

基于熵权TOPSIS与ARIMA的自媒体电商产业数字化发展研究

陶 宇, 杨志国*, 刘康瑞, 洪金枫

阜阳师范大学数学与统计学院, 安徽 阜阳

收稿日期: 2026年7月25日; 录用日期: 2026年8月16日; 发布日期: 2026年8月31日

摘 要

根据全国31个省、自治区、直辖市的数字经济发展数据, 利用熵权TOPSIS法筛选出“有电子商务交易活动的企业比重”和“电子商务交易额”两项关键指标, 借助结构方程模型验证其对数字经济发展的影响。同时, 以安徽省为例, 对上述两个指标的历史数据进行分析, 利用ARIMA模型预测其未来发展趋势。结果显示, 未来安徽省电商企业数量占比将趋于平稳, 电子商务交易额有望保持持续增长。本研究从评估、检验、预测三个方面展开自媒体电商产业数字化发展研究, 为进一步探究数字经济与电商、自媒体融合发展的内在规律提供了参考依据。

关键词

数字经济, 电商平台, 熵值法, ARIMA模型

A Study on the Digital Development of Self-Media E-Commerce Industry Based on Entropy Weight TOPSIS and ARIMA

Yu Tao, Zhiguo Yang*, Kangrui Liu, Jinfeng Hong

School of Mathematics and Statistics, Fuyang Normal University, Fuyang Anhui

Received: July 25, 2026; accepted: August 16, 2026; published: August 31, 2026

Abstract

Drawing on digital economy development data from 31 provinces, municipalities, and autonomous

*通讯作者。

文章引用: 陶宇, 杨志国, 刘康瑞, 洪金枫. 基于熵权 TOPSIS 与 ARIMA 的自媒体电商产业数字化发展研究[J]. 统计学与应用, 2026, 15(8): 308-321. DOI: 10.12677/sa.2026.158200

regions across China, this study employs the entropy-weighted TOPSIS method to identify two key indicators—namely, the proportion of enterprises engaged in e-commerce transactions and the total e-commerce transaction volume—and subsequently utilizes a structural equation model to examine their respective impacts on digital economy development. In parallel, taking Anhui Province as a case study, the historical trajectories of these two indicators are analyzed, and the ARIMA model is applied to forecast their future trends. The projection results indicate that the proportion of e-commerce-active enterprises in Anhui Province is expected to level off in the coming period, whereas the total e-commerce transaction volume is projected to maintain a sustained upward growth trajectory. By integrating evaluation, empirical verification, and predictive analysis, this study offers a comprehensive investigation into the digital development of the self-media e-commerce industry, thereby providing a valuable empirical reference for further exploring the intrinsic mechanisms governing the integrated development of the digital economy, e-commerce, and self-media ecosystems.

Keywords

Digital Economy, E-Commerce Platform, Entropy Weight Method, ARIMA Model

Copyright © 2026 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

产业数字化与数字产业化共同构成数字经济的两大核心支柱，二者为驱动中国经济结构的转型升级与高质量发展注入动力[1]-[3]。数字经济通过重塑企业资源配置、降低运营成本、激发创新活力等路径，有力推动包括制造业在内的各产业领域向高效、智能方向演进。在此进程中，自媒体电商依托短视频、直播等社交平台，以内容引流、达人带货完成商品变现，凭借覆盖面广、运营灵活、数据驱动的优势，成为产业数字化核心新业态。如何量化自媒体电商对数字化转型的影响、厘清作用机制并预判发展趋势，是数字经济高质量发展的关键问题。现有统计体系暂无自媒体电商专项指标，受数据可得性约束，本文选取有电子商务交易活动企业比重、电子商务交易额作为代理变量：前者体现区域企业电商普及度，后者反映线上交易总体规模。两类指标虽无法完整覆盖自媒体电商全部特征，但可从省级宏观层面刻画区域电商发展基底与交易活力，为本研究实证分析提供可靠支撑。

现有研究围绕数字经济与产业数字化展开研究，形成了一系列重要理论。在制造业领域，廖信林等人以长三角地区为研究对象，分析数字经济赋能制造业转型升级的具体效应，并提出了可行的实现路径[1]。刘国武等人聚焦中国数字经济发展水平测度，深入剖析了其空间差异特征，为理解全国数字经济发展格局提供了数据支撑[2]。在产业链与产业结构层面，张艺从产业链数字化视角出发，揭示了数字经济发展对零售产业链韧性的积极影响，为产业链抗风险能力提升提供了新的解决思路[3]。国外研究则更侧重特定行业的数字化转型评估，如 Bjerke 等人通过探索性定性研究，考察了挪威时尚产业的数字化与数字转型进程，为行业层面的数字经济测度提供了案例参考[4]。Londono 等人提出了支持智能维护解决方案战略实施的方法论，为产业数字化转型中的技术落地提供了实践指导[5]。而准确测度数字经济发展水平是开展相关研究的基础，学者们采用多种方法构建评价体系并分析其区域差异。邱文海运用熵权 TOPSIS 方法构建评价模型，对中国数字经济发展水平进行了量化评估，该方法在权重确定与综合评价中展现出良好的适用性[6]。徐艺等人以安徽省为例，探讨了数字经济发展与制造业转型的协同发展关系，

凸显了区域异质性背景下的协同发展规律[7]。姚战琪通过结构方程模型实证分析了数字贸易对中国产业结构转型升级的多重中介效应,明确了数字贸易在产业结构优化中的传导机制[8]。但现在的研究缺乏从“数字经济水平评估-自媒体电商影响机制验证-区域发展趋势预测”的闭环研究,也未对数字经济提供精准的量化指导。

针对上述问题,本研究考虑采用熵权 TOPSIS 模型筛选并量化评估数字经济领域的核心指标体系,再结合结构方程模型验证“有电子商务交易活动企业比重”与“电子商务交易额”对数字基础设施、数字产业发展和数字普惠金融的作用强度。最后,以安徽省为例,采用 ARIMA 模型预测 2023~2025 年安徽省这两项指标的发展规律。

2. 数据预处理

为保证研究数据的权威性与可靠性,主要选取北京大学数字金融研究中心[9]、《中国工业统计年鉴》[10]、《中国统计年鉴》[11]和各省(自治区、直辖市)统计年鉴¹为研究数据。基于 2012~2022 年全国数字经济企业相关数据,对互联网接入端口数、移动电话普及率、单位面积长途光缆长度等 13 个变量进行系统性预处理,具体包括重复值剔除、缺失值填补与异常值修正等,从而确保数据质量符合建模要求,为后续模型构建提供可靠的数据支撑。

3. 基于熵权 TOPSIS 模型分析数字经济发展水平

为宏观分析区域数字经济和产业数字化的发展现状,先根据 2012~2022 年各省数字经济发展水平指标绘制三维立体图(见图 1)。由此可知,全国数字经济发展整体呈逐年增长趋势。从区域层面看,西北与华北地区的发展速度相对较快。截至 2022 年,河南省与山东省的数字经济发展进程相对缓慢,其余省份均保持稳步发展态势。其中,北京市、上海市、广东省表现尤为突出,其数字经济发展水平已超过 0.4,显示出较强的区域引领作用。

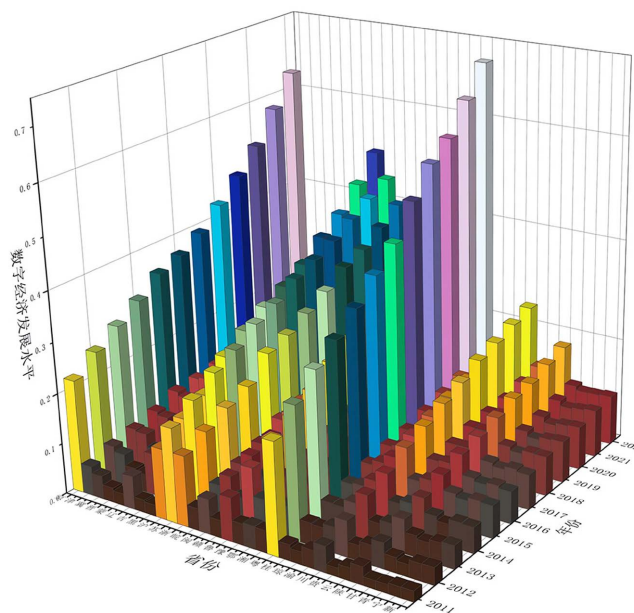


Figure 1. Digital economy development level of provinces from 2012 to 2022
图 1. 2012~2022 年各省数字经济发展水平

¹<http://www.stats.gov.cn/fw/wsbs/>

为直观呈现 2022 年中国数字金融发展的空间差异,本文基于数字金融覆盖广度、使用深度与数字化程度三项指标进行可视化分析。如图 2 所示,上海市数字金融在覆盖广度、使用深度及数字化程度上均处于全国较高水平,北京市数字金融的三个指标略低于上海市,西藏、新疆等地区的数字金融服务处于相对滞后状态。整体而言,东部沿海省份在数字金融领域的综合发展水平明显高于中西部地区。此类省际差异的形成,在一定程度上与各地区经济发展基础、互联网基础设施普及程度、居民数字技术接受与应用能力等因素密切相关。

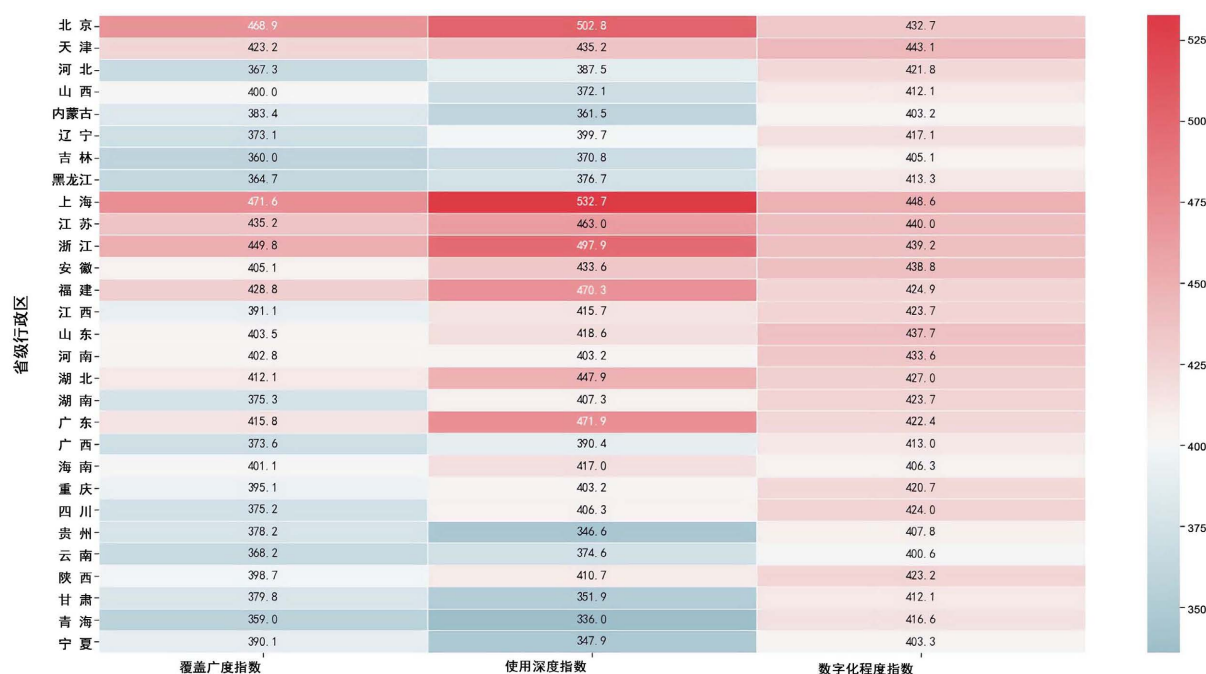


Figure 2. Level of regional industrial digitalization in China, 2022

图 2. 2022 年中国区域产业数字化发展水平

3.1. 利用熵权 TOPSIS 方法计算指标权重

为量化评估数字经济发展水平问题,以 2012~2022 年 31 个省、自治区、直辖市的相关数据为样本,每个样本含有互联网接入端口数、移动电话普及率、单位面积长途光缆长度等 13 个指标,即设原始数据矩阵 $X = (X_{ij})_{341 \times 13}$ 。为消除因变量量纲与数量级差异所造成的影响,考虑采用标准化方法对原始数据进行无量纲处理。同时,为避免标准化过程中出现 $\ln 0$,参照文献[6]的做法,在相应数据上引入一个微小误差 0.0001,具体标准化公式为

$$X'_{ij} = \begin{cases} \frac{X_{ij} - \min_j \{X_{ij}\}}{\max_j \{X_{ij}\} - \min_j \{X_{ij}\}} + 0.0001, & \text{当 } X_{ij} \geq 0; \\ \frac{\max_j \{X_{ij}\} - X_{ij}}{\max_j \{X_{ij}\} - \min_j \{X_{ij}\}} + 0.0001, & \text{当 } X_{ij} < 0. \end{cases}$$

根据经过标准化处理的数据,构建熵权 TOPSIS 模型计算指标权重,其具体步骤与公式表述如下:

$$\begin{aligned} (P_{ij})_{341 \times 13} &= \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^{372} X'_{ij}}, \\ e_j &= -\frac{1}{\ln 341} \sum_{i=1}^{341} P_{ij} \ln P_{ij}, j=1,2,\cdots,13, \\ g_j &= 1-e_j, \\ w_j &= \frac{g_j}{\sum_{i=1}^{13} g_i}. \end{aligned}$$

其中 P 表示指标比重矩阵, e_j 表示第 j 个指标的熵值, g_j 表示第 j 个指标的差异项系数, w_j 表示第 j 个指标的指标权重。熵值大小与指标所蕴含的信息量呈负相关关系, 熵值越小, 表明该指标的信息离散程度越大、信息量越丰富, 其对应的权重越大。

为构建数字经济发展水平评估体系, 按照国内外数字经济测度体系将上述 13 项指标分别归类为数字基础设施、数字产业发展、数字普惠金融, 这三个二级指标维度能清晰呈现数字经济发展的结构[7]。上述二级指标与 13 项指标共同构成了数字经济发展水平的综合评价框架, 从而实现对各省区数字经济发展状况的科学评估与分析。同时, 为明确各项指标在评估中的相对重要性, 考虑对熵值法确定的各层级指标权重进行归一化处理, 结果见表 1。

Table 1. Entropy values and weights of secondary and tertiary indicators
表 1. 二级与三级指标熵值与权重

二级指标	熵值	权重	三级指标	熵值	权重
数字基础设施	0.9428	0.3563	域名数	0.8948	0.0750
			IPV4 网址数	0.8579	0.0609
			互联网宽带接入端口数	0.9482	0.0854
			移动电话普及率	0.9656	0.0726
			单位面积光缆长度	0.8913	0.0624
数字产业发展	0.9601	0.4113	信息化企业数	0.8002	0.0610
			每百家企业拥有网站数	0.9818	0.0849
			有电子商务交易活动的企业比重	0.9666	0.0880
			电子商务销售额	0.9634	0.0901
			软件业务收入	0.9777	0.0873
数字普惠金融	0.8954	0.2324	覆盖广度指数	0.8708	0.0757
			使用深度指数	0.9581	0.0791
			数字化程度指数	0.8189	0.0777

由表 1 可知, 在二级指标中, 数字产业发展的权重最高, 在整体评估体系中占比最高。在三级指标中, “有电子商务交易活动的企业比重” “电子商务销售额” 的权重最大, 对下文中数字经济综合得分的贡献尤为显著。上述权重分布表明, 本评价体系紧扣数字经济发展的高质量要求, 产业升级是核心驱动力, 设施建设是关键支撑, 普惠金融是重要延伸。

3.2. 计算数字经济发展综合评价

为量化国内数字经济发展水平, 考虑对各项指标数据进行标准化处理与综合评价。这不仅有助于消除区域间因指标量纲与结构差异带来的不可比性, 也为后续深入分析电商对数字经济的作用与区域发展差异提供了关键的数据基础。具体计算过程为:

- 1) 将原始数据矩阵 X 正向化: 正的指标数据不作处理, 负的指标数据作如下处理:

$$\bar{X}_{ij} = \max_j \{X_{ij}\} - X_{ij},$$

- 2) 设 X_j 为矩阵 $\bar{X}$ 的第 j 列, 最佳区间为 $[a, b]$, 对在该区间的指标做处理:

$$M = \max \{a - \min(X_j), \max(X_j) - b\}$$

$$\tilde{X}_{ij} = \begin{cases} 1 - \frac{a - X_{ij}}{M}, & X_{ij} < a \\ 1, & a \leq X_{ij} \leq b \\ 1 - \frac{X_{ij} - b}{M}, & X_{ij} > b \end{cases}$$

- 3) 矩阵标准化公式为: $Z_{ij} = \frac{\tilde{X}_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{341} \tilde{X}_{ij}^2}}$.

4) 计算评价对象与利方案和弊方案的距离: 设 $Z_1, Z_2, \dots, Z_{13}$ 为矩阵 Z 的列向量组, 利方案 $Z^+ = (\max Z_1, \max Z_2, \dots, \max Z_{13})$, 弊方案 $Z^- = (\min Z_1, \min Z_2, \dots, \min Z_{13})$, 则每一个评价对象与 Z^+, Z^- 的距离为

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{341} (Z_j^+ - Z_{ij})^2}, \quad D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{341} (Z_j^- - Z_{ij})^2}, \quad j=1, 2, \dots, 13$$

其中 Z_j^+, Z_j^- 分别是 Z^+, Z^- 的第 j 个元素。

- 5) 计算每个评价对象与最优方案的接近程度:

$$C_j = \frac{D_j^-}{D_j^+ + D_j^-}, \quad j=1, 2, \dots, 13$$

其中 C_j 的取值范围为 $(0, 1)$, 越接近 1, 评价对象越优。

为使数字经济发展水平评估更具科学性, 将数字基础设施、数字产业发展、数字普惠金融三个二级指标已计算得出的综合得分按其权重(结果见表 1)进行加权求和, 得到各地区数字经济发展的综合评价数据, 部分结果如表 2 所示。北京和上海的所有维度得分均为正数, 且数值远高于其他省份, 是 2022 年数字经济发展的“第一梯队”。安徽虽数字基础设施得分略负(-0.0289), 但数字产业发展得分达 0.4026, 带动综合得分转正(0.1597), 体现出“产业补基建短板”的特点。表 2 中数据是静态的, 难以体现数字经济的动态发展变化。为揭示变量间的因果关系, 下文将采用结构方程模型[8]进行检验, 分析各变量对综合得分的具体影响。

3.3. 检验电子商务对数字经济发展的影响

结构方程模型能同步处理多变量间的复杂关系, 量化各变量对数字经济发展综合得分的影响程度, 并揭示变量间内在的因果关系与影响机制[12]。具体地, 设 H1、H2、H3、H4 分别为数字经济发展、数

字基础设施、数字产业发展、数字普惠金融受有电子商务交易活动的企业比重的影响和电子商务销售额，建立如下的结构方程图(图 3)。

Table 2. Comprehensive evaluation of digital economy development
表 2. 数字经济发展综合评价

省级行政区	年份	数字基础设施	数字产业发展	数字普惠金融	数字经济发展
北京	2022	0.83724655	0.623497597	0.957553102	0.780235172
天津	2022	-0.05234843	0.32345236	-0.057367212	0.092171719
河北	2022	0.041923452	0.15335202	-0.124217029	0.04934436
山西	2022	-0.100234369	-0.01433458	-0.144371324	-0.074434657
内蒙古	2022	-0.15823439	-0.04034536	-0.102739875	-0.097453044
辽宁	2022	-0.025233452	0.103453457	-0.122051607	0.00434518
吉林	2022	-0.12823456	-0.043456346	-0.190604229	-0.1090334526
黑龙江	2022	-0.13342831	-0.016345632	-0.177217059	-0.09583458
上海	2022	0.553234238	0.746045535	0.418771717	0.601345067
江苏	2022	0.319023443	0.638428226	0.223282572	0.428134575
浙江	2022	0.332342363	0.634359012	0.201319938	0.425323424
安徽	2022	-0.028947973	0.402602187	0.01925723	0.15974743

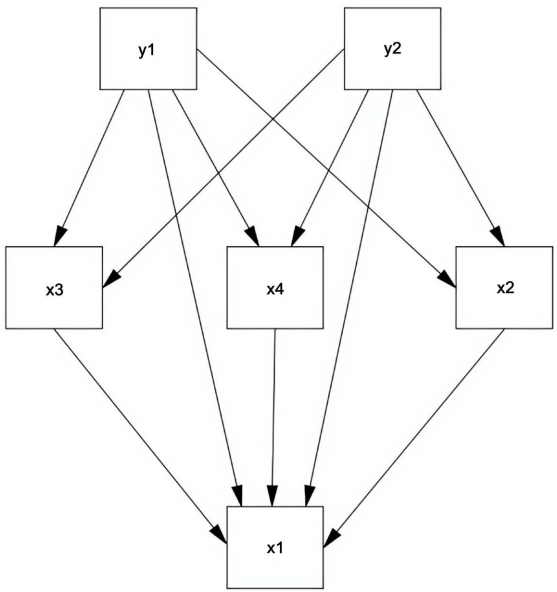


Figure 3. Structural equation diagram
图 3. 结构方程图

其中 y1 表示有电子商务交易活动的企业比重，y2 表示电子商务销售额，x1 表示数字经济发展综合得分，x2 表示数字基础设施，x3 表示数字产业发展，x4 表示数字普惠金融。

基于既定假设，构建结构方程模型以检验变量 y1，y2，x1，x2，x3，x4 间的结构关系。该模型系统分析电子商务交易活动的企业比重与电子商务销售额对数字经济整体发展的影响。表 3 给出路径系数的

估计值、估计值的标准误差、Z 统计量、显著性概率值。从表 3 可知，数字产业发展对数字经济具有最显著的驱动作用，其路径系数为 0.4104，表明该指标每提升 1 单位，数字经济得分约增加 0.41 单位。电子商务销售额对数字经济无直接显著影响，路径系数仅为-0.0007，说明该指标的变化难以直接引起数字经济综合得分的波动。在数字基础设施方面，电商企业比重具有显著正向影响(系数 = 0.1955， $p < 10^{-9}$)，说明企业需求的提升能倒逼基础设施建设的升级；而电商销售额则呈负向影响(系数 = -0.0776， $p = 0.0146$)，这可能与短期内流量集中带来的承载压力有关。在数字产业发展方面，电商企业比重呈现显著正向促进(系数 = 0.3469， $p \approx 0$)，表明企业电商参与度越高，产业生态越活跃；电商销售额仍为负向影响(系数 = -0.0618， $p = 0.005$)，说明销售额的增长可能伴随头部企业垄断加强，从而对中小企业的发展空间形成挤压。

Table 3. Structural equation test table
表 3. 结构方程检验表

lval	op	rval	Estimate	Std. Err	z-value	p-value
x1	~	x2	0.2326	0.0036	64.9660	0.0000
x1	~	x3	0.4104	0.0051	79.9449	0.0000
x1	~	x4	0.3573	0.0030	119.7920	0.0000
x1	~	y1	0.0007	0.0025	0.2922	0.7701
x1	~	y2	-0.0007	0.0015	-0.4587	0.6465
x2	~	y1	0.1955	0.0318	6.1554	0.0000
x2	~	y2	-0.0776	0.0318	-2.4432	0.0146
x3	~	y1	0.3469	0.0222	15.6587	0.0000
x3	~	y2	-0.0618	0.0222	-2.7909	0.0053
x4	~	y1	0.2584	0.0381	6.7786	0.0000
x4	~	y2	-0.1124	0.0381	-2.9482	0.0032
x1	~	x1	0.0000	0.0000	8.6603	0.0000
x2	~	x2	0.0254	0.0029	8.6603	0.0000
x3	~	x3	0.0124	0.0014	8.6603	0.0000
x4	~	x4	0.0367	0.0042	8.6603	0.0000

4. 基于 ARIMA 模型分析产业数字化下的电商平台

根据熵权 TOPSIS 模型的分析结果可知，电子商务交易额和有电子商务交易活动企业比重在数字经济发展水平评价中具有较高的权重贡献。为进一步揭示关键影响因素的动态变化规律，下文以安徽省为例对这两项指标数据进行时间序列建模与分析。

4.1. 数据的平稳性

4.1.1. ADF 检验

平稳性是 ARIMA 模型构建的基本前提，该性质直接影响模型的预测能力。因此，在建立时间序列模型前，需对“有电子商务交易活动企业比重”与“电子商务交易额”的数据进行平稳性检验。我们考虑采用 ADF 检验方法，检验结果见表 4。在显著性水平 0.05 下，“有电子商务交易活动企业比重”的 p 值为 $0.001 < 0.05$ ，且检验统计量小于临界值-3.367，拒绝原假设，该序列为平稳序列；而“电子商务交易额”的 p 值为 $0.998 > 0.05$ ，无法拒绝原假设，该序列为非平稳序列。因此，需对电子商务交易额数据进行差分处理，使其满足数据平稳性。

Table 4. ADF test table for the proportion of enterprises with e-commerce transactions and e-commerce sales data
表 4. 有电子商务交易活动的企业比重和电子商务销售额数据的 ADF 检验表

指标	统计量	p 值	K	C _{0.01}	C _{0.05}	C _{0.10}
电子商务交易额	2.300	0.998	2.000	-4.473	-3.289	-2.772
有电子商务交易活动企业比重	-4.004	0.001	3.000	-4.665	-3.367	-2.803

4.1.2. 差分法

在时间序列分析中，差分法是处理非平稳数据的常用方法，旨在通过减小或消除时间序列的趋势和季节性变化。通过对电子商务交易额数据分别进行一阶和二阶差分，并对差分后的数据进行协整性与平稳性检验。图 4 中二阶差分后的序列折线波动趋于平缓，无明显的上升、下降与周期波动，表明该序列在二阶差分后已无季节性特征。再通过 ADF 检验进行平稳性判断，结果显示在 0.05 显著性水平下，p 值为 0.015，拒绝数据非平稳的原假设，说明二阶差分后的电子商务交易额序列已达到平稳状态，满足 ARIMA 模型的建模要求，可用于后续时间序列分析与预测。

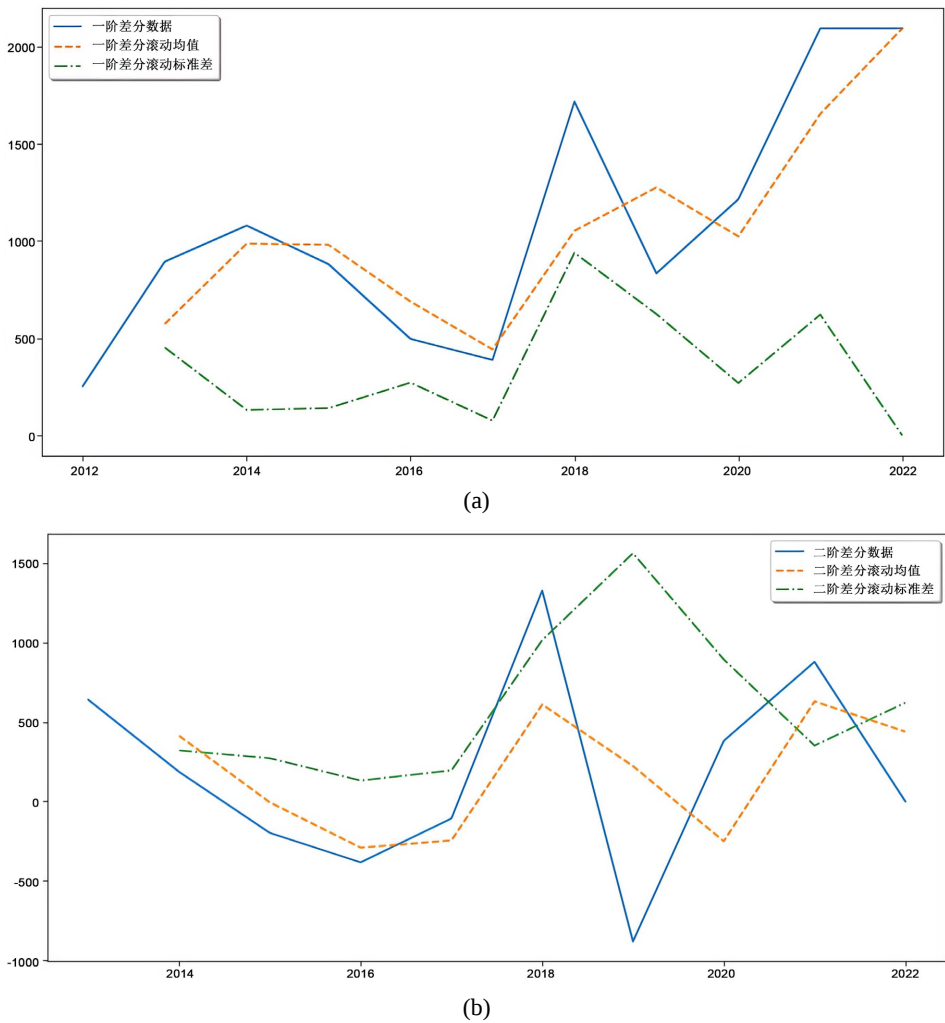


Figure 4. Cointegration test chart of differenced e-commerce transaction volume
图 4. 差分后的电子商务交易额协整检验图

4.2. 基于安徽省数据的 ARIMA 模型建立

将安徽省 2012 年至 2022 年“有电子商务交易活动的企业比重”与二阶差分后的“电子商务交易额”数据导入 Python 软件，构建时间序列模型 ARIMA (p, d, q)，并对 2023 年至 2025 年电子商务相关发展态势进行预测，其中 p 为自回归阶数， d 为差分阶数， q 为移动平均阶数。

首先，通过 ACF 与 PACF 检验确定模型参数 p 、 d 、 q 的取值。如图 5 所示，“有电子商务交易额企业比重”数据在 ACF 和 PACF 图中滞后 1 阶的系数显著，但滞后 2、3、4 阶的系数迅速落入置信区间(拖尾)，故先用 ARIMA (1,0,1)模型进行未来三年电子商务发展态势的预测。同样，经 2 阶差分处理后的“电子商务交易额”数据在 ACF 和 PACF 检验中也都存在 1 阶拖尾，因此采用 ARIMA (1, 2, 1)模型进行预测。

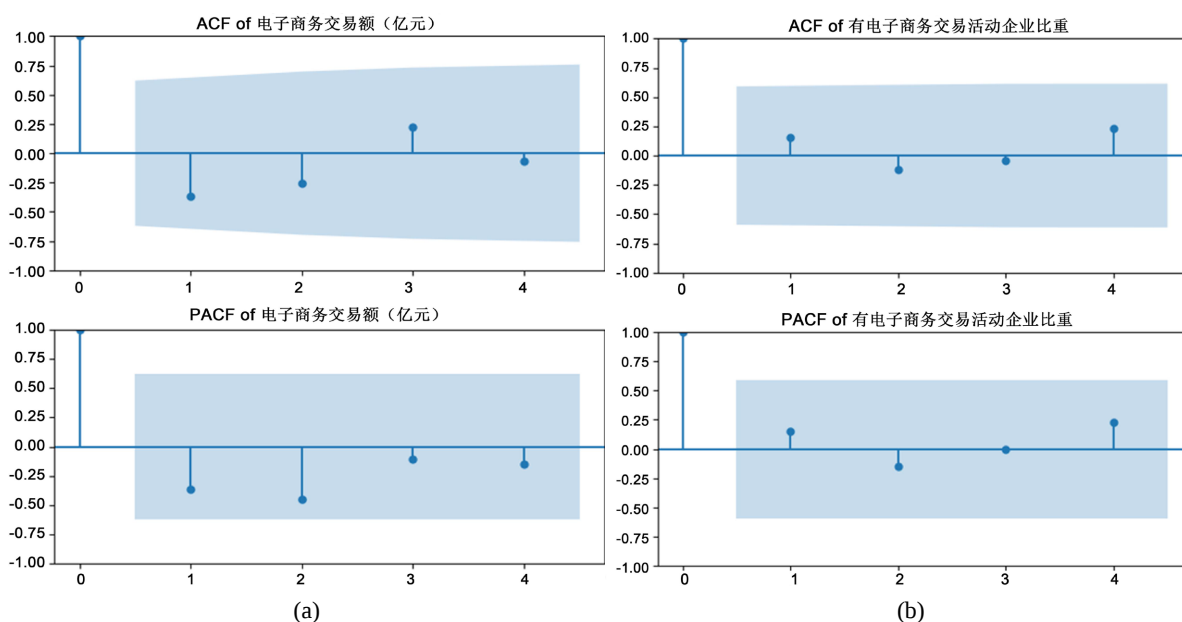


Figure 5. ACF and PACF order determination graph

图 5. ACF 与 PACF 定阶图

4.2.1. 有电子商务交易活动企业比重的 ARIMA 分析

将“有电子商务交易活动的企业比重”的历史观测值与预测值绘制成时间序列图(图 6)。由图可知，未来 3 年有电子商务交易活动的企业比重呈平缓发展趋势，这说明数字经济领域中开展电子商务交易的企业数量正逐步趋于饱和。未来占比是否会回升，需结合市场实际情况综合判断。2023~2025 年“有电子商务交易活动企业比重”预计稳定在 11.4%~11.5%，说明当前“推动企业电商化”的普惠性政策边际效益逐渐减弱。因此，政府可将政策重心由“扩大参与规模”转向“提升电商质量”，可采用加强对中小企业的电商运营能力培训、完善数字供应链基础设施等措施，促进电商生态的持续优化与高质量发展。

4.2.2. 电子商务交易额的 ARIMA 分析

对原始值和预测值绘制如下时间序列图：从图 7 中可以看出，电子商务交易额在未来展现出持续增长的发展态势。这一现象表明，在数字经济蓬勃发展的背景下，产业数字化的发展势头异常迅猛。这也从侧面反映出在数字经济交易领域的企业中电商业务欣欣向荣的前景，彰显出产业数字化拥有广阔的发展前景。

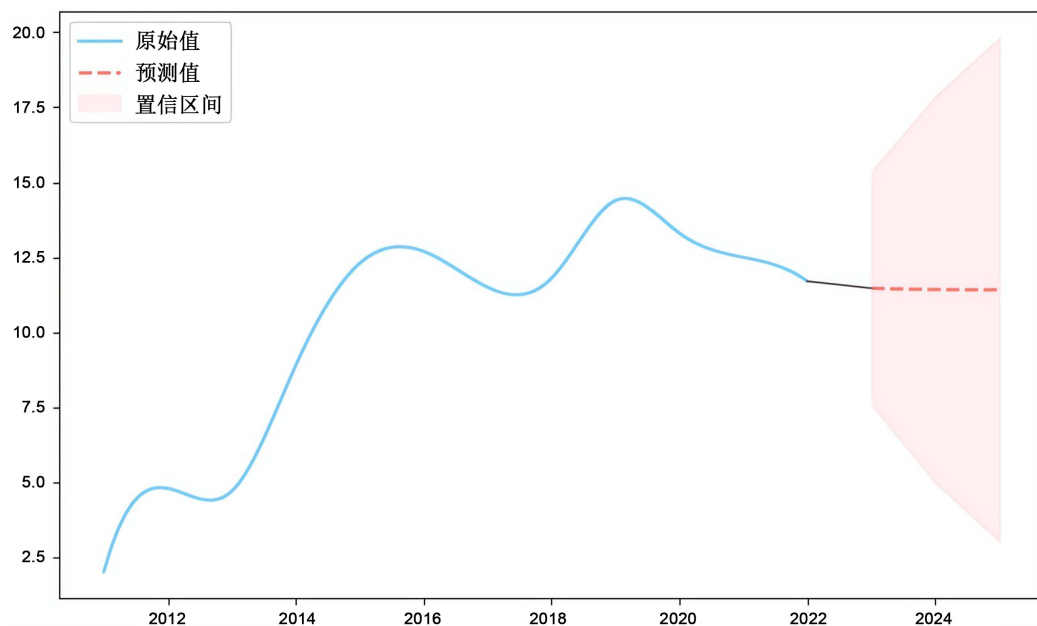


Figure 6. Prediction plot of the proportion of enterprises with e-commerce transaction activities

图 6. 有电子商务交易活动企业比重预测图

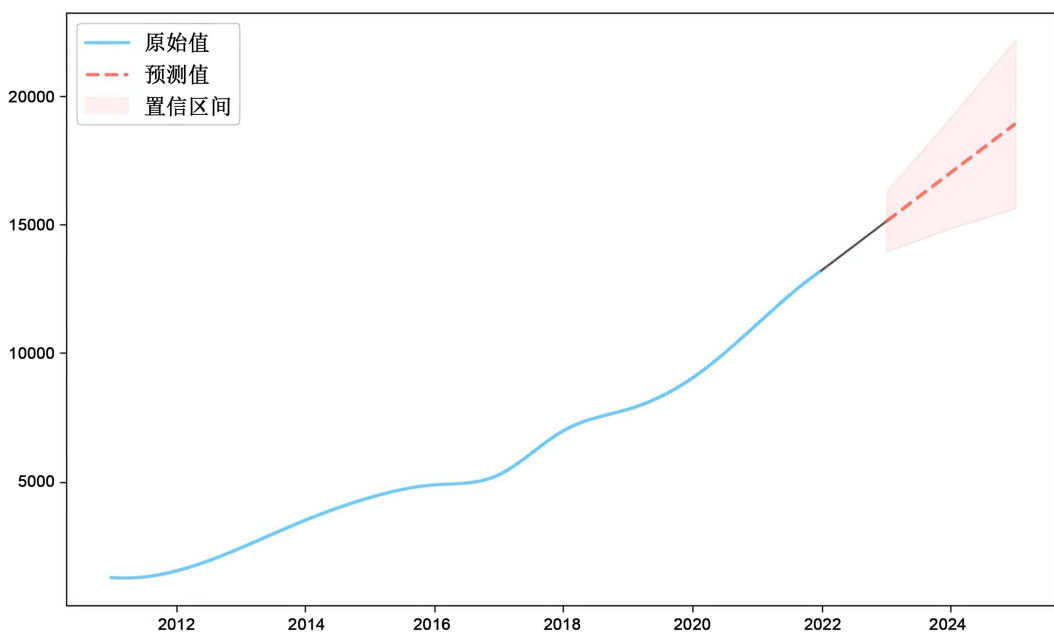


Figure 7. Prediction plot of e-commerce transaction volume

图 7. 电子商务交易额预测图

4.3. ARIMA 模型检验

为使得前面的时间序列分析具有计量经济学意义, 利用 Python 对 ARIMA 模型的系数及相关参数进行检验, 得到有电子商务交易活动企业比重构建的 AR(1)模型与 MA(1)模型的 p 值分别为 0.022 和 0.036, 二阶差分后的电子商务交易额数据构建的 AR(1)与 MA(1)模型 p 值分别为 0.041 和 0.038, 均小于 0.05, 表明模型系数通过显著性检验。为保证季节性 ARIMA 模型的有效性, 需进一步检验模型残差是否满足

白噪声条件,即残差序列不存在自相关性。考虑采用基于 Q 统计量的白噪声检验方法,若 p 值大于 0.1,则认为模型残差符合白噪声特征。检验结果显示,有电子商务交易活动企业比重的模型的 Q 统计量的 p 值为 $0.73 > 0.1$,二阶差分后的电子商务交易额模型的 Q 统计量的 p 值为 $0.56 > 0.1$,这表明 ARIMA 模型的残差序列已无未被提取的系统信息,符合白噪声性质,模型整体拟合效果较好,时间序列分析准确度较高。

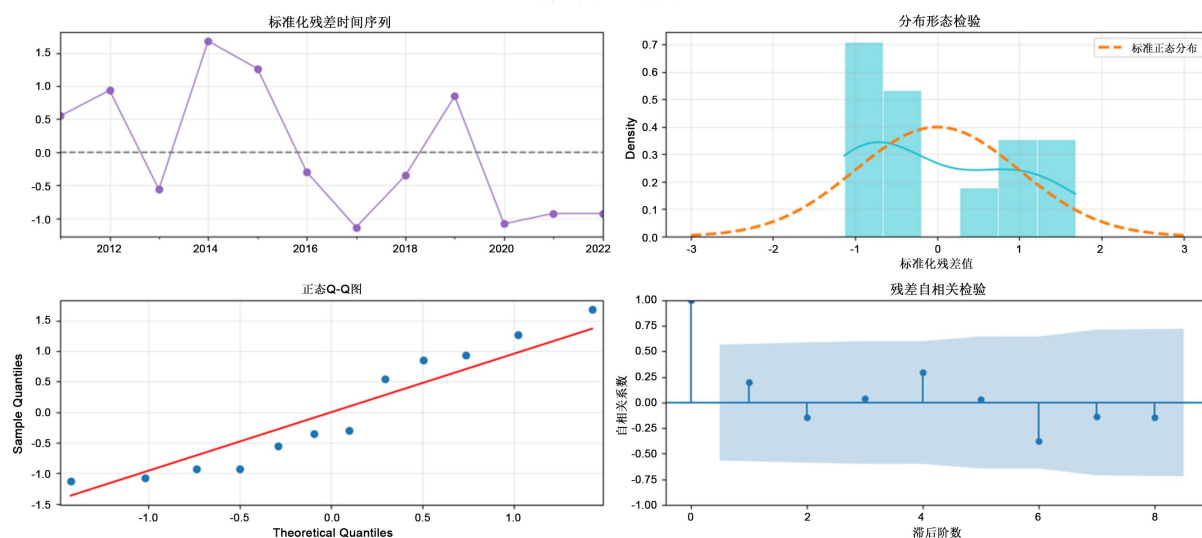


Figure 8. Model test plot for the proportion of enterprises with e-commerce transaction activities

图 8. 有电子商务交易活动企业比重的模型检验图

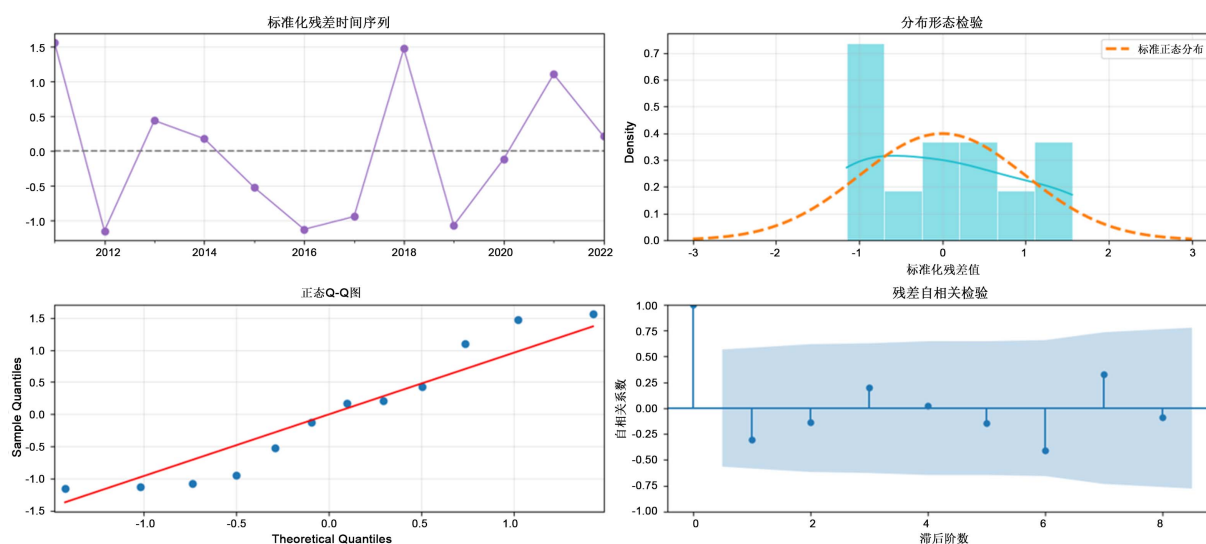


Figure 9. Model test plot for e-commerce transaction volume after second-order difference

图 9. 二阶差分后的电子商务交易额的模型检验图

有电子商务交易活动企业比重与二阶差分后的电子商务交易额的时序建模可视化结果如图 8、图 9 所示。结合残差诊断图可得出以下结论:根据两组数据模型的残差序列的折线图可知,残差序列在零值附近上下波动,无明显的趋势性变动或周期性规律,表明残差序列是平稳的,模型已有效提取原始数据的

趋势与周期性信息；残差直方图形态与理论正态分布曲线较为接近，说明残差近似服从正态分布，符合 ARIMA 模型对误差项服从正态分布的假设；通过对比残差序列的分位数与理论正态分布的分位数，正态性 Q-Q 图中蓝色样本点基本沿红色参考线分布，仅在两端略有偏离，进一步验证残差近似服从正态分布；自相关函数(ACF)图中，所有滞后阶数对应的自相关系数均落在置信区间内，说明残差序列无显著自相关性，满足白噪声序列条件。上述四项检验综合表明，模型残差为平稳、近似正态且无自相关的白噪声序列，ARIMA 模型对原始数据具有较好的拟合效果。

5. 结束语

结合熵权 TOPSIS 与 ARIMA 模型，本文系统分析了中国数字经济发展水平与演变特征。研究结果表明，我国数字经济整体呈稳健上升态势，但区域间发展呈现差异化。西北与华北地区增速突出，2022 年北京、青海两地数字经济发展水平领先，而河南、山东等地发展相对缓慢，东部沿海地区在产业数字化方面的综合优势明显高于中西部。以上的区域差异成因与各地区经济基础、互联网设施覆盖率及数字技术应用程度密切相关。通过熵权 TOPSIS 模型分析，数字产业发展维度权重最高，其中“有电子商务交易活动的企业比重”与“电子商务销售额”为关键贡献指标。结构方程模型进一步揭示，有电子商务交易活动的企业比重对数字普惠金融、数字产业发展、数字基础设施均呈显著正向促进作用；而电子商务销售额则呈现负向影响，凸显结构优化的重要性。同时，基于安徽省的 ARIMA 模型预测表明，未来电商企业参与比重将趋稳，交易额持续增长，产业数字化仍有广阔发展空间，自媒体与电商的深度融合已成为推动产业数字化的重要方向。

但是，上述结论是基于省级宏观电商数据展开的，更适用于从区域产业数字化角度理解自媒体电商发展的基础条件与总体趋势。由于宏观统计数据难以完全捕捉自媒体平台中的内容传播、达人带货、用户互动等微观特征，本文所使用的代理变量仍存在一定局限性。未来研究可进一步获取短视频平台交易、直播带货、自媒体账号影响力以及企业层面的电商转型等数据，构建更加精准的自媒体电商评价指标体系，对不同电商模式、不同内容平台和不同区域发展差异进行更具针对性的分析。

基金项目

安徽省大学生创新创业训练计划项目“基于多模型融合的自媒体电商赋能产业数字化发展研究”(S202510371105)。

参考文献

- [1] 廖信林, 杨正源. 数字经济赋能长三角地区制造业转型升级的效应测度与实现路径[J]. 华东经济管理, 2021, 35(6): 22-30.
- [2] 刘国武, 李君华. 中国数字经济发展水平测度及空间差异特征分析[J]. 统计与管理, 2024, 39(9): 104-115.
- [3] 张艺. 产业链数字化视角下数字经济发展对零售产业链韧性的影响[J]. 商业经济研究, 2024(22): 10-14.
- [4] Bjerke, C. and Madsen, D.Ø. (2024) Digitalisation and Digital Transformation of the Norwegian Fashion Industry: An Exploratory Qualitative Study. *International Journal of Management Concepts and Philosophy*, 17, 187-204. <https://doi.org/10.1504/ijmcp.2024.137663>
- [5] Sanchez-Londono, D., Roda, I. and Barbieri, G. (2024) A Methodology to Support the Strategic Implementation of Smart Maintenance Solutions. *IFAC-PapersOnLine*, 58, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.08.049>
- [6] 邱文海. 基于熵权 TOPSIS 的中国数字经济发展水平评价研究[J]. 黑河学院学报, 2024, 15(8): 60-64, 102.
- [7] 徐艺, 肖良. 数字经济发展与制造业转型的协同发展研究——以安徽省为例[J]. 巢湖学院学报, 2024, 26(3): 30-38.
- [8] 姚战琪. 数字贸易与中国产业结构转型升级: 基于结构方程模型的多重中介效应[J]. 贵州社会科学, 2024(2): 127-136.

-
- [9] 北京大学数字金融研究中心. 北京大学数字普惠金融指数[EB/OL]. <https://idf.pku.edu.cn/>, 2023-01-15.
- [10] 国家统计局. 中国工业统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2023.
- [11] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2023.
- [12] 胡鹏钰. 数字经济发展与区域产业结构升级协同效应研究[D]: [硕士学位论文]. 拉萨: 西藏大学, 2023.