

数字经济与建筑业高质量发展耦合协调性研究 ——以京津冀地区为例

王静,白文超,蔚筱偲

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168)

摘要:以京津冀地区为研究对象,运用熵值法和耦合协调度模型探析了数字经济与建筑业高质量发展耦合协调度的时序特征,进一步绘制核密度图并分析了二者耦合协调度的时空格局演化。研究发现:京津冀地区的数字经济和建筑业高质量发展综合发展指数整体呈上升趋势,但建筑业高质量发展在某些年份出现了波动和减缓;二者的耦合协调度整体上升,行业间的协同效应增强;区域间差异较大,其中北京市的耦合协调度最高,天津市、河北省与北京市存在较大差距。

关键词:京津冀;数字经济;建筑业高质量发展;耦合协调度;核密度估计

中图分类号:F207;F407.9 **文献标志码:**A

引用格式:王静,白文超,蔚筱偲.数字经济与建筑业高质量发展耦合协调性研究:以京津冀地区为例[J].沈阳建筑大学学报(社会科学版),2024,26(5):470-476.

随着信息技术的不断发展和应用,数字经济已成为推动经济增长的重要引擎之一。与此同时,建筑业作为国民经济的基础产业之一,正面临着前所未有的发展机遇和挑战。京津冀地区是中国重要的经济增长极之一,也是数字经济和建筑业高质量发展的重要区域。加速推进京津冀地区数字经济与建筑业高质量发展的深度融合,对于促进建筑业数字化转型升级、实现京津冀区域经济高质量发展具有重要意义。

数字经济与建筑业高质量发展的融合促进了技术创新和产业升级,形成了协同效应。数字技术,如BIM技术和云计算,优化了建筑业的设计施工流程,而建筑业的数字化转型则为数字技术提供了新的应用场景。这种耦合作用不仅推动了两个行业的技术进步,而且对于促进经济结构优化和提升社会生产效率具

有关键意义,是推动可持续发展的重要动力。

近年来,关于数字经济与建筑业相互关系的研究颇为丰富。孙洁等^[1]通过政府、机构和市场这3个维度,总结了建筑业数字化科技创新的生态要素及其互动关系,并据此提出了促进建筑业高质量发展的战略路径;李蓉^[2]通过深入分析北京市建筑业的数字化转型,从发展逻辑、梯度及核心内容这3个维度识别了问题,并提出了策略性改进建议;杨向歌等^[3]研究了数字经济现状,探讨了某建筑企业在数字化转型中的实践、问题并提出了改进建议;张宁等^[4]通过应用技术-组织-环境理论框架和模糊集定性比较方法,深入探讨了BIM技术对建筑企业数字化转型的驱动因素,并为建筑企业数字化转型模式的选择提供了参考和启示;李玥^[5]通过对华东六省数字经济与建筑业高质量发展关系

的深入研究,发现数字经济对建筑业高质量发展有显著的赋能作用,提出了赋能路径假设,并给出了提升建议。

综上所述,在现有文献中,探讨数字经济与建筑业高质量发展之间相互作用的研究相对较少,特别是缺少对两者协同效应的系统性分析。因此,以 2013—2022 年京津冀地区为研究对象,运用熵值法和耦合协调度模型深入探究数字经济与建筑业高质量发展的耦合关系,并运用核密度分析探求京津冀地区数字经济与建筑业高质量发展的动态演变过程,最后提出有针对性的建议,以期为促进数字经济和建筑业高质量发展的融合提供理论支撑和实践指导。

一、研究设计

1. 指标体系构建

本研究借鉴已有的研究成果^[6-8],遵循科学性和数据的可获得性原则,从数字经济基础设施、数字产业化、产业数字化、数字经济发展环境 4 个维度出发,选取了 14 个具有代表性的指标,构建了数字经济发展评价指标体系(见表 1)。其中,信息化从业人员为信息传输、软件和信息技术服务业从业人员;企业网站覆盖率指拥有网站的企业比例;数字经济企业数量指信息传输、计算机服务和软件业法人单位数。

表 1 数字经济发展指标体系		
一级指标	二级指标	权重
数字经济基础设施 x_1	互联网宽带接入端口 x_{11}	0.048
	长途光缆线路长度 x_{12}	0.140
	IPv4 地址数 x_{13}	0.130
	移动电话基站数 x_{14}	0.048
数字产业化 x_2	电信业务总量 x_{21}	0.094
	信息化从业人员人数 x_{22}	0.103
	软件业务收入额 x_{23}	0.120
产业数字化 x_3	有电子商务活动企业的比例 x_{31}	0.045
	企业网站的覆盖率 x_{32}	0.014
	数字普惠金融指数 x_{33}	0.027
数字经济 发展环境 x_4	专利申请授权的数量 x_{41}	0.041
	技术市场成交额 x_{42}	0.093
	R&D 经费投入强度 x_{43}	0.047
	数字经济企业的数量 x_{44}	0.050

本研究通过梳理相关文献^[9-11],从产业

效益水平和新发展理念两个角度选取指标,以全面反映建筑业高质量发展状态。所选指标不仅涵盖了经济产出、技术创新、能源效率等方面,还包括了环境保护和社会责任等可持续发展指标,构建的建筑业高质量发展评价指标体系如表 2 所示。

表 2 建筑业高质量发展指标体系		
一级指标	二级指标	权重
产业效益水平 y_1	建筑业总产值比例 y_{11}	0.050
	房屋竣工率 y_{12}	0.050
	产值利润率 y_{13}	0.055
	资产负债率 y_{14}	0.032
	建筑业从业人员人数 y_{15}	0.040
创新发展水平 y_2	技术装备率 y_{21}	0.069
	动力装备率 y_{22}	0.038
协调发展水平 y_3	国有企业产值比例 y_{31}	0.029
	一级以上总承包企业数量比例 y_{32}	0.045
	一级专业承包企业数量比例 y_{33}	0.046
	勘察设计从业人员比例 y_{34}	0.124
	监理企业从业人员比例 y_{35}	0.097
绿色发展水平 y_4	亿元总产值水泥消耗量 y_{41}	0.007
	亿元总产值木材消耗量 y_{42}	0.019
	亿元总产值钢材消耗量 y_{43}	0.019
	建成区绿化覆盖率 y_{44}	0.039
开放发展水平 y_5	外商投资企业产值比例 y_{51}	0.064
	省外完成的产值比例 y_{52}	0.061
共享发展水平 y_6	年末实铺道路长度 y_{61}	0.076
	城市桥梁数量 y_{62}	0.040

2. 数据来源

本研究选取的研究样本为 2013—2022 年北京市、天津市和河北省 3 个地区的数据。数据来源于 2014—2023 年发布的《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国第三产业统计年鉴》和《中国建筑业统计年鉴》。数字金融指数指标采用北京大学数字普惠金融指数^[12],部分缺失数据运用线性插值法补齐。

3. 研究方法

(1) 熵值法

运用熵值法计算数字经济和建筑业高质量发展的无量纲化综合得分,以消除不同指标间的量纲影响,确保评价结果的客观性和可比性。

对指标进行无量纲化处理。

其中,正向指标为

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

(1)

负向指标为

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

(2)

式中: x_{ij} 为原始指标数值; X_{ij} 为无量纲化处理后的数值; t 为年份; i 为地区; j 为指标。

计算第 i 年 j 项指标所占比例。

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{t=1}^k \sum_{i=1}^m X_{tij}}$$

(3)

式中: P_{ij} 为指标权重。

计算熵值和差异系数。

$$e_j = \frac{1}{\ln(k \times m) \sum_{t=1}^k \sum_{i=1}^m P_{tij} \ln P_{tij}}$$

(4)

$$g_j = 1 - e_j$$

(5)

式中: e_j 为第 j 项指标的熵值; g_j 为第 j 项指标的差异系数。

计算指标权重。

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

(6)

式中: W_j 为第 j 项指标的权重。

计算综合得分。

$$S_{ij} = \sum_{j=1}^n W_j \times X_{tij}$$

(7)

式中: S_{ij} 为第 t 年 i 地区的数字经济或建筑业高质量发展综合得分。

(2)耦合协调度模型

参考邓宗兵等^[13]的研究,结合本研究计算所得的 3 个地区数字经济与建筑业高质量发展的综合发展指数,利用耦合协调度模型量化分析数字经济与建筑业高质量发展之间的耦合度和耦合协调度,揭示两者之间的关系强度及发展水平,计算过程为

$$C = 2 \times \sqrt{\frac{E \times B}{(E + B)^2}}$$

(8)

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

(9)

$$a + b = 1$$

(10)

$$T = aE + bB$$

(11)

式中: C 为耦合度; E 为数字经济发展总指

数; B 为建筑业高质量发展总指数; D 为耦合协调度; T 为数字经济与建筑业高质量发展的综合指数; a 和 b 为各个子系统的重要程度,本研究认为数字经济与建筑业高质量发展同等重要,故设定 a 和 b 的数值均为 0.5。参考相关文献^[14],将耦合协调度划分为 10 个等级,具体划分如表 3 所示。

表 3 耦合协调等级划分

取值区间	等级划分	取值区间	等级划分
[0,0.1]	极度失调	(0.5,0.6]	勉强协调
(0.1,0.2]	严重失调	(0.6,0.7]	初级协调
(0.2,0.3]	中度失调	(0.7,0.8]	中级协调
(0.3,0.4]	轻度失调	(0.8,0.9]	良好协调
(0.4,0.5]	濒临失调	(0.9,1.0]	优质协调

(3)相对发展度模型

借鉴葛鹏飞等^[15]的研究,将相对发展情况分为 3 种情况: $0 < \beta < 1$,为数字经济发展滞后于建筑业高质量发展; $\beta = 1$,为数字经济发展同步于建筑业高质量发展; $\beta > 1$ 为数字经济发展领先于建筑业高质量发展。

$$\beta = \frac{E}{B}$$

(12)

式中: β 为数字经济与建筑业高质量发展的相对发展度。

(4)核密度估计

本研究运用核密度估计的方法分析京津冀地区数字经济与建筑业高质量发展的态势,以图形化的方式展示耦合协调性的时空演变。核密度函数公式为

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

(13)

式中: X_i 为数字经济与建筑业高质量发展的耦合协调值; x 为平均值; n 为样本个数; h 为带宽; $K(\cdot)$ 为核函数。运用高斯核函数估计京津冀地区数字经济与建筑业高质量发展耦合协调度的动态演变特征。

二、实证分析

1. 整体分析

(1)发展指数与相对发展度分析

由图 1 可知,数字经济发展指数(E)从 0.197(2013 年)增长至 0.387(2022 年),表明京津冀地区的数字经济在这 10 年得到了

快速的发展。相比之下,建筑业高质量发展指数(B)在 2013—2019 年间整体呈波动增长,但在 2014—2015 年和 2022 年出现了下降,这反映了建筑业在某些年份存在行业内部的结构调整或受宏观经济因素的影响。尽管 2022 年建筑业的高质量发展指数有所下滑,但数字经济的发展指数持续攀升,反映出数字经济在增长动力上相对于建筑业具有显著优势。

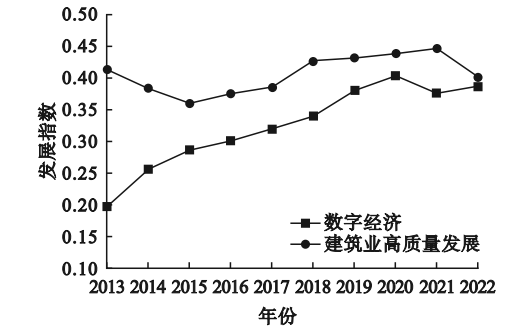


图 1 数字经济与建筑业高质量发展指数时序变化

由表 4 可知,相对发展度(E/B)的变化揭示了数字经济与建筑业高质量发展指数增长速度的相对关系。2013—2019 年, E/B 值始终低于 0.9,表明数字经济的发展速度落后于建筑业,这一现象与建筑业的传统优势和数字经济初期的成熟度有关。然而,从 2020 年开始, E/B 值超过了 0.9,并在 2022 年达到 0.965 的高点,这表明数字经济的增长速度开始逐渐领先于建筑业,这一转变反映出数字经济在创新性、灵活性和适应市场变化方面的优势以及建筑业面临的挑战。

表 4 两者发展指数与相对发展度

年份	E	B	E/B
2013	0.197	0.413	0.478
2014	0.256	0.384	0.668
2015	0.287	0.360	0.798
2016	0.301	0.374	0.803
2017	0.319	0.385	0.829
2018	0.340	0.426	0.797
2019	0.380	0.431	0.881
2020	0.403	0.438	0.920
2021	0.375	0.446	0.842
2022	0.387	0.401	0.965

(2)耦合协调度分析

耦合度(C)是衡量数字经济与建筑业高质量发展之间相互作用强度的量化指标。由图 2 和表 5 可知,在 2013—2022 年的数据趋势中,可以观察到耦合度的显著增长,从 0.900 稳步上升至 0.975。数字经济的快速发展为建筑业带来了新的生产模式、管理方法和运营策略,从而促进了两者之间的深度融合。

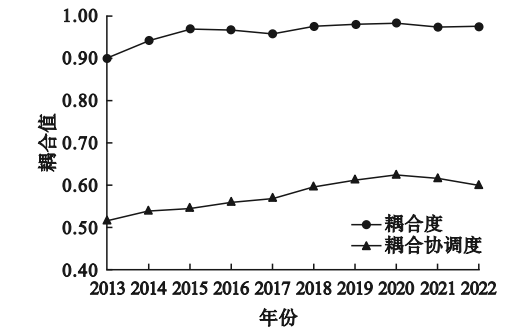


图 2 数字经济与建筑业高质量发展耦合协调度

表 5 两者耦合度与耦合协调度

年份	C	D	协调等级
2013	0.900	0.517	勉强协调
2014	0.942	0.540	勉强协调
2015	0.970	0.548	勉强协调
2016	0.968	0.560	勉强协调
2017	0.959	0.571	勉强协调
2018	0.975	0.598	勉强协调
2019	0.980	0.615	初级协调
2020	0.983	0.626	初级协调
2021	0.974	0.617	初级协调
2022	0.975	0.603	初级协调

耦合协调度(D)是衡量数字经济与建筑业高质量发展之间协调性与平衡性的指标。由图 2 和表 5 可知,耦合协调度从 0.517(2013 年)逐步提升至 0.603(2022 年),表明在耦合度增长的同时,两者之间的协调性也在逐步增强。然而,这一增长速度相对较缓,意味着在实现更优协调性方面仍存在一定的制约因素。协调等级的划分基于耦合协调度的具体数值,用以评估两者协调性的发展阶段。从 2013 年的勉强协调到 2019 年及之后的初级协调,这一变化标志着两者协调性的发展已迈入新的阶段。尽管如此,当前的协调等级仍处于较低水平,表明数字经济与建筑业高质量发展之间的协调机制尚未完全成熟,需要进一步的政策引导、技术创新和市场机制的完善。

2. 区域内分析

(1) 发展指数与相对发展度分析

由图3和图4可知,2013—2022年,京津冀区域内的3个地区在数字经济综合发展得分上均展现了稳步上升的态势。具体来看,北京市的数字经济发展综合得分从0.283上升至0.701,这一显著增长反映了该地区数字经济的迅猛发展和强劲动力。天津市的综合得分从0.075上升至0.119,虽然增长幅度不及北京市,但同样呈现出积极的上升趋势。河北省的综合得分从0.235上升至0.341,增长趋势稳定,表明该地区数字经济同样得到了快速发展。相对于数字经济的快速发展,建筑业高质量发展综合得分在这10年间也呈现增长态势,但增长的幅度和速度相对平缓。北京从0.641略降至0.617,天津从0.322降至0.261,而河北省则从0.277增长至0.325。

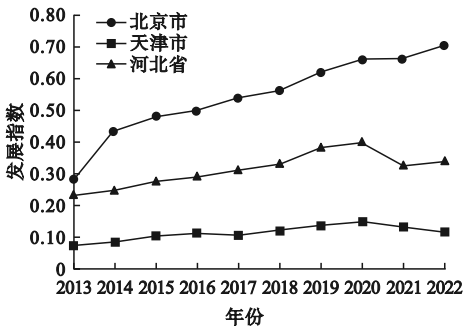


图3 京津冀3个地区的数字经济发展指数

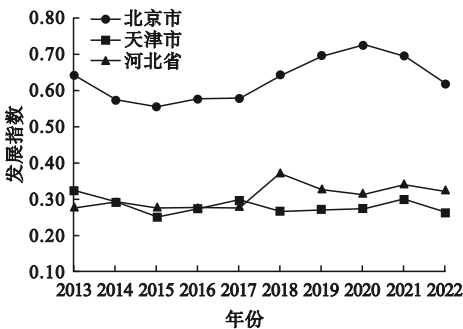


图4 京津冀3个地区的建筑业高质量发展指数

由表6可知,北京市的相对发展度从0.442增长至1.136,天津市从0.231增长至0.454,河北省从0.848增长至1.050。这些数据揭示了一个共性:数字经济的发展速度普遍超过了建筑业高质量发展,尤其是北京

市,数字经济的增长显著领先于建筑业高质量发展。

表6 京津冀3个地区的数字经济与建筑业高质量发展的相对发展度

年份	北京市	天津市	河北省
2013	0.442	0.231	0.848
2014	0.760	0.296	0.860
2015	0.867	0.418	1.004
2016	0.863	0.410	1.068
2017	0.933	0.354	1.116
2018	0.881	0.458	0.891
2019	0.890	0.507	1.172
2020	0.906	0.551	1.274
2021	0.953	0.444	0.964
2022	1.136	0.454	1.050

(2) 耦合协调度分析

由表7可知,京津冀地区数字经济与建筑业高质量发展耦合协调度的动态变化,揭示了两者的协同效应的增强。北京市的耦合协调度从0.653(2013年)逐步增长至0.811(2022年),这一上升趋势表明北京市在这一时期内实现了从“初级协调”到“良好协调”的转变,这主要得益于政策层面对智慧城市和绿色建筑的推动以及BIM技术等在建业业的广泛应用,同时市场需求的增长也促进了两者的融合。天津市和河北省的耦合协调度虽然起点较低,但也呈现出积极的增长态势。天津市的耦合协调度从0.394(2013年)增长至0.420(2022年),尽管在2015年经历了下降,但随后的恢复与市场自我调整及投资流向的增加密切相关。河北省的耦合协调度从0.505(2013年)起步,逐步提升至0.577(2022年),增长幅度虽较北京略小,但区域一体化战略的实施、基础设施的持续建设和人才的培养与流动,为该地区的耦合协调度提升提供了有力支撑。

由图5可知,2013—2022年,耦合协调度的均值呈现显著上升趋势,从0.517增长至0.603。这一趋势表明了两者的协调性的增强,这与区域经济一体化、产业政策的优化以及技术革新等因素有一定关联。此外,耦合协调度的最大值和最小值也显示出了增长态势,最大值从0.653上升至0.811,最小值从0.394增至0.420,进一步印证了整体耦

表 7 京津冀 3 个地区的数字经济与建筑业高质量发展的耦合协调度

年份	北京市		天津市		河北省	
	D	协调等级	D	协调等级	D	协调等级
2013	0.653	初级协调	0.394	轻度失调	0.505	勉强协调
2014	0.706	中级协调	0.398	轻度失调	0.517	勉强协调
2015	0.718	中级协调	0.402	濒临失调	0.526	勉强协调
2016	0.732	中级协调	0.418	濒临失调	0.532	勉强协调
2017	0.747	中级协调	0.420	濒临失调	0.545	勉强协调
2018	0.776	中级协调	0.423	濒临失调	0.594	勉强协调
2019	0.810	良好协调	0.439	濒临失调	0.595	勉强协调
2020	0.831	良好协调	0.450	濒临失调	0.596	勉强协调
2021	0.824	良好协调	0.447	濒临失调	0.579	勉强协调
2022	0.811	良好协调	0.420	濒临失调	0.577	勉强协调

合协调度的提升。极差的大小反映了一年中耦合协调度可能经历的最大波动,从而揭示了发展的不均衡性和潜在的不稳定性。从 0.259(2013 年)增至 0.391(2022 年),极差的增加意味着在这 10 年间,耦合协调度的年度波动幅度有所扩大且区域间发展差距逐渐拉大。标准差的增加(从 0.130 增长至 0.197),说明了耦合协调度的波动性增加,这意味着不同年份间协调度的不稳定性。

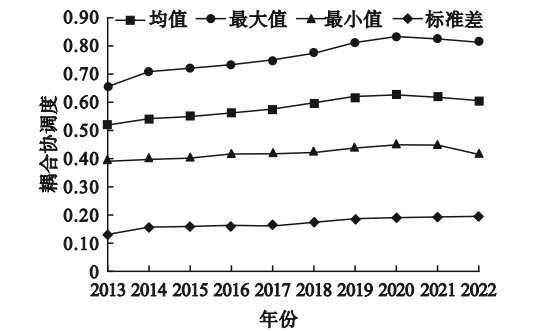


图 5 数字经济与建筑业高质量发展的耦合协调度相关统计数据时序变化

3. 耦合协调度动态演变趋势分析

由图 6 可知,从分布位置来看,京津冀地区数字经济与建筑业高质量发展耦合协调度核密度分布曲线在研究期内呈现右移的趋势,说明京津冀地区数字经济与建筑业高质量发展协调水平呈现上升趋势。从分布形态来看,波峰高度呈现逐渐上升的趋势,曲线高度逐渐上升,宽度变宽,意味着京津冀地区数字经济与建筑业高质量发展协调水平整体有所提升,但宽度的变宽反映了京津冀地区内部在数字经济与建筑业融合方面的不均衡性。一些地区在数字技术应用和建筑业现代

化方面取得了较大进展,而其他地区则相对滞后。

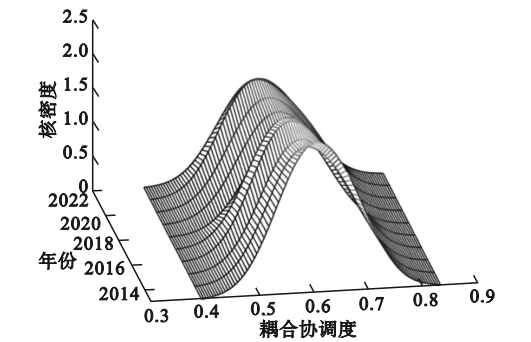


图 6 数字经济与建筑业高质量发展的耦合协调度的动态演变

三、结 语

研究结果表明,京津冀地区数字经济与建筑业的耦合协调度整体呈现上升趋势,这一趋势反映了两者间相互作用和支持效应的增强,同时意味着区域经济结构正向更高效、更可持续的模式转变。然而,区域之间在耦合协调度上存在显著差异,北京市处于领先地位,天津市、河北省与北京市存在较大差距。此外,耦合协调度的核密度估计分析展示了区域内部发展的不均衡,部分区域显著领先。未来应考虑从国家层面、各地区层面提出发展策略。

参考文献:

[1] 孙洁,龚晓南,张宏,等. 数字化驱动的建筑业高质量发展战略路径研究[J]. 中国工程科学,2021,23(4):56-63.

[2] 李蓉. 数字经济与实体经济融合发展研究:以

北京市建筑业为例[J]. 价格理论与实践, 2023(8):172-177.

[3] 杨向歌,江文化,王聪,等. 建筑企业推进数字经济建设的实践研究:以某大型建筑央企为例[J]. 建筑经济,2023,44(S1):344-349.

[4] 张宁,尤完. BIM 驱动的建筑企业数字化转型组态效应研究[J]. 绿色建造与智能建筑, 2023(12):33-38.

[5] 李玥. 数字经济赋能建筑业高质量发展实证研究[D]. 福州:福建工程学院,2023.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 舒小林,闵浙思,郭向阳,等. 省域数字经济与旅游业高质量发展耦合协调及驱动因素[J]. 经济地理,2024,44(1):197-208.

[9] 张凯,陆玉梅,陆海曙. 双碳目标背景下我国绿色建筑高质量发展对策研究[J]. 建筑经济,2022,43(3):14-20.

[10] 彭波,王卫峰,胡继强,等. 建筑产业互联网发展现状与对策[J]. 建筑经济,2023,44(2): 14-20.

[11] 江薇. 建筑业高质量发展评价与时空差异[D]. 合肥:安徽建筑大学,2023.

[12] 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.

[13] 邓宗兵,肖沁霖,王炬,等. 中国数字经济与绿色发展耦合协调的时空特征及驱动机制[J]. 地理学报,2024,79(4):971-990.

[14] 张晓芬,李森. 基于熵权-耦合协调度模型的辽宁省先进制造业与现代服务业融合发展研究[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2023,25(2):174-179.

[15] 葛鹏飞,韩永楠,武宵旭. 中国创新与经济发展的耦合协调性测度与评价[J]. 数量经济技术经济研究,2020,37(10):101-117.

Research on the Coupling and Coordination of Digital Economy and High-Quality Development of Construction Industry: Taking Beijing-Tianjin-Hebei Region as an Example

WANG Jing,BAI Wenchao,YU Xiaosi
(School of Management,Shenyang Jianzhu University,Shenyang 110168,China)

Abstract: Taking the Beijing-Tianjin-Hebei region as the research object, the entropy value method and the coupling coordination degree model are used to explore the temporal characteristics of the coupling coordination degree of the digital economy and the high-quality development of the construction industry, and the kernel density map is further plotted to analyse the spatial and temporal pattern of the coupling coordination degree of the two evolved. The study finds that: the overall development index of digital economy and high-quality development of the construction industry in the Beijing-Tianjin-Hebei region shows an upward trend, but the growth of high-quality development of the construction industry fluctuates and slows down in some years; the coupling coordination degree of the two rises as a whole, and the synergistic effect between the industries is enhanced; the inter-regional differences are large, and the coupling degree of coordination is the highest in Beijing, while there is a large gap between Tianjin, Hebei and Beijing.

Key words: Beijing-Tianjin-Hebei, digital economy, high-quality development of the construction industry, coupling coordination, kernel density estimation

(责任编辑:徐聿聪 英文审校:林 昊)