

宁夏数字经济发展水平综合统计测度

王淑琴

宁夏财经职业技术学院，宁夏 银川 750021

DOI: 10.61369/TACS.2025050045

摘要：随着信息技术的发展和数字化进程的加速，数字经济在区域经济发展中的作用日益凸显。本文以宁夏为研究对象，通过构建包含数字基础设施、产业数字化、数字产业化及数字知识环境四个维度的指标体系，运用TOPSIS熵权法计算宁夏数字经济发展指数，并通过灰色预测法预测其未来发展趋势。最后，基于研究结论，提出促进宁夏数字经济发展水平的对策建议。

关键词：数字经济；统计测度；熵权法；高质量发展

Comprehensive Statistical Measurement of Digital Economy Development Level in Ningxia

Wang Shuqin

Ningxia College of Finance and Economics, Yinchuan, Ningxia 750021

Abstract : With the advancement of information technology and accelerated digitalization, the digital economy has become increasingly vital in regional economic development. This study focuses on Ningxia, constructing an indicator system comprising four dimensions: digital infrastructure, industrial digitalization, digital industrialization, and digital knowledge environment. The TOPSIS entropy weighting method is employed to calculate Ningxia's digital economy development index, while grey prediction is applied to forecast its future trends. Finally, based on the research conclusions, some countermeasures and suggestions are put forward to promote the development level of digital economy in Ningxia.

Keywords : digital economy; statistical measurement; entropy weighting method; high-quality development

引言

党的二十大报告明确指出，要加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合。宁夏作为西部地区的重要省份，积极响应国家号召，2023年全面实施数字宁夏战略，完成规划、组织、政策、平台、标准“五大体系”顶层设计，组建并高效运营数字宁夏公司。我区算力资源环境指数、互联网光纤接入端口占比均居全国第一，5G 用户渗透率全国第二，电信业务总量增长全国第三，“双中心”地位明显提升，第一增长极作用初步显现。

近年来，一些学者对数字经济发展很感兴趣。梁小甜等(2022)^[1]研究了数字经济对制造业高质量发展的影响，结果表明数字经济通过增加创新投入和提升人均创利促进制造业高质量发展；马德稷等(2023)^[2]基于2012—2021年的省级面板数据，测度了10年来我国各省的数字经济发展水平；吕艳琴等(2023)^[3]通过建立科学的指标体系测度中国数字经济发展水平，运用Dagum基尼系数等方法探究数字经济的空间特征；魏满满等(2023)^[4]运用熵权法计算出江苏省数字经济发展水平，并通过因子分析法对江苏省13市数字经济综合实力进行了比较；李苍祺(2024)^[5]基于经济增长动能的视角，在构建经济增长动能指数和数字经济发展指数的基础上，分析了货币政策结构化与经济高质量发展之间的关系。

目前，有关数字经济测度与影响因素的研究已取得较多成果，但是关于宁夏地区数字经济发展水平测度的研究甚少，本文将选取宁夏数字经济相关指标，综合反映近年来宁夏数字经济发展程度，并进行趋势预测，为促进宁夏数字经济发展提供有益参考。

一、宁夏数字经济现状 –SWOT 分析

(一) 宁夏数字经济发展的优势

宁夏政府高度重视数字经济发展，政策支持力度大，出台了

数字宁夏战略、数字产业化量级提升行动等一系列政策措施，为数字经济发展筑牢了有力保障；在基础设施建设方面成效显著，建成和在建的大型数据中心达15个，服务器上架率77%，算力质效指数和算力资源环境指数均居全国前列；同时产业数字化进程

不断加快，新培育了智能工厂和数字化车间，规上企业数字化转型比例达 50%，产业数字化水平得到显著提升。

(二) 宁夏数字经济发展的劣势

宁夏数字经济发展虽取得一定成绩，但也面临诸多挑战：区域发展不均衡问题突出，内部各地区数字经济发展水平差距较大，城乡之间、区域之间的数字基础设施建设呈现出明显的不均衡态势；创新驱动方面存在不足，数字经济领域高端人才和创新资源相对短缺，自主创新能力较为薄弱，这在一定程度上限制了数字经济的快速发展；此外，数据利用效率也较低，在数据挖掘、数据分析利用等方面的能力欠缺，导致大量数据资源无法充分转化为实际的经济价值。

(三) 宁夏数字经济发展的机遇

在数字经济发展的浪潮中，宁夏迎来了诸多有利契机。国家战略层面大力推动数字经济发展，为宁夏营造了优良的政策环境，也带来了广阔的市场机遇，有力地支撑起宁夏数字经济前行的步伐。与此同时，宁夏传统产业转型升级的进程不断加快，对数字技术的需求与日俱增，这为数字经济的发展开辟了极为广阔的空间，使其能够深度融入并赋能传统产业。此外，宁夏与其他地区的合作交流愈发频繁紧密，在区域协同发展的大趋势下，为引进先进技术和管理经验创造了便利条件，进一步助力宁夏数字经济实现高质量发展。

(四) 宁夏数字经济发展的威胁

宁夏数字经济发展在迎来诸多机遇的同时，也面临着不容忽视的威胁。在数字经济蓬勃发展的当下，各地纷纷发力，竞争态势愈发激烈，宁夏不可避免地承受着来自其他地区的巨大竞争压力；同时，数字技术迭代更新速度极快，宁夏若不能及时紧跟技术发展趋势，就极有可能在快速变革的浪潮中被淘汰；此外，随着数字经济规模的不断扩张，网络安全、数据安全等方面的风险也与日俱增，这对宁夏加强安全防护能力、保障数字经济稳健运行提出了更为迫切的要求。

二、指标体系构建 – 熵权法计算

本文数据主要来源于《宁夏统计年鉴》、宁夏统计公报、北京大学数字普惠金融指数，部分缺失数据根据已有年份数据进行了推算。

(一) 宁夏数字经济发展的指标体系构建

结合宁夏数字经济发展实际，本文在构建评价指标体系时，充分参考梁睿（2024）^[6]总结的数字经济评价指标体系及《中国数字经济发展白皮书》对数字经济内涵的界定，同时兼顾数据的可收集性与可操作性，最终确定从数字基础设施、产业数字化、数字产业化、数字知识环境四个核心维度搭建指标体系。在具体指标选取上，一方面借鉴刘雪（2021）^[7]的研究思路，另一方面结合宁夏数据可得性，选取2014–2023年的相关指标数据，涵盖移动互联网用户数、信息技术人员数量、第三产业生产总值和专利授权量、R&D 经费内部支出占地区生产总值比重等共16个二级指标，并通过熵权法计算得出各指标的具体权重（详见表1）。

表1 宁夏数字经济发展指标体系及权数计算结果

| 一级指标 | 二级指标 | 权重 (%) |
|--------|------------------------|--------|
| 数字基础设施 | 年末互联网宽带接入用户数（万户） | 7.25 |
| | 年末移动电话用户数（万户） | 5.06 |
| | 移动互联网用户数（万户） | 4.05 |
| 产业数字化 | 规上工业企业营业收入（亿元） | 10.63 |
| | 社会消费品零售总额（亿元） | 3.94 |
| | 信息技术人员数量（人） | 4.84 |
| | 数字普惠金融指数（%） | 4.56 |
| 数字产业化 | 第三产业生产总值（亿元） | 6.16 |
| | 邮政业务总量（亿元） | 5.52 |
| | 电信业务总量（亿元） | 8.55 |
| | 第三产业就业人员（万人） | 4.60 |
| | 专利授权量（件） | 7.92 |
| 数字知识环境 | 普通高等学校毕业生人数（人） | 5.65 |
| | 各类专业技术人员数（万人） | 4.71 |
| | R&D 人员全时当量（人年） | 10.44 |
| | R&D 经费内部支出占地区生产总值比重（%） | 6.16 |

(二) TOPSIS 熵权法

在指标权重计算中，专家打分法、层次分析法^[8]是常用传统方法，但这类方法依赖研究者或专家的主观判断与经验偏好，难避人为偏差。而熵权法作为典型客观赋权方法，核心是从指标数据特征出发：通过信息熵理论量化数据离散程度（数据差异越大，有效信息越丰富），先算各指标熵权，再依指标实际信息贡献度修正优化，最终得到更贴合客观属性、减少主观干扰的权重结果。

TOPSIS 法的基本思路是：通过假定正、负理想解，测算各样本与正、负理想解的距离，得到其与理想方案的相对贴近度，从而进行各评价对象的优劣排序^[9]。

本文所采用的 TOPSIS 熵权法，本质是熵权法与 TOPSIS 法的融合应用，以“客观定权 + 科学排序”的组合逻辑，输出更精准、更具客观性的评价结果，从而实现对宁夏数字经济发展现状的有效评估。

1. 熵权法确定各指标权重

第一步：数据标准化（归一化），对原始数据进行标准化处理，消除不同指标量纲和数量级的影响。

正向化处理：

$$P_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}$$

逆向化处理：

$$P_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}$$

其中， x_{ij} 为第 i 年第 j 个指标的原始值， P_{ij} 是 x_{ij} 标准化后的值， $i=1, 2, 3, \dots, m$ ； $j=1, 2, 3, \dots, n$ 。

标准化的数值在0~1之间，对数值为0的指标进行非负平移，加 ϵ ($\epsilon=10^{-6}$) 以便于数据都大于0，消除后续影响，即对数据进行一次线性变换。

$$q_{ij} = p_{ij} + \epsilon$$

此时， q_{ij} 为处理后的最终数据。

第二步：计算各指标的比重。

$$f_{ij} = \frac{q_{ij}}{\sum_{i=1}^m q_{ij}}$$

满足约束条件： $\sum_{i=1}^m f_{ij} = 1$ ($j=1, 2, \dots, n$)。

第三步：熵值计算，计算第 j 个指标的熵值 e_j 。

$$e_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln(f_{ij})$$

第四步：计算差异化系数。

$$g_j = 1 - e_j$$

第五步：计算第 j 个指标的熵权 ω_j 。

$$\omega_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j}$$

TOPSIS 评价指标模型

(1) 设有 m 个年份，n 个评价指标，则数字经济的初始矩阵：

$$X = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_{11} & \mathbf{x}_{12} & \cdots & \mathbf{x}_{1n} \\ \mathbf{x}_{21} & \mathbf{x}_{22} & \cdots & \mathbf{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{x}_{m1} & \mathbf{x}_{m2} & \cdots & \mathbf{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

对其进行标准化（常用向量归一化法）的矩阵记为 R，R 中的

$$\text{每一个元素: } r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}.$$

(2) 确定加权标准化矩阵

基于标准化的矩阵 R，得到归一化加权矩阵 V：

$$V = R \times \text{diag}(W) = [v_{ij}]_{m \times n}$$

其中， $\text{diag}(W)$ 是由权重向量 $W = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n]$ 构成的对角矩阵。

计算正理想解和负理想解

$$V^+ = \{\max v_{ij} | i=1, 2, \dots, m\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

$$V^- = \{\min v_{ij} | i=1, 2, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

确定最优最劣距离

到正理想解的距离：

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, i=1, 2, \dots, m$$

到负理想解的距离：

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i=1, 2, \dots, m$$

(5) 求接近度

用 C_i 表示接近度，取值范围是 $[0, 1]$ 。接近度的数值越大，数字经济发展水平越接近最优水平。

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, i=1, 2, \dots, m$$

依据上述方法，分别计算得到 2014—2023 年宁夏数字经济发展指数（见表 2）。

表 2 宁夏数字经济指标 TOPSIS 评价计算结果

| 年份 | 正理想解距离 S_i^+ | 负理想解距离 S_i^- | 相对接近度 C_i | 排序结果 |
|------|----------------|----------------|-------------|------|
| 2014 | 0.0783 | 0.0033 | 0.0407 | 10 |
| 2015 | 0.0760 | 0.0047 | 0.0578 | 9 |
| 2016 | 0.0702 | 0.0107 | 0.1320 | 8 |
| 2017 | 0.0638 | 0.0179 | 0.2187 | 7 |
| 2018 | 0.0513 | 0.0294 | 0.3643 | 6 |
| 2019 | 0.0433 | 0.0385 | 0.4710 | 5 |
| 2020 | 0.0357 | 0.0482 | 0.5744 | 4 |
| 2021 | 0.0183 | 0.0643 | 0.7786 | 3 |
| 2022 | 0.0094 | 0.0717 | 0.8841 | 2 |
| 2023 | 0.0085 | 0.0747 | 0.8976 | 1 |

(三) TOPSIS 评价计算结果分析

表 2 所示的 TOPSIS 评价结果清晰显示，2014—2023 年间宁夏数字经济发展水平呈现逐年稳步攀升的态势：其中 2023 年发展水平最高，在评价中位列第一；而 2014 年则处于该周期内的最低排名位置。参考张荣光、钱崇赋等（2016）^[10] 将资源转型城市划分为五个等级的研究方法，结合 TOPSIS 评价的具体排序结果，可进一步将宁夏数字经济发展水平划分为五个阶段性等级：2014—2016 年处于低级发展阶段；2017—2018 年实现阶段跨越，进入初级发展阶段；2019—2020 年持续进阶，迈入中级发展阶段；2021 年发展水平进一步提升，达到较高级发展阶段；2022 年迎来突破性增长，快速跃升至高级发展阶段，并在 2023 年继续维持这一高级发展水平。

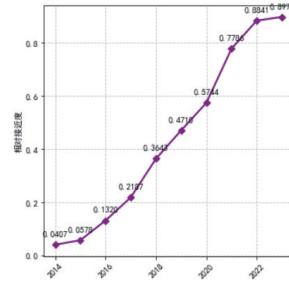


图 1 2014—2023 年宁夏数字经济发展指数变化趋势

观察图 1 曲线可见，2014—2023 年宁夏数字经济发展水平呈持续阶梯式上升趋势：2014 年起步后，2016 年迎来十年间最快增幅，后续年份稳步增长；2022 年后发展水平首次迈入 0.8 以上区间，正式进入高级发展阶段。

从整体发展来看，这一数据印证的发展轨迹，既是宁夏自国家部署实施大数据战略以来，始终积极响应并深入落实数字经济发展相关部署、紧密跟随国家数字经济发展节奏的必然结果，也与 TOPSIS 评价法得出的“宁夏数字经济发展水平存在阶段性跃升”结论高度契合，从实践层面清晰展现出宁夏在促进数字经济与实体经济深度融合、数字基础设施建设等方面已取得切实可见的实质性进展，更凝聚了宁夏政府部门、企业、高校及科研机构等各方面力量的共同努力。未来面对数字经济对创新、科技与质量的更高要求，宁夏仍需聚焦关键领域持续奋进，巩固并提升高级发展阶段的优势。

三、宁夏数字经济发展水平预测

(一) 灰色预测法

灰色预测法是一种针对信息不完全系统的建模与分析方法，通过处理“小样本、贫信息”的不确定性数据，构建灰色微分方程模型（如 GM(1,1)），揭示系统内在规律并预测发展趋势。其核心步骤包括：

1. 数据预处理

对原始序列 $X^{(0)} = (x(1), x(2), \dots, x(n))$ 进行级比检验，确保所有级比 $\lambda(k) = x(k-1)/x(k)$ 落在 $(e^{-2/(n+1)}, e^{2/(n+1)})$ 内。

2. 累加生成 (AGO)

将原始序列通过： $X^{(1)} = (x(1), x(1)+x(2), \dots, \sum_{i=1}^n x(i))$ ，弱化随机性、凸显趋势。

3. 构建 GM(1,1) 模型

基于累加序列建立白化微分方程： $\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = b$ ，通过最小二乘法求解参数 a （发展系数）和 b （灰作用量），并将其代入白化方程，得到预测公式： $\hat{X}^{(1)}(k+1) = \left(X^{(1)}(1) - \frac{b}{a}\right)e^{-ak} + \frac{b}{a}$ 。

4. 模型检验

采用后验差检验法评估精度，计算残差方差比 $C = S_2^2 / S_1^2$ （ S_1^2 为原始数据方差， S_2^2 为残差方差），并根据 C 值判断精度等级（如 $C < 0.35$ 为“好”）。

5. 预测与还原

利用模型预测累加序列值，再通过累减生成 (LAGO) 还原为原始数据预测值： $\hat{X}^{(0)}(k+1) = \hat{X}^{(1)}(k+1) - X^{(1)}(k)$ 。

(二) 预测步骤与结果

首先对2014–2023年的数字经济发展指数进行级比检验，发现原始数据的级比范围为 [0.4379, 0.9850]，不在可容覆盖区间 [0.8338, 1.1994] 内。因此，需要进行数据平移转换，找到合适的平移常数 $c = 0.5120$ ，使平移后的级比范围变为 [0.8338, 0.9904]，满足 GM(1,1) 模型的适用条件。

构建的 GM(1,1) 模型中发展系数 $a = -0.1140$ ，灰色作用量 $b = 0.5111$ ，后验差比 $C = 0.1591$ ，小于 0.35，说明模型精度等级非常好，并且小误差概率 $P = 1.00$ ，大于 0.95，意味着模型精度很好。

利用灰色预测法对2023年向后5年的数字经济发展指数进行预测，得到如表3所示的数据，同时绘制如图2所示的折线图。

表3 2024–2028年宁夏数字经济发展指数预测值

| 年份 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 预测值 | 1.1852 | 1.3902 | 1.6199 | 1.8775 | 2.1661 |

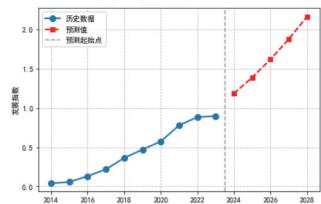


图2 宁夏数字经济发展水平趋势图

由宁夏2024–2028年数字经济发展指数预测值及趋势图可知，宁夏数字经济发展态势良好。从预测值来看，未来数字经济发展指数呈现出持续且较为强劲的增长趋势。尽管灰色预测法存在一定估计误差，但这种短期预测能为宁夏数字经济的发展规划等提供参考。

四、结论与建议

(一) 结论

本研究通过构建多维指标体系并运用 TOPSIS 熵权法量化分析发现，2014–2023年宁夏数字经济发展指数从0.0407提升至0.8976，实现从低级到高级阶段的跨越，且未来五年（2024–2028年）预测值持续强劲增长，显示其已进入高质量发展通道，但依然存在数据利用效率低、产业数字化深度不足、人才结构失衡等短板，亟需针对性破解以巩固高质量发展态势。

(二) 建议

第一，针对数据利用率低，设立数据交易试点，明确产权与定价，将专利授权、技术合同成交额纳入补贴考核，推动算力变现；推广“数据银行”，鼓励政府企业共享脱敏数据，提升复用价值。

第二，针对产业数字化深度不足，制定分级标准，要求规上企业同步升级生产、管理、营销全链条系统；联合电商打造“数字消费季”，通过发券、直播补贴等拉动线上消费。

第三，针对人才结构失衡，宁夏可实施“产业需求导向+柔性灵活用才+深度利益绑定”策略：按需“订单式”引才，以“人才飞地”、“周末工程师”等模式柔性引才，通过技术入股、收益分成强化利益关联，配套住房、服务等保障，破解留用难题。

参考文献

- [1] 梁小甜,文宗瑜.数字经济对制造业高质量发展的影响[J].统计与决策,2022(11):109-113.
- [2] 马德稷,刘茜.我国省级数字经济发展测度及影响因素研究[J].商业经济,2023(3):33-36.
- [3] 吕雁琴,范天正.中国数字经济发展的时空分异及影响因素研究[J].重庆大学学报(社会科学版),2023,29(3):47-60.
- [4] 魏满满,孙会娟.江苏省数字经济发展水平综合统计测度[J].统计理论与实践,2023.
- [5] 李苍祺.货币政策结构化、数字经济与经济高质量发展—基于经济增长动能的视角[J].经济问题探索,2024(12):50-67.
- [6] 梁睿.山东省数字经济发展统计测度与评价[J].知识经济,2024(25):65-67.
- [7] 刘雪,文革.四川省数字经济发展水平的统计测度研究[J].财经观察,2024,10(9).
- [8] 彭娟娟.基于 AHP 方法的思想政治教育传播要素量化研究[J].2018(5): 25-29.
- [9] 江磊,张佑印,张景全等.基于熵权—TOPSIS 法的省域休闲体育竞争力评价及差异特征分析[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2022: 1-11.
- [10] 张荣光,钱崇斌,王相锐.基于熵权—TOPSIS 法的资源型城市低碳转型效率研究——以攀枝花市为例[J].学海,2016(4):158-162.