

辽宁省数字产业化与产业数字化的耦合协调测度

尚 怡, 尹玉翠, 马 坤

(沈阳化工大学经济与管理学院, 沈阳 110142)

摘要: 基于熵值法、耦合模型及耦合协调模型, 选取 2016—2021 年相关数据, 分析辽宁省数字产业化与产业数字化的综合发展水平及耦合协调程度, 同时选择障碍度模型对制约数字产业化与产业数字化耦合协调的障碍因子进行研究。结果发现, 辽宁省数字产业化与产业数字化的综合发展水平和耦合协调度总体上呈上升趋势, 但仍处于较低水平, 其中投入和应用水平是最主要的障碍因子。未来需要从加快完善数字基础设施建设、提高创新能力等角度着手, 推进辽宁省数字产业化与产业数字化的耦合协调发展。

关键词: 数字经济; 数字产业化; 产业数字化; 耦合协调; 障碍因子

中图分类号: F49 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)19-0091-05

数字经济是中国经济提高质量和效率的“新蓝海”。数字经济是与农业经济、工业经济具有明显区别的经济形态, 它是以数字为核心、以优化资源配置为导向的经济活动。《中国数字经济发展报告(2023 年)》^[1]显示, 2022 年中国数字经济规模超过 50 万亿元, 占 GDP 比重的 41.5%。数字产业化和产业数字化(下称两化)是数字经济生产力的核心。数字产业化是数字产品与服务、数据要素、数字技术的商业化应用、产业化扩展, 将数字优势转化为产业优势, 最终形成完整的产业集群。产业数字化重心在于数字技术、数字产品与服务以及数据资源与实体经济的融合, 目的是推动传统产业产出、效率等的提升。数字产业化和产业数字化的协同发展是推动经济发展转型升级、提升经济发展质量和效率的关键^[2]。两化的耦合协调发展程度越优, 数字经济的发展效率越高、越稳定。针对两者耦合协调的研究, 对建立起两者相互推动、协调发展的机制至关重要。然而, 现有研究多集中于对两化内涵^[3]、各自发展模式^[4]等的探讨, 对两化协同发展的研究较少。在现有的关于两化协同的研究中更多集中在理论层面^[5-6], 实证研究较少。在为数不多的实证研究中, 研究者多针对中部及南部地区, 如江苏^[7]、中部^[8]、长江经济带^[9]等。

数字产业化有助于产业数字化的发展, 能够为传统产业的数字化转型提供基础支撑, 提高传统产业的生产质量, 增强生产效率。产业数字化有助于

数字产业化发展, 能够推动数字产业集群的形成, 优化数字产业化发展生态。数字要素、人才、技术、资金等生产要素在两者间双向流动, 推动资源的整合配置, 为数字经济的健康发展作出巨大贡献。两者相互作用, 协调发展, 形成一个良性的发展生态, 促进数字经济的健康发展。本文在前人研究的基础上, 选取综合评价指标, 利用熵值法、耦合模型、耦合协调模型以及障碍度模型, 基于辽宁省 2016—2021 年的相关数据, 对两化的综合发展水平、耦合协调程度及障碍因子进行实证分析, 旨在回答辽宁省不同时间两化的综合发展水平和耦合协调程度及制约其耦合协调的障碍因子, 以期为促进两化的良性互动建言献策, 推动数字经济持续健康发展, 为辽宁省经济发展提供新动能。

1 指标选取与模型构建

为了科学评价辽宁省两化的综合发展水平及耦合协调度, 参考前人的做法, 选取指标构建评价体系。同时以科学、系统、完备、层次和可操作为原则, 构建耦合模型和耦合协调模型。

1.1 指标选取

基于《数字辽宁建设 2022 年工作要点》等相关政策文件, 参考刘钊和余明月^[9]、陈瑞义和戴静^[7]的做法选取准则层、指标层各指标。使用极值法对数据进行标准化处理, 然后使用熵值法确认各级指标权重, 形成了辽宁省两化的评价体系, 见表 1。

收稿日期: 2024-05-17

作者简介: 尚怡(1997—), 女, 河南洛阳人, 硕士研究生, 研究方向为产业经济学; 尹玉翠(1999—), 女, 山东泰安人, 硕士研究生, 研究方向为应用经济学; 马坤(1978—), 女, 辽宁丹东人, 博士, 副教授, 研究方向为应用经济学、教育经济与管理。

表 1 数字产业化和产业数字化评价指标及指标权重

系统	准则层	指标层	单位	权重
数字产业化	数字基础设施	域名数	万个	0.066
		网页数	万个	0.077
		IPv4 地址数	万个	0.031
		移动互联网接入流量	万 GB	0.066
	市场主体	计算机、通信和其他电子设备制造业企业单位数	个	0.091
		信息传输、软件和信息技术服务业企业单位数	个	0.084
		信息传输、软件和信息技术服务业从业人员平均人数	个	0.080
	产业效益	计算机、通信和其他电子设备制造业主营业务收入	亿元	0.079
		信息传输、软件和信息技术服务业营业收入	亿元	0.078
		电信业务总量	亿元	0.065
	创新能力	每万名 R&D 人员专利授权数	件/万人	0.088
		R&D 人员全时当量	万人年	0.081
		技术市场成交额	亿元	0.055
		R&D 经费支出占 GDP 比重	%	0.059
产业数字化	基建水平	光缆线路总长度	km	0.058
		移动基站情况	万个	0.062
		互联网普及率	%	0.081
		互联网宽带接入端口	万个	0.038
	投入水平	规模以上工业企业 R&D 经费占主营业务收入比重	%	0.099
		规模以上工业企业 R&D 人员全时当量	万人年	0.109
		规模以上工业企业有效发明专利数占专利申请数的比重	%	0.042
		企业每百名员工使用计算机数	台	0.047
		发明专利授权数占专利授权数的比重	%	0.093
	应用水平	每百家企业拥有网站数	个	0.072
		软件业务收入	亿元	0.040
		规模以上工业企业新产品销售收入占主营业务收入的比重	%	0.079
	融合程度	有电子商务交易活动企业数比重	%	0.052
		电子商务销售额	亿元	0.057
		电子商务采购额	亿元	0.072

1.2 构建耦合模型

耦合度度量的是两个系统相互作用的程度。先利用熵值法测算出两化各自的综合发展水平 U_1 、 U_2 ，再利用式(1)计算两者的耦合度 C 。

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

(1)

1.3 构建耦合协调模型

(1)计算两个样本的综合协同指数 T 。

$$T=\alpha U_1+\beta U_2$$

(2)

式中： α 和 β 为权重，取 $\alpha=\beta=0.5$ 。

(2)计算两个子系统的耦合协调度 D 。耦合协调度度量的是两个系统中指标相互关联、相互依赖的程度，它由系统之间的协调发展水平所决定。

$$D(U_1,U_2)=\sqrt{CT}$$

(3)

为了更直观地反映耦合协调水平，参考刘钊和余明月^[9]的研究将耦合协调度划分为 3 种状态、10 个区间(表 2)，利用测算出的耦合协调度 D 对比表 2 对耦合协调程度进行判断。

表 2 耦合协调度等级划分标准

耦合协调度 D 值区间		协调等级	耦合协调程度
失调状态 [0.0~0.4)	[0.0,0.1)	1	极度失调
	[0.1,0.2)	2	严重失调
	[0.2,0.3)	3	中度失调
	[0.3,0.4)	4	轻度失调
过渡状态 [0.4,0.6)	[0.4,0.5)	5	濒临失调
	[0.5,0.6)	6	勉强协调
协调状态 [0.6~1.0]	[0.6,0.7)	7	初级协调
	[0.7,0.8)	8	中级协调
	[0.8,0.9)	9	良好协调
	[0.9,1.0]	10	优质协调

2 实证分析

“十三五”以来，辽宁省认真贯彻落实国家建设数字中国战略部署，编制实施《数字辽宁发展规划(2.0 版)》^[10]，制定出台系列政策，使得辽宁两化发展取得了显著成效。

2.1 辽宁省两化综合发展水平分析

选取《中国统计年鉴(2017—2022)》《中国数字经济发展白皮书(2022 年)》《中国软件和信息技术服务业年度统计数据(2016—2022)》《辽宁统计年

鉴(2017—2022)》《辽宁科技统计年鉴(2017—2022)》等的相关数据,对辽宁省两化的综合发展水平进行测算(表3)。经过测算辽宁省数字两化水平总体上均呈增长趋势,数字产业化水平由2016年的0.045上升到2021年的0.319,产业数字化水平由2016年的0.126上升到2021年的0.215,2019—2021年数字产业化综合得分超过产业数字化,2021年两化的增长率较前年均有所下降。

表3 2016—2021年辽宁省两化水平测度结果

年份	数字产业化水平	增长率/%	产业数字化水平	增长率/%
2016	0.045	—	0.126	—
2017	0.093	106.667	0.156	23.810
2018	0.078	-16.129	0.176	12.821
2019	0.205	162.821	0.145	-17.614
2020	0.261	27.317	0.183	26.207
2021	0.319	22.222	0.215	17.486

2.2 辽宁省两化耦合协调程度分析

表4显示,2016—2021年辽宁省两化的耦合协调程度整体上呈上升趋势。具体来看2016—2017年两化的耦合协调程度稳步上升,从中度失调发展变化为轻度失调。2019年耦合协调水平实现阶段性跨越,升至濒临失调状态,正式进入过渡阶段。2019—2021年耦合协调程度逐年上升,但仍处于过渡阶段。具体来看,2016—2018年数字产业化综合得分低于产业数字化,数字产业化的基础先导作用没有得到有效发挥,产业数字化却因其大力推广和准入门槛低迅速发展起来,这也是这一时期两者失调的主要原因。虽然处于失调状态,但是产业数字化的发展仍为数字产业化发展提供了动能,推动了数字产业化发展。2019—2021年数字产业化综合得分超过产业数字化。产业数字化为数字产业化提供发展动能,加速数字产业化发展,同时伴随着数字产业化的不断发展,数字基础设施不断完善、数字产业主体不断扩大、数字产业效益不断提

高、数字技术创新能力不断增强,得到优化升级的技术、人才、市场、发展生态等也进一步拉动产业数字化的深入发展。这是这一时期的耦合协调度仍不算高,但摆脱失调状态进入了勉强协调阶段的主要原因。

为了进一步分析辽宁省产业数字化各一级评价指标与数字产业化之间的相互作用关系,测算并绘制了各指标与数字产业化之间的耦合协调度(图1)。可以看出产业数字化的各项一级评价指标与数字产业化的耦合协调度总体上均呈上升趋势,各项指标与产业数字化的关联程度提高。具体来看,基建水平与数字产业化的耦合协调度逐年上升,并且上升幅度最为明显。应用水平和投入水平的上升幅度则相对较小。

为了进一步分析辽宁省数字产业化各一级评价指标与产业数字化之间的相互作用关系,测算并绘制了各指标与产业数字化之间的耦合协调度(图2)。可以看出,数字产业化的各项一级评价指标与产业数字化的耦合协调程度总体上均呈上升趋势,数字基础设施、产业效益及创新能力与产业数字化的耦合协调度逐年上升,市场主体与产业数字化的耦合协调度波动较大,创新能力起点最低、增长最快。

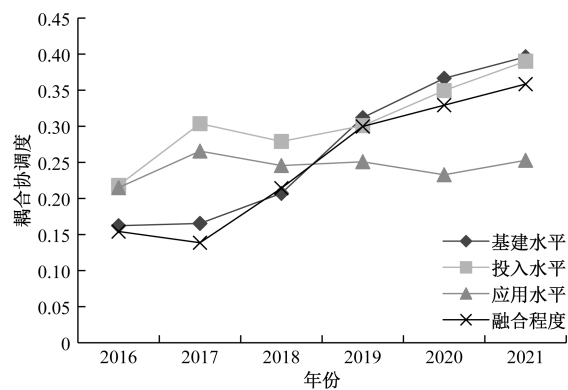


图1 2016—2021年辽宁省产业数字化各指标与数字产业化耦合协调度

表4 2016—2021年辽宁省两化耦合协调测算结果

年份	数字产业化综合得分	产业数字化综合得分	耦合度C	综合协同指数T	耦合协调度D	协调等级	所处阶段	
2016	0.045	0.126	0.880	0.085	0.274	3	中度失调	失调状态
2017	0.093	0.156	0.968	0.125	0.348	4	轻度失调	
2018	0.078	0.176	0.922	0.127	0.342	4	轻度失调	
2019	0.205	0.145	0.985	0.175	0.415	5	濒临失调	过渡状态
2020	0.261	0.183	0.984	0.222	0.467	5	濒临失调	
2021	0.319	0.215	0.981	0.267	0.511	6	勉强协调	

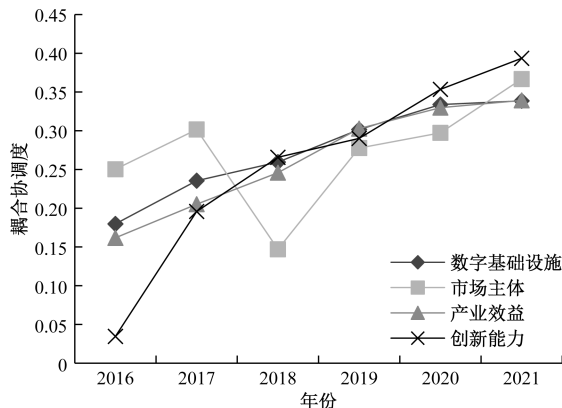


图2 2016—2021年辽宁省数字产业化各指标与产业数字耦合协调度

2.3 辽宁省两化耦合协调障碍因子分析

参考裴潇等^[11]的做法采用障碍度模型对制约耦合协调的障碍因子进行测算。表5显示,2016—2021年各准则层要素平均障碍度从高到低依次为投入水平>市场主体>创新能力>应用水平>数字基础设施>产业效益>基建水平>融合程度。

从表5可以看到,投入水平的障碍度在2016—2021年始终保持高位,这说明投入水平是制约辽宁省数字产业化与产业数字耦合协调度水平提升的最重要因素。其次,创新能力和基建水平以及融合程度障碍度水平呈下降趋势,说明国家的大力扶持以及辽宁省的重视在提升辽宁省数字产业创新能力、完善辽宁省基础设施建设以及促进辽宁省数字产业与传统产业深度融合方面取得了一定成效。最后应用水平的障碍度呈上升趋势,2020年开始超过创新能力成为排名第2障碍因子。由此可见提高数字要素、数字技术、数字产品及服务等在传统行业的投入及应用是未来促进辽宁省两化耦合协调水平提升的重要举措。

3 研究结论与政策建议

通过上述实证分析可以发现,辽宁省数字经济的发展仍存在以下问题:①总体发展水平及两者的协调度仍处于较低水平;②数字产业化发展速度虽

高但是水平较低,对产业数字化的基础先导作用没有有效发挥;③数字产业市场主体质量高但规模过小;④产业数字化应用水平过低;⑤产业数字化各项指标的发展疲力、濒临停滞等;⑥投入水平和应用水平是制约两者耦合协调水平提升的主要障碍因子。基于上述结论,结合辽宁的发展状况,提出如下建议。

(1)完善数字基础设施建设,夯实数字经济发展的底座。高水平的数字基础设施可以吸引企业入驻,促进辽宁经济发展,同时它也是数字经济产业高水平协同发展的重要基础^[12]。数字产业规模的扩大、效益的提升以及产业数字化转型也依赖于基础设施的完善。辽宁省数字基础设施建设可以从以下两个方面入手:一方面,辽宁省应加快推动5G(第5代移动通信技术)网络部署、全面推进光纤“双千兆”网络建设、持续优化IPV6端到端网络质量等,构建安全高效的新型信息网络。另一方面,深化数字化分领域融合,统筹推进工业互联网、智慧能源、数字医疗等领域基础设施建设力度,推进辽宁数字化全面发展。这些领域的数字化建设不仅有助于提升生产力、优化资源配置、提高社会效益,还能够带来创新机遇和经济增长点。

(2)提高数字技术创新能力,助推数字经济发展。协调发展不仅强调两者的协调,也强调发展。协调是在发展中协调,并力求在协调中促进进一步发展。创新不仅是“两化”发展的关键,也是协调的关键。创新能力对于“两化”的协调发展至关重要。第一政府要出台相关政策,鼓励激励相关研究机构和企业创新研发,推动数字技术和产品的持续迭代升级;第二企业应加大R&D研究经费的投入,加强对基础研究的重视,建立以企业为主体、以产业需求为导向、产学研深度融合的技术创新体系;第三要培养新型数字人才,提高人才培养质量和结构,助力数字技术创新。数字经济需要的人才不是单纯的经济学人才,而是综合的交叉学科的数字型人才。高校与企业应该改革人才培养要求,制定数字

表5 2016—2021年各准则层要素障碍度

年份	数字基础设施	市场主体	产业效益	创新能力	基建水平	投入水平	应用水平	融合程度
2016	16.717	9.513	12.616	18.134	13.868	16.454	3.253	9.445
2017	13.541	8.195	14.013	19.152	19.188	8.849	2.173	14.888
2018	12.706	16.563	12.547	16.583	14.084	11.061	7.901	8.554
2019	8.406	14.598	7.209	15.886	10.811	22.510	14.829	5.750
2020	7.645	19.248	7.385	8.746	4.248	27.731	21.079	3.918
2021	13.391	10.782	13.324	0.272	2.234	31.463	28.534	0.000
平均	12.068	13.150	11.182	13.129	10.739	19.678	12.961	7.092

型人才培养方案,并且要注重实践,提高与社会的适应度。

(3)加快新型数字产业发展,优化数字产业布局。辽宁省数字产业化是产业数字化转型的基础和先导,为了加快数字产业发展,建议建立“政府-企业-高校”三方联合机制。政府可以给予数字相关政策优惠,吸引投资者进入数字产业,从扩大市场规模出发助力数字产业迭代升级。政府给予高校财政支持,助力高校研究所的研发,助力高校数字型人才的培养。高校可以与企业协作建立研究所,以需求导向科研与生产。另外还可以联合培养新型专业人才,不仅能够满足企业、满足市场对人才的需要,也有助于促进就业。引育产业链上下游具有影响力的企业,发展“专精特新”中小企业,推动产业集群发展,打造具有竞争力的产业布局。

(4)加大制造业数字化投入力度,建设现代化产业体系。辽宁省优势在于装备制造业、石化产业、冶金新材料等传统制造业,但存在高投入、低产出的问题。因此,应重点加快传统制造业数字化改造升级,推动辽宁省现代化产业体系建设进程。推动辽宁省制造业数字化升级可以从以下几个方向着手:一是注重传统制造业各要素、各环节的数字化,加速传统产业与数字技术的深度融合;二是大力支持 AI(人工智能)、云计算等技术在实体经济中的应用;三是辽宁省数字产业化与产业数字化的耦合还处于过渡阶段、耦合协调水平较低,要加强政府的引导和宏观调控,要因地制宜制定政策避免“一刀切”,以需求为导向推动工业互联网发展,促进辽宁两化深度融合发展;四是以龙头企业为引

领,鼓励产业链上下游企业积极利用数字资源,开展数字化、智能化、信息化改造,推动产业集群数字化转型。

参考文献

- [1] 中国信息通信研究院. 中国数字经济发展研究报告(2023年)[R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2023.
- [2] 马费成, 王文慧, 孙玉姣, 等. 数字产业化与产业数字化协同发展中的数据价值实现[J/OL]. 信息资源管理学报, 1-12[2024-05-14]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1812.G2.20240510.1747.002.html>.
- [3] 孙占利, 付蓓静. “数字产业化”的界定与统一规范使用[J]. 征信, 2022, 40(12): 16-24.
- [4] 李永红, 黄瑞. 我国数字产业化与产业数字化模式的研究[J]. 科技管理研究, 2019, 39(16): 129-134.
- [5] 俞立平, 胡甲滨. 数字经济对设自贸区省市经济高质量发展的影响效应[J]. 现代经济探讨, 2023(4): 1-14.
- [6] 杜庆昊. 数字产业化和产业数字化的生成逻辑及主要路径[J]. 经济体制改革, 2021(5): 85-91.
- [7] 陈瑞义, 戴静. 数字产业化和产业数字化耦合协调性研究: 以江苏省为例[J]. 经济论坛, 2022(2): 63-75.
- [8] 杨梦洁. 中部地区数字产业化与产业数字化发展水平及耦合协调度评价分析[J]. 区域经济评论, 2023(2): 79-88.
- [9] 刘钊, 余明月. 长江经济带数字产业化与产业数字化的耦合协调分析[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(7): 1527-1537.
- [10] 辽宁省人民政府. 数字辽宁发展规划(2.0版)[R]. 沈阳: 辽宁省人民政府, 2021.
- [11] 裴萧, 袁帅, 罗森. 长江经济带绿色发展与数字经济时空耦合及障碍因子研究[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(10): 2045-2059.
- [12] 李小明, 邱信丰. 以数字经济产业协同促进长江中游城市群高质量发展研究[J]. 经济纵横, 2022(12): 41-49.

Coupling and Coordination Measurement of Digital Industrialization and Industrial Digitalization in Liaoning Province

SHANG Yi, YIN Yucui, MA Kun

(School of Economics and Management, Shenyang University of Chemical Technology, Shenyang 110142, China)

Abstract: Based on the entropy method, coupling model and coupling coordination model, relevant data from 2016 to 2021 was selected to analyze the comprehensive development level and coupling coordination degree of digital industrialization and industrial digitalization in Liaoning Province, and the obstacle degree model was selected to study the obstacle factors restricting the coupling and coordination of digital industrialization and industrial digitalization. The results show that the comprehensive development level and coupling coordination degree of digital industrialization and industrial digitalization in Liaoning Province show an upward trend on the whole, but the overall development level and coordination degree are still at a low level, and the investment and application level are the main obstacle factors. In the future, it is necessary to accelerate the improvement of digital infrastructure construction and improve innovation capabilities to promote the coupling and coordinated development of digital industrialization and industrial digitalization in Liaoning Province.

Keywords: digital economy; digital industrialization; industrial digitalization; coupling coordination; obstacle factor