

中国新能源汽车发展趋势探究

蔡永辉, 陈江, 刘卫国*

广东财经大学统计与数学学院, 广东 广州

收稿日期: 2024年12月8日; 录用日期: 2025年1月3日; 发布日期: 2025年1月14日

摘要

新能源汽车作为汽车产业转型升级的核心方向, 凭借其低污染、低能耗的优势, 获得了广泛关注。随着中国新能源汽车产业的迅速发展, 构建数学模型以分析其发展规律具有重要的学术与实践意义。本文基于2011~2022年的文献与数据, 构建了影响我国新能源汽车发展的指标体系, 并结合主客观复合定权法对各指标进行赋权。然后, 采用加权TOPSIS法构建了衡量新能源汽车发展的发展指数。此外, 根据其非线性增长趋势, 建立了指数形式的发展指数模型。模型的RMSE为0.007373, R-squared为0.9755, 表明模型准确且合理。最后, 利用该模型进行预测工作, 揭示了新能源汽车产业的未来发展趋势。

关键词

新能源汽车, 复合定权法, TOPSIS, 发展指数

Research on the Development Trend of New Energy Vehicles in China

Yonghui Cai, Jiang Chen, Weiguo Liu*

School of Statistics and Mathematics, Guangdong University of Finance and Economics,
Guangzhou Guangdong

Received: Dec. 8th, 2024; accepted: Jan. 3rd, 2025; published: Jan. 14th, 2025

Abstract

Because of their low emissions and low energy consumption, new energy vehicles (NEVs) have attracted a lot of attention and are now a major emphasis in the automotive industry's transformation and upgrading. Developing mathematical models to examine the development patterns of China's rapidly growing NEV industry has substantial academic and practical significance. This study evaluates the factors driving NEV development in China by creating an indicator system based on data and literature

*通讯作者。

from 2011 to 2022. The indicators are given weights using a composite weighting method that combines subjective and objective assessments. The development index is then created using a weighted TOPSIS approach to gauge NEV advancement. Additionally, an index-based approach is suggested, taking into account the non-linear growth tendency. The model's correctness and validity are demonstrated by the results, which show an RMSE of 0.007373 and an R-squared value of 0.9755. Lastly, the model's forecasting application reveals future development tendencies in the NEV sector.

Keywords

New Energy Vehicles, Composite Weighting Method, TOPSIS, Development Index

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

新能源汽车作为一种先进的交通工具,以非常规汽车燃料为动力源,近年来在全球范围内蓬勃发展。其中,新能源汽车以其低污染、低能耗、峰值用电调节能力等特点受到了广泛关注。这一领域涵盖了混合动力电动汽车、纯电动汽车、燃料电池电动汽车等多个子类,为世界各地的消费者和政府提供了一种环保、高效的交通解决方案。

发展新能源汽车是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路,是应对气候变化、推动绿色发展的战略举措[1]。早在2011年,我国开始积极推动新能源汽车的发展,并通过制定一系列优惠政策,为该产业的健康发展提供了支持。近年来,新能源汽车行业取得了显著的发展,进入加速发展新阶段。直至2022年,我国新能源汽车持续爆发式增长,产销分别完成705.8万辆和688.7万辆,同比分别增长96.9%和93.4%,市场渗透率达到25.6%,连续8年保持全球第一[2]。这逐渐成为中国经济的新亮点,也为全球新能源汽车市场注入了活力。

虽然我国新能源汽车核心技术未达到国际先进水平,但与《新能源汽车产业发展规划(2021~2035年)》中提出到2035年新能源汽车产业的美好发展愿景存在差距,即实现有效促进节能减排水平和社会运行效率提升[3]。因此,构建相关数学模型分析我国新能源汽车潜藏的发展规律对经济高质量发展和全球气候变化极具意义。

因此,本文将基于已有文献[4]-[6],挖掘我国新能源汽车发展规律。具体来说,本文将从多方面构建新能源汽车影响指标体系。然后利用主客观复合定权法与TOPSIS法构建新能源汽车发展指数。最后,基于发展指数的趋势进行预测工作,挖掘新能源汽车发展的潜在规律和未来趋势。

2. 指标选取与数据获取

2.1. 经济因素

1) 新能源汽车平均价格(记为 X_1 ,单位:万元):它是指在特定时间范围内,市场上所有新能源汽车销售价格的算术平均值。用于评估市场经济性、消费者需求和技术进步。随着技术发展和生产规模扩大,新能源汽车的平均价格通常呈下降趋势,从而促进市场的更广泛接受和普及。

2) 燃油车的平均价格(记为 X_2 ,单位:万元):它是燃油车平均价格是指特定时间内市场上所有燃油车的销售价格算术平均值,是评估燃油车市场的经济性。反映消费者购买力和技术水平,该指标受配置、

品牌、成本和需求的影响。在新能源汽车发展过程中,该指标与燃油车市场的竞争力有一定关系。

3) 新能源汽车充电成本(记为 X_3 , 单位: 元/千瓦时): 它是指新能源汽车在充电过程中为获得一定电能所支付的费用, 包括电力费用、设施使用费和相关服务费。它是评估新能源汽车经济性、可持续性和市场接受度的关键因素。随着充电技术和网络的进步, 充电成本有望降低, 从而促进新能源汽车的发展。

4) 燃油价格(记为 X_4 , 单位: 元/升): 它是指消费者在购买燃油时所需支付的每单位燃料的费用, 通常按每升计算。是评估传统燃油车运营成本、能源市场波动以及经济政策影响的重要指标。高燃油价格通常会促进消费者对燃油效率高的车辆的需求, 同时可能导致新能源汽车的市场份额增加。

5) GDP(记为 X_5 , 单位: 元): 它是指一个国家或地区在一定时期内(通常为一年或一个季度), 所生产的全部最终产品和服务的市场价值总和。它是衡量一个国家经济活动规模和综合实力的核心指标之一。

2.2. 技术因素

1) 平均续航里程(记为 X_6 , 单位: 万公里): 它是指在特定条件下, 新能源汽车在完全充电(或充电至规定电量水平)后, 能够行驶的平均距离。这一指标是衡量电动车续航能力和能源使用效率的重要参数, 尤其在评估电动汽车的性能和市场适应性时具有重要意义。

2) 新能源汽车专利申请数量(记为 X_7 , 单位: 件): 它是指与新能源汽车相关的技术创新在专利机构提交的申请总量。新能源汽车专利申请数量反映了技术创新和研发投入的水平, 直接影响新能源汽车的技术进步和市场竞争能力。较高的专利数量通常意味着更强的技术壁垒和更高的市场接受度, 有助于推动产业发展和提高消费者信任。

3) 新能源汽车能源转化效率(记为 X_8 , 单位: 公里/千瓦时): 它是指车辆动力系统中, 将输入的能源(如电能、化学能)转化为有效行驶所需的机械能(动能)的比率。但为了消费者理解车辆的能源效率, 常采用公里/千瓦时作为效率的单位。该效率是评估新能源汽车经济性、环境效益和技术可行性的核心指标之一。提高能源转化效率不仅有助于降低运营成本, 还能减少温室气体排放, 推动可持续交通系统的发展。

4) 燃油车燃油转化效率(记为 X_9 , 单位: 公里/升): 它是指内燃机将燃油中的化学能转化为车辆动能的效率。该效率衡量燃油在发动机中的能量利用程度, 是评价内燃机车辆经济性、能效和环境影响的重要指标。

2.3. 政策因素

政策补贴(记为 X_{10} , 单位: 亿元): 它是指政府通过财政手段向特定领域提供的经济资助或优惠措施, 旨在促进社会公平和实现经济目标。通过降低购车成本、推动技术创新和基础设施建设, 促进新能源汽车市场的发展。

2.4. 技术因素

1) 道路总长(记为 X_{11} , 单位: 公里): 它是指在特定时间点或时间段内, 某一国家、地区或城市范围内所有道路的长度总和。道路总长是基础设施建设、交通规划和区域发展分析中的核心数据, 能够反映交通网络的密度与覆盖情况, 为交通政策的制定和优化提供依据。

2) 全国发电量(记为 X_{12} , 单位: 亿千瓦时): 它是指在特定时间内(如日、月、年), 一个国家通过各种能源方式(如火电、水电、核电、风电、太阳能发电等)产生的电能总量。全国发电量是反映能源行业运行状况和国家经济发展需求的重要数据, 也是研究能源转型与可持续发展的核心变量。

3) 全国充电桩数量(记为 X_{13} , 单位: 万辆): 它是指在某一国家、地区或城市范围内, 所有投入使用的充电桩的总数, 是衡量新能源汽车基础设施建设进展的重要数据, 充电桩网络的完善对推动新能源汽车的普及与使用至关重要。

2.5. 市场因素

1) 新能源汽车产量(记为 X_{14} , 单位: 万辆): 它是指在特定时间范围内(通常为一个月、一季度或一年), 新能源汽车制造企业生产的车辆总数量。用于评估产业规模、市场发展趋势和政策实施效果。

2) 新能源汽车销量(记为 X_{15} , 单位: 万辆): 它是指在特定时间范围内(如一个月、一季度或一年), 新能源汽车在市场上成功销售给消费者或终端用户的数量。常用于评估市场需求、消费者接受度和产业发展水平。

3) 新能源汽车保有量(记为 X_{16} , 单位: 万辆): 它是指在特定时间点或期间, 某一国家、地区或市场中所有已登记并合法上路的新能源汽车总数。与销量不同, 保有量反映的是市场中现有的新能源汽车数量。该指标用于衡量新能源汽车市场的发展程度。

4) 新能源汽车市场占有率(记为 X_{17} , 单位: %): 它是指在特定时间段内, 新能源汽车的销量占整个汽车市场销量的比例, 其关注的是某一品牌或产品在同类产品中的竞争份额。用于衡量特定品牌或产品的市场竞争力, 反映了品牌或产品的市场份额。

5) 新能源汽车市场渗透率(记为 X_{18} , 单位: %): 它是指在特定时间段内, 新能源汽车销量占整个汽车市场总销量的比例, 其关注的是某一产品或技术在整个市场中的普及程度。用于衡量新产品或新技术在市场中的普及程度, 分析市场接受度和发展潜力。

2.6. 产业规模

新能源汽车产业链规模(记为 X_{19} , 单位: 家): 它是指从原材料供应、零部件生产、整车制造到销售与服务等各环节的市场总值和生产能力, 是衡量产业竞争力、资源配置效率和发展潜力的重要指标。较大规模的产业链有助于提升生产效率、降低成本, 并推动技术创新和市场扩展。

通过上述分析, 本文确定了影响新能源汽车发展的 6 个一级指标和 19 个二级指标。图 1 展示了它们之间的关系。

2.7. 数据获取

基于构建的指标体系, 本研究通过收集与分析 2011 年至 2022 年间的数据库, 以探究我国新能源汽车的发展趋势。具体而言, 数据收集工作主要基于两大来源: 一是现有的相关学术文献[7]-[12], 这些文献提供了丰富的产业背景、市场分析以及技术进展等方面的信息; 二是网络公开平台[13]-[15], 这些平台则提供了更为实时、详尽且具体的年度数据, 包括但不限于产销数据、政策变动、市场渗透率等关键指标。为了便于读者查阅与分析, 表 1 已提供详细数据。

其中, X_1 至 X_{19} 分别代表了不同的二级指标, 其具体含义已在第 2 章详细介绍。值得注意的是, 变量 X_{10} 在 2011 年和 2012 年的数据存在缺失情况。考虑到新能源汽车产业在早期的发展较为缓慢, 这里利用最小值进行填充。

下一章将进一步运用主客观评价方法相结合的思想, 对二级指标进行复合确定权重。这一方法旨在综合考虑不同评价方法的优势, 以更加全面、客观地反映各因素对我国新能源汽车产业发展的影响程度。这有利于描述各个因素在我国新能源汽车产业发展中的相对重要性。

3. 指标权重确定理论

3.1. 层次分析法

鉴于层次分析法(AHP)方法[16]已在众多领域得到了深入的实践与应用, 其基本原理在此不再赘述。本研究将运用 AHP 方法来确定一级指标的权重, 并据此将权重平均分配给对应的二级指标。然而, 值得

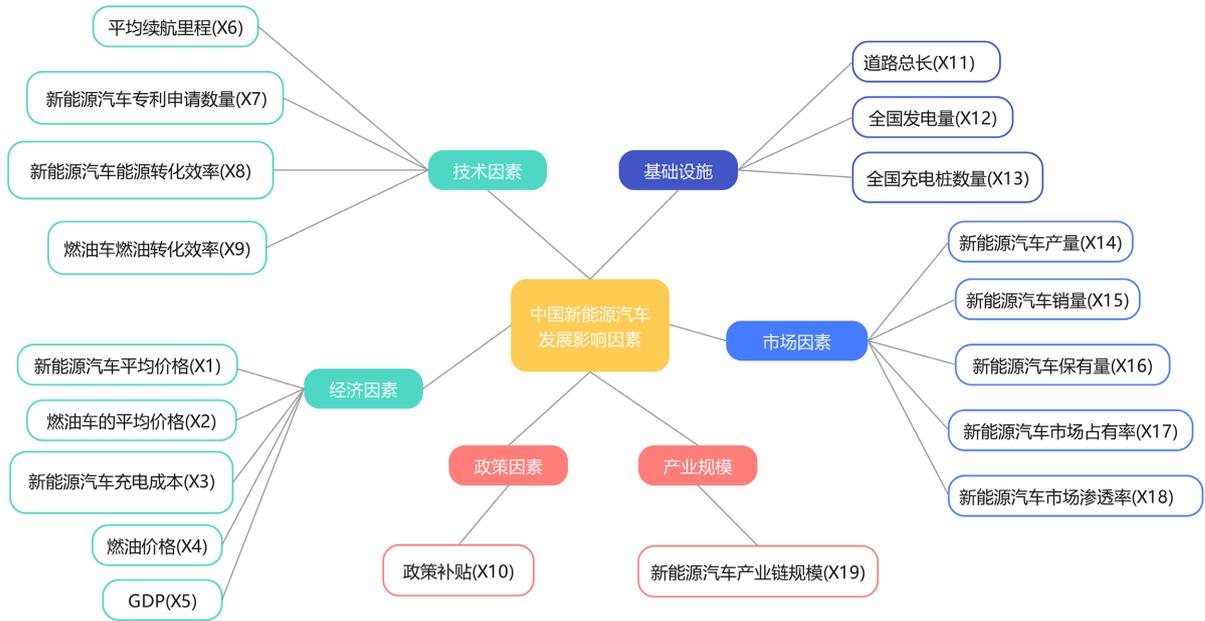


Figure 1. The indicator system for the development of new energy vehicles.

图 1. 新能源汽车发展指标体系

Table 1. Data on development indicators for new energy vehicles from 2011 to 2022

表 1. 2011-2022 年新能源汽车发展指标数据

指标	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
X ₁	40	38	35	32	29	26	23
X ₂	17	16	15	14	13	12	11
X ₃	1.5	1.3	1.2	1.1	1	0.9	0.8
X ₄	7.81	8.13	7.5	7.8	7.2	6.5	6.8
X ₅	471,564	519,322	568,845	636,463	676,708	744,127	827,122
X ₆	115.36	121.2	132.5	158.8983	186.7647	209.0741	248.75
X ₇	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
X ₈	11.6	11.8	12	12.2	12.4	12.6	12.8
X ₉	1132	1524	2024	3111	4566	8205	12262
X ₁₀	12.7	12.7	12.9	12.7	94.17	242.72	375.58
X ₁₁	410.64	423.75	435.62	446.39	457.73	469.63	477.35
X ₁₂	46,928	45,281	53,223	55,233	55,500	59,198	63,077
X ₁₃	0.1122	0.8296	2.2	2.8	4.9	15	45
X ₁₄	0.8368	2.48	1.7533	8.4	34	51.7	79.4
X ₁₅	0.88159	1.28	1.1375	7.5	33.1	50.7	77.7
X ₁₆	0.88	2	3.5	11	58.32	109	173
X ₁₇	0.1	0.2	0.9	1.3	2.5	3.1	5.3
X ₁₈	0.1	0.1	0.1	0.4	1.3	1.8	2.6
X ₁₉	110	170	230	280	320	370	420

续表

指标	2018	2019	2020	2021	2022
X_1	21	19	17	15	13
X_2	10	9	8	7	6
X_3	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4
X_4	7.3	7.5	6.8	7.2	7.5
X_5	900,309	990,865	1,015,986	1,143,670	1,210,207
X_6	332.2864	380.5804	413.2212	427.381	459.6067
X_7	5.7	6	6.3	6.6	6.9
X_8	13	13.2	13.4	13.6	13.8
X_9	15,267	18,498	19,739	21,300	24,700
X_{10}	431.05	343.14	274.52	219.6	153.7
X_{11}	484.65	501.25	519.81	528.07	535.48
X_{12}	68,449	72,255	75,110	83,128	86,372
X_{13}	77.7	121.9	168.1	261.7	520
X_{14}	127	124.2	136.6	354.5	705.82
X_{15}	125.6	120.6	132.1	352.1	688.7
X_{16}	261	381	492	784	1310
X_{17}	7.4	9.7	11.4	13.4	25.6
X_{18}	3.5	4.7	5.7	6.4	7.3
X_{19}	450	500	550	590	630

注意的是, AHP 方法虽然有效, 但其决策过程高度依赖于专家判断, 因而不可避免地带有一定的主观性, 这可能导致计算结果存在一定的误差。为了缓解这一问题, 本文将引入熵权法作为补充手段, 通过量化数据的不确定性来客观确定各指标的权重, 能够在一定程度上弥补 AHP 方法的主观性缺陷, 从而提高权重分配的准确性和科学性。

3.2. 熵权法

在熵权法(EWM)中(详细步骤可参考文献[17]), 熵值可以用来判断指标的离散程度, 信息熵值越小, 指标的离散程度越大。因此, 信息熵的工具可用于计算各个指标的权重。由于 EWM 具有极强的客观性, 因此 EWM 的求解结果将于 AHP 的结果进行融合, 以主客观复合定权的方式克服彼此存在的缺陷。最后, 可以获得 19 个指标的权重 $\omega_j (j = 1, 2, \dots, 19)$ 。

4. TOPSIS 法建立发展指数

为了量化并直观展现新能源汽车的发展趋势, 本文采用第二节构建的指标体系, 并结合可赋权重的 TOPSIS 法, 构建新的新能源汽车发展指数。下文是对 TOPSIS 法的详细阐述[18] [19]:

Step 1: 首先将各个指标正向化, 对于极小型指标需用数据中的最大值减去该数据。

Step 2: 把 n 个样本数据作为评价对象, 并构建正向化矩阵 $X = (X_1, X_2, \dots, X_m)$, 其中 m 为指标个

数,用于标准化正向化矩阵。标准化后的矩阵记为 $Z = (z_{ij})_{m \times n}$, 其中, $z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$ ($i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$)。

Step 3: 随后, 记 $z_j^+ = \max_{1 \leq i \leq m} |z_{ij}|$, $z_j^- = \min_{1 \leq i \leq m} |z_{ij}|$, 可以得到最优向量 $Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_n^+)$ 和最劣向量 $Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_n^-)$ 。

Step 4: 分别计算第 i 个评价对象到最大值和最小值的欧式距离, 并乘以相应权重 ω_j , 即:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^-)^2 \omega_j} \text{ 和 } D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^+)^2 \omega_j}。$$

Step 5: 最后, 计算第 i 个评价对象的未归一化的得分: $S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$, 即 TOPSIS 得分。

本文将利用该得分衡量新能源的发展趋势, 因为它融合了各个相关指标。

5. 发展指数模型建立

基于 TOPSIS 得分, 本文进一步探索其背后隐藏的规律与趋势。通过观察与分析, 本文决定采用一种包含指数形式的函数来构建发展指数模型, 以便精确地描述和预测新能源汽车的发展规律。具体形式如下:

$$f(x) = a + be^{cx} \quad (1)$$

其中, 参数 a 被称为截距项, 它表示当自变量 x 为零时, 函数 $f(x)$ 在纵轴上的截距。参数 b 是模型的比例系数, 它控制着指数项 e^{cx} 的整体缩放程度。而参数 c 则代表指数项的增长率, 其正负决定了函数 $f(x)$ 随 x 增加时的变化趋势: 当 $c > 0$, $f(x)$ 随 x 的增加而增长; 当 $c < 0$ 时, $f(x)$ 则随 x 的增加而减少。

基于发展指数模型, 可以利用历史数据进行最小二乘估计, 从而拟合新能源汽车的发展指数。随后, 还可以对未来一段时间内的发展指数进行合理预测, 为新能源汽车发展的战略规划与政策制定提供科学依据。

6. 模型求解

6.1. AHP 与 EWM 权重确定

本文主要通过文献法确定各项指标的 AHP 权重。综合参考范文扬等[20] [21]学者的研究成果, 判断矩阵 M 见表 2。

Table 2. The judgment matrix M
表 2. 判断矩阵 M

M	经济因素	技术因素	市场因素	基础设施	政策因素	产业规模
经济因素	1	2	4	2	5	8
技术因素	1/2	1	2	1	3	5
市场因素	1/4	1/2	1	1/2	3	4
基础设施	1/2	1	2	1	4	6
政策因素	1/5	1/3	1/3	1/4	1	2
产业规模	1/8	1/5	1/4	1/6	1/2	1

通过 Python 求解得出 $\lambda_{max} = 6.0873$ 。随后，结合表 3 中的随机一致性指标 RI 值，以及公式 $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ 和 $CR = CI / RI$ ，计算得一致性指标 $CI = 0.0175$ 和一致性比例 $CR = 0.0141$ ，($CR < 0.1$)。因此，判断矩阵 M 的一致性可以接受。

Table 3. Consistency index table

表 3. 一致性指标表

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

本文选择特征值法求得的权重作为 AHP 的结果。具体而言，经济因素、技术进步、市场因素、基础设施、政策支持和产业规模的权重分别为 $W = (0.388, 0.197, 0.107, 0.203, 0.064, 0.04)^T$ 。基于此，将 W 中对于的权重平均分配给了对应的二级指标。同理，通过 Python，容易求解 EWM 的结果。它们将进一步融合以确定二级指标的最终权重，这些结果将在表 4 中呈现。

6.2. 主客观复合权重确定

本文将通过平均 AHP 和 EWM 的结果作为各个指标的最终权重 ω_j 。具体的求解结果已在下表 4 和图 2 中详细展示。

Table 4. Indicator weight situation

表 4. 指标权重情况

指标	AHP	EWM	AHP-EWM
X_1	0.0777	0.0344	0.0560
X_2	0.0777	0.0297	0.0537
X_3	0.0777	0.0418	0.0597
X_4	0.0777	0.0230	0.0503
X_5	0.0777	0.0351	0.0564
X_6	0.0494	0.0495	0.0494
X_7	0.0494	0.0517	0.0506
X_8	0.0494	0.0297	0.0395
X_9	0.0494	0.0297	0.0395
X_{10}	0.0642	0.0607	0.0625
X_{11}	0.0677	0.0288	0.0483
X_{12}	0.0677	0.0354	0.0515
X_{13}	0.0677	0.1073	0.0875
X_{14}	0.0214	0.0987	0.0600
X_{15}	0.0214	0.0997	0.0605
X_{16}	0.0214	0.0898	0.0556
X_{17}	0.0214	0.0665	0.0440
X_{18}	0.0214	0.0621	0.0418
X_{19}	0.0399	0.0263	0.0331

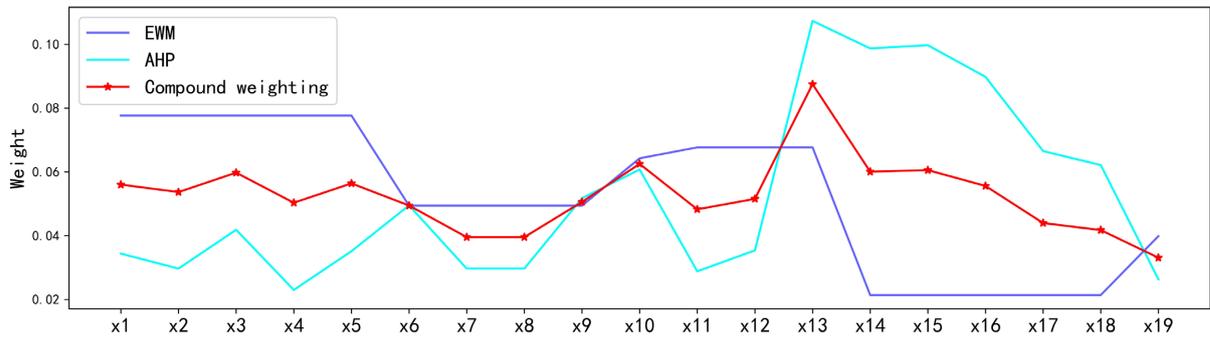


Figure 2. Visualization of Composite Weight Determination Using AHP and EWM

图 2. AHP-EWM 复合定权可视化

求解结果表明，指标 X_{13} (全国充电桩数量)和 X_{10} (政策补贴)在新能源汽车发展中具有较高的影响力。本文将对这两个指标进行重点讨论。

首先，全国充电桩数量(X_{13})对我国新能源汽车的发展具有至关重要的影响。充电桩作为新能源汽车的重要配套设施，其数量直接影响用户的充电体验和满意度。充电桩不足可能导致用户面临排队等待、充电时间长等问题，从而降低用户对新能源汽车的接受度和购车意愿。此外，充电桩的普及程度也直接关系到新能源汽车市场的推广和竞争力。只有充电桩数量充足且分布合理，才能有效促进新能源汽车的市场普及和产业链发展。因此，增加充电桩数量是推动新能源汽车产业健康快速发展的关键举措之一。

其次，政策补贴(X_{10})在新能源汽车发展中同样扮演着重要角色。政府通过提供购车补贴等激励措施，有效降低了新能源汽车的购车成本，从而激发了消费者的购车热情。这种经济激励政策对推动新能源汽车市场需求和销量的增长起到了至关重要的作用。同时，政策补贴还有助于引导新能源汽车产业链的发展。补贴政策不仅鼓励新能源汽车制造商加大研发投入、提升技术水平，还促进了电池、电动机、充电设施等相关产业链的发展。此外，政府补贴还为新能源汽车企业提供了稳定的市场预期和信心，吸引了更多资本的流入和产业的健康发展。

6.3. 发展指数求解

通过 Python，计算得出 2011~2022 年的新能源汽车的发展指数，如图 3 所示。通过观察，发现它们呈现出显著的指数增长特征。因此，采用指数形式的发展指数模型来揭示这一增长规律是合理的。

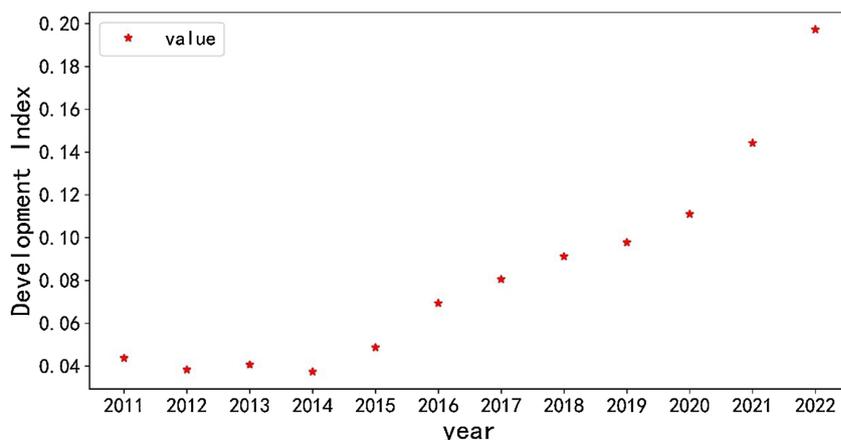


Figure 3. Development index from 2011 to 2022

图 3. 2011~2022 年发展指数

6.4. 发展指数模型求解

为了拟合这些数据, 本文借助 Python 中 *scipy* 库的 *curve_fit* 函数进行了求解, 并确定了发展指数的拟合函数如下:

$$f(x) = 0.0316 + 0.0052e^{0.2842x} \tag{2}$$

评估模型拟合效果的指标显示, 均方根误差(RMSE)为 0.007373, 决定系数(R-squared)为 0.9755, 表明模型能较好拟合实际发展指数。图 4 展示了公式(2)与原始数据点的拟合结果, 表明中国新能源汽车行业在过去几年实现了 0.2842 的增长率, 表现出显著发展。基于该模型, 本文预测了未来 10 年的发展趋势, 如图 5 所示。结果显示, 未来 10 年, 新能源汽车行业很大可能进入一个加速发展的阶段。这一研究发现为产业规划和决策提供了更为科学的依据, 有助于推动新能源汽车行业的持续健康发展。

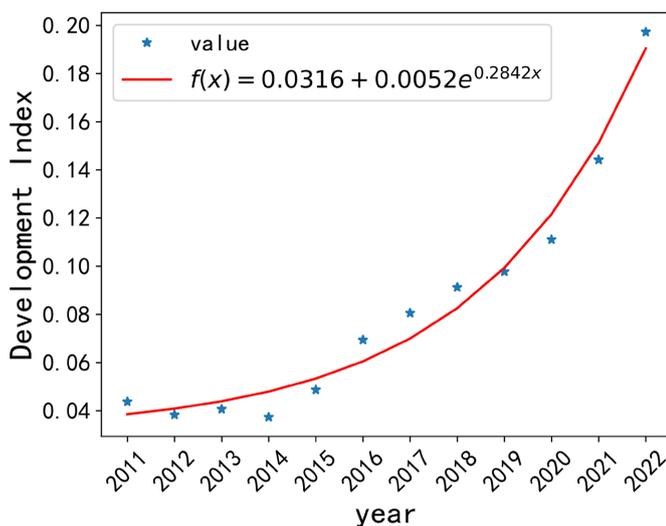


Figure 4. Curve fitting graph of development index
图 4. 发展指数曲线拟合图

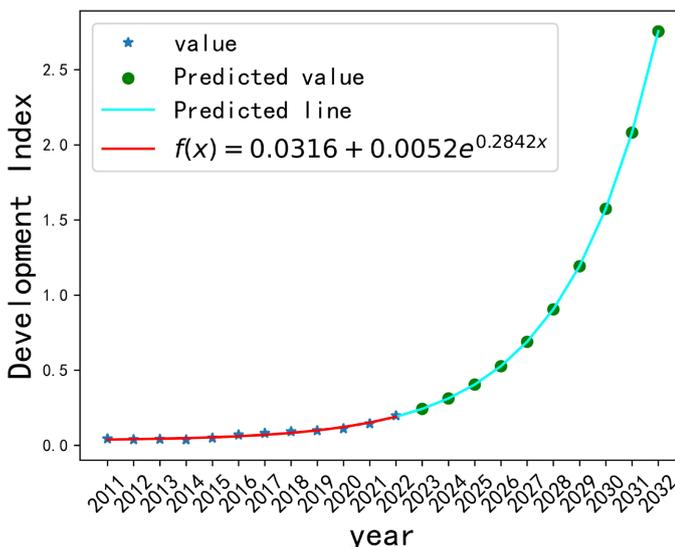


Figure 5. Forecast graph of development index for the next decade
图 5. 未来 10 年发展指数预测图

7. 结论

本研究通过文献法, 首先系统地构建了我国新能源汽车发展的指标体系。其次, 采用主客观相结合的方法, 深入分析了各指标对新能源汽车发展的影响程度。然后, 利用 TOPSIS 法, 为新能源汽车的发展构建了一个发展指数。此外, 通过构建指数形式的发展指数模型, 有力地揭示了新能源汽车的发展规律。模型拟合和预测结果显示, 新能源汽车的发展呈现出显著的指数增长特征。同时, 在未来 10 年, 新能源汽车产业将持续蓬勃发展, 展现出强劲的增长势头。

参考文献

- [1] 新华社. 我国新能源汽车产业发展驶入“快车道” [EB/OL]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-08/01/content_5628857.htm, 2021-08-01.
- [2] 中国工信新闻网. 2022 年我国新能源汽车产销分别完成 705.8 万辆、688.7 万辆 [EB/OL]. https://www.cnii.com.cn/gxxww/gv/202301/t20230118_441764.html, 2023-11-25.
- [3] 中华人民共和国中央人民政府. 新能源汽车产业发展规划(2021-2035 年) [EB/OL]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2020/content_5560291.htm, 2023-11-25.
- [4] 戴碧娜. “双碳”背景下新能源汽车产业发展的影响因素研究[J]. 中国商论, 2022(21): 153-155.
- [5] 王钰鸣. 低碳经济背景下新能源汽车产业发展趋势研究[C]//吉林省电机工程学会. 吉林省电机工程学会 2024 年学术年会获奖论文集. 长春: 国网吉林省电力有限公司吉林供电公司, 2024: 4.
- [6] 韦国, 蒋红梅, 韦克定, 等. 中国新能源汽车产业发展的影响因素和对策建议[J]. 装备制造技术, 2023(12): 136-139.
- [7] 闫雷, 高峰, 韩林果. 河南省新能源汽车产业发展对策研究[J]. 时代汽车, 2023(22): 123-125.
- [8] 翟佳恬. 新能源汽车的发展现状与前景分析[J]. 汽车实用技术, 2023, 48(20): 193-198.
- [9] 朱威林, 刘远洋. 双碳政策下对新能源汽车发展趋势的研究[J]. 电器工业, 2023(10): 52-55.
- [10] 季喜军. 低碳经济下我国新能源汽车产业全新布局需求与发展走势探讨[J]. 时代汽车, 2023(20): 124-126.
- [11] 刘頔, 刘沙, 滕欣余, 张国华. 中国新能源汽车产业发展与产业政策互动性研究[J]. 汽车工业研究, 2023(3): 30-35.
- [12] 杨艳伟, 于小宁. 新能源汽车动力电池产业发展特点与趋势分析[J]. 时代汽车, 2023(17): 104-106.
- [13] 百度网. 中美贸易争端 [EB/OL]. https://baike.baidu.com/item/%E4%B8%AD%E7%BE%8E%E8%B4%B8%E6%98%93%E4%BA%89%E7%AB%AF/22450710?fr=ge_al, 2023-09-09.
- [14] 中国环境监测总站. 中国环境统计年报 [EB/OL]. <https://www.cnemc.cn/jcbg/zghjtjnb/202301/P020240719637236297857.pdf>, 2023-01-18.
- [15] Our World in Data (2023) CO₂ Emissions. <https://ourworldindata.org/co2-emissions>
- [16] Russo, R.D.F.S.M. and Camanho, R. (2015) Criteria in AHP: A Systematic Review of Literature. *Procedia Computer Science*, 55, 1123-1132. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.081>
- [17] Al-Aomar, R. (2010) A Combined AHP-Entropy Method for Deriving Subjective and Objective Criteria Weights. *The International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, 17, 12-24.
- [18] 毕美月. 基于熵权 TOPSIS 法的比亚迪集团财务风险评价与控制研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北地质大学, 2022.
- [19] 郭旭. 主客观组合赋权法导向的城市更新潜力研究——以上海市苏州河沿岸地区为例[C]//中国城市规划学会. 人民城市, 规划赋能——2022 中国城市规划年会论文集, 2023 年卷, 上海: 同济大学, 2023: 10.
- [20] 范文扬, 李刚, 崔俊浪, 张传富. 基于 AHP-模糊综合评价法的新能源汽车开发项目评价研究[J]. 时代汽车, 2023(7): 116-119.
- [21] 郭亚军. 综合评价理论、方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007.