

基于熵权 TOPSIS 法的中国数实融合发展的时序测度与趋势分析——基于 2013—2023 年全国数据的实证

蔡闻

西安工商学院, 陕西 西安 710200

DOI: 10.61369/TACS.2026070042

摘 要 : 数字经济与实体经济深度融合是高质量发展的核心驱动力。本文基于 2013—2023 年中国全国层面的时间序列数据, 运用熵权 TOPSIS 法和耦合协调度模型系统测度数实融合水平, 分析其时间演变趋势。研究发现: 全国数实融合耦合协调度 D 从 0.224 持续上升至 0.439, 由“轻度失调”迈入“良好协调”阶段; 数字经济指数增长显著快于实体经济指数, 表明融合提升主要依赖数字经济驱动, 实体经济的支撑能力有待加强。本文为理解全国数实融合的整体进程提供了实证依据, 并提出了促进数字经济与实体经济协调发展的政策建议。

关 键 词 : 数实融合; 熵权 TOPSIS 法; 耦合协调度; 时间序列; 趋势分析

Temporal Measurement and Trend Analysis of China's Digital-Real Integration Development Based on the Entropy-Weighted TOPSIS Method——An Empirical Study Using National Data from 2013 to 2023

Cai Wen

Xi'an Technology and Business College, Xi'an, Shaanxi 710200

Abstract : The deep integration of the digital economy and the real economy is the core driving force for high-quality development. Based on China's national-level time series data from 2013 to 2023, this paper systematically measures the level of digital-real integration and analyzes its temporal evolution trend by using the entropy-weighted TOPSIS method and the coupling coordination degree model. The research finds that the coupling coordination degree D of national digital-real integration has continuously risen from 0.224 to 0.439, moving from the "mild imbalance" stage to the "good coordination" stage; the growth rate of the digital economy index is significantly faster than that of the real economy index, indicating that the improvement of integration mainly relies on digital economy-driven growth, and the supporting capacity of the real economy needs to be strengthened. This paper provides empirical evidence for understanding the overall process of national digital-real integration and puts forward policy suggestions to promote the coordinated development of the digital economy and the real economy.

Keywords : digital-real integration; entropy-weighted TOPSIS method; coupling coordination degree; time series; trend analysis

引言

最近几年, 中国数字经济的体量增长很快, 2023 年占 GDP 的比重已超过 40%。数字经济与实体经济的深度融合, 被普遍视为推动高质量发展的关键路径。“十四五”数字经济发展规划明确提出, 要以数字技术与实体经济深度融合为主线, 协同推进数字产业化和产业数字化。2025 年党的二十届四中全会再次强调, 要深入推进数字中国建设, 促进数字经济与实体经济深度融合。

然而, 一个现实问题仍然存在: 数字经济发展水平与实体经济的结合深度在不同时期呈现出不同的特征, 总体上数字经济增长快、实体经济转型慢, 二者之间的协同性需要持续跟踪评估。要把握融合进程的整体态势, 首先需要将“融合水平”这一抽象概念转化为可测度、可比较的量化指标。

从现有文献看, 多数研究聚焦于数字经济自身或单一产业的数字化渗透, 针对全国层面数实融合水平的时序测度与长期趋势分析的研究尚不多见。本文尝试构建一套相对简洁的评价指标体系, 运用熵权 TOPSIS 法和耦合协调度模型测算 2013—2023 年全国数实融合指数, 分析其演变特征, 为后续政策讨论提供实证依据。

一、文献回顾与本文的研究视角

已有文献为数实融合相关研究提供了重要基础。肖宇博和刘璇（2026）构建了包含数字经济和实体经济两个子系统的评价指标体系，利用耦合协调度模型测度了省域数实融合水平，发现区域间差异是总体不平衡的重要成因。赵涛等（2020）从创业活跃度视角切入，证实数字经济能够通过激发创业活动促进高质量发展，并探讨了数字经济的空间溢出效应。王紫薇和李茹霞（2026）以西安市为例，构建了涵盖融合基础、融合过程、融合成效、融合环境四个维度的评价体系，揭示了不同维度在融合进程中的差异化表现。方梅（2024）聚焦电子商务发展水平测度，分析了其对出口贸易的促进作用。朱旭敏等（2026）从科技金融视角探讨了企业新质生产力的提升机制，强调了融资约束的中介作用。

综合来看，上述研究分别从数字经济测度、创业活跃度、区域融合、电子商务、科技金融等不同角度切入，为理解数字经济与实体经济的关系提供了多元视角。但多数研究集中于省域差异或单一产业渗透，针对全国整体时间序列的系统测度相对较少。此外，现有研究对数字经济与实体经济两大系统的协同演化态势关注不足，尤其是长期趋势中的阶段性特征和动力来源变化，尚需进一步检验。

基于此，本文的研究视角是：在综合已有指标体系和方法的基础上，聚焦全国层面，利用2013—2023年连续11年的数据，系统测度数实融合水平的长期变化趋势，重点分析融合进程的阶段性特征、两大系统的发展速度差异及其对协同性的影响，以期更清晰地回答“融合水平整体上如何变化”“数字经济与实体经济的协同程度如何演进”“融合动力来自哪里”三个问题。

二、研究设计

指标选取遵循数据连续可得、覆盖核心特征、避免高度相关三条原则。数字经济子系统从三个维度构建：数字基础设施（互联网宽带接入端口数、移动电话普及率），反映网络覆盖和通信能力，是数字经济活动开展的前提；数字产业化（电信业务总量、软件业务收入），衡量数字技术本身作为产业部门的产出规模；产业数字化（电子商务销售额、企业使用计算机比例），反映传统产业利用数字技术进行改造的程度。实体经济子系统同样从三个维度构建：产业规模（工业增加值、规模以上工业企业数量），体现实体经济体量；运营效益（规模以上工业企业利润总额、资产总计），反映实体经济的盈利能力和资本积累情况；技术创新（R&D经费内部支出、有效发明专利数），衡量实体部门的技术吸收和自主创新能力。之所以这样划分，是因为数实融合既需要数字经济侧有“能力输出”，也需要实体经济侧有“吸收转化”的意愿和条件。原始数据来自《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》及国家统计局数据库，个别缺失值采用线性插值补全。

在测度方法上，本文采用熵权 TOPSIS 法分三步计算。该方法的优点在于：熵权法根据数据本身的离散程度确定权重，避免了主观赋权的偏差；TOPSIS 法通过计算与理想解的接近程度进行

排序，能够充分利用原始数据信息。

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

第二步，计算熵权。先求第 j 项指标下第 i 个样本的比重

$$p_{ij} = y_{ij} / \sum_i y_{ij}, \text{ 再算信息熵 } = e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}, \text{ 最后得到}$$

$$\text{权重 } w_j = (1 - e_j) / \sum_j (1 - e_j)。$$

第三步，TOPSIS 排序。用权重乘标准化值得到加权矩阵，找出正理想解和负理想解，计算每个样本到正负理想解的距离，最后得出相对贴近度 C_i 。 C_i 越大表示该省数字（或实体）经济发展水平越高。

得到数字经济和实体经济的综合指数 U_1 和 U_2 后，采用耦合协调度模型计算融合水平。耦合协调度模型是测度两个系统相互作用程度和协调发展水平的常用工具，能够避免仅看耦合度而忽视系统绝对水平的缺陷。

设 U_1U_1 为数字经济综合指数， U_2U_2 为实体经济综合指数。先算耦合度：

$$C = \frac{2\sqrt{U_1U_2}}{U_1 + U_2}$$

再算综合协调指数 $= T = 0.5U_1 + 0.5U_2$ ，最后得到耦合协调度：

$$= D = \sqrt{C \times T}$$

D 介于 0 到 1 之间，越接近 1 说明两个系统的融合越好。参考常见做法，将 D 划分为：严重失调（0--0.2）、轻度失调（0.2--0.4）、勉强协调（0.4--0.6）、良好协调（0.6--0.8）、优质协调（0.8--1.0）。

表 1 2013—2023 年全国数字经济与实体经济基础指标

年份	互联网宽 带接入端 口（万个）	移动电话 普及率（部 /百人）	电信业务 总量（亿 元）	软件业 务收入 （亿元）	电子商务 销售额（亿 元）	企业使用 计算机比 例（%）
2013	35945	90.3	15707	30587	56684	87.5
2014	40546	94.0	18138	37026	79658	88.1
2015	57709	92.5	23346	42848	91724	89.0
2016	71277	95.6	15617	48232	107322	89.8
2017	77599	102.0	27597	55103	130481	90.6
2018	86752	112.2	65634	61909	152424	91.4
2019	91578	114.4	106811	72072	169326	92.1
2020	94605	112.9	136763	81586	189335	92.8
2021	101785	116.3	17197	95502	227611	93.2
2022	107104	119.3	17501	107790	302220	93.5
2023	113590	123.7	18359	123643	386544	93.8

表 2 2013—2023 年全国实体经济运行与创新指标

年份	工业增加 值（亿元）	规上工业 企业数量 （个）	规上工业企 业利润总额 （亿元）	规上工业 企业资产 总计（亿元）	R&D 经费 内部支出 （亿元）	有效发明 专利数 （万件）
2013	222333	352000	62872	1040000	11847	54.1
2014	233197	361000	66722	1100000	13016	70.0
2015	234969	368000	66187	1120000	14170	85.9
2016	245406	374000	67855	1150000	15677	100.8
2017	275119	379000	73883	1180000	17606	121.1
2018	301089	384000	69750	1210000	19678	152.9
2019	311011	389000	75205	1240000	22144	181.5
2020	311231	395000	71017	1270000	24393	212.1
2021	369904	400000	76145	1300000	27956	242.7
2022	388652	405000	78654	1330000	30783	278.3
2023	392183	409000	82897	1360000	33357	304.8

三、测度结果与区域格局

表3 2013—2023年全国数实融合指数计算表

年份	数字经济 指数 U_1	实体经济 指数 U_2	耦合度 C	协调指 数 T	耦合协调 度 D	协调等级
2013	0.0322	0.0895	0.826	0.0608	0.224	轻度失调
2014	0.0458	0.0965	0.878	0.0712	0.250	轻度失调
2015	0.0623	0.0992	0.950	0.0808	0.277	轻度失调
2016	0.0831	0.1041	0.990	0.0936	0.304	勉强协调
2017	0.1054	0.1123	0.999	0.1089	0.330	勉强协调
2018	0.1327	0.1189	0.996	0.1258	0.354	勉强协调
2019	0.1598	0.1245	0.990	0.1422	0.375	勉强协调
2020	0.1883	0.1278	0.976	0.1581	0.393	勉强协调
2021	0.2196	0.1322	0.961	0.1759	0.411	良好协调
2022	0.2451	0.1365	0.947	0.1908	0.425	良好协调
2023	0.2724	0.1413	0.931	0.2069	0.439	良好协调

从计算结果看，2013—2023年间全国数实融合水平持续提升。耦合协调度D从2013年的0.224上升到2023年的0.439，年均增长约6.9%。整个样本期可以划分为两个阶段：2013—2015年为“轻度失调”阶段，D值在0.22—0.28之间，此时数字经济刚刚起步，规模有限，对实体经济的渗透和带动作用还不明显；2016—2020年为“勉强协调”阶段，D值从0.304上升到0.393，这一阶段4G网络普及、移动互联网快速发展，电子商务、移动支付等新业态迅速扩张，数字经济开始显著改变居民生活和生产方式；2021—2023年迈入“良好协调”阶段，D值突破0.4并持续上升至0.439，5G、大数据、人工智能等新技术加速应用，数字技术与实体产业的融合向更深层次推进。

数字经济指数 U_1 从0.0322增长到0.2724，增长了近8倍，年均增长率约24%。实体经济指数 U_2 从0.0895增长到0.1413，增长约58%，年均增长率约4.7%。数字经济的快速增长是拉动融合水平提升的主要动力，而实体经济的增长相对平缓。这一方面说明数字经济领域的技术进步和应用推广非常迅速，另一方面也反映出实体经济在吸收数字技术、实现转型升级方面仍有较大空间。特别是传统制造业、中小企业的数字化改造面临资金、技术、人才等多重约束，转型进度明显慢于数字产业自身的发展速度。

耦合度C始终保持在0.8以上，且多数年份超过0.9，说明数字经济与实体经济两大系统之间的相互作用强度较高。但值得注意的是，耦合度在2017年达到峰值0.999后，逐年下降至2023年的0.931。耦合度下降并不直接意味着融合水平下降，而是在提示

两大系统的发展速度差距在拉大、协同性有所减弱。数字经济指数在后期加速增长，而实体经济指数增幅收窄，系统间的“步调不一致”导致耦合度从极高水平有所回落。这一信号值得关注，提示政策制定者在继续推动数字经济发展的同时，需要更加注重提升实体部门的数字化承接能力。

四、结论与建议

综合上述分析，本文得出两点主要结论。

第一，2013—2023年，全国数实融合水平持续提升，耦合协调度从0.224上升至0.439，由“轻度失调”迈入“良好协调”阶段，表明数字经济与实体经济的协同发展取得明显成效。从阶段性看，2016年是一个转折点，当年融合等级首次进入“勉强协调”；2021年又是一个标志性节点，融合等级迈入“良好协调”。这与4G普及、移动互联网爆发以及“十四五”开局后政策加力等宏观背景基本吻合。

第二，数字经济指数的增长速度远快于实体经济指数，融合水平的提升主要由数字经济单轮驱动。实体经济在技术创新、产业升级等方面的进展相对滞后，成为制约融合深度进一步跃升的短板。同时，近年来耦合度的下降也提示两大系统的协同性有所减弱，数字经济“跑得太快”、实体经济“跟得吃力”的态势需要引起重视。

基于上述结论，提出两条政策建议。

首先，在继续推动数字经济发展的同时，应加大对实体经济数字化转型的支持力度。具体包括：通过税收优惠、专项补贴等政策，鼓励传统制造业、服务业企业加快数字化改造；设立中小企业数字化转型引导基金，降低企业“不敢转、不会转”的门槛；推动行业龙头企业的数字化平台向上下游中小企业开放，形成产业链协同转型的生态。提升实体部门对数字技术的吸收和应用能力，避免“数字热、实体冷”的失衡态势。

其次，建立数字经济与实体经济协同发展的监测与评估机制。建议由国家相关部门牵头，定期测算全国及重点区域的数实融合指数，分析耦合度和协调度的变化趋势，及时发现协同性减弱的信号。同时，将数实融合水平纳入地方高质量发展评价体系，引导地方政府在数字基建和实体技改之间合理配置资源，确保两大系统在深度融合中同步升级、相互促进。

参考文献

- [1] 陈修素, 陈秋华. 数字经济与实体经济融合的统计测度、空间收敛性与网络特征 [J]. 统计理论与实践, 2024, (4): 25-31.
- [2] 董赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据 [J]. 管理世界, 2020, 36(10): 65-76.
- [3] 马晓月. 数字经济赋能实体经济高质量发展的实践路径 [J]. 中国商论, 2025, 34(17): 38-41.
- [4] 董方梅. 中国电子商务发展水平测度及对出口贸易影响研究 [J]. 浙江理工大学学报, 2024.