

曹琳剑,徐若琳,朱媛媛,等.数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调时空演变分析[J].华中农业大学学报,2024,43(6):114-126.  
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2024.06.011

## 数字经济、低碳发展与新型城镇化 耦合协调时空演变分析

曹琳剑,徐若琳,朱媛媛,马金蕊,唐泽坤

天津城建大学经济与管理学院,天津 300384

**摘要** 面对资源短缺和日益增长的碳排放量,为探究改变传统发展模式,优化全社会绿色转型,促进绿色低碳循环发展路径,本研究基于2010—2021年中国30个省级面板数据,构建指标体系,运用熵权TOPSIS(technique for order preference by similarity to an ideal solution)模型、耦合协调度模型和空间自相关模型,分析数字经济、低碳发展与新型城镇化三系统耦合协调度及其时空演变特征。结果显示:2010—2021年间,三系统综合发展水平均有显著提升,从地区上呈现“东高西低”的空间分布特征;三系统耦合协调度呈波动上升趋势,总体经历了“勉强协调→基本协调”阶段,整体水平不高;三系统在空间上表现为正向空间自相关性,相关性逐渐增强,空间分布向聚集状态演变;高-高集聚类型主要分布在东南沿海及中部地区且呈现出显著的扩散态势,协调发展水平“东南高西北低”。根据实证分析结果,针对数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调提出建议,为加强区域联动,补齐短板,促进绿色低碳循环发展提供参考。

**关键词** 数字经济;低碳发展;绿色低碳循环;新型城镇化;耦合协调;时空演变

**中图分类号** F49;F124.3;F207 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2024)06-0114-13

为科学推进城镇化发展,2012年中央经济工作会议提出“走集约、智能、绿色、低碳的新型城镇化道路”。《国家新型城镇化规划(2021—2035年)》《“十四五”新型城镇化实施方案》的提出使城镇化发展呈现新格局。近年来,我国低碳政策不断完善,党的二十大报告要求把推动经济社会发展绿色化、低碳化作为实现高质量发展的关键环节。目前我国能源消费总量占全球的26.4%,其中煤炭仍是能源消耗的最大贡献者,占能源消费总量的56%<sup>[1]</sup>。大量能源消耗阻碍了经济社会可持续发展,绿色低碳循环发展的经济体系成为必然选择。与此同时,数字经济带来的绿色创新技术能够助推经济集聚、提升智慧化水平、促进产业转型,对于走低碳发展道路、推动新型城镇化发展具有极大促进作用。

目前已有诸多学者针对数字经济、低碳发展和新型城镇化建设开展研究。其中有关数字经济的研究主要从数字科技赋能<sup>[2]</sup>、时空效应<sup>[3]</sup>和创新驱动机制<sup>[4]</sup>等方面展开;低碳发展方面多围绕发展水平测

度<sup>[5]</sup>、时空演化特征<sup>[6]</sup>、核心驱动因素<sup>[7]</sup>和发展路径<sup>[8]</sup>等展开;新型城镇化方面则围绕内涵解读<sup>[9]</sup>、发展水平<sup>[10]</sup>和主要影响因素<sup>[11]</sup>等展开,并探究我国新型城镇化转型的重点路径等。部分学者针对数字经济、低碳发展和新型城镇化两两之间的关系开展研究。如在数字经济与低碳发展的关系研究中,有学者提出数字经济通过发展数字技术提升能源利用效率,促进产业转型升级,带动相邻地区低碳转型等<sup>[12]</sup>。在新型城镇化与低碳发展的关系研究中,有学者认为二者的耦合协调度呈持续增长态势,在地区间存在空间溢出效应<sup>[13]</sup>。也有学者认为二者耦合协调度呈倒“U”型发展趋势,二者耦合协调发展水平先后经历拮抗—磨合—协调阶段<sup>[14]</sup>。此外,部分学者提出经济发展、空间结构、技术水平、产业结构是影响新型城镇化与低碳发展关系的主要影响因素<sup>[15]</sup>。数字经济与新型城镇化的关系研究中,多集中于数字经济对新型城镇化的影响。有研究表明,数字经济对新型城镇化有显著的促进作用,从人口、

收稿日期:2024-01-08

基金项目:天津市科技计划项目(21ZLZKZF00380)

曹琳剑,E-mail:caolinjian@tju.edu.cn

通信作者:徐若琳,E-mail:x\_wonderfulu@163.com

经济、空间、社会和生态等方面促进新型城镇化的发展<sup>[16]</sup>。有学者得出二者存在良好的耦合协调关系,且区域差异明显,各地区耦合协调水平呈现“东高西低”的特征<sup>[17]</sup>。综合已有研究,围绕数字经济、低碳发展、新型城镇化的相关研究成果较为丰富,为深入研究奠定了良好基础。但现有研究中,大多将数字经济、低碳发展和新型城镇化视为单个系统展开分析,或仅探究两两之间的关系;且研究中多采用单一性指标描述系统发展水平。同时将三者纳入一个系统进行考量的研究尚不多见。考虑全面性原则,本研究将三者视为一个系统的3个子系统,力图厘清数字经济、低碳发展和新型城镇化之间的耦合作用机制;揭示三者耦合协调发展的时空演变特征,探究三者协调发展的纾解之径;以期为推动经济社会发展全面绿色低碳转型、走绿色低碳循环发展道路、建设美丽中国提供一定参考。

本研究选取我国30个省级行政区(不包括西藏自治区、港澳台地区)作为研究对象,将数字经济-低

碳发展-新型城镇化三者纳入同一框架,形成完整的耦合机制,开展系统性研究,同时,从水平和差距双重视角出发,重点研究数字经济-低碳发展-新型城镇化系统发展水平、耦合协调程度及其时空演化特征,以期为实现各地区推进三者协调发展政策制定提供依据和决策参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 三维系统耦合机制

数字经济、低碳发展与新型城镇化三者之间相辅相成、相互作用、相互影响,系统间联系紧密复杂,但逻辑关系清晰(图1)。

从数字经济与低碳发展的关系来看,一方面,“双碳”战略目标等相关低碳政策能够畅通数字经济的发展<sup>[18]</sup>;另一方面,数字经济带动产业结构升级,运用低碳技术能加快可再生能源和清洁能源的开发,大大减少碳排放量,促进能源结构绿色低碳转型<sup>[19]</sup>。

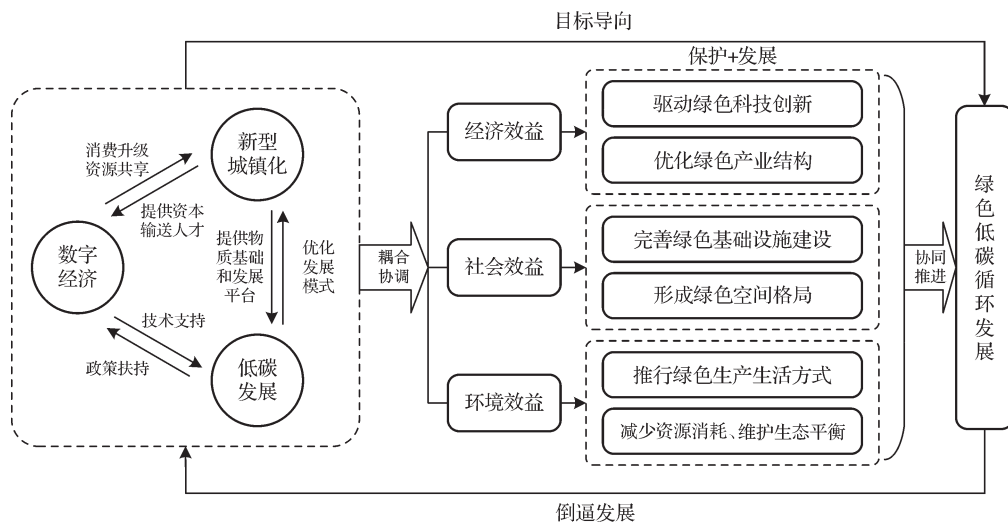


图1 数字经济、低碳发展与新型城镇化的耦合作用机制

Fig.1 The coupling mechanism of digital economy, low-carbon development and new urbanization

从数字经济与新型城镇化的关系来看,数字经济能显著促进城镇人口、经济、社会、空间和生态的动态匹配。5G、大数据、人工智能等技术的应用,促进全社会资源共享,有效缓解资源不对称的问题。运用大数据引领智能消费,有助于推动消费结构与消费能力升级。同时,新型城镇化为数字经济提供资本,输送高素质人才,促进高新技术的发展<sup>[20]</sup>。

从低碳发展和新型城镇化的关系来看,一方面,低碳化发展模式改变了高投入、高消耗、高排放的工业化城镇发展模式,扭转了生产阶段资源能源消耗

大幅上升态势,对新型城镇化发展起到支持作用<sup>[21]</sup>;另一方面,新型城镇化快速发展,基础设施建设不断完善、空间布局逐渐合理、公共服务能力不断增强,显著提升人民生活水平,增强居民低碳环保意识,为低碳发展提供了良好物质基础和发展平台<sup>[22]</sup>。

由初步分析可知,数字经济、低碳发展与新型城镇化协调发展能够对绿色低碳循环发展产生正向影响。一方面,数字经济、低碳发展与新型城镇化协调发展以绿色低碳循环发展为目标,平衡生态环境保护与经济社会发展的关系,协同推进绿色低碳

循环发展。另一方面,数字经济、低碳发展与新型城镇化的耦合协调创造了多方效益。其中,经济效益的实现为绿色科技创新和产业结构升级提供基础和保障,促进清洁能源和可再生能源的开发利用,实现循环发展<sup>[23]</sup>;社会效益的实现完善基础设施建设,形成绿色空间格局,提升居民生活质量<sup>[24]</sup>;环境效益的实现有效激发全社会绿色发展的观念和意识,有利于推行绿色生产生活方式,减少资源消耗<sup>[25]</sup>。同时,健全的绿色低碳循环发展体系是经济发展和生态环境双重维度上质量和效益不断改善的根本保障,高质量发展的需求将倒逼经济社会全面转型升级,推动三系统耦合协调实现效益最大化。数字经济、低碳发展与新型城镇化的耦合作用机制如图1所示。

## 1.2 指标体系构建

根据上述对数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合机制阐释,本研究依据《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》新型城镇化的评价框架<sup>[26]</sup>、全国低碳经济媒体联盟专家委员会发布的《中国低碳城市评价体系》<sup>[27]</sup>,在结合相关文献<sup>[28]</sup>基础上,依据可操作性、真实性、层次性等原则,构建数字经济-低碳发展-新型城镇化系统耦合协调发展评价指标体系,计算各指标权重,如表1所示。

## 1.3 模型构建

采用熵权 TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution)模型计算数字经济、低碳发展与新型城镇化三系统评价指数;通过耦合协调模型<sup>[29]</sup>,计算各省份2010—2021年三系统间的耦合协调度。构建空间计量模型<sup>[30]</sup>,分析各省份耦合协调度是否具有空间相关性,并识别存在空间集聚效应的省份。

1)熵权 TOPSIS 模型。熵权 TOPSIS 模型具有较好的精度和稳定性,能够消除主观性对结果的影响<sup>[31]</sup>。本研究采用熵权 TOPSIS 模型计算各系统指标权重及系统评价指数。为消除数据间量纲差异,采用阈值法,对数据进行线性处理。

正向指标标准化:

$$Y_{i,j} = \frac{X_{i,j} - \text{Min}(X_{i,j})}{\text{Max}(X_{i,j}) - \text{Min}(X_{i,j})} \quad (1)$$

负向指标标准化:

$$Y_{i,j} = \frac{\text{Max}(X_{i,j}) - X_{i,j}}{\text{Max}(X_{i,j}) - \text{Min}(X_{i,j})} \quad (2)$$

其中,  $X_{i,j}$  表示观测值;  $Y_{i,j}$  为标准化值;

$\text{Max}(X_{i,j})$  为  $i$  项指标的最大值;  $\text{Min}(X_{i,j})$  为  $i$  项指标的最小值。

计算各指标熵值  $H_j$ :

$$H_j = -k \sum_{j=1}^n p_{i,j} \ln p_{i,j} \quad (3)$$

式(3)中,  $k$  为调节系数,  $k=1/\ln n$ , 且  $k>0$ ;  $p_{i,j} = Y_{i,j} / \sum_{j=1}^n Y_{i,j}$ 。

计算各指标权重  $w_i$ :

$$w_i = \frac{1 - H_j}{\sum_{j=1}^n 1 - H_j} \quad (4)$$

构建加权决策矩阵  $\{Y_{i,j}\}_{m \times n}$ :

$$\{Y_{i,j}\}_{m \times n} = \{y_{i,j} \times w_i\}_{m \times n} \quad (5)$$

计算最优解  $s_j^+$  和最劣解  $s_j^-$ :

$$s_j^+ = \{\text{Max}(Y_{i,j}) | i=1, 2, \dots, m\} \quad (6)$$

$$s_j^- = \{\text{Min}(Y_{i,j}) | i=1, 2, \dots, m\} \quad (7)$$

计算最优解和最劣解的欧式距离  $d_j^+$  和  $d_j^-$ :

$$d_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^m (s_j^+ - Y_{i,j})^2} \quad (8)$$

$$d_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (s_j^- - Y_{i,j})^2} \quad (9)$$

计算各系统的评价指数  $U_j$ :

$$U_j = \frac{d_j^-}{d_j^+ + d_j^-} \quad (10)$$

2)耦合协调度模型。计算子系统的耦合协调度:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (11)$$

$$C = 3 \times \left[ \frac{U_1 \times U_2 \times U_3}{(U_1 + U_2 + U_3)^3} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (12)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 + \gamma U_3 \quad (13)$$

其中,  $D$  为耦合协调度;  $C$  为耦合度;  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$  分别为数字经济、低碳发展和新型城镇化系统评价指数;  $T$  为三系统综合评价指数;  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  为各系统权重系数。考虑三系统同等重要,参考已有文献<sup>[32]</sup>,取  $\alpha=\beta=\gamma=1/3$ ;对耦合协调度划分阶段和等级<sup>[33]</sup>,如表2所示。

3)空间自相关模型。运用时空耦合方法考察空间格局、关联、变迁等,较好反映地理空间分布上的演变过程。全局空间自相关模型采用全局 Moran'  $I$  指数<sup>[34]</sup>判断各省份三系统耦合协调度是否存在空间自相关性。

表 1 数字经济-低碳发展-新型城镇化系统耦合协调发展评价指标体系

Table 1 Digital economy, low-carbon development, new urbanization system coupling coordinated development evaluation index system

子系统层 Subsystem	维度 Dimensionality	指标 Index	单位 Units	属性 Attribute	权重 Weight
数字经济 Digital economy	基础设施发展水平	移动电话普及率	部/百人	+	0.023
		互联网宽带接入用户	万户	+	0.074
	产业发展水平	信息传输、软件和信息技术服务业从业人员数	万人	+	0.127
		电信业务总额/GDP	%	+	0.108
	创新发展水平	专利授权数	件	+	0.165
		技术市场成交额	万元	+	0.221
		规模以上工业企业研究与试验发展(R&D)人员全时当量	人年	+	0.146
低碳发展 Low-carbon development	低碳发展水平	规模以上工业企业研究与试验发展(R&D)经费	万元	+	0.137
		二氧化碳总排放量	万t	-	0.017
	低碳发展进展	人均二氧化碳排放量	t/人	-	0.018
		碳生产率	亿元/t CO <sub>2</sub>	+	0.318
	低碳发展管理	第三产业占 GDP 比重	%	+	0.140
		单位 GDP 能耗	t 标准煤/万元	-	0.070
		每万人拥有公交车辆	标台	+	0.142
新型城镇化 New urbanization	人口城镇化	建成区绿地率	%	+	0.048
		城镇人口比重	%	+	0.033
	经济城镇化	城镇单位就业人员数	万人	+	0.080
		城市人口密度	人/km <sup>2</sup>	+	0.038
	空间城镇化	人均地区生产总值	元	+	0.051
		人均财政收入	亿元	+	0.085
		人均财政支出	亿元	+	0.054
		城市建设用地面积	km <sup>2</sup>	+	0.064
		人均城市道路面积	m <sup>2</sup>	+	0.026
		年末实有道路长度	km	+	0.091
社会城镇化	生态城镇化	年末实有道路面积	万 m <sup>2</sup>	+	0.084
		教育经费	万元	+	0.068
	每千人中职业(助理)医师	人	+	0.030	
	人均拥有公共图书馆藏量	册	+	0.063	
生态城镇化	医疗机构床位数	万张	+	0.065	
	人均公园绿地面积	m <sup>2</sup>	+	0.030	
	建成区绿化覆盖率	%	+	0.013	
生态城镇化	城镇环境基础设施建设投资	亿元	+	0.083	
	建成区排水管道密度	km/km <sup>2</sup>	+	0.042	

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{i,j}} \quad (12)$$

其中,  $i \neq j$ ;  $n$  为省区数量;  $x_i$  为省区  $i$  的耦合协调度;  $S^2$  为方差;  $\omega_{i,j}$  为空间权重矩阵。Moran'  $I$  指数的范围为  $[-1, 1]$ , 当 Moran'  $I$  指数绝对值增大时, 系统的耦合协调度的空间自相关性增强。

全局 Moran'  $I$  指数无法得出空间聚集特征, 考虑

利用局部空间自相关模型测量各省份与临近区域数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调度的相关程度, 以说明其集聚或离散的空间分布特征。局部 Moran'  $I$  指数计算公式为:

$$I = \frac{x_i - \bar{x}}{S^2} \sum [\omega_{i,j} (x_j - \bar{x})] \quad (13)$$

若局部 Moran'  $I$  指数存在明显的空间自相关, 可通过 Moran'  $I$  散点图和 LISA 集聚图将空间关系分为 4 类, 从而说明研究区域与相邻省域的关系。分布在



表2 耦合协调度发展阶段和类型

Table 2 Development stage and type of coupling coordination degree

协调阶段 Coordination phase	耦合协调度 Coupling coordination degree	耦合协调等级 Coupling coordination level
失调衰退 Dysfunctional recession	$0 < D \leq 0.1$	极度失调 Extreme dysregulation
濒临失调 Borderline dysregulation	$0.1 < D \leq 0.2$	严重失调 Severe dysregulation
勉强协调 Forced coordination	$0.2 < D \leq 0.3$	中度失调 Moderate dysregulation
基本协调 Basic coordination	$0.3 < D \leq 0.4$	轻度失调 Mild dysregulation
高度协调 Highly coordination	$0.4 < D \leq 0.5$	濒临失调 Borderline dysregulation
	$0.5 < D \leq 0.6$	勉强协调 Forced coordination
	$0.6 < D \leq 0.7$	初级协调 Primary coordination
	$0.7 < D \leq 0.8$	中级协调 Intermediate coordination
	$0.8 < D \leq 0.9$	良好协调 Good coordination
	$0.9 < D \leq 1$	高度协调 Highly coordination

第一象限(高-高型)及第三象限(低-低型)表示研究区域与相邻省域的耦合协调度都较高或较低;第二象限(低-高型)及第四象限(高-低型)表示研究区域与相邻省域的耦合协调度呈现高低不同的空间异质特征<sup>[35]</sup>。

#### 1.4 数据来源

本研究数据均来源于2010—2021年历年《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国科技统计年鉴》及各省(市)统计年鉴、统计公报和EPS数据平台、国泰安(CSMAR)数据库。个别缺失数据,采用插值法填充,并对GDP数据进行了平减处理(以2009年为基期)。

## 2 结果与分析

### 2.1 综合评价指数分析

利用熵权TOPSIS模型计算三系统的综合评价指数,并进行分地区对比,如图2所示。2010—2021年,三系统指数大致保持“新型城镇化>低碳发展>数字经济”发展关系,各地区低碳发展和新型城镇化指数均持续增长,而数字经济均低于其余二者且呈现波动增长趋势。2010—2019年,低碳发展指数增加明显,超过新型城镇化指数;2020—2021年,数字经济和低碳发展指数呈下降趋势。2020—2021年新冠疫情对经济运行造成了巨大的冲击,这也是数字经济和低碳发展水平出现短期动荡的原因之一。分地区看,东部地区三系统指数均高于全国各省均值;中部地区和西部地区三系统指数均低于各省均值,指数发展趋势大致相同。

我国数字经济在2012年之前尚处于基础设施建设阶段,发展水平整体较低,且中部和西部地区发展资源劣于东部地区,数字经济在此时段发展极不稳定,这

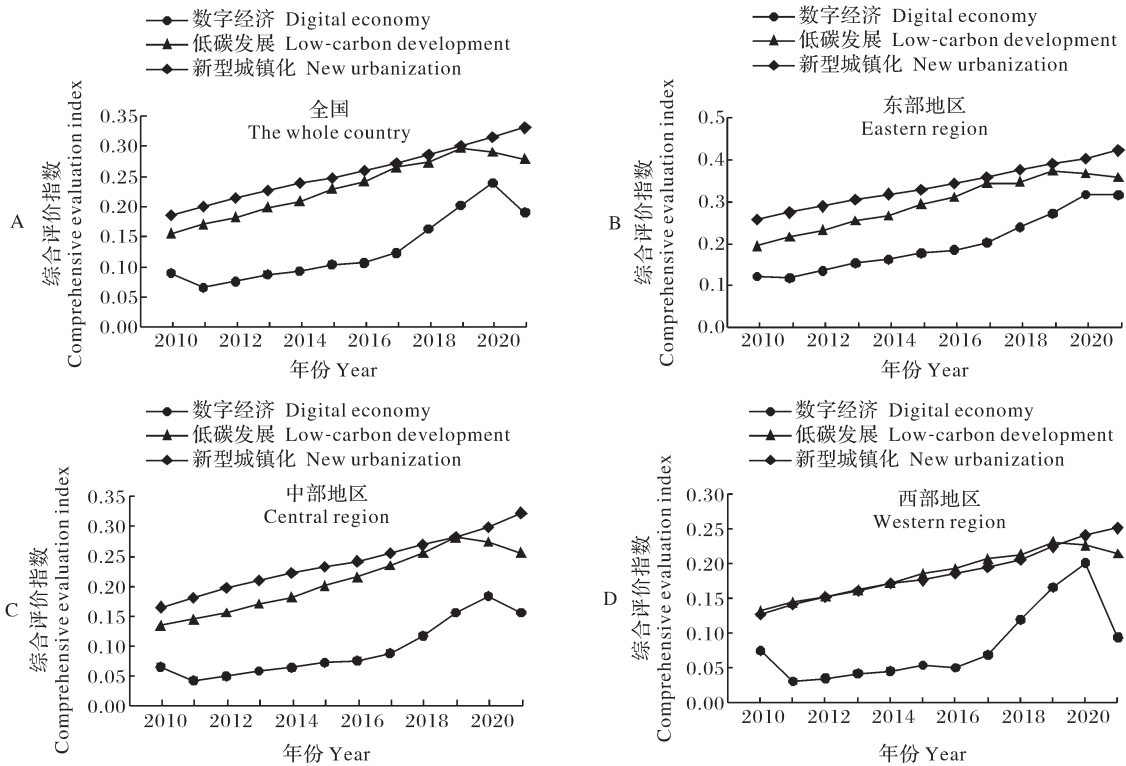
也可能是数字经济评价指数向下波动的原因之一。2019年《粤港澳大湾区发展规划纲要》《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》等出台实施,国家重大区域战略进一步完善,区域协调发展向纵深推进,数字经济、低碳发展与新型城镇化水平增速明显。2020年“双碳”目标的提出,极大促进了绿色低碳发展的进程。

### 2.2 三维系统耦合协调度时空演化分析

采用耦合协调度模型测算2010—2021年数字经济、低碳发展与新型城镇化三系统的耦合协调度,如图3所示。由图3可知,全国耦合协调水平整体不高,2010—2021年间,均值从0.36提升至0.48,呈波动上升趋势。2020年,耦合协调度最高为0.52,耦合协调等级由“轻度失调”至“濒临失调”。分地区看,耦合协调水平均呈波动增长趋势,且东部>中部>西部。其中,东部地区耦合协调度从0.42增长至0.58,协调程度最高,耦合协调等级由“濒临失调”至“勉强协调”;中部地区从0.34增长至0.47,增幅最大,耦合协调等级由“轻度失调”至“濒临失调”;西部地区波动程度最大,从0.33增长至0.40,耦合协调等级为“轻度失调”。

2010—2021年,各省份三系统耦合协调度数据及发展阶段如表3所示。从表3可以看出,超过半数的省份自2016年耦合协调度进入勉强协调阶段,三系统耦合协调呈向好趋势,但2021年各省份耦合协调度有所下降。

究其原因,2012年以前,我国数字经济、低碳发展和新型城镇化均处于初期发展状态,传统城镇化片面追求经济增长速度,发展不充分、不平衡;同时,数字基础设施的迅猛发展和城市空间不断扩张,引起了环境污染、资源浪费等生态问题。2012年,党的



东部地区为京、津、冀、辽、鲁、苏、浙、沪、闽、粤、桂、琼；中部地区为黑、吉、晋、皖、赣、豫、鄂、湘、蒙；西部地区为新、青、渝、云、贵、川、陕、甘、宁。The eastern region is Beijing, Tianjin, Hebei, Liaoning, Shandong, Jiangsu, Zhejiang, Shanghai, Fujian, Guangdong, Guangxi and Hainan. The central region includes Heilongjiang, Jilin, Shanxi, Anhui, Jiangxi, Henan, Hubei, Hunan and Inner Mongolia. The western region is Xinjiang, Qinghai, Chongqing, Yunnan, Guizhou, Sichuan, Shaanxi, Gansu, Ningxia.

图2 2010—2021年数字经济、低碳发展与新型城镇化综合评价指数

Fig.2 Digital economy, low-carbon development and new urbanization comprehensive evaluation index, 2010—2021

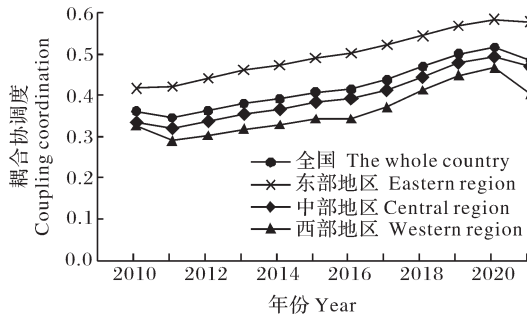


图3 2010—2021年数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调度

Fig.3 Degree of coupling coordination between digital economy, low-carbon development and new urbanization, 2010—2021

十八大赋予数字经济、低碳发展和新型城镇化新的发展内涵,2015年,党的十八届五中全会提出创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念,注重解决发展不平衡问题,传统发展模式不断转型升级,推动了数字经济、低碳发展与新型城镇化水平的提高,耦合协调度也因此到达新阶段。2020年之后,新冠疫情对数字经济、低碳发展与新型城镇化三系统的发展均有

不同程度影响,从而导致三系统耦合协调度降低,疫情之后经济运行面临着巨大的机遇和挑战。

根据数字经济发展的3个阶段和2010—2021年间关于低碳发展和新型城镇化的各项政策举措提出的时间点,将整个研究期划分为T1(2010—2011年)、T2(2012—2015年)、T3(2016—2019年)和T4(2020—2021年)4个时期,探索数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调度时空演变特征,如图4所示。

由图4可知,2010—2011年,超过半数的省级行政区三维系统耦合协调度处于勉强协调阶段,且集中在东部沿海和中部地区,西北和西南等地耦合协调等级低,处于濒临失调阶段。2012—2015年,大多数省份耦合协调度阶段未变,但整体耦合协调等级上升。东部地区北京、江苏和广东上升为初级协调水平,广西上升为轻度失调水平;中部地区吉林、内蒙古上升为轻度失调水平。2016—2019年,大多数地区耦合协调度处于勉强协调和基本协调阶段,濒临失调阶段的省(自治区)仅有海南、吉林、内蒙古、新

表3 2010—2021年各省级行政区三系统耦合协调度及发展阶段

Table 3 The coupling coordination degree and development stage of three systems in each province, 2010—2021

省份 Province	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
北京 Beijing	0.49	0.52	0.54	0.57	0.59	0.61	0.64	0.66	0.67	0.68	0.68	0.69
天津 Tianjin	0.35	0.36	0.38	0.40	0.41	0.42	0.43	0.42	0.43	0.46	0.47	0.46
河北 Hebei	0.35	0.34	0.36	0.38	0.39	0.42	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.51
山西 Shanxi	0.30	0.28	0.30	0.31	0.32	0.34	0.34	0.35	0.39	0.43	0.45	0.39
内蒙古 Inner Mongolia	0.29	0.28	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.38	0.41	0.42	0.37
辽宁 Liaoning	0.35	0.35	0.37	0.38	0.39	0.39	0.40	0.41	0.43	0.45	0.46	0.45
吉林 Jilin	0.31	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	0.33	0.35	0.38	0.42	0.43	0.36
黑龙江 Heilongjiang	0.34	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.36	0.38	0.40	0.44	0.45	0.39
上海 Shanghai	0.43	0.43	0.44	0.46	0.48	0.49	0.50	0.52	0.54	0.56	0.57	0.60
江苏 Jiangsu	0.49	0.52	0.55	0.58	0.59	0.62	0.63	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72
浙江 Zhejiang	0.43	0.45	0.47	0.49	0.51	0.54	0.55	0.57	0.59	0.62	0.64	0.65
安徽 Anhui	0.34	0.33	0.35	0.37	0.39	0.40	0.42	0.44	0.47	0.51	0.51	0.53
福建 Fujian	0.36	0.35	0.37	0.38	0.40	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.50
江西 Jiangxi	0.34	0.30	0.32	0.33	0.34	0.36	0.37	0.39	0.43	0.46	0.48	0.47
山东 Shandong	0.44	0.46	0.49	0.52	0.52	0.55	0.56	0.58	0.59	0.60	0.63	0.64
河南 Henan	0.35	0.35	0.38	0.40	0.41	0.44	0.45	0.48	0.52	0.54	0.55	0.54
湖北 Hubei	0.35	0.35	0.37	0.40	0.42	0.44	0.45	0.46	0.49	0.52	0.53	0.54
湖南 Hunan	0.34	0.34	0.36	0.37	0.39	0.41	0.42	0.44	0.47	0.50	0.53	0.53
广东 Guangdong	0.56	0.56	0.57	0.60	0.60	0.63	0.64	0.68	0.73	0.77	0.78	0.79
广西 Guangxi	0.32	0.28	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.36	0.41	0.45	0.48	0.44
海南 Hainan	0.35	0.29	0.30	0.31	0.31	0.32	0.31	0.35	0.39	0.42	0.44	0.36
重庆 Chongqing	0.32	0.30	0.32	0.34	0.35	0.37	0.38	0.40	0.43	0.45	0.47	0.45
四川 Sichuan	0.36	0.35	0.37	0.40	0.41	0.44	0.45	0.48	0.52	0.55	0.57	0.56
贵州 Guizhou	0.32	0.27	0.28	0.29	0.30	0.32	0.31	0.35	0.41	0.45	0.47	0.39
云南 Yunnan	0.34	0.29	0.30	0.31	0.33	0.35	0.35	0.38	0.43	0.46	0.48	0.41
陕西 Shaanxi	0.35	0.34	0.35	0.37	0.39	0.39	0.40	0.42	0.44	0.48	0.49	0.48
甘肃 Gansu	0.31	0.27	0.28	0.29	0.30	0.32	0.31	0.35	0.40	0.44	0.46	0.36
青海 Qinghai	0.32	0.27	0.28	0.27	0.28	0.29	0.28	0.32	0.38	0.42	0.45	0.35
宁夏 Ningxia	0.31	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.30	0.34	0.38	0.41	0.43	0.35
新疆 Xinjiang	0.34	0.29	0.30	0.31	0.32	0.32	0.31	0.33	0.37	0.42	0.44	0.36

注:耦合协调类型 Coupling coordination type. : 濒临失调 Borderline dysregulation; : 勉强协调 Forced coordination; : 基本协调 Basic coordination.

疆、青海和宁夏。东部地区大多省份可达到中级协调水平;中部地区初级协调水平省份增加;西部地区四川上升至初级协调水平。2020—2021年,全国东、中部地区耦合协调度步入基本协调阶段。其中,东部地区海南上升至濒临失调水平;中部地区吉林、内蒙古上升至濒临失调水平;西部地区新疆、青海和宁夏上升至濒临失调水平。

由此可见,各省级行政区数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调度整体水平不断上升,表明各地均在不断提升发展质量,力图促进三者协调发展。耦合协调水平东部沿海最高,中部次之,西部最低,表明东部地区在三系统发展方面具备良好基础,存

在先发优势。而中部和西部地区发展基础薄弱,资源不足,发展路径有待进一步优化。

### 2.3 三维系统耦合协调度空间相关性分析

1) 全局 Moran'  $I$  指数分析。计算全局 Moran'  $I$  指数,结果如表4所示。结果显示,2010—2021年间,全局 Moran'  $I$  指数均大于0,且  $P$  值均小于0.1,通过显著性检验。各省份数字经济、低碳发展与新型城镇化三维系统耦合协调度存在正向空间自相关性,全局 Moran'  $I$  指数逐年上升,空间相关性逐渐增强,空间分布向聚集状态演变。

2) 局部 Moran'  $I$  指数分析。为进一步分析各省集聚位置与程度,依据研究时期划分,采用 GeoDa 软

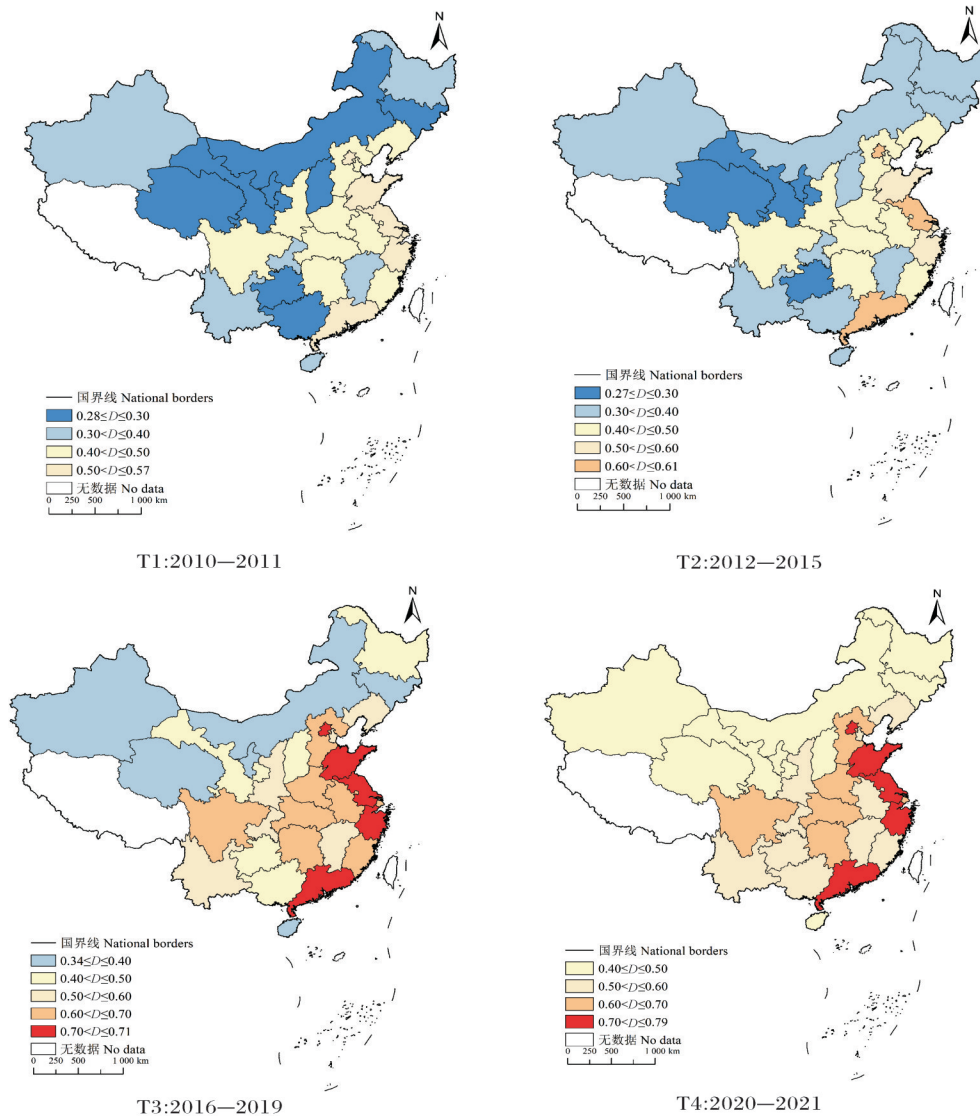


图4 2010—2021年数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调度LISA集聚图

Fig.4 LISA of the coupling coordination

degree of digital economy, low-carbon development and new urbanization, 2010—2021

表4 全局Moran's I指数

Table 4 Global Moran's I index

变量 Variate	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Moran's I	0.192	0.285	0.310	0.304	0.315	0.327	0.349	0.327	0.293	0.267	0.322	0.387
z-score	1.876	2.550	2.742	2.690	2.769	2.866	3.026	2.864	2.605	2.422	2.832	3.472
P-value	0.061	0.011	0.006	0.007	0.006	0.004	0.002	0.004	0.009	0.015	0.005	0.000

件和ArcGIS软件绘制各时期数字经济、低碳发展与新型城镇化三系统耦合协调度的局部Moran's I散点图和LISA集聚图,如图5所示。由图5可知,三系统耦合协调度高-高型集聚地区以东部为主,低-低型集聚地区主要位于西部地区。高-高型集聚地区分布由东南沿海逐步向中东部地区扩增。各省级行政区

三维系统耦合协调度存在一定的相关性,空间集聚性与空间异质性并存,省域间空间集聚效应增强。2010—2011年,三系统中仅有9个省份空间自相关显著,高-高集聚区为山东、江苏、上海和浙江。2012—2015年,高-高型集聚区域扩大,增加了河北和河南。2016—2019年高-高型集聚区域增加了福建省。



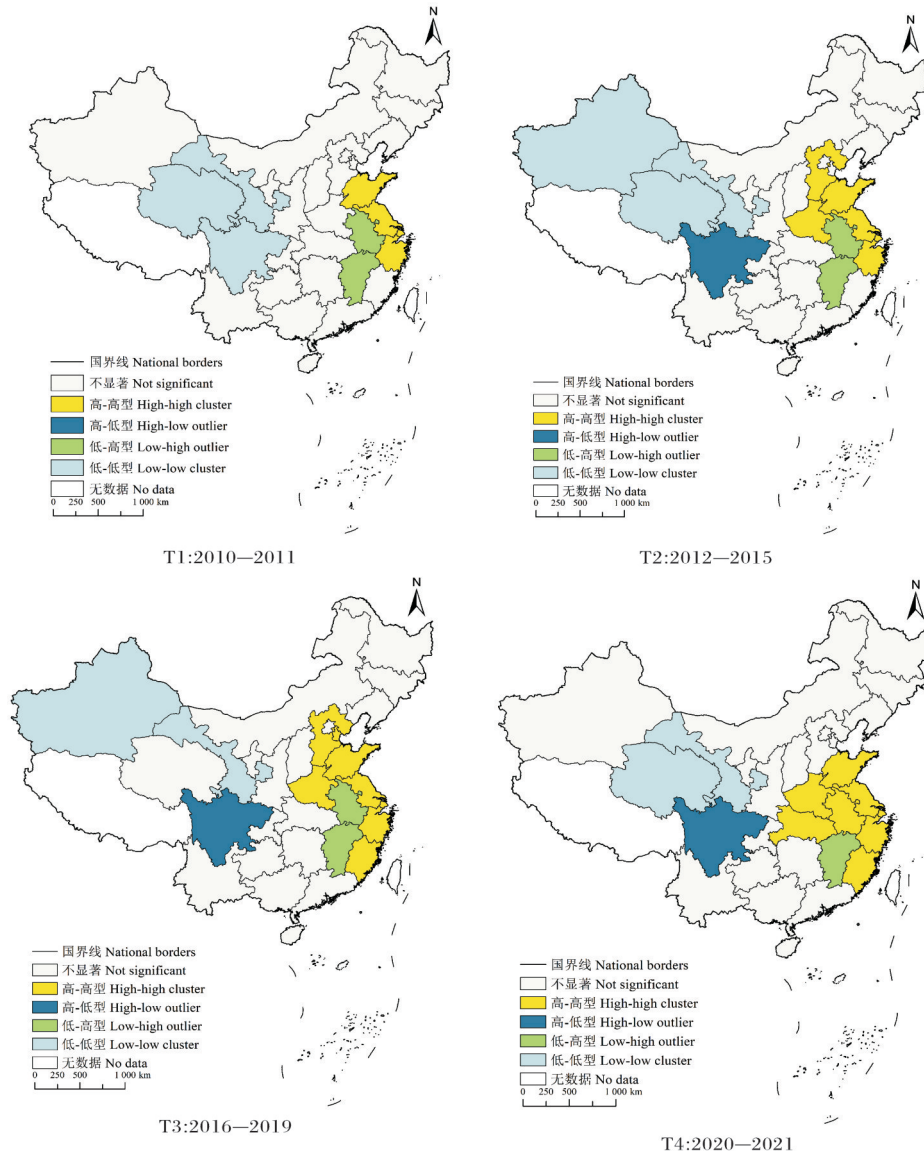


图5 2010—2021年数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调度空间集聚特征

Fig.5 Spatial agglomeration characteristics of the

coupling coordination degree of digital economy ,low-carbon development and new urbanization ,2010—2021

2020—2021年,高-高型集聚区域由东部沿海逐渐南移,并向中部地区扩大,围绕低-高型集聚特征的江西省分布,为江浙沪等8省份。

高-高型集聚区域主要分布在东部地区,后集中于长江经济带。究其原因,长江经济带是我国经济发展的龙头地区,发展模式已由要素驱动转为创新驱动,先进的科技水平、良好的生态环境和高素质人才的聚集形成了良好联动机制,促进了数字经济、低碳发展与新型城镇化的高质量发展。2019年底,新冠疫情出现,大批电商企业迅速发展,网购、直播购物等方式的兴起极大推动了互联网发展,这也是三系统耦合协调度高-高集聚区域不断扩大的原因之

一。而河北等地近年来区域间联系还不够紧密,良好的互动机制尚未形成,且重工业、高能耗的经济发展方式导致能源消耗和碳排放量持续增长,致使三系统耦合协调度聚集性减弱。

2010—2021年间,低-低型集聚范围仅占6.7%~10%,范围小且为西部地区的新疆、青海和甘肃等地。这些省份经济发展较缓慢,资源基础薄弱,生态环境脆弱,数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调水平低。

总体来看,我国数字经济、低碳发展和新型城镇化耦合协调发展水平呈现东南高西北低的态势,区域联动尚需进一步加强,绿色低碳循环发展仍需持

续推进。研究发现,大多数省份不存在集聚效应。可能的原因在于影响三系统耦合协调的经济社会因素是复杂的,三维系统耦合协调度低,对周边省份的影响小,因此不存在集聚效应。

### 3 讨论

基于2010—2021年30个省级行政区面板数据,通过分析数字经济、低碳发展与新型城镇化三系统耦合作用机理构建评价指标体系,运用熵权TOPSIS模型、耦合协调度模型和空间自相关模型,本研究分析了我国数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调度及其时空演变特征。主要结论包括:2010—2021年,数字经济、低碳发展与新型城镇化综合发展水平均有显著提升,呈现“新型城镇化>低碳发展>数字经济”发展关系。从地区来看,数字经济、低碳发展和新型城镇化发展水平呈现“东高西低”的空间分布特征;数字经济、低碳发展与新型城镇化耦合协调度整体不高,呈波动上升趋势,耦合协调度总体经历了“勉强协调→基本协调”阶段,耦合协调度呈现出东部>中部>西部的特征,空间分布不均衡。三系统耦合协调度在空间上表现为正向空间自相关性,且相关性逐渐增强,空间分布向聚集状态演变。高-高集聚区域主要分布在东部和中部地区,低-低集聚区域分布在西部地区,系统协调发展水平呈现“东南高西北低”的态势,高-高集聚类型分布范围表现出显著的扩散态势。数字经济、低碳发展与新型城镇化总体发展水平不高,系统耦合勉强协调,在今后发展中还需补齐落后地区短板,加强区域联动。

基于以上分析,考虑区域差异提出以下建议:在数字经济发展方面,中部、西部地区应吸收和学习东部地区的发展经验,持续加大数字基础设施投入,大力发展绿色创新技术。政府仍需给予西北、西南地区一定政策倾斜,不断加大资金和资源的投入,缩小地区间发展差距。考虑出台系列优惠政策,促进高素质人才向相对落后地区流动,提高数字创新科技研发能力。同时,各地应注意提高产业资源配置和生产效率,降低成本与能源消耗,推进传统产业向绿色智能化方向转型,减少数字经济给绿色低碳循环发展带来的压力。

在低碳发展方面,应在调整能源结构的同时推动生态平衡发展。地区间的生态环境和资源结构不同,要因地制宜规划发展路线。政府层面应制定合

理科学的能源消费目标,增加节能环保投入,在经济增长的同时注重资源节约和环境保护,提升资源利用效率,实现可持续发展。利用新技术、新方法对高耗能产业进行节能降碳改造,鼓励发展高科技低排放产业。在生活层面,应持续提升居民低碳环保和资源节约的意识,促进人与自然和谐发展。

在新型城镇化发展方面,由实证结果可知,全国整体新型城镇化发展水平并不理想,区域发展不平衡,城乡要素流动不平衡、不充分等问题仍然存在。应继续优化城市空间布局,促进城乡融合发展,助力乡村振兴,不断推进传统城镇化向新型城镇化转型升级。新型城镇化发展要结合当地传统特色,保护和赓续城市文化血脉。东部地区城镇化发展速度较快,应重视老旧城区改造,提升公共服务水平,同时,借助互联网技术促进生产生活节能降碳,改善生态环境,提高城镇化质量。

随着新冠疫情防控平稳转段,我国经济持续回升向好。在此背景下,更要把握机遇,发挥各地区优势,加强区域联动,带动相对落后地区共同进步。东部地区应继续稳中求进,注重城乡融合发展,将新型城镇化步伐走稳走好,做好全国建设发展的“领头羊”。中部地区应基于自身发展基础,坚持“绿水青山就是金山银山”理念,统筹保护与开发,实现资源的合理利用和可持续发展。西部地区应加大人才引进和基础设施建设投入,激发发展动能,让数字经济、低碳发展与新型城镇化协调发展再上新台阶。各地资源共享,齐头并进,缩小差距,最终实现绿色低碳循环发展。

### 参考文献 References

- [1] 李建豹,黄贤金,揣小伟,等.江苏省人口城镇化与能源消费CO<sub>2</sub>排放耦合协调度时空格局及影响因素[J].经济地理,2021,41(5):57-64.LI J B,HUANG X J,CHUAI X W,et al. Spatial-temporal pattern and influencing factors of coupling coordination degree between urbanization of population and CO<sub>2</sub> emissions of energy consumption in Jiangsu Province[J].Economic geography,2021,41(5):57-64(in Chinese with English abstract).
- [2] 李晓华.数字经济新特征与数字经济新动能的形成机制[J].改革,2019(11):40-51.LI X H.New features and the formation mechanism of new growth drivers of digital economy[J].Reform,2019(11):40-51(in Chinese with English abstract).
- [3] LU Y,ZHU S.Digital economy,scientific and technological innovation,and high-quality economic development:a mediating

- effect model based on the spatial perspective [J/OL]. *PLoS One*, 2022, 17(11): e0277245 [2024-01-08]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277245>.
- [4] 刘军, 杨渊鉴, 张三峰. 中国数字经济测度与驱动因素研究 [J]. *上海经济研究*, 2020, 32(6): 81-96. LIU J, YANG Y J, ZHANG S F. Research on the measurement and driving factors of China's digital economy [J]. *Shanghai journal of economics*, 2020, 32(6): 81-96 (in Chinese with English abstract).
- [5] 郑林昌, 付加锋, 李江苏. 中国省域低碳经济发展水平及其空间过程评价 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(7): 80-85. ZHENG L C, FU J F, LI J S. Evaluation on the development level and spatial progress of low-carbon economy at provincial scale in China [J]. *China population, resources and environment*, 2011, 21(7): 80-85 (in Chinese with English abstract).
- [6] 陈峰, 杨艳艳, 张萍. 基于空间杜宾模型 (SDM) 的中国低碳发展溢出和调节效应实证研究 [J/OL]. *中国管理科学*, 1-13 [2024-09-03]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0671>. CHEN F, YANG Y Y, ZHANG P. An empirical study on spillover and regulatory effects of low-carbon development in China based on spatial Durbin model (SDM) [J/OL]. *Chinese Journal of management science*, 1-13 [2024-09-03]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0671> (in Chinese with English abstract).
- [7] YANG H N, CHEN L, HUANG H, et al. Exploring the impact mechanism of low-carbon multivariate coupling system in Chinese typical cities based on machine learning [J/OL]. *Scientific reports*, 2023, 13(1): 4533 [2024-01-08]. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31590-z>.
- [8] 陈晓春, 蒋道国. 新型城镇化低碳发展的内涵与实现路径 [J]. *学术论坛*, 2013, 36(4): 123-127. CHEN X C, JIANG D G. Connotation and realization path of low-carbon development of new urbanization [J]. *Academic forum*, 2013, 36(4): 123-127 (in Chinese).
- [9] 单卓然, 黄亚平. “新型城镇化”概念内涵、目标内容、规划策略及认知误区解析 [J]. *城市规划学刊*, 2013(2): 16-22. SHAN Z R, HUANG Y P. An analysis of the concept, goals, contents, planning strategies and misunderstandings of new urbanization [J]. *Urban planning forum*, 2013(2): 16-22 (in Chinese with English abstract).
- [10] 谢寿琼, 刘凯迪. “以人为核心”的新型城镇化水平测度与空间差异研究 [J]. *统计与决策*, 2023, 39(21): 75-79. XIE S Q, LIU K D. Research on the new urbanization level measurement and spatial difference of “people-centered” [J]. *Statistics & decision*, 2023, 39(21): 75-79 (in Chinese).
- [11] 赵建吉, 刘岩, 朱亚坤, 等. 黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的时空格局及影响因素 [J]. *资源科学*, 2020, 42(1): 159-171. ZHAO J J, LIU Y, ZHU Y K, et al. Spatiotemporal differentiation and influencing factors of the coupling and coordinated development of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin [J]. *Resources science*, 2020, 42(1): 159-171 (in Chinese with English abstract).
- [12] WANG X G, ZHONG M. Can digital economy reduce carbon emission intensity? empirical evidence from China's smart city pilot policies [J]. *Environmental science and pollution research international*, 2023, 30(18): 51749-51769.
- [13] LI D L, CAO L J, ZHOU Z H, et al. Coupling coordination degree and driving factors of new-type urbanization and low-carbon development in the Yangtze River Delta: based on nighttime light data [J]. *Environmental science and pollution research international*, 2022, 29(54): 81636-81657.
- [14] 姜吉坤, 祝胜来, 曹吉昌, 等. 新型城镇化与碳排放水平的耦合协调度分析: 以山东省为例 [J]. *生态经济*, 2023, 39(3): 76-82. JIANG J K, ZHU S L, CAO J C, et al. Analysis of coupling coordination between new urbanization and carbon emission level: a case study of Shandong Province [J]. *Ecological economy*, 2023, 39(3): 76-82 (in Chinese with English abstract).
- [15] GUO X M, FANG C L. How does urbanization affect energy carbon emissions under the background of carbon neutrality? [J/OL]. *Journal of environmental management*, 2023, 327: 116878 [2024-01-08]. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116878>.
- [16] 杨瑞, 张然, 许航. 数字经济能否促进新型城镇化的发展?: 来自 284 个城市的经验证据 [J]. *城市发展研究*, 2022, 29(6): 102-109. YANG R, ZHANG R, XU H. Can digital economy promote the new urbanization: based on the empirical test of 284 cities in China [J]. *Urban development studies*, 2022, 29(6): 102-109 (in Chinese with English abstract).
- [17] 杨刚强, 陈强强, 马晶. 新型城镇化与乡村数字经济互动协调关系及空间异质性研究 [J]. *商业经济研究*, 2023(18): 102-107. YANG G Q, CHEN Q Q, MA J. Study on the interactive coordination relationship and spatial heterogeneity between new urbanization and rural digital economy [J]. *Commercial economic research*, 2023(18): 102-107 (in Chinese with English abstract).
- [18] 田华文. “双碳”目标下数字经济赋能绿色低碳发展论析 [J]. *中州学刊*, 2023(9): 30-39. TIAN H W. An analysis of digital economy empowering green and low carbon development under the goal of “dual carbon” [J]. *Academic journal of Zhongzhou*, 2023(9): 30-39 (in Chinese with English abstract).
- [19] 郭丰, 杨上广, 柴泽阳, 等. 低碳城市建设能够提升城市绿色技术创新吗?: 来自准自然实验的证据 [J]. *软科学*, 2023, 37(1): 40-49. GUO F, YANG S G, CHAI Z Y, et al. Can low-carbon city construction promote urban green technology innovation?: evidence from a quasi-natural experiment [J]. *Soft science*, 2023, 37(1): 40-49 (in Chinese with English abstract).
- [20] 宣烨, 彭婕. 数字经济、绿色创新与新型城镇化 [J]. *工业技术经济*, 2022, 41(10): 3-12. XUAN Y, PENG J. Digital economy, green innovation and new urbanization [J]. *Journal of industrial technological economics*, 2022, 41(10): 3-12 (in Chi-



- nese with English abstract).
- [21] 任亚运,余坚,张毅.中国新型城镇化与碳达峰潜力耦合协调度时空分异及互动关系研究[J].生态经济,2023,39(7):75-85.REN Y Y, YU J, ZHANG Y. Research on the spatio-temporal differentiation and interaction relationship of coupling coordination degree of China's new urbanization and carbon peak potential[J]. Ecological economy, 2023, 39(7): 75-85(in Chinese with English abstract).
- [22] 孙佳.环境规制、新型城镇化与低碳技术创新[J].技术经济与管理研究,2023(1):21-26.SUN J. Environmental regulation, new urbanization and low-carbon technology innovation [J]. Journal of technical economics & management, 2023(1): 21-26(in Chinese with English abstract).
- [23] 邢霞,张杰飞,李洁,等.绿色低碳循环发展经济体系建设水平评价及障碍因素诊断:以黄河流域为例[J].生态经济,2023,39(10):156-163.XING X, ZHANG J F, LI J, et al. Evaluation and obstacle factor diagnosis of green low-carbon circular developing economic system construction: a case study of the Yellow River Basin [J]. Ecological economy, 2023, 39(10): 156-163(in Chinese with English abstract).
- [24] 沈世铭,许睿,陈非儿.我国绿色低碳循环经济高质量发展的空间非均衡性及收敛性[J].中国流通经济,2023,37(2):18-30.SHEN S M, XU R, CHEN F E. Spatial imbalance and convergence on the high-quality development of China's green low-carbon circular economy [J]. China business and market, 2023, 37(2): 18-30(in Chinese with English abstract).
- [25] 田时中,陈雨婷.长三角绿色低碳循环发展的时空格局及系统耦合协调评价[J].经济地理,2023,43(11):25-35.TIAN S Z, CHEN Y T. Spatiotemporal pattern and system coupling coordination evaluation of green and low-carbon cycle development in the Yangtze River Delta [J]. Economic geography, 2023, 43(11): 25-35(in Chinese with English abstract).
- [26] 周詹杭,李栋梁,曹琳剑,等.长江经济带科技创新、人才集聚与新型城镇化协调发展测度研究[J].发展地理学前沿,2023,2(2):16-30.ZHOU Z H, LI D L, CAO L J, et al. Measurement of coordinated development of scientific and technological innovation, talent agglomeration and new-type urbanization in the Yangtze River Economic Belt [J]. Frontiers of development geograph, 2023, 2(2): 16-30(in Chinese with English abstract).
- [27] 石龙宇,孙静.中国城市低碳发展水平评估方法研究[J].生态学报,2018,38(15):5461-5472.SHI L Y, SUN J. Study on the methods of assessment for low-carbon development of Chinese cities [J]. Acta ecologica sinica, 2018, 38(15): 5461-5472 (in Chinese with English abstract).
- [28] GOU Y F, XING Q F, YANG Z W. Matching degree evaluation between new urbanization and carbon emission system in China: a case study of Anhui Province in China [J/OL]. Scientific reports, 2023, 13(1): 11724 [2024-01-08]. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38971-4>.
- [29] 曹琳剑,周詹杭,王凯丽.公共卫生基础设施与经济高质量发展耦合协调演化:以长江经济带为例[J].统计与决策,2021,37(17):140-144.CAO L J, ZHOU Z H, WANG K L. Coupled and coordinated evolution of public health infrastructure and high-quality economic development: taking the Yangtze River Economic Belt as an example [J]. Statistics & decision, 2021, 37(17): 140-144(in Chinese).
- [30] 郭玲霞,刘宇峰,封建民.中国新型城镇化、乡村振兴与生态文明建设耦合协调发展研究[J].资源开发与市场,2023,39(7):786-793.GUO L X, LIU Y F, FENG J M. Study on the coupled and coordinated development of new urbanization, rural revitalization and ecological civilization construction in China [J]. Resource development & market, 2023, 39(7): 786-793 (in Chinese with English abstract).
- [31] 曹琳剑,李博.区域科技创新治理能力测度分析:产学研三方协同视角[J].科技管理研究,2023,43(22):119-126.CAO L J, LI B. Measurement and analysis of regional science and technology innovation governance capability: industry-university-research tripartite collaboration perspective [J]. Science and technology management research, 2023, 43(22): 119-126 (in Chinese with English abstract).
- [32] 冯雨雪,李广东.青藏高原城镇化与生态环境交互影响关系分析[J].地理学报,2020,75(7):1386-1405.FENG Y X, LI G D. Interaction between urbanization and eco-environment in Tibetan Plateau [J]. Acta geographica sinica, 2020, 75(7): 1386-1405(in Chinese with English abstract).
- [33] 王兆峰,黄冬春.环长株潭城市群旅游经济—交通运输—城镇化的耦合协调及影响因素分析[J].湖南师范大学自然科学学报,2023,46(1):100-108.WANG Z F, HUANG D C. Coupling coordination and influencing factor analysis of tourism economy-transportation-urbanization in urban agglomeration around Changsha-Zhuzhou-Xiangtan [J]. Journal of Natural Science of Hunan Normal University, 2023, 46(1): 100-108(in Chinese with English abstract).
- [34] 阳海鸥,廖玲莉,冷清明.江西省城市化与大气颗粒物污染的时空特征及耦合协调关系[J].长江流域资源与环境,2022,31(4):890-902.YANG H O, LIAO L L, LENG Q M. Spatio-temporal characteristics and coupling coordination relationship between urbanization and atmospheric particulate matter pollution in Jiangxi Province [J]. Resources and environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(4): 890-902(in Chinese with English abstract).
- [35] 顾剑华,李梦,杨柳林.中国低碳绿色新型城市化系统耦合协调度评价及时空演进研究[J].系统科学学报,2019,27(4):86-92.GU J H, LI M, YANG L L. Study on the system coupling coordination evolution and spatio-temporal of low-carbon green new urbanization in China [J]. Chinese journal of systems science, 2019, 27(4): 86-92(in Chinese with English abstract).



## Coupling and coordination spatiotemporal evolution of digital economy, development with low-carbon, and new urbanization

CAO Linjian, XU Ruolin, ZHU Yuanyuan, MA Jinrui, TANG Zekun

*College of Economics and Management, Tianjin Chengjian University, Tianjin 300384, China*

**Abstract** Changing the traditional model of development was studied to optimize the green transformation of the whole society and the path of promoting the development with green, low-carbon and recycle in the face of resource scarcity and increasing emissions of carbon. An indexes system was constructed based on the panel data of 30 provinces in China from 2010 to 2021. The entropy weighted technique for order preference by similarity to an ideal solution (TOPSIS) model, coupling and coordination degree model and spatial autocorrelation model, the coupling and coordination degree of digital economy were used to analyze the coupling and coordination degree and spatiotemporal evolution of the three systems including digital economy, development with low-carbon, and new urbanization. The results showed that the comprehensive development level of the three systems was significantly improved from 2010 to 2021, showing a spatial distribution characteristic of “high in the east and low in the west” from a regional perspective. The coupling and coordination degree of the three systems had a fluctuating upward trend, and the overall level went from barely coordination to basic coordination, with a low overall level. The three systems exhibited positive spatial autocorrelation in space, with the correlation gradually increasing and the spatial distribution evolving towards the state of aggregation. The high-high agglomeration type was mainly distributed in the southeastern coastal and central areas and had a significant diffusion trend, with a coordinated development level of “high in the southeast and low in the northwest”. Suggestions are proposed for the coupling and coordination of digital economy, development with low-carbon, and new urbanization based on results of empirical analyses. It will provide reference for strengthening regional action in chain, filling the weak spots, and promoting the development with green, low-carbon, and recycle.

**Keywords** digital economy; development with low-carbon; green and low-carbon cycle; new urbanization; coupling and coordination; spatiotemporal evolution

(责任编辑:陆文昌)