} \quad (9)$$

为了消除不同变量量纲带来的影响，对自变量 x 使用标准化转换，其中 μ 表示均值， σ 表示标准差：

$$X_{std} = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (10)$$

文本通过构建多棵决策树并集成其预测结果来降低过拟合风险。其预测结果为所有树的均值。其中 $T_k(x)$ 表示第 k 棵树的预测值， K 为树的总数：

$$\hat{z} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K T_k(x) \quad (11)$$

三、实证分析

（一）耦合协调度指标与描述性统计

根据新能源汽车、生态环境两系统的作用原理以及指标数据可获得性、可比性、整体性、代表性等构建如下表各系统指标构建，数据来源于 CSMAR 数据库以及中国汽车工业协会的中国新能源汽车产量和销售数据（月）（2022—2005 年）、中国各省空气质量 API 数据（2022—2014 年）。其中新能源汽车保有量即为新能源汽车销量累加数据。

表 1：新能源汽车 - 生态环境系统指标构建		
体系	主要指标	符号说明
新能源汽车系统	新能源汽车产量（辆）	x_1
	新能源汽车销量（辆）	x_2
	新能源汽车保有量（辆）	x_3
	PM2.5 排放量（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	y_1
生态环境系统	PM10 排放量（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	y_2
	SO ₂ 排放量（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	y_3
	NO ₂ 排放量（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	y_4
	CO 排放量（ mg/m^3 ）	y_5
	O ₃ 排放量（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	y_6

在此基础上对新能源汽车 - 生态环境系统指标做描述性统计与分析。

表 2：新能源汽车 - 生态环境系统指标描述性统计表

指标	最小值	最大值	平均值	标准差
新能源汽车产量	10012	795000	197281.19	188323.74
新能源汽车销量	11828	814000	193286.21	185523.60
新能源汽车保有量	25698	21010057	6751372.44	5305978.05
PM2.5 排放	15.68	107.58	41.22	17.62
PM10 排放	31.77	156.14	73.38	25.41
SO ₂ 排放	7.13	62.94	16.95	10.63
CO 排放	0.53	1.74	0.89	0.27
NO ₂ 排放	13.73	50.32	27.88	8.04
O ₃ 排放	47.25	131.19	90.26	22.27

结果显示，新能源汽车产量、销量、保有量的均值分别为 197281.19 辆、193286.21 辆和 6751372.44 辆，标准差均处于较高水平，样本间离散程度较大；大气污染物中 NO₂ 排放均值为 27.88，范围在 13.73—50.32 之间，PM2.5、PM10、SO₂、CO、O₃ 排放均值分别为 41.22、73.38、16.95、0.89、90.26，整体排放水平波动相对平稳。

（二）耦合协调模型结果

1. 协调度时间演变分析

新能源汽车与生态环境两系统间的耦合协调关系呈现显著的规律性特征。散点整体沿一条向右上方倾斜的 Loess 拟合曲线分布，清晰地揭示出耦合度（C）与协调度（D）之间存在稳定的正向关联。这意味着，在观测期内（2014—2022 年），两系统间相互作用的耦合度越高，其协同发展的有序性与协调度也倾向于更高。

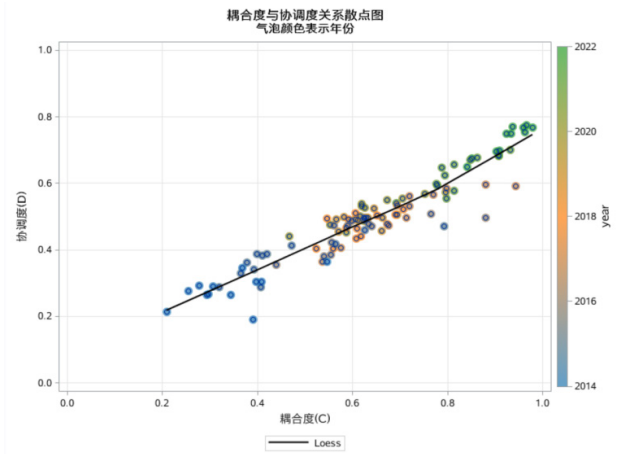


图 2：耦合度与协调度关系散点图

2. 协调等级分析

在全部样本中，协调等级呈现“中间大、两头小”的纺锤形分布。处于“良好协调”与“初步协调”等级的样本数量最为集中，合计占比超过 71%，表明我国多数地区的新能源汽车发展与生态环境治理已初步建立起良性互动关系，迈入了协调发展的轨道。然而，代表最高协同水平的“优质协调”样本仅有 7 个，占比不足 6.5%，凸显出当前协调发展的质量仍有较大提升空间，系统间的深度融合与高水平均衡尚未成为普遍现象。同时，仍有部分的样本处于“轻度失调”及“严重失调”状态，尤其是存在 1 个“严重失调”样本，这表明在部分区域或特定时期，两系统的发展仍存在显著冲突或脱节现象。

3. 驱动因素重要性分析

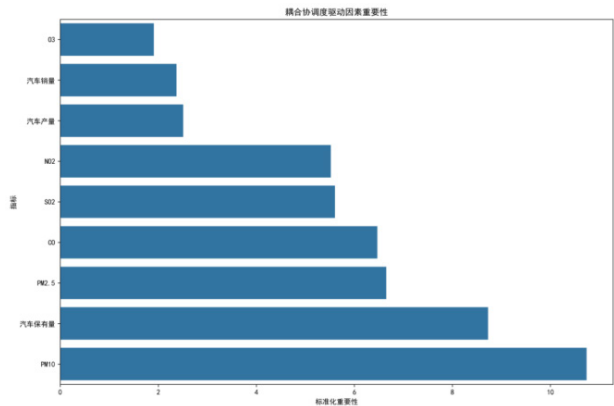


图3：耦合协调度驱动因素重要性排序

从图3中可以看出不同指标对耦合协调度的驱动作用存在显著差异，具体分析如下：

(1) PM10、PM2.5、CO、SO₂、NO₂、O₃总体来说对于耦合协调度的驱动具有重要作用。它们都是衡量空气污染的重要指标，与生态环境系统具有直接的关系。政府应当制定更加全面的制度，加大对造成污染气体、污染物企业的监管力度，加大各地政府的执行力度。

(2) 汽车保有量对于耦合协调度的驱动具有重要作用。汽车的保有量在一定程度上反映了市场上公众的接受程度，接受度越高表明公众更加倾向于选择新能源汽车而不是油车，在很大程度上改善生态环境系统。同时汽车产量、销量也与保有量具有相关性。

(三) 随机森林指标构建

在探索新能源汽车保有量的预测模型时，参照党的十八届五中全会提出的创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，以及刘耀迪（2023）^[18] 纳入空气质量、能源等因素对新能源汽车建模，本文选取了我国2014—2022年空气质量、清洁能源、经济GDP和科技专利这四类月度时间序列关键指标，来源于CSMAR数据库、国家统计局。

(四) 随机森林模型结果

模型优化采用网格搜索（Grid Search）与5折交叉验证^[19]，重点调整了决策树数量（n_estimators）和单棵树的最大深度（max_depth）两类参数。特征重要性通过袋外数据（OOB）计算，衡量各变量在分裂节点时对MSE的减少贡献。随机森林的优势在于可以处理高维数据和非线性关系、能够降低共线性干扰。

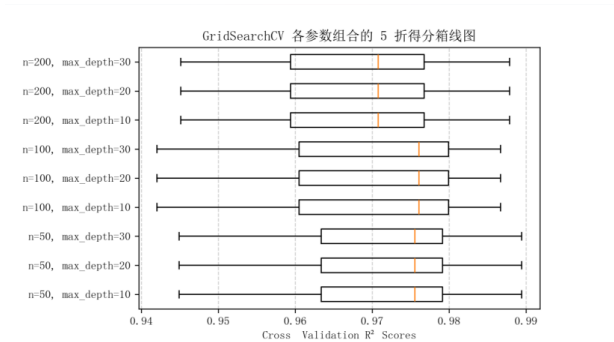


图4：五折得分箱线图

对每个参数组合的5折得分做箱线图，图4展示各折之间的波动情况。从箱线图可以看到，n=50，max_depth=10的组合不仅拥有最高的中位（约0.99），其IQR也最小（约0.945），说明在各折验证中的表现既好又稳定；相比之下，n=200，max_depth=30的组合中位最小，且波动范围更大，显现出较差的鲁棒性。

训练后本文网络搜索最终确定最佳参数为：

$\{n_estimators:50,max_depth:10\}$.

使用最佳参数训练模型后，判断训练集结果没有过拟合或欠拟合后，本文用Python中的predict函数进行预测得到随机森林结果，对测试集预测与真实值对比曲线如下图5。

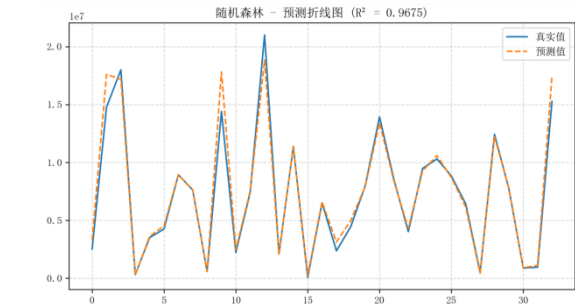


图5：随机森林测试集预测与真实值对比曲线

表3：模型检验

模型	R^2	MSE	MAE
随机森林	0.97	981635972704.18	516793.39

由表3可知，随机森林该模型取得最高的 R^2 （0.96753），表明其在捕捉自变量非线性关系及变量间交互作用方面表现较好。

本文参考Lundberg等（2020）提出的Tree SHAP算法^[20]，来解释特征值重要性。通过计算满足局部精度、缺失性与一致性的Shapley值：

$$\phi_i(f, x) = \sum_{S \subseteq N \setminus \{i\}} \frac{|S|!(M-|S|-1)!}{M!} [f_x(S \cup \{i\}) - f_x(S)] \quad (12)$$

M=14为特征总数，S为特征子集， f_x 为模型预测函数。通过平均绝对SHAP值量化各变量对新能源汽车保有量的全局影响强度。

根据图6的SHAP分析结果，特征重要性排序显示保有量滞后一期指标具有显著的主导地位。其次，能源供给指标（太阳能/核能发电量）对预测结果相对较为重要，其高值区间与汽车保有量增长呈正相关。宏观经济指标（国民总收入、人均GDP）作为次要因子，呈现线性驱动趋势，而绿色技术专利指标出现“申请量>授权量”的反常影响层级，或反映政策申报周期与市场转化延迟。环境污染物（PM2.5、O₃）与火力、水力发电量处于特征权重末端，表明当前模型更加侧重清洁能源转型与经济增长的协同效应，对传统污染因子的敏感性较低。

为了进一步探究各特征对模型预测结果的具体影响方向及分布情况，我们绘制了SHAP蜂群图（图7）。图中每个点代表一个样本在该特征上的SHAP值，横轴表示SHAP值的大小，颜色则反映了特征值的高低。

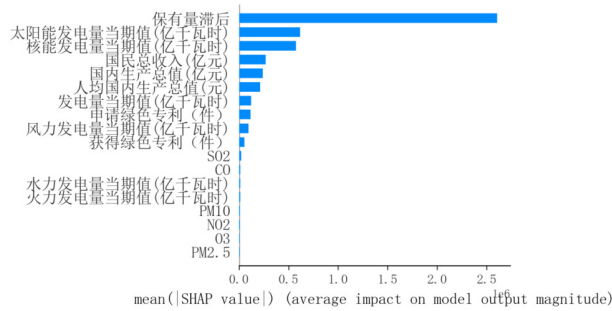


图6：特征重要性

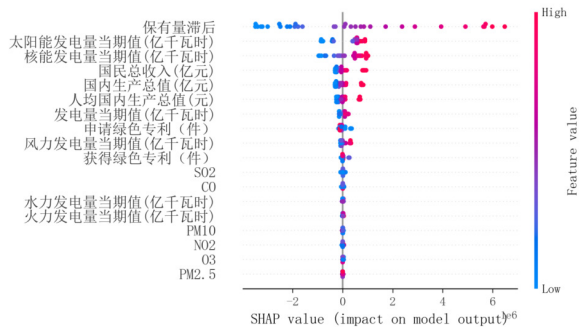


图7：SHAP 蜂群图

根据 SHAP 分析结果，社会驱动因素可划分为三个层级：

- (1) 滞后保有量 - 能源供给主导层 ($\text{SHAP} \geq 0.5 \times 10^6$)。滞后保有量与太阳能发电量、核能发电量构成核心驱动因素，其贡献度的占比达总解释力的 48.5%。
- (2) 经济 - 技术协同层 ($0.25 \times 10^6 \leq \text{SHAP} < 0.5 \times 10^6$)。国民总收入 (0.4×10^6) 与人均 GDP (0.3×10^6)、申请绿色专利 (0.25×10^6) 呈现显著经济阈值效应。
- (3) 环境边缘层 ($\text{SHAP} < 0.25 \times 10^6$)。空气污染物 ($\text{PM}_{2.5} = 0.2 \times 10^6$, $\text{PM}_{10} = 0.18 \times 10^6$) 的影响强度不足经济因素的 50%。其正向作用暗示，地方政府可能将污染治理压力转化为新能源汽车推广政策，而非直接引导消费者决策。

参考文献

- [1] Xu Z H. Coupling Coordination Development and Driving Factors of New Energy Vehicles and Ecological Environment in China[J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2025, 30(1): 79–90.
- [2] 潘苏楠, 李北伟, 聂洪光. 我国新能源汽车产业可持续发展综合评价及制约因素分析——基于创新生态系统视角[J]. 科技管理研究, 2019, 39(22): 41–47.
- [3] 张锦程, 方卫华. 政策变迁视角下创新生态系统演化研究——以新能源汽车产业为例[J]. 科技管理研究, 2022, 42(11): 173–182.
- [4] 王达, 周映雪. 随机森林模型在宏观审慎监管中的应用——基于 18 个国家数据的实证研究[J]. 国际金融研究, 2020, (11): 45–54.
- [5] Joseph A. Shapley regressions: A framework for statistical inference on machine learning models[J]. SSRN Electronic Journal, 2019.
- [6] Bracke P, Datta A, Jung C, et al. Machine learning explainability in finance: an application to default risk analysis[J]. Bank of England, 2019.
- [7] 陈小昆, 左航旭, 廖彬, 等. 融合 XGBoost 与 SHAP 的冠心病预测及其特征分析模型[J]. 计算机应用研究, 2022, 39(06): 1796–1804.
- [8] 罗妍, 王枫, 叶文玲. 基于 XGBoost 和 SHAP 的急性肾损伤可解释预测模型[J]. 电子与信息学报, 2022, 44(01): 27–38.
- [9] Vefie L. The penguin dictionary of Physics[J]. Beijing: Foreign Language Press, 1996: 92–93.
- [10] 吴跃明, 张翼, 王勤耕, 等. 论环境 - 经济系统协调度[J]. 环境污染与防治, 2001(1): 25–29.
- [11] 李虹, 袁颖超, 王娜. 区域绿色金融与生态环境耦合协调发展评价[J]. 统计与决策, 2019, 35(08): 161–164.
- [12] 王奕森, 夏树涛. 集成学习之随机森林算法综述[J]. 信息通信技术, 2018, 12(01): 49–55.
- [13] 徐慧, 蔡慧, 张伟, 等. 国家科技安全风险指标体系和模型的构建[J]. 信息科学, 2023, 41(12): 165–173+182.
- [14] 朱喜安, 魏国栋. 熵值法中无量纲化方法优良标准的探讨[J]. 统计与决策, 2015, (02): 12–15.
- [15] 王帮俊, 崔林玉, 王智乐, 等. 绿色金融试点政策对新能源企业技术创新的影响研究[J]. 南京财经大学学报, 2024, (02): 67–77.
- [16] Breiman L. Random forests[J]. Machine learning, 2001, 45: 5–32.
- [17] 方匡南, 吴见彬, 朱建平, 等. 随机森林方法研究综述[J]. 统计与信息论坛, 2011, 26(03): 32–38.
- [18] 刘耀迪, 肖钰惠, 展晶晶. 基于灰色预测模型的长三角地区新能源汽车的市场保有量预测研究[J]. 内燃机与配件, 2023(12): 107–109.
- [19] 董倩, 孙娜娜, 李伟. 基于网络搜索数据的房地产价格预测[J]. 统计研究, 2014, 31(10): 81–88.
- [20] Lundberg S M, Erion G G, Lee S I. Consistent individualized feature attribution for tree ensembles[J]. Statistics, 2018.

四、结束语

本研究通过对新能源汽车与生态环境的耦合协调发展、相关驱动因素及其可持续发展路径进行综合探究，得出如下核心结论：

一方面，新能源汽车系统、生态环境系统及其两者的耦合协调水平在考察期内呈现出持续改善的总体趋势。研究发现，在众多影响耦合协调度的指标中，PM10、新能源汽车保有量及 PM2.5 的驱动效应最为显著，同时汽车产销量、PM2.5 与 PM10 在各自系统内所占权重较高，凸显了产业发展与环境质量关键因子在二者协同演进中的重要作用。

另一方面，对新能源汽车可持续发展的预测研究表明，滞后保有量、太阳能与核能发电量是最具影响力的前瞻性特征，这证实了清洁能源基础设施的完善是产业长远发展的基石。同时，宏观经济水平与绿色专利活动也是关键的驱动力量，表明居民购买力、整体市场规模以及技术创新能力共同构成拉动市场增长、提升产品竞争力与市场信心的重要支撑。

基于上述结论，本研究从环境、能源、经济与技术四个维度提出以下政策建议：第一，应加强对重点地区传统燃油车的排放监管，并借助科普宣传提升公众环保意识与社会接受度；第二，需在清洁能源富集地区优先建设“绿电直供”充电网络，并通过电价机制激励清洁电力消纳；第三，针对经济发达地区，可优化“购置税减免 - 充电补贴”等组合型经济激励，以充分释放消费潜力；第四，应持续深化产学研合作，加大对技术创新尤其是中小企业关键攻关的支持力度，通过结构性改革推动全产业链的效能提升与成本优化。

综上所述，推动新能源汽车产业的健康发展，需要构建一个涵盖严格环境约束、稳固清洁能源底座、有效经济激励与持续技术创新在内的协同政策体系。未来研究可进一步探索多区域差异化政策的动态效应，以及智能网联、车网互动等新兴技术对“人 - 车 - 环境”系统深度融合的深远影响。