

长江经济带数字经济

时空演变、区域差异及空间收敛¹

郭炳南 王宇 张浩

(江苏科技大学 人文社科学院, 江苏 镇江 212003)

【摘要】: 数字经济是新时代推动质量变革与新旧动能转换的重要抓手。文章采用熵值法对 2011—2019 年长江经济带 108 个地级及以上城市数字经济发展水平进行测度, 并基于核密度估计法、自然间断点分类法和 Dagum 基尼系数对城市数字经济发展水平的时空演变特征和区域差异进行分析, 最后利用空间杜宾模型检验其收敛趋势。研究发现: 长江经济带城市数字经济发展水平持续增强, 上中下游地区间具有显著的梯级效应; 长江经济带数字经济发展水平的空间异质性特征突出, 总体差异主要源于区域间的差异; 长江经济带整体和上中下游地区均存在绝对 β 收敛和条件 β 收敛, 且存在显著的正向空间溢出效应, 但不同地区收敛速度有所差异。

【关键词】: 数字经济; 时空演变; 区域差异; 空间收敛; 长江经济带

【中图分类号】: F49 **【文献标识码】**: A

【文章编号】: 1007-5097 (2023) 04-0024-11

一、引言及文献综述

随着大数据、人工智能、云计算和区块链等信息技术的快速发展及其与经济运行的深度融合, 全球各国正面临着一场深刻的信息技术革命, 数字经济无疑成为当前最具活力、最具创新力、辐射最广泛的经济形态。党的十八大以来, 党中央高度重视数字经济发展, 并将其上升为国家战略。2022 年 1 月国务院印发的《“十四五”数字经济发展规划》提出, 推动数字经济健康发展, 发挥数字经济特征优势, 构建数字中国。习近平总书记在党的二十大报告中也强调: “加快发展数字经济, 促进数字经济和实体经济深度融合, 打造具有国际竞争力的数字产业集群。”可以看出, 发展数字经济对构建新发展格局、建设现代化经济体系以及构筑国家竞争新优势具有重要意义。

长江经济带在我国区域发展格局中具有极其重要的地位和作用, 是我国纵深最长、覆盖面最广、影响最大的黄金经济带, 是事关我国可持续发展的重要生态安全屏障, 更是推动我国形成优势互补、高质量发展的先行区域。针对协同推进长江生态环境高水平保护和经济社会高质量发展的新问题, 习近平总书记先后三次亲自主持召开了关于推动长江经济带发展的座谈会。但与此同时, 长江经济带传统的经济发展模式并未发生根本改变, 经济增长动力仍然处于动态调整转换阶段。在此背景下, 数字

¹ **【收稿日期】**: 2022-05-25

【基金项目】: 国家社会科学基金一般项目“异质性环境规制对我国生态福利绩效的影响与政策设计研究”(20BJL040)

【作者简介】: 郭炳南 (1980—), 男, 江西万安人, 副教授, 硕士生导师, 博士, 研究方向: 数字经济, 绿色发展; 王宇 (1997—), 男, 河南南阳人, 硕士研究生, 研究方向: 数字经济, 绿色发展; 张浩 (1974—), 男, 安徽萧县人, 教授, 硕士生导师, 博士, 研究方向: 产业发展。

经济日益成为推动全球经济和社会发展变革的重要力量。作为推动社会经济发展的新动能，如何利用数字经济实现长江经济带的区域联动，打破资源要素流动壁垒，整合发展空间，对于加快实现长江经济带经济绿色高质量发展具有重要意义。那么，长江经济带数字经济发展是否存在空间异质性？如果存在，总体差异来源于哪些方面？更进一步，数字经济未来将呈现何种发展趋势？通过对长江经济带城市数字经济发展水平的深入剖析，甄别出各地区城市数字经济发展水平的演变趋势，从而为推动长江经济带数字经济发展水平的协同提升贡献力量。

关于数字经济的研究较为丰富，归纳起来主要集中在以下三个方面：第一，数字经济的核算与规模测度。目前关于数字经济尚未有统一的衡量方式，相关文献大体上从绝对规模测算和相对水平测算两个角度展开。部分学者将数字经济产业进行统计分类^[1]，构建数字经济卫星账户^[2]或划分数字经济产业活动^[3]，从而测算其绝对规模；也有学者通过构建数字经济评价指标体系^[4,5]，以此来衡量数字经济的相对发展水平。第二，数字经济的区域差异和演进趋势研究。当前我国数字经济迅速发展，但不同地区之间发展差异较大，存在明显的区域异质特征。鉴于此，已有较多文献对我国数字经济发展的地区差异和发展趋势进行探讨。研究方法主要包括 Dagum 基尼系数、泰尔指数、Kernel 密度估计、Markov 链以及莫兰指数等^[6,7]；而关于研究范围，既有学者从中国各省份及八大综合经济区的角度展开^[8]，也有学者聚焦于五大城市群^[9]和东北地区^[10]等局部区域考察数字经济发展的空间异质性和动态演进趋势。第三，数字经济的影响效应研究。数字经济作为继农业经济、工业经济之后的一种新的经济形态，其在经济领域和环境领域均发挥着关键性的作用。一方面，现有文献围绕数字经济对高质量发展^[11]、区域创新^[12]、产业结构优化^[13]和全要素生产率^[14]等经济福利方面展开研究；另一方面，数字经济对城市空气质量^[15]、生态效率^[16]、绿色技术创新^[17]和碳排放^[18,19]等生态环境也具有显著的作用。

综上所述，目前学术界关于数字经济测度和影响效应方面的研究较为丰富，尽管也有部分文献探讨了数字经济的区域差异和演变趋势，但其关注重点主要以国家、省级层面、东中西三大区域或八大综合经济区等宏观层面为主，对于长江经济带数字经济发展水平的探讨相对不足。目前，城市已经成为承载各类资源要素的空间载体，长江经济带也是新时代我国重要的战略性区域，因此深入探讨长江经济带城市数字经济发展状况、区域差异和收敛趋势，对于该地区经济实现高质量发展具有重要的参考价值。鉴于此，本文从互联网发展状况和数字普惠金融发展等两个层面来构建城市数字经济发展指标体系，通过熵值法测算 2011—2019 年长江经济带 108 个城市数字经济发展水平，并对其时空演进特征、区域差异和空间收敛进行探讨，以期为推动长江经济带数字经济发展水平提升和实现区域协调发展提供借鉴和启示。

本文的边际贡献可能在于：(1) 在研究视角上，以往研究主要基于全国层面，或者将其分为东中西、八大综合经济区等，而本文考虑长江经济带在我国区域发展格局中的关键地位，将研究尺度聚焦于城市层面，并从长江经济带空间角度来考察其时序演变特征，在一定程度上弥补了该领域研究的不足；(2) 在研究内容上，以往研究多关注数字经济发展水平的测度分析，而本文在对长江经济带城市数字经济发展水平测算的基础上，采用 Dagum 基尼系数及分解法对其区域差异进行了系统分析，从而为推动长江经济带不同区域数字经济协同发展提供政策启示；(3) 在研究方法上，考虑区域间普遍存在空间依赖性，本文将地理空间因素纳入 β 收敛分析，进一步探究长江经济带数字经济发展水平的空间效应及其对收敛的影响。

二、研究设计

(一) 指标体系构建

目前学术界关于数字经济的衡量方式主要包括规模测算以及综合测度指标体系的构建，而数字经济评价指标体系多集中于国家和省级层面。本文在借鉴赵涛等（2020）^[11]研究的基础上，并综合考虑城市层面数据的可得性、可靠性和连续性，构建数字经济发展指标体系。具体而言，本文构建的数字经济发展指标体系包含互联网普及率、相关业务产出、行业从业人员、移动电话普及率以及数字金融发展等五个方面，具体指标含义见表 1 所列。

表 1 数字经济发展水平综合测度指标体系

目标层	系统层	指标层	指标属性
数字经济发展水平	互联网普及率	每百人互联网用户数	正
	相关业务产出	人均电信业务总量	正
	行业从业人员	计算机和软件行业从业人员在城镇单位从业人员中占比	正
	移动电话普及率	每百人移动电话用户数	正
	数字金融发展	数字普惠金融指数	正

(二) 研究方法

1. 熵值法

本文借鉴邓宗兵等 (2020)^[20]的做法, 采用熵值法对长江经济带数字经济发展水平进行测算。该方法的优点在于, 熵值法是根据指标数据的具体情况确定权重大小, 从而可以避免主观赋权法所导致的随机性和臆断性问题, 得到的权重更加科学合理。具体步骤如下:

(1) 对指标无量纲化处理。对指标分别进行正向和负向无量纲化处理。

正向指标:

$$D_{ij} = \frac{X_{ij} - \min \{X_{1j}, \dots, X_{nj}\}}{\max \{X_{1j}, \dots, X_{nj}\} - \min \{X_{1j}, \dots, X_{nj}\}} \quad (1)$$

负向指标:

$$D_{ij} = \frac{\max \{X_{1j}, \dots, X_{nj}\} - X_{ij}}{\max \{X_{1j}, \dots, X_{nj}\} - \min \{X_{1j}, \dots, X_{nj}\}} \quad (2)$$

其中: X_{ij} 为第 i 个城市的第 j 项指标; $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$ 。

(2) 构建规范化矩阵。计算公式为：

$$Q_{ij} = D_{ij} / \sum_{i=1}^n D_{ij} \quad (3)$$

(3) 计算第 j 项指标的熵值。计算公式为：

$$M_i = -k \sum_{i=1}^n Q_{ij} \ln Q_{ij} \quad (4)$$

其中， $k = \frac{1}{\ln n} > 0$ 。

(4) 计算信息熵冗余度。计算公式为：

$$S_j = 1 - M_j \quad (5)$$

(5) 计算指标权重。计算公式为：

$$W_j = S_j / \sum_{j=1}^m S_j \quad (6)$$

(6) 计算数字经济发展水平。计算公式为：

$$E_i = \sum_{j=1}^m W_j Q_{ij} \quad (7)$$

2. Kernel 密度估计方法

作为一种非参数估计方法，Kernel 密度估计无需提前假设数据分布的形式，仅使用样本数据就能描述其分布特征，具有较强的稳健性。Kernel 密度估计可以直观揭示出城市数字经济发展水平的分布动态演进规律。本文以长江经济带城市数字经济发展水平的测算结果为基础，采用高斯核函数并通过考察曲线的中心位置、形状及其延展性从而揭示长江经济带城市数字经济发展水平的时序演变特征。城市数字经济发展水平的密度函数如式 (8) 所示：

$$f(x) = \left(\frac{1}{Nh} \right) \sum_{i=1}^N K \left(\frac{X_i - x}{h} \right) \quad (8)$$

其中：N 表示观测值的个数； X_i 表示独立同分布的观测值； x 表示平均值； h 表示带宽，带宽越小则估计的精确度越高； K 表示核函数。本文选用较为常用的高斯核函数，具体表达式为：

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2} \quad (9)$$

3. Dagum 基尼系数及其分解法

本文基于 Dagum (1997)^[21] 提出的基尼系数及其分解方法对长江经济带城市数字经济发展水平的区域差异进行刻画，其能够克服数据重复问题，从而准确呈现数字经济发展水平的地区发展差异及来源。具体计算方法如下：

$$G = \sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}| / 2n^2 \bar{y} \quad (10)$$

$$G_{jj} = \frac{1}{2\bar{y}_j} \sum_{i=1}^{c_j} \sum_{r=1}^{c_j} |y_{ji} - y_{jr}| / c_j^2 \quad (11)$$

$$G_{jh} = \sum_{i=1}^{c_j} \sum_{r=1}^{c_h} |y_{ji} - y_{hr}| / c_j c_h (\bar{y}_j + \bar{y}_h) \quad (12)$$

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_{jj} P_j s_j \quad (13)$$

$$G_{nb} = \sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (P_j s_h + P_h s_j) D_{jh} \quad (14)$$

$$G_t = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (P_j s_h + P_h s_j) (1 - D_{jh}) \quad (15)$$

$$D_{jh} = \frac{d_{jh} - P_{jh}}{d_{jh} + P_{jh}} \quad (16)$$

$$d_{jh} = \int_0^\infty dF_j(y) \int_0^y (y-x) dF_h(x) \quad (17)$$

$$P_{jh} = \int_0^\infty dF_h(y) \int_0^y (y-x) dF_j(x) \quad (18)$$

其中：G 为总体基尼系数，表示 108 个城市数字经济发展水平的差异；k 为划分区域的个数；n 为城市的数量；j、h 为区域 k 的内集； y_{ji} (y_{hr}) 则为第 j (h) 区域中 i (r) 城市的数字经济发展水平； G_{jj} 表示第 j 个区域的基尼系数； G_{jh} 表示区域 j 和区域 h 之间的基尼系数；总体基尼系数可以分解为区内差异贡献 (G_w)、区间净值差异贡献 (G_{nb}) 以及超变密度差异贡献 (G_t)； D_{jh} 表示 j、h 区域之间数字经济发展水平的相对影响； d_{jh} 表示区域 j、h 之间数字经济发展水平的差值，即 $y_{ji} - y_{hr} > 0$ 的样本值加总的数学期望； P_{jh} 表示区域 j、h 中所有 $y_{hr} - y_{ji} > 0$ 的样本值加总的数学期望； F_j (F_h) 表示第 j (h) 个区域的累积密度分布函数。

4. 空间 β 收敛模型

β 收敛是从增量的角度考察城市数字经济发展水平的收敛特征。 β 收敛主要指数字经济发展水平相对较低的城市具有更快的增长速度，最终城市间数字经济发展水平的差距趋于收敛，可以分为绝对 β 收敛和条件 β 收敛两类。绝对 β 收敛是指在假定各地区资源禀赋条件完全一致的情况下，数字经济发展水平相对落后的城市具有更快的增长速度，因此，随着时间的推移各地区的数字经济发展水平最终会收敛于相同的水平；条件 β 收敛则是指由于城市间的经济发展水平、科技创新以及政府干预程度

等条件的不同，各城市呈现出不同的收敛特征，其数字经济发展水平会收敛于各自的稳态水平。考虑不同地区之间可能具有空间依赖性，因此使用空间杜宾模型（SDM）对数字经济发展水平 β 收敛进行检验。表达式为：

$$\ln\left(\frac{dei_{i,t+1}}{dei_{i,t}}\right) = \alpha + \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} \ln\left(\frac{dei_{i,t+1}}{dei_{i,t}}\right) + \beta \ln dei_{i,t} + \tau X_{i,t} + \omega \sum_{j=1}^n W_{ij} \ln dei_{i,t} + \psi \sum_{j=1}^n W_{ij} X_{i,t} + \varphi_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (19)$$

$$\ln\left(\frac{dei_{i,t+1}}{dei_{i,t}}\right)$$

其中： $\ln\left(\frac{dei_{i,t+1}}{dei_{i,t}}\right)$ 表示第 i 个城市数字经济发展水平在第 $t+1$ 期的增长率； $dei_{i,t+1}$ 表示 $t+1$ 期数字经济发展水平； $dei_{i,t}$ 表示 t 期数字经济发展水平； $X_{i,t}$ 表示控制变量； W_{ij} 表示空间权重矩阵； β 表示收敛系数，若其显著为负，则表明

存在收敛，且收敛速度可表示为 $\vartheta = -\ln\beta/T$ ； T 为时间阶段； φ_i 表示城市固定效应； γ_t 表示年份固定效应； $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

在构建条件 β 收敛模型时，本文通过参考万晓榆和罗焱卿（2022）^[22]、李英杰和韩平（2022）^[23] 的研究，选择了科技创新、政府干预、金融发展、互联网水平以及经济发展水平等控制变量。科技创新（patient）用每万人专利授权数来表示；政府干预（gov）用地方财政支出与 GDP 之比来表示；金融发展（finance）用年末金融机构存、贷款余额与 GDP 之比来表示；互联网水平（internet）用国际互联网用户数与地区年末总人口之比来表示；经济发展水平（pgdp）用地区人均 GDP 表示。

（三）数据来源与处理

本文的研究对象为 2011—2019 年长江经济带 108 个地级及以上城市的面板数据，首先对其数字经济发展水平进行测度，并分析其时空演变特征、区域差异和空间收敛。数据主要来源于《中国城市统计年鉴》、部分地级市统计年报以及 EPS 数据库，其中数字金融水平来源于北京大学数字金融研究中心和蚂蚁集团共同编制的数字普惠金融指数^[24]，部分缺失数据采用插值法进行处理补充。主要变量的描述性统计见表 2 所列。

表 2 主要变量的描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
dei	963	0.120	0.065	0.029	0.390
patient	963	12.831	19.080	0.059	139.255
gov	963	0.192	0.082	0.029	0.675
finance	963	2.702	2.139	0.000	18.089
internet	963	0.212	0.159	0.024	1.489
Inpgdp	963	10.692	0.590	9.091	12.201

三、长江经济带数字经济发展水平的时空演变特征

为准确甄别长江经济带城市数字经济发展水平的时空演变特征，基于熵值法，对 2011—2019 年城市数字经济发展水平进行测算，并从时间和空间两个维度展开论述。

(一) 数字经济发展水平的时序演变特征

基于中心对称的原则，本文选择 2011 年、2013 年、2015 年、2017 年和 2019 年为观测时点，使用 Stata 软件构建了高斯核密度二维分布图，通过其分布位置、形态、延展性和极化现象来刻画长江经济带城市数字经济发展水平的时空演变特征，如图 1 所示。

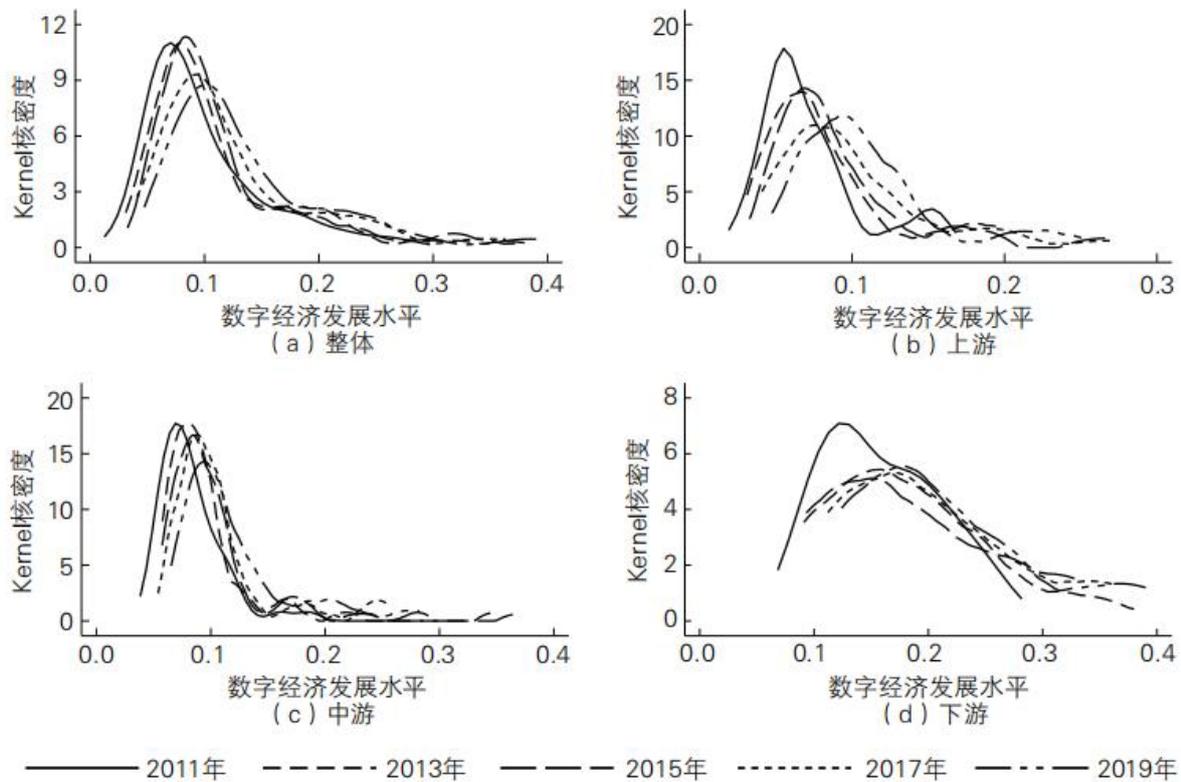


图 1 长江经济带数字经济发展水平的时序演变特征

整体来看，长江经济带 2011—2019 年 108 个城市数字经济发展水平的分布动态存在以下几个特征：第一，从分布位置来看，数字经济发展水平的分布曲线整体向右移动，表明长江经济带数字经济发展水平不断提高；第二，考察期内主峰的高度经历了“上升—下降”、宽度也呈现“变窄变宽”的趋势，同时右拖尾延展拓宽，说明长江经济带城市数字经济发展水平的绝对差异持续扩大；第三，考察期内主峰数量只有一个，尽管存在多个侧峰，但并不明显，据此推断长江经济带城市数字经济发展水平呈现轻微的多极分化现象。

从分布位置来看，长江经济带上游、中游和下游地区的分布曲线均呈现右移趋势，其中，上游和下游地区的曲线中心位置有较大的移动幅度，而中游地区曲线中心位置移动幅度较小。这表明 2011—2019 年长江经济带中下游地区城市数字经济发展整体水平均有不同程度的提升，但中游地区提升幅度较小。从分布形态来看，上游地区的主峰高度呈现“下降—上升，再下降再

上升”的趋势，主峰宽度持续拓宽；中游地区的主峰高度不断下降，主峰宽度无明显变化；而下游地区的主峰高度呈下降趋势，主峰宽度先变宽再变窄，但整体呈扩大趋势。这表明上游和下游地区城市数字经济发展水平的绝对差异变大，中游地区的离散程度变化较小。由此可以看出，各地区城市的数字经济发展水平尚未形成稳定状态，处于不断变化过程中。

从分布延展性来看，上中下游地区均具有明显的右拖尾现象，其中上游地区经历了“拓宽—收敛”，中游和下游地区经历了“拓宽—收敛—拓宽”的态势，但整体上来看上游和中游地区呈拓宽趋势，而中游地区略微收敛。这表明上游和中游地区数字经济发展水平高的城市与平均差距逐渐扩大。从极化现象来看，上游地区的分布曲线表现为多峰分布状态，由一个主峰和多个侧峰组成；中游地区呈现双峰分布状态，由一个主峰和一个侧峰构成；同时上游和中游地区分布曲线的侧峰峰值显著低于主峰；而下游地区呈现单峰分布状态，右侧有一些不太明显的凸起。综合来看，长江经济带上游和中游地区城市数字经济发展水平在不断提高的同时，也逐渐趋向于多极演变；而下游地区城市数字经济发展差异不大，并未出现明显的两极分化现象。

（二）数字经济发展水平的空间分布特征

为进一步明确刻画长江经济带城市数字经济发展水平的空间分布特征，本文选择2011年、2014年、2017年和2019年为代表，利用Arc GIS软件并基于城市数字经济发展水平均值将其划分为低水平、中低水平、中等水平、中高水平和高水平城市等五种城市类型^①。从图2可以看出，长江经济带城市数字经济发展水平呈现出下游最高、中游次之、上游最低的非均衡阶梯式分布状态，高水平主要集中在下游地区，这与当地良好的经济发展水平和资源禀赋密切相关；中游地区的城市数字经济发展水平优于上游，但与下游相比差距仍然较大。整体来看，长江经济带中上中下游地区城市之间数字经济发展水平具有明显的差异，区域内的分布也表现出不同的状态。

在上游地区，数字经济发展高水平和中高水平城市主要包括成都、昆明、贵阳和重庆等，这些城市均为省域中心城市，而周边其他城市与其相比具有显著差异，呈现典型的“中心—外围”现象。主要原因在于中心城市对于周边地区具有集聚效应，导致周边地区各种资源要素向中心城市聚集，抑制了邻近城市数字经济发展。在成渝城市群内部极化现象更为凸显，成都和重庆形成了“双核独大”。2011—2019年，尽管成都和重庆附近城市的数字经济发展水平有较大提升，但并未从根本上改变成渝“双核独大”的局面。与此同时，贵阳数字经济发展水平较高的原因可能在于贵州省率先建设首个大数据综合试验区，通过发展大数据相关产业，深入挖掘数据要素潜能，从而推动了数字经济的快速发展。

在中游地区，数字经济发展水平较高的城市主要是武汉、长沙、南昌和合肥等省会城市，其中武汉市发展水平最高。该区域内其他中等、中低水平城市围绕在这些省会城市周边，表现出明显的层级分化现象。但整体上来看，中游地区城市数字经济发展水平明显高于上游地区。在样本考察期内，中高和中等水平城市有较多增加，整个区域内部数字经济发展水平的差距有所缩小。

在下游地区，由于区位优势以及良好的经济发展水平，科技创新活动较为活跃，主要以发展高新技术产业为主，属于长江经济带数字经济发展水平最高的区域。2011—2019年，该区域内城市之间的数字经济发展水平的差距有所缩小，但城市数字经济发展水平仍处于持续提升状态。其中，上海、南京和杭州表现较为明显，彰显出下游地区城市数字经济发展的前进态势。

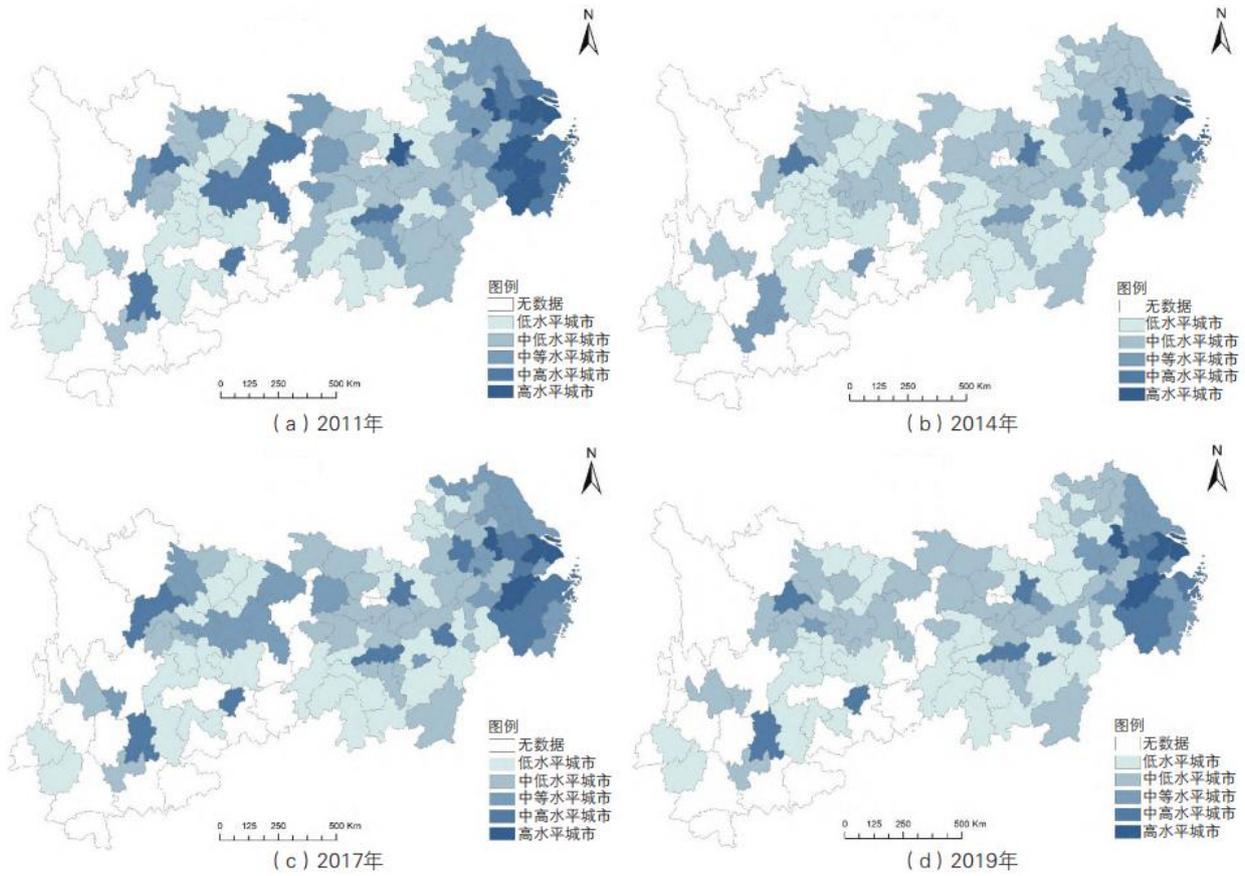


图2 长江经济带数字经济发展水平的空间分布特征(审图号:GS(2019)1825号)

四、长江经济带数字经济发展水平的区域差异分析

上文描述了长江经济带数字经济发展水平的时空分布格局,为进一步考察和解释长江经济带数字经济发展水平的区域差异及演变趋势,本文采用Dagum基尼系数及其分解法进行测算,结果见表3所列。

表3 基尼系数及其分解结果

年份	总体	区域内差异			区域间差异			贡献率(%)		
		上游	中游	下游	上中	上下	中下	区域内	区域间	超变密度
2011	0.271	0.236	0.196	0.175	0.230	0.390	0.330	25.475	58.570	15.955
2012	0.267	0.252	0.203	0.178	0.237	0.350	0.323	26.977	51.364	21.659
2013	0.286	0.256	0.201	0.216	0.243	0.398	0.346	26.148	55.187	18.665
2014	0.280	0.255	0.199	0.225	0.240	0.387	0.335	26.884	52.697	20.419
2015	0.277	0.248	0.205	0.227	0.237	0.379	0.331	27.485	51.038	21.477
2016	0.266	0.240	0.189	0.208	0.222	0.371	0.324	26.579	53.155	20.266
2017	0.271	0.244	0.194	0.205	0.225	0.365	0.338	26.342	51.936	21.722
2018	0.261	0.236	0.193	0.210	0.219	0.347	0.318	27.411	50.169	22.421
2019	0.259	0.215	0.199	0.200	0.211	0.353	0.320	27.222	53.372	19.406

（一）总体及区域内差异

图3刻画了2011—2019年长江经济带城市数字经济发展水平总体及区域内基尼系数的演变趋势。在样本考察期内，总体基尼系数呈现不规则的发展态势。其中，2011—2013年呈现波动上升趋势，总体基尼系数由2011年的0.271上升至2013年的0.286，涨幅为5.54%；2013—2017年总体差异呈现阶梯状下降态势，总体基尼系数由2013年的0.286下降至2016年的0.266，2016—2017年总体基尼系数有小幅反弹；2017—2019年又呈现持续下降趋势，累积降幅为4.43%。这表明，长江经济带数字经济发展水平总体差异呈下降趋势。从上中下游地区来看，在样本考察期内，上游地区数字经济发展水平基尼系数大致呈现“M”型的变化趋势，基尼系数由2011年的0.236下降至2019年的0.215，降幅为8.89%；中游地区数字经济发展水平的基尼系数变化较为平缓，基尼系数由2011年的0.196上升至2019年的0.199，涨幅为1.53%；下游地区数字经济发展水平的基尼系数变化趋势与中游地区类似，基尼系数由2011年的0.175上升至2019年的0.200，涨幅为14.29%。这表明长江经济带中游和下游地区数字经济发展的差异有所扩大，而上游地区数字经济发展的差异小幅度下降。

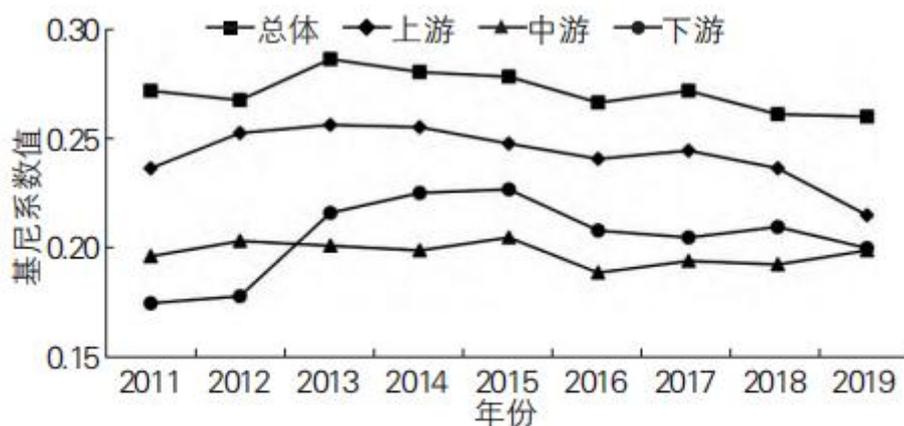


图3 2011—2019年长江经济带数字经济发展水平总体及区域内差异

（二）区域间差异

图4呈现了2011—2019年长江经济带数字经济发展水平地区间的差异及演变特征。整体上来看，在考察期内，上中游、上下游和中下游地区间的差异均呈现缩小的态势。上中游和中下游地区间的区域差异变化幅度较为平缓，而上下游地区间的差异波动幅度较大。其中，上中游地区间的基尼系数由2011年的0.230下降至2019年的0.211，平均每年下降8.26个百分点；上下游地区间的基尼系数由2011年的0.390下降至2019年的0.353，平均每年下降9.49个百分点；中下游地区间的基尼系数由2011年的0.330下降至2019年的0.320，平均每年下降3.03个百分点。从不同地区间的差异来看，上中下游地区间的基尼系数存在“上下>中下>上中”的顺序，上中游、上下游和中下游地区间的基尼系数平均值分别为0.229、0.371和0.330。可以看出，在考察期内上下游地区间数字经济发展水平存在较大的差异，上中游和中下游地区间数字经济发展水平的差异相对较小。

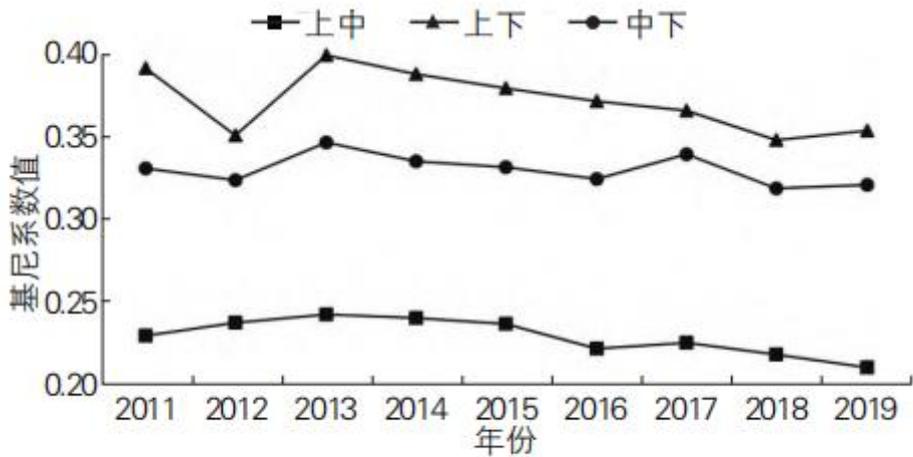


图4 2011—2019年长江经济带数字经济发展水平区域间差异

(三) 差异来源及贡献

图5展示了2011—2019年长江经济带数字经济发展水平区域差异来源及贡献。可以看出，长江经济带数字经济发展水平区域内贡献、区域间贡献以及超变密度贡献呈现平稳变化趋势，无较大幅度波动。从贡献率大小来看，区域间差异的贡献率均值为53.05%，是总体差异的主要来源；其次是区域内差异，其对总体差异的贡献率为26.73%；而超变密度对总体差异的贡献率仅为20.22%。从差异贡献率的动态变化来看，尽管区域间差异对总体差异的贡献率最大，但其呈现下降趋势。具体而言，区域间的贡献率从2011年的58.57%下降至2019年的53.37%，年均降幅为8.87个百分点。与此同时，区域内和超变密度贡献率呈现波动式上升的趋势，分别从2011年的25.48%和15.96%上升至2019年的27.22%和19.41%，年均增幅分别为6.83个百分点和21.62个百分点。总体而言，长江经济带数字经济发展水平总体差异主要是由于地区之间的差异造成的，其次是地区内部经济发展不平衡所导致的，因此需要进一步促进各地区数字经济协调发展。

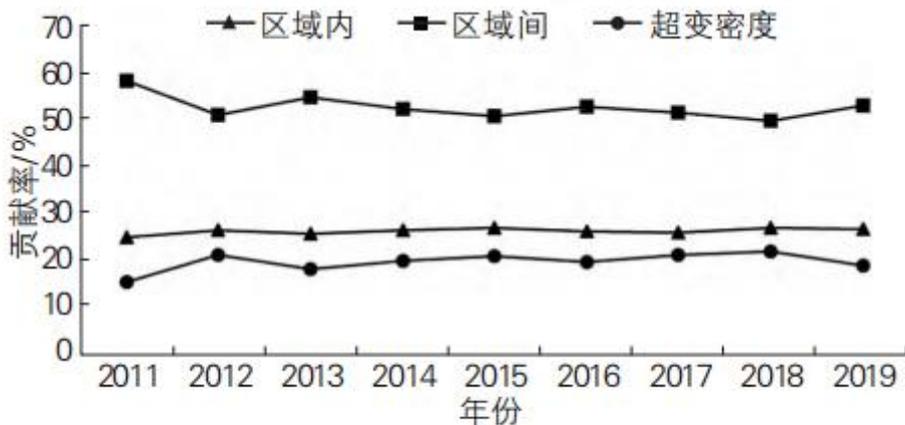


图5 2011—2019年长江经济带数字经济发展水平区域差异来源及贡献

五、长江经济带数字经济发展水平的空间收敛分析

为了进一步揭示空间因素对数字经济发展水平收敛性的分析，首先，本文通过测算 2011—2019 年数字经济发展水平的全局莫兰指数以及绘制 2011 年、2014 年、2017 年和 2019 年的局部莫兰散点图，揭示其空间相关性；其次，通过建立空间杜宾模型，实证检验长江经济带整体及上中下游地区数字经济发展水平是否存在 β 收敛。

（一）空间相关性检验

在使用空间杜宾模型进行 β 检验之前，本文采用全局莫兰指数考察了长江经济带城市数字经济发展的全局空间相关性，具体结果见表 4 所列。可以看出，考察期内数字经济发展水平的全局莫兰指数介于 0.274~0.365 之间且均在 1% 的水平上显著，说明长江经济带城市数字经济发展存在显著的空间关联特征，即数字经济发展会受到相邻城市的影响，数字经济发展较好的与较好的相邻，而发展较差的城市也聚集在一起。从变化趋势来看，尽管考察期内全局莫兰指数呈现波动下降趋势，但仍然保持在 0.274 之上，表明长江经济带数字经济发展具有较强的空间正相关性。

表 4 2011—2019 年长江经济带数字经济发展水平的 Moran' s I 指数

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Moran' s I	0.365	0.308	0.296	0.288	0.274	0.314	0.296	0.285	0.289
Z 值	11.158	9.479	9.186	8.910	8.511	9.666	9.133	8.817	8.931
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

全局莫兰指数反映了长江经济带邻近城市数字经济发展存在集聚效应，但并不能展示空间集聚的局部形式，而莫兰散点图正好可以反映空间集聚的局部特征。为了更加直观地揭示长江经济带数字经济发展的空间集聚形式，本文绘制了长江经济带 108 个城市在 2011 年、2014 年、2017 年和 2019 年的局部莫兰散点图（见图 6）。局部莫兰散点图的横坐标表示标准化的城市数字经济发展水平，纵坐标表示标准化的城市数字经济发展水平的空间滞后值，并以两者的平均值为中心轴，将该图划分为 H-H 集聚、L-H 集聚、L-L 集聚和 H-L 集聚四个象限。其中，H-H 集聚和 L-L 集聚表示的是空间正相关，而另外两种集聚则表示空间负相关。

从图 6 的局部莫兰散点图可以看出，长江经济带绝大多数城市均位于 H-H 集聚和 L-L 集聚板块。其中，上海、江苏、浙江和安徽部分城市位于 H-H 集聚板块，而湖北、湖南、四川、江西、贵州和云南这些省份的城市则主要位于 L-L 集聚板块。总体上形成了以长江经济带下游为主的高水平数字经济发展区域、中游和上游两个低水平发展区域。同时，在考察期内，数字经济发展水平的局部空间集聚模式并未发生明显改变，空间相关性较为稳定。2011—2019 年，仅有少数城市发生跃迁，数字经济发展水平较高和较低的地区在地理空间上仍保持原有的集聚状态。

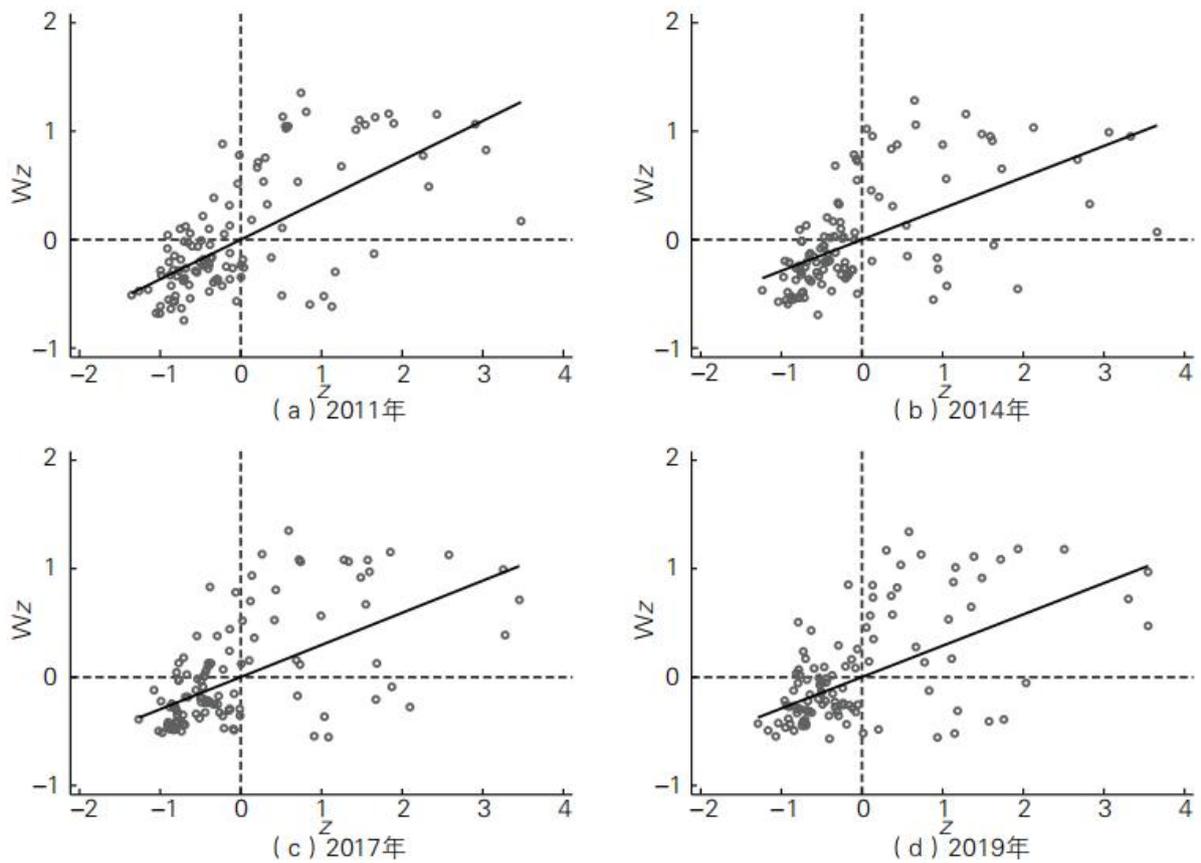


图6 长江经济带数字经济发展水平局部莫兰散点图

(二) 收敛模型检验

在考虑城市数字经济发展水平存在空间效应的基础上，本文进行了空间杜宾模型适用性检验，结果见表5所列。绝对 β 收敛和条件 β 收敛的LR检验和Wald检验都表明拒绝SDM模型简化为SEM和SLM模型的原假设，证明了使用SDM模型是恰当的，而Hausman检验表明应该控制固定效应。综合考虑，本文选择时空双固定的空间杜宾模型进行 β 收敛分析。

表5 空间杜宾模型适用性检验

检验类型	绝对 β 收敛		条件 β 收敛	
	统计量	P值	统计量	P值
Wald_spatial_lag	155.95	0.000	15.05	0.010
LR_spatial_lag	141.99	0.000	14.94	0.021
Wald_spatial_error	43.96	0.000	11.84	0.066
LR_spatial_error	48.97	0.000	12.88	0.045
Hausman Test	433.14	0.000	393.17	0.000

(三) 绝对 β 收敛

表6报告了样本考察期内长江经济带整体及上中下游地区城市数字经济发展水平的绝对 β 收敛检验结果。首先,从长江经济带整体来看,收敛系数 β 在1%的水平上显著为负,表明长江经济带城市数字经济发展水平在整体上存在绝对 β 收敛现象,且收敛速度为0.136。这也就是说在长江经济带各城市科技创新、政府干预、金融发展、互联网水平以及经济发展水平等其他影响因素相似的情况下,其数字经济发展水平最终会收敛于同一稳态水平,即数字经济发展水平低的城市其增长速度更快。其次,从区域层面来看,收敛系数在上中下游地区均显著为负,说明数字经济发展水平在三个地区均存在绝对 β 收敛现象。进一步对收敛速度进行计算可以发现:上游地区最大,达到0.178;下游地区次之,为0.130;中游地区最小,仅为0.101。由此说明,数字经济发展水平最高的下游地区和最低的上游地区其收敛速度相对较快,而数字经济发展水平居中的中游地区具有较慢的收敛速度。主要原因可能在于上游地区和下游地区主要位于H-H集聚或L-L集聚板块,而中游地区则更多分布于L-H集聚或H-L集聚板块。与此同时,当数字经济发展水平受到科技创新、政府干预、金融发展、互联网水平以及经济发展水平等因素影响时,其收敛性可能会有一定程度的变化,因此有必要对数字经济发展水平的条件 β 收敛展开进一步检验。

表6 绝对 β 收敛检验结果

指标	整体	上游	中游	下游
	(1)	(2)	(3)	(4)
6	-0.705*** (-21.23)	-0.798*** (-12.51)	-0.594*** (-12.62)	-0.689*** (-10.50)
Wlndei	0.103 (0.90)	0.0348 (0.16)	-0.152 (-0.81)	0.852*** (3.24)
P	0.111*** (3.36)	0.007*** (4.25)	0.190*** (4.51)	0.116*** (3.72)
R2	0.328	0.259	0.324	0.206
logL	758.616	141.413	437.548	261.313
收敛速度	0.136	0.178	0.101	0.130

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%的置信水平上显著;括号内为t值。下同

(四) 条件 β 收敛

表7报告了样本考察期内长江经济带整体及上中下游地区城市数字经济发展水平的条件 β 收敛检验结果。可以看出,长江经济带整体以及上中下游地区收敛系数 β 在符号上与表6一致,且均在1%的水平上显著。进一步计算收敛速度可以发现,长江经济带整体的收敛速度为0.139,比绝对 β 收敛时高0.003。上游、中游和下游地区的收敛速度分别为0.244、0.115、0.143,均高于绝对 β 收敛时的速度,并且上游地区最快,下游地区次之,中游地区最慢。这表明在综合考虑各城市数字经济发展水平本身的影响因素以及整个经济体的传导因素之后,数字经济发展水平的收敛速度也会随之改变。

表7 条件 β 收敛检验结果

指标	整体	上游	中游	下游
	(1)	(2)	(3)	(4)
6	-0.715*** (-21.23)	-0.889*** (-12.45)	-0.644*** (-13.22)	-0.725*** (-8.18)
Wlndei	0.0143 (0.11)	-0.242 (-0.87)	-0.260 (-1.28)	0.916* (1.87)
控制变量	Y	Y	Y	Y

控制变量空间 滞后项	Y	Y	Y	Y
P	0.111*** (3.36)	0.093*** (4.65)	* 0.221* (1.75)	0.097*** (3.52)
R2	0.328	0.255	0.347	0.211
logL	764.833	149.190	452.962	272.151
收敛速度	0.139	0.244	0.115	0.143

六、结论与政策建议

当前数字经济正在蓬勃发展，在国民经济中的地位进一步凸显，已经成为经济高质量发展的新引擎。目前，相关研究文献主要聚焦于全国层面，缺乏针对长江经济带的具体分析。本文将数字经济发展水平测度研究一方面从全国角度转移至长江经济带角度，另一方面从省份层面缩小到更加微观的城市层面。基于2011—2019年长江经济带108个城市的面板数据，本文利用自然间断点分类法、Kernel密度估计方法、Dagum基尼系数以及空间 β 收敛等方法，对长江经济带城市数字经济发展水平的时空演变特征、区域差异和空间收敛进行分析。

研究发现：第一，从时空演变特征来看，在考察期间内，数字经济发展水平呈现出由下游到上游梯次递减的趋势；与此同时，上中下游地区城市的数字经济发展水平均逐渐提高，其中上游和下游提升幅度较大。第二，从空间差异及分解来看，考察期内，长江经济带数字经济发展水平的总体差异呈下降趋势，而区域间差异作为总体差异的主要来源，在样本期内上中游、上下游和中下游地区之间的差异均不断缩小。由此可见，缩小区域间差异才是解决长江经济带数字经济发展水平空间异质性问题的关键。第三，从空间相关性来看，长江经济带数字经济发展水平存在正向空间溢出效应，且主要集中在一、三象限。第四，从收敛特征来看，长江经济带整体及上中下游地区均存在绝对 β 收敛和条件 β 收敛；与此同时，上中下游地区的收敛速度具有异质性，上游收敛速度最快，下游次之，中游最慢，且在考虑相关影响因素的情形下收敛速度有所加快。研究结论为长江经济带利用数字经济加快资源要素互联互通、转换经济增长动力、实现经济绿色高质量发展提供理论支撑。

基于上述研究结论，本文提出如下政策建议：

第一，推动长江经济带整体数字经济发展水平提升。城市数字经济的发展可以从数字产业化和产业数字化两个方面进行。在数字产业化方面，可以在长三角地区、长江中游城市群和成渝地区双城经济圈建立以电子器件、信息通信、集成电路、新型显示等为代表的新一代信息技术产业体系，大力发展5G、人工智能、大数据、区块链、云计算等新型数字产业领域，实现以点带面，推动整体数字经济水平提升；在产业数字化方面，推动传统产业转型升级，加快数字经济与微观企业的结合，推动企业智能化、数字化转型，从而推动数字经济与实体经济融合的深度和广度，将互联网和先进制造业结合起来，提升全产业链资源要素配置效率。

第二，在全局框架下，加强区域间的合作与联系，缩小地区间的差异。数字经济的发展主要依靠互联网发展状况以及网络基础设施等关键因素，因此想要缩小区域间数字经济发展的差距，就必须完善中下游地区的信息技术基础设施建设，加快推进互联网普及。此外，可以在长三角、成渝等重点区域以及部分能源丰富、气候适宜的地区布局大数据中心国家枢纽节点，节点内部优化网络、能源等配套资源，引导数据中心集群化发展。同时进一步加强上中下游地区的协同联动，推进网络互联互通，打破行政壁垒，从而有序推动下游地区的人才、资金和技术等高端生产要素向中上游地区流动，提高跨区域资源整合能力，使上中下游地区间形成优势互补、协同发展的格局。

第三，注重长江经济带地区内部城市数字经济发展水平的均衡性。数字经济发展的空间差距还体现在地区内部的城市之间，促进数字经济协调发展不仅要统筹地区间，还需要统筹地区内部不同城市的协调发展。在数字经济时代，地区发展的核心要素

已经从土地、补贴、政策等传统要素转变为数据、场景、市场等新要素。经济运行的在线化、数字化进程加快，将加速产业要素自由流动，减少对自然资源、智力资源、物理枢纽等传统要素的依赖，从而破除经济发展的空间壁垒，推动城市发展区位“分布式”拓展，这将为偏远地区、欠发达地区带来加快集聚的产业资源，实现高效发展的新机遇。与此同时，充分发挥中心城市的辐射带动作用，积极鼓励周边城市承接中心城市非核心功能的疏解，利用中心城市的资源和技术带动自身城市数字经济发展水平提升，从而缩小地区内部差异。

参考文献

- [1] 关会娟, 许宪春, 张美慧, 等. 中国数字经济产业统计分类问题研究[J]. 统计研究, 2020, 37(12):3-16.
- [2] 向书坚, 吴文君. 中国数字经济卫星账户框架设计研究[J]. 统计研究, 2019, 36(10):3-16.
- [3] 金星晔, 伏霖, 李涛. 数字经济规模核算的框架、方法与特点[J]. 经济社会体制比较, 2020(4):69-78.
- [4] 张雪玲, 焦月霞. 中国数字经济发展指数及其应用初探[J]. 浙江社会科学, 2017(4):32-40, 157.
- [5] 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(6):81-96.
- [6] 潘为华, 贺正楚, 潘红玉. 中国数字经济发展的时空演化和分布动态[J]. 中国软科学, 2021(10):137-147.
- [7] 王军, 朱杰, 罗茜. 中国数字经济发展水平及演变测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(7):26-42.
- [8] 李研. 中国数字经济产出效率的地区差异及动态演变[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(2):60-77.
- [9] 刘传明, 尹秀, 王林杉. 中国数字经济发展的区域差异及分布动态演进[J]. 中国科技论坛, 2020(3):97-109.
- [10] 田俊峰, 王彬燕, 王士君, 等. 中国东北地区数字经济发展空间分异及成因[J]. 地域研究与开发, 2019, 38(6):16-21.
- [11] 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.
- [12] 李雪, 吴福象, 竺李乐. 数字经济与区域创新绩效[J]. 山西财经大学学报, 2021, 43(5):17-30.
- [13] 陈晓东, 杨晓霞. 数字经济发展对产业结构升级的影响——基于灰关联熵与耗散结构理论的研究[J]. 改革, 2021(3):26-39.
- [14] 杨慧梅, 江璐. 数字经济、空间效应与全要素生产率[J]. 统计研究, 2021, 38(4):3-15.
- [15] 郭炳南, 王宇, 张浩. 数字经济发展改善了城市空气质量吗——基于国家级大数据综合试验区的准自然实验[J]. 广东财经大学学报, 2022, 37(1):58-74.
- [16] 梁琦, 肖素萍, 李梦欣. 数字经济发展提升了城市生态效率吗?——基于产业结构升级视角[J]. 经济问题探索, 2021(6):82-92.

[17] SUN X, CHEN Z, SHI T, et al. Influence of Digital Economy on Industrial Wastewater Discharge: Evidence from 281 Chinese Prefecture-level Cities[J]. Journal of Water and Climate Change, 2022, 13(2): 593-606.

[18] 徐维祥, 周建平, 刘程军. 数字经济发展对城市碳排放影响的空间效应[J]. 地理研究, 2022, 41(1): 111-129.

[19] PAN W, XIE T, WANG Z, et al. Digital Economy: An Innovation Driver for Total Factor Productivity[J]. Journal of Business Research, 2022, 139: 303-311.

[20] 邓宗兵, 何若帆, 陈征, 等. 中国八大综合经济区生态文明发展的区域差异及收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(6): 3-25.

[21] DAGUM C. A New Approach to the Decomposition of the Gini Income Inequality Ratio[J]. Empirical Economics, 1997, 22(4): 515-531.

[22] 万晓榆, 罗焱卿. 数字经济发展水平测度及其对全要素生产率的影响效应[J]. 改革, 2022(1): 101-118.

[23] 李英杰, 韩平. 中国数字经济发展综合评价与预测[J]. 统计与决策, 2022, 38(2): 90-94.

[24] 郭峰, 王靖一, 王芳, 等. 测度中国数字普惠金融发展: 指数编制与空间特征[J]. 经济学(季刊), 2020, 19(4): 1401-1418.

注释:

①五种城市类型的具体标准为低水平(0~0.055)、中低水平(0.055~0.085)、中等水平(0.085~0.150)、中高水平(0.150~0.250)和高水平(0.250~1.000)。