

## 区块链创新环境空间关联及影响因素研究

章迪平,赵 婷

(浙江科技学院 理学院,杭州 310023)

**摘 要:** 为加快推进区块链产业健康协同发展,借助熵值法和修正引力模型构建区块链创新环境有向关联矩阵,采用社会网络分析法探讨 2016—2019 年中国 30 个省市区区块链创新网络的空间特征,解释了中国区块链创新环境空间关联的主要影响因素。研究结果表明:1) 中国 30 个省市区区块链创新环境参差不齐,广东、北京、浙江、江苏等东部地区拥有较好的区块链创新环境;2) 中国区块链创新网络比较松散,其中广东在整个网络中具有最大的控制优势;3) 东部沿海地区区块链创新网络较为紧密且溢出效应明显,凭借区位优势形成点轴发展模式;4) 技术研发强度差异及对外开放程度差异越大的地区间区块链创新环境空间关联度越强,政府支持力度与地理距离对区块链创新环境空间关联产生负向溢出效应。协调中国区块链创新环境协同发展,可为推动区块链技术创新应用和建设智慧城市提供参考。

**关键词:** 区块链;创新环境;空间关联;修正引力模型;社会网络分析

**中图分类号:** F124.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-8798(2022)04-0285-12

## Research on spatial association and influencing factors of blockchain innovation environment

ZHANG Diping, ZHAO Ting

(School of Sciences, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

**Abstract:** In order to accelerate the healthy and coordinated development of blockchain industry, the directed incidence matrix of blockchain innovation environment was constructed by applying the entropy method and the modified gravity model. The social network analysis method was adopted to elaborate on spatial characteristics of blockchain innovation network in 30 provinces, autonomous regions and municipalities in China from the year 2016 to 2019, accounting for the main influencing factors of spatial association of blockchain innovation environment in China. The results show that the blockchain innovation environment in 30

**收稿日期:** 2021-09-27

**基金项目:** 浙江省第四次经济普查课题(ZJPS28)

**通信作者:** 章迪平(1967— ),男,浙江省诸暨人,教授,博士,主要从事产业经济、社会经济统计方法及应用研究。

E-mail: zhangdiping163@163.com。

provinces, autonomous regions and municipalities in China is uneven, and the eastern regions such as Guangdong, Beijing, Zhejiang and Jiangsu have better blockchain innovation environment; China's blockchain innovation network is relatively loose, and Guangdong has the greatest control advantage in the whole network; the blockchain innovation network in the eastern coastal areas is relatively close and has obvious spillover effect, which forms a point-axis development model with location advantages; regions with greater differences in technology R&D intensity and in level of opening up, tend to have stronger spatial associations of blockchain innovation environment. Government support and geographical distance have a negative spillover effect on the spatial association of blockchain innovation environment. The coordinated development of China's blockchain innovation environment can provide reference for promoting the application of blockchain technology innovation and building smart cities.

**Keywords:** blockchain; innovation environment; spatial association; modified gravity model; social network analysis

2021 年,中华人民共和国第十三届全国人民代表大会第四次会议表决通过的“十四五”规划指出区块链被列为七大数字经济重点产业之一,其中明确提出要加快区块链等新兴数字产业技术创新。2020 年,新型冠状病毒肺炎疫情蔓延全球,经济发展的不确定性大幅增加。各国政府、企业探索利用新兴技术提升实体经济运作效率,降低社会经济运行成本。当前,区块链技术与物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术交叉创新,越来越多的实体经济呈现出脱虚向实的“区块链+”发展格局。中共中央政治局就区块链技术发展现状和趋势进行第十八次集体学习,地方政府部门开始密切关注区块链技术。随后,区块链上升为国家战略,中央强调要把区块链作为核心技术自主创新的重要突破口,加快推动区块链技术和产业创新发展。

区块链起源于中本聪(Satoshi Nakamoto)的比特币,被认为是互联网发明以来最具颠覆性的技术创新。研究者们基于区块链在保护数据隐私<sup>[1-2]</sup>、信息监管<sup>[3]</sup>、数据共享和储存<sup>[4-5]</sup>等方面探索发展的新理论。在定性研究上,戚学祥<sup>[6-7]</sup>等的研究涉及区块链概念、应用优势等内容。在定量研究上,李少林等<sup>[8]</sup>利用双重差分法评估区块链技术对制造业绿色发展的影响。王倩<sup>[9]</sup>等基于主成分分析法评估区块链产业投资环境的发展情况。也有研究者认为区块链技术的发展存在滥用现象,例如逃税、贩卖货币、黑市交易等,应创建法律监管体系进行防范<sup>[10-11]</sup>。Marijn 等<sup>[12]</sup>分别从制度、市场、技术三个方面分析了区块链技术被采用的影响因素。而在区域创新空间关联方法应用方面,由于莫兰指数、区位基尼系数和变异系数等统计指标在测度空间关联程度时只能给出整体区域的相关程度,无法单独反映各地区在空间关联网络中的地位 and 角色,因此大多数研究者选择社会网络分析方法探究区域间创新关联特征。刘和东等<sup>[13]</sup>对高新技术产业专利申请数据的空间集聚特征进行可视化分析,并运用社会网络分析中的二次指派程序(quadratic assignment procedure, QAP)来分析其关键影响因素,结果显示在东南沿海地区与部分中部地区为强强关联地区,R&D(research and development,研究与试验发展)经费、产业集聚、地理距离为显著正相关,R&D 人员、FDI(foreign direct investment,外国直接投资)为显著负相关。宋旭光等<sup>[14]</sup>采用复杂网络理论与 QAP 方法探究中国区域创新空间关联及影响因素,发现中国区域创新表现出明显的“梯度”可达的关联特征,区域创新空间关联结构受地区间地理距离和人力资本水平差异影响显著。孙春晓等<sup>[15]</sup>运用大数据挖掘技术、社会网络分析等方法对中国城市物流创新的空间网络特征及驱动机制进行研究。

综上可知,学术界鲜有从区块链创新环境空间关联的角度来研究促进其发展的具体路径。区块链作为自主创新和高新技术发展的重要突破口,中国在技术发明专利申请量及授权量上均处于世界领先水平,研究区块链的创新环境有助于进一步推进中国经济高质量发展。另外,区块链区域创新环境不仅取

决于当地技术研发强度、政府支持力度等因素,还受其他地区区块链创新活动的影响。因此,如何科学有效地优化区块链区域创新环境,加强各地区创新要素交流互动并实现优势互补的关联关系,是提升中国区块链整体技术进步和助力数字化转型的关键所在。基于2016年区块链首次作为战略性前沿技术被写入《“十三五”国家信息化规划》及数据的可获得性,本研究选取2016—2019年中国30个省市区(港澳台地区和西藏地区未纳入统计)为地理分析单元,借助熵值法和修正引力模型构造区块链创新环境空间有向关联矩阵,采用社会网络分析法考察了中国区块链创新网络的空间关联特征,并运用QAP方法探讨了影响区块链创新环境空间关联的影响因素,为进一步提升区块链创新能力,协调地区区块链创新协同发展提供新视角。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 研究方法

#### 1.1.1 熵值法

熵值法是根据指标数据实际情况通过突出局部差异来确定指标权重,进而测算样本综合得分。该方法避免了主观因素的参杂,且权重与指标值关系密切,适用于多指标相对评价。运用极值处理法<sup>[16]</sup>对原始数据进行标准化处理以消除指标量纲差异化。

假设子系统内有 $m$ 个省份, $n$ 个指标, $s$ 年数据,若指标 $x_{ij}$ 为正指标,则

$$X_{ij} = \left( \frac{x_{ij} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \right) \quad (1)$$

若指标 $x_{ij}$ 为逆指标,则

$$X_{ij} = \left( \frac{\max x_j - x_{ij}}{\max x_j - \min x_j} \right) \quad (2)$$

式(1)~(2)中: $x_{ij}$ 为原指标值( $t=1,2,\dots,s;i=1,2,\dots,m;j=1,\dots,n$ ); $\min x_j$ 和 $\max x_j$ 分别为各子系统内第 $j$ 项指标的最小值和最大值(为保证非零数值本研究做了平移处理)。

指标差异系数

$$D_j = 1 - \left[ -\frac{1}{\ln(sm)} \times \sum_{t=1}^s \sum_{i=1}^m \frac{X_{ij}}{\sum_{t=1}^s \sum_{i=1}^m X_{ij}} \ln \frac{X_{ij}}{\sum_{t=1}^s \sum_{i=1}^m X_{ij}} \right] \quad (3)$$

计算各指标权重,

$$W_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^n D_j}, \sum_{j=1}^n W_j = 1. \quad (4)$$

利用线性加权法计算系统综合得分,

$$M = \sum_{j=1}^n W_j X_{ij}. \quad (5)$$

#### 1.1.2 修正引力模型

引力模型是使用较为广泛的测算创新空间作用强度的模型。考虑到地区间区块链创新联系的不对称性等特征,本研究参考曾文霞等<sup>[17]</sup>构造空间关联矩阵的做法,将熵值法测算得出的综合得分 $M$ 代入修正引力模型中,利用修正引力模型体现辐射方向,然后转化为空间二值矩阵。修正引力模型如下:

$$R_{i \rightarrow j} = \frac{M_i}{M_i + M_j} \times \frac{M_i M_j}{D_{ij}^2} \quad (6)$$

$$R_{j \rightarrow i} = \frac{M_j}{M_i + M_j} \times \frac{M_i M_j}{D_{ij}^2} \quad (7)$$

式(6)~(7)中: $M_i$ 、 $M_j$ 分别为地区 $i$ 、 $j$ 的区块链创新环境综合得分; $R_{i \rightarrow j}$ 为地区 $i$ 对地区 $j$ 的区块链创新环境空间作用强度; $R_{j \rightarrow i}$ 为地区 $j$ 对地区 $i$ 的区块链创新环境空间作用强度; $D_{ij}$ 为地理距离,借鉴孙春晓等的

方法<sup>[15]1356</sup>,根据 30 个省区市的经纬度测算各地区间的地理距离。

### 1.1.3 社会网络分析

社会网络分析(social network analysis,SNA)近年来被广泛应用于各种网络组织结构中,已有研究者将 SNA 引入区域创新网络结构中以探究地区间创新联系能力<sup>[18-20]</sup>。基于此,本研究引入 SNA 方法中的网络密度、网络中心性及边缘—核心结构等指标以探究区块链创新环境空间关联网络结构特征,SNA 指标及其含义见表 1。

表 1 SNA 指标及其含义  
Table 1 SNA index and its meaning

指标	计算公式	变量含义	公式解释
网络密度	$D = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n T_{ij}}{N(N-1)}, i \neq j$	$D$ 为网络密度; $T_{ij}$ 为节点 $i$ 和节点 $j$ 间的联系强度; $N$ 为节点数(下同)	$D$ 值越大网络中各节点间的关系越紧密
度数中心度	$C_1(i) = \frac{\sum_{j=1}^n T_{ij}}{N-1}$ $C_0(i) = \frac{\sum_{j=1}^n T_{ji}}{N-1}$	$C_1(i)$ 为节点 $i$ 标准化点入度 $C_0(i)$ 为节点 $i$ 标准化点出度	$C_1(i)$ 值越大,地区 $i$ 创新环境的受益程度越大 $C_0(i)$ 值越大,地区 $i$ 创新环境的溢出效应越明显
中介中心度	$C_B(i) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}}, j \neq k \neq i$	$C_B(i)$ 为节点 $i$ 的中介中心度; $g_{jk}$ 、 $g_{jk}(i)$ 分别为节点 $j$ 和节点 $k$ 间存在的捷径数、节点 $j$ 和节点 $k$ 间经过节点 $i$ 存在的捷径数	$C_B(i)$ 值越大地区 $i$ 对创新环境资源的支配能力越大

## 1.2 数据来源

区块链专利授权数来源于国家知识产权局(China National Intellectual Property Administration,CNIPA)的专利检索及分析系统,区块链产业园数、区块链政策数、区块链新增企业数来源于赛迪区块链研究院发布的《2020—2021 年中国区块链产业发展白皮书》、中国信息通信院发布的《区块链白皮书(2020 年)》,其余数据均来自国家统计局。

## 2 区块链创新环境空间关联实证分析

### 2.1 区块链创新环境分析

1985 年,欧洲创新环境研究小组(Groupe de Recherche Européen sur les Milieux Innovateurs,GRE-MI)首次提出创新环境及其含义<sup>[21]</sup>。基于此,研究者们开始对创新环境进行了深入探索。中国科学技术发展战略研究院发布的《国家创新指数报告》指出,创新环境包括宏观经济环境、项目创新企业获得支持的难易度、政府采购对技术创新影响等指标。在《中国区域创新能力报告》中围绕区域创新环境构建了市场环境、地区创业水平、劳动者素质、创新基础设施等二级指标<sup>[22]</sup>。环境是一个复杂的体系,目前创新环境尚未有一个明确的定义,一般认为区域创新环境包括软环境和硬环境两部分。其中,前者包括便于知识创新和流通扩散的制度、政策法规、学习氛围等社会文化环境;后者包括通讯、信息网络等<sup>[23]</sup>。虽然研究者们构建的创新环境指标体系不尽相同,但基本上都考虑了市场环境、社会文化环境、基础设施及资源环境等。其中,市场环境包括经济、技术、人口等因素,属于区域创新环境的硬环境。大众创业、万众创新是推动实施创新驱动发展战略的重要举措,作为新兴产业,营造良好的创业创新的市场环境有助于推动区块链产业的创新发展。社会文化环境能促进地区区块链创新活动的开展和创新绩效的提升,为科技进步提供保障,属于区域创新环境的软环境。而创新资源环境内部的有效整合,有利于产业探索适合自身发展的途径,使得产业整体的创新产出显著高于各部分创新主体的简单叠加,从而提高地区整体创新能力,属于区域创新环境的硬环境<sup>[24]</sup>。基础设施是高新技术产业发展必不可少的辅助设施,王倩等<sup>[9]75</sup>选

取互联网宽带接入情况等指标来衡量区域网络信息化基础设施的完善程度及人们的接受程度,属于区域创新环境的硬环境。结合已有研究,遵循系统性、简明科学性、数据可操作可量化原则,本研究构建区块链创新环境的评价指标体系,并利用熵值法确定各变量的权重,结果见表2。

表2 区块链创新环境评价指标体系

Table 2 Evaluation index system of blockchain innovation environment

一级指标	二级指标	变量	权重
市场环境	地区生产总值/亿元	$X_1$	0.033
	第三产业增加值占地区生产总值比重/%	$X_2$	0.025
	技术市场成交额/亿元	$X_3$	0.077
	信息技术服务收入/万元	$X_4$	0.081
	城市化率/%	$X_5$	0.017
资源环境	地方财政科学技术支出/亿元	$X_6$	0.056
	规模以上工业企业 R&D 经费/万元	$X_7$	0.060
	规模以上工业企业 R&D 项目数/项	$X_8$	0.069
	规模以上工业企业 R&D 人员全时当量/人年	$X_9$	0.066
	区块链新增企业数/个	$X_{10}$	0.117
基础设施	互联网宽带接入端口/万个	$X_{11}$	0.027
	每百人使用计算机数/台	$X_{12}$	0.023
	互联网宽带接入用户/万户	$X_{13}$	0.030
社会文化环境	区块链政策数/项	$X_{14}$	0.061
	区块链产业园数/个	$X_{15}$	0.102
	区块链专利授权数量/件	$X_{16}$	0.123
	高等学校教职工总数/万人	$X_{17}$	0.020
	每十万人口高等学校平均在校生数/人	$X_{18}$	0.013

以2016—2019年中国30个省区市的相关统计数据为样本,将其代入式(1)~(5)中进行计算,得到2016—2019年30个省市区区块链创新环境综合得分及排序,结果见表3。

从年份上看,2018—2019年区块链创新环境综合得分极差远高于2016—2017年,主要原因可能在于2016年国务院印发的“十三五”国家信息化规划通知中将区块链技术列为需超前布局的战略性前沿技术,随后,广东、江苏、浙江、北京等地相继出台多项区块链专项扶持政策,以打造区块链产业发展高地,使得区域差异逐年显著。

从空间上看,30个省市区区块链创新环境参差不齐,广东、北京、浙江、江苏、山东、上海等东部地区拥有较好的区块链创新环境,且在2016—2019年始终处于前列,相比其他地区优势较为明显。其中,广东省作为大批先进技术研发企业的聚集地,科研氛围浓厚,且近四年区块链创新环境综合得分始终位于榜首,2019年甚至高达0.8162。总体来看,70%左右的省域低于全国平均水平,中国区块链创新环境差异两极分化较为严重。

表3 2016—2019年区块链创新环境综合得分及排序

Table 3 Comprehensive score and ranking of blockchain innovation environment from 2016 to 2019

排序	2016年		2017年		2018年		2019年	
	省区市	得分	省区市	得分	省区市	得分	省区市	得分
1	广东	0.3486	广东	0.5109	广东	0.7416	广东	0.8162
2	江苏	0.3208	江苏	0.3775	浙江	0.4302	北京	0.5034
3	北京	0.2502	浙江	0.3030	江苏	0.4161	浙江	0.4840
4	山东	0.2263	北京	0.3004	北京	0.3945	江苏	0.4783
5	浙江	0.2227	山东	0.2678	山东	0.3019	山东	0.3444
6	上海	0.1911	上海	0.2075	上海	0.2890	上海	0.3115
7	湖北	0.1222	四川	0.1581	四川	0.1904	四川	0.2080

表 3(续)

排序	2016 年		2017 年		2018 年		2019 年	
	省区市	得分	省区市	得分	省区市	得分	省区市	得分
8	四川	0.114 5	湖北	0.151 7	湖北	0.175 5	湖北	0.205 6
9	天津	0.109 4	河南	0.125 2	湖南	0.174 2	湖南	0.199 1
10	河南	0.109 0	天津	0.121 2	河北	0.154 3	重庆	0.177 7
11	辽宁	0.101 7	福建	0.116 8	福建	0.150 5	河南	0.173 8
12	安徽	0.099 6	安徽	0.115 9	安徽	0.145 3	福建	0.173 3
13	福建	0.099 5	重庆	0.109 4	河南	0.141 6	江西	0.158 9
14	河北	0.092 5	辽宁	0.107 8	辽宁	0.129 0	安徽	0.156 5
15	陕西	0.090 0	湖南	0.105 7	陕西	0.128 4	河北	0.153 9
16	湖南	0.088 6	江西	0.104 6	江西	0.127 1	陕西	0.144 6
17	重庆	0.076 6	河北	0.102 4	重庆	0.125 6	天津	0.140 1
18	江西	0.061 7	陕西	0.099 8	天津	0.123 7	辽宁	0.137 7
19	黑龙江	0.060 0	贵州	0.087 2	广西	0.087 8	广西	0.117 8
20	吉林	0.059 0	黑龙江	0.066 5	贵州	0.078 6	贵州	0.108 6
21	山西	0.054 7	广西	0.064 8	吉林	0.074 9	云南	0.087 8
22	广西	0.052 3	山西	0.064 7	海南	0.071 9	黑龙江	0.080 3
23	云南	0.051 1	吉林	0.064 5	黑龙江	0.069 5	吉林	0.080 1
24	内蒙古	0.048 2	云南	0.058 3	云南	0.068 0	甘肃	0.079 3
25	贵州	0.042 7	内蒙古	0.056 6	山西	0.066 1	山西	0.079 1
26	海南	0.039 9	新疆	0.053 3	新疆	0.058 3	海南	0.068 1
27	甘肃	0.038 8	海南	0.050 4	内蒙古	0.054 6	内蒙古	0.067 6
28	新疆	0.037 6	甘肃	0.043 6	甘肃	0.049 4	新疆	0.067 0
29	宁夏	0.029 6	宁夏	0.034 9	宁夏	0.036 4	宁夏	0.050 0
30	青海	0.025 1	青海	0.026 9	青海	0.033 2	青海	0.039 9
	极差	0.323 5	极差	0.484 0	极差	0.708 4	极差	0.776 3
	平均值	0.108 8	平均值	0.135 2	平均值	0.169 6	平均值	0.196 4

## 2.2 区块链创新环境空间关联分析

将表 3 结果代入式(6)、式(7),为消除极值影响,选择均值为断点值<sup>[25]</sup>,利用 UCINET 软件将有向多值空间关联矩阵转为有向二值空间关联矩阵,以此分析中国区块链创新环境空间关联网络结构的特征。

### 2.2.1 网络密度分析

利用 UCINET 软件测算 2016—2019 年中国区块链创新环境网络密度,见表 4。2016—2019 年中国区块链创新环境网络密度整体呈逐年升高的态势。其中,2016 年区块链创新环境网络密度为 0.102 3,网络整体连通性较差;2019 年区块链创新网络密度为 0.260 9,相比 2016 年网络密度有较大幅度的提升,区块链创新环境网络内部之间生产要素互动渠道明显增多。但中国区块链创新环境网络密度整体上还较低,各省区市间创新网络结构比较松散,集群优势尚不明显,区块链创新联系有待进一步加强。

表 4 2016—2019 年区块链创新环境网络密度

Table 4 Network density of blockchain innovation environment from 2016 to 2019	
年份	网络密度
2016	0.102 3
2017	0.151 7
2018	0.204 6
2019	0.260 9

### 2.2.2 中心性分析

为了有效刻画中国 30 个省区市在区块链创新环境网络中的地位和作用,本研究基于 2019 年数据进行中心性测算,结果见表 5。当  $C_o(i) > C_i(i)$ ,地区  $i$  区块链创新要素溢出效应明显;当  $C_o(i) < C_i(i)$ ,地区  $i$  区块链创新要素受益程度明显。

从度数中心度的结果来看,中国 30 个省市区区块链创新环境构成的有向空间关联网络存在严重的不对称性。广东、山东、江苏、浙江等 10 个省市区块链创新环境的标准化点出度大于标准化点入度,对其

他省区市区块链创新环境产生正向溢出效应,其中广东省溢出效应最为明显。湖北、河南、安徽、河北等13个省区市的标准化点出度低于标准化点入度,这些地区易受其他地区区块链创新环境的推动影响,自身能够吸引技术创新要素,促进地区区块链创新环境的改善,在整个区块链创新网络中表现为受益地区。

从中介中心度的结果来看,广东在区块链创新网络中具有最大的控制优势。除广东省外,山东省的中介中心度也较高,在促进其他省区市区块链创新环境产生空间关联上发挥着重要的桥梁作用。云南、内蒙古、吉林、黑龙江、山西、青海、宁夏、新疆的中介中心度为0,在创新网络中控制能力较低,这些地区主要分布在中国西北及东北地区。总体来看,中国区块链创新环境网络的中介中心度处于一个相对较低的水平,创新网络向某个节点集中的趋势不够明显。

表5 2019年中国30个省区市区块链创新网络中心性分析

Table 5 Centrality analysis of blockchain innovation network in 30 provinces, autonomous regions and municipalities of China in 2019

地区	度数中心度			中介中心度	
	$C_0(i)$	$C_1(i)$	受益与否	$C_B(i)$	排序
广东	0.827 6	0.413 8	溢出	0.242 7	1
山东	0.551 7	0.413 8	溢出	0.156 8	2
江苏	0.482 8	0.379 3	溢出	0.020 0	13
浙江	0.448 3	0.379 3	溢出	0.016 9	15
湖南	0.448 3	0.413 8	溢出	0.050 6	5
湖北	0.413 8	0.448 3	受益	0.030 5	11
上海	0.379 3	0.344 8	溢出	0.062 6	4
北京	0.379 3	0.344 8	溢出	0.011 5	16
河南	0.379 3	0.413 8	受益	0.033 3	8
福建	0.310 3	0.241 4	溢出	0.000 4	22
四川	0.310 3	0.206 9	溢出	0.028 9	12
江西	0.275 9	0.310 3	受益	0.002 6	19
安徽	0.241 4	0.379 3	受益	0.002 1	20
重庆	0.241 4	0.241 4		0.019 4	14
陕西	0.241 4	0.275 9	受益	0.033 6	7
河北	0.206 9	0.344 8	受益	0.045 1	6
辽宁	0.172 4	0.137 9	溢出	0.118 2	3
贵州	0.172 4	0.206 9	受益	0.008 5	17
广西	0.103 5	0.103 5		0.001 2	21
天津	0.103 5	0.275 9	受益	0.004 4	18
云南	0.103 5	0.137 9	受益	0.000 0	23
内蒙古	0.069 0	0.137 9	受益	0.000 0	23
海南	0.069 0	0.069 0		0.032 0	9
吉林	0.069 0	0.069 0		0.000 0	23
黑龙江	0.034 5	0.069 0	受益	0.000 0	23
山西	0.034 5	0.206 9	受益	0.000 0	23
甘肃	0.034 5	0.137 9	受益	0.032 0	9
青海	0.034 5	0.034 5		0.000 0	23
宁夏	0.000 0	0.000 0		0.000 0	23
新疆	0.000 0	0.000 0		0.000 0	23
均值	0.237 9	0.237 9		0.031 8	

### 2.2.3 核心—边缘分析

“核心度”是中心度的一种,若中心度高的节点间联系少其核心度可能会比较低;而核心度较高的地区中心度一定高<sup>[26]</sup>。本研究参考邱长波等<sup>[27]80</sup>的分类方法,将 UCINET 软件测算得出的核心度划分为:大于等于0.300的省区市划分为核心地区、0.200~0.300(包含0.200)的划分为半核心地区、0.050~0.200(包含0.050)的划分为半边缘地区、0.050以下的为边缘地区,结果见表6。2016—2019年区块链创新网络核心度的基尼系数均大于0.400,表明中国区块链创新环境网络具有明显的核心—边缘结构<sup>[27]79</sup>。

表 6 30 个省区市区块链创新网络核心度划分

Table 6 Core degree division of blockchain innovation network in 30 provinces, autonomous regions and municipalities

地区类型	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
核心地区	江苏(0.470)、山东(0.427) 浙江(0.393)、上海(0.307)	江苏(0.444)、浙江(0.387) 湖北(0.327)、广东(0.318)	江苏(0.370)、广东(0.337) 浙江(0.336)、湖北(0.314)	广东(0.324)、江苏(0.323) 浙江(0.316)、湖北(0.313) 山东(0.304)
半核心地区	广东(0.281)、安徽(0.261) 福建(0.237)、湖北(0.212)	山东(0.299)、上海(0.276) 安徽(0.275)、福建(0.252) 江西(0.229)	山东(0.296)、上海(0.295) 江西(0.265)、湖南(0.258) 安徽(0.249)、福建(0.233) 河南(0.207)	上海(0.285)、湖南(0.282) 河南(0.258)、安徽(0.246) 江西(0.234)、福建(0.223)
半边缘地区	北京(0.176)、江西(0.137) 河南(0.134)、河北(0.112) 天津(0.107)、湖南(0.066) 山西(0.050)	河南(0.192)、湖南(0.133) 北京(0.106)、天津(0.104) 河北(0.090)	北京(0.169)、河北(0.132) 天津(0.093)、辽宁(0.062) 山西(0.055)	北京(0.194)、河北(0.128) 陕西(0.123)、天津(0.101) 重庆(0.099)、四川(0.097) 山西(0.051)、辽宁(0.051)
边缘地区	其他省区市	其他省区市	其他省区市	其他省区市
基尼系数	0.632	0.624	0.555	0.497

为了进一步探讨中国区块链创新环境空间关联结构的演变特征,本研究利用 NetDraw 软件绘制 2016—2019 年中国 30 个省区市区块链创新环境网络结构拓扑图(图 1)。其中,各省区市创新环境用节点来表示,节点大小表示度数中心度大小,节点间的连线表明这两个地区的区块链创新环境存在空间关联,箭头方向表示区块链创新节点溢出方向。

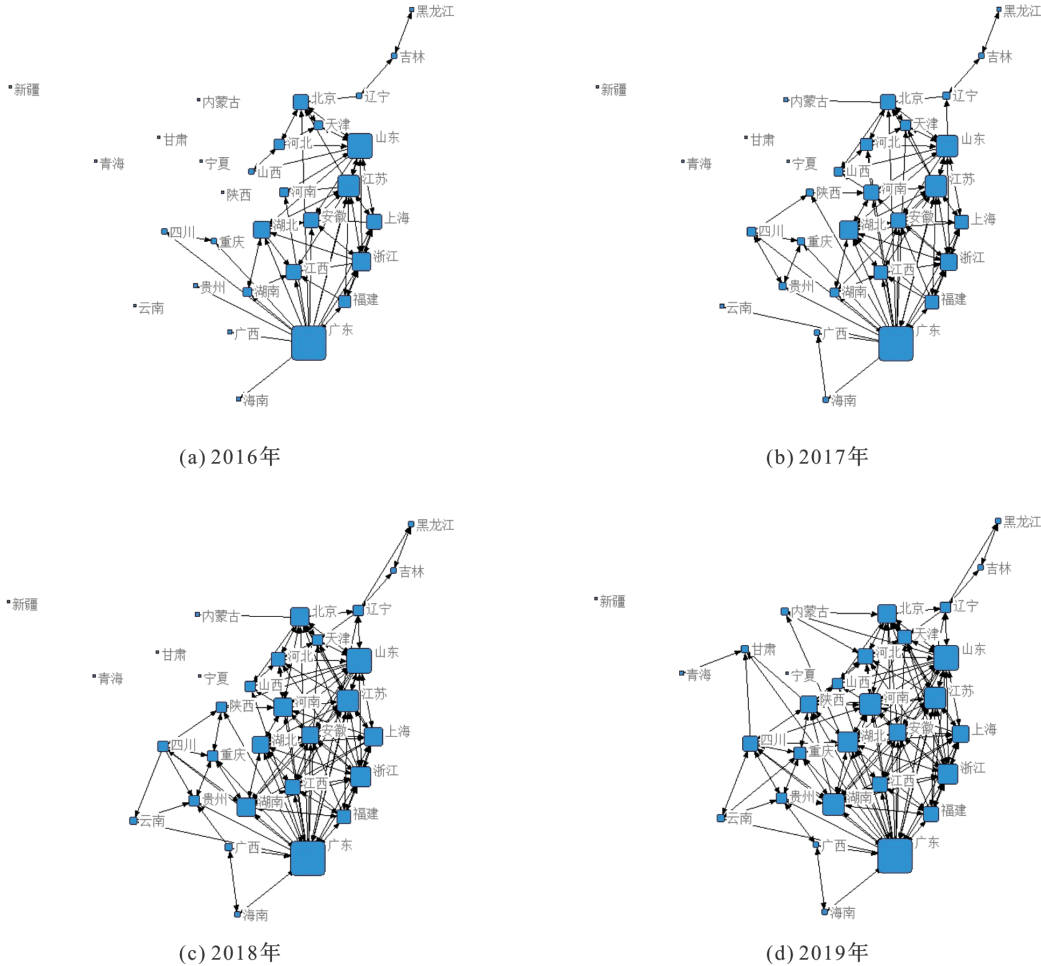


图 1 2016—2019 年区块链创新环境网络结构拓扑图

Fig. 1 Topology map of network structure of blockchain innovation environment from 2016 to 2019



从网络整体结构来看,东部沿海地区区块链创新环境空间关联网络结构较为紧密,依托区位优势形成点轴发展模式,共同打造区块链优势产业集群。2016—2019年区块链创新网络范围逐渐扩大,由东部地区逐渐向中部地区和西南地区扩散。另外,从区块链创新环境网络的空间关联来看,中西部地区接收关系显著大于发出关系,而东部沿海地区溢出效应较为明显,具有很强的区块链创新辐射能力。2016年中国区块链创新环境形成以江苏、山东、浙江、上海为核心地区,并与周边广东、安徽、福建、湖北等11个地区共同构成地理空间连接式强关联网络。其中安徽、湖北是连接中西部地区和东部沿海地区形成虚拟空间连接式网络的“桥梁”。2017—2018年广东、湖北取代山东、上海在网络中的核心位置,且网络中节点间双向箭头增加,表明联系紧密的省区市开始增多。2019年,山东重新加入区块链创新网络核心区域。四川、重庆、陕西这三个边缘地区中的西部地区开始融入强关联网络结构中,促使整个区块链创新网络形成结构较紧密的稳健性复杂网络。以上分析发现,区块链创新环境较差且中心度较低的地区比较容易依赖等级高的地区,这些地区的研发能力、经济基础、政策扶持等能促进区块链技术创新的资源较少,易受核心地区的创新辐射。

### 3 区块链创新环境空间关联的影响因素

#### 3.1 模型设定与变量说明

由于研究对象是关系数据(matrix of relation),常规空间计量方法不适用于分析矩阵之间的关联,因此本研究使用社会网络分析中具有高稳定性特征的QAP相关回归法,对2016—2019年中国区块链创新环境空间关联进行分析。由前文分析可知,区块链创新环境网络结构紧密度高的省区市多位于东部沿海地区,如广东、江苏、上海、山东等,这些地区对外开放程度相对较高<sup>[28]</sup>。对外开放程度是影响地区创新能力的重要因素之一<sup>[29]</sup>,对区块链创新环境的改善有积极的影响作用,贸易进出口额是体现经济开放度的重要指标<sup>[30]</sup>;科研人才与经费投入能够增加区域创新产出,促进地区产业空间关联<sup>[13]54</sup>;区块链的创新发展离不开政策扶持,其中科技投入是各地高新区建设的重要支撑;区块链创新对技术要求较高,而灵活高效的市场机制能够激发高新技术企业的创新活力<sup>[31]</sup>;由引力模型可知地区间区块链创新环境的关联度将随着地理距离的增大而减小,但也有观点认为信息化水平的提高弱化了地理距离的消极影响,因此,地理距离与地区间区块链创新环境空间关联的关系还需要进一步验证。本研究借鉴了宋旭光等<sup>[14]34</sup>对中国区域创新空间关联的研究方法,以2019年数据为例进行分析,构建如下模型:

$$R(i, j) = f(M(i, j), E(i, j), O(i, j), S(i, j), T(i, j), D(i, j)). \quad (8)$$

式(8)中:因变量 $R(i, j)$ 为中国区块链创新环境空间关联矩阵;自变量 $M(i, j)$ 为市场化程度差异矩阵,用30个省区市间国有控股工业企业利润总额/规模以上工业企业利润总额的绝对差异来表示<sup>[9]78</sup>;  $E(i, j)$ 为人力资本水平,用30个省区市间高校在校人数的绝对差异来表示;  $O(i, j)$ 为对外开放程度差异矩阵,用30个省区市间外商投资企业进出口总额的绝对差异来表示;  $S(i, j)$ 为政府支持力度差异矩阵,用30个省区市间科技支出的绝对差异来表示;  $T(i, j)$ 为技术研发强度差异矩阵,用30个省区市间R&D经费的绝对差异来表示;  $D(i, j)$ 为地理距离矩阵,用30个省区市间经纬度测算的地理距离来表示。

#### 3.2 实证分析

##### 3.2.1 QAP 相关分析

利用UCINET软件对以上区块链创新环境空间关联影响因素进行QAP相关分析,结果见表7。 $E(i, j)$ 的相关系数为0.005,未通过显著性检验,表明区块链创新环境的空间关联强度与人力资本水平的相关性不强,原因可能在于区块链创新环境空间网络的建立主要是基于地区间区块链创新资源与潜力,而不是单纯依靠人力资本水平。 $M(i, j)$ 、 $S(i, j)$ 、 $T(i, j)$ 、 $O(i, j)$ 、 $D(i, j)$ 与 $R(i, j)$ 之间的相关系数均通过了显著性检验,表示市场化程度、政府支持力度、技术研发强度、对外开放程度、地理距离均对区块链创新关联有显著的影响。其中地理距离为负向影响,其余均为正向影响。

表 7 区块链创新环境空间关联影响因素分析

Table 7 Analysis of influencing factors of spatial association of blockchain innovation environment

自变量	相关系数	QAP 回归 1	QAP 回归 2
$E(i, j)$	0.005		
$M(i, j)$	0.111*	-0.051 729	
$S(i, j)$	0.102*	-0.127 411**	-0.125 239**
$T(i, j)$	0.131**	0.143 150**	0.143 373**
$O(i, j)$	0.175***	0.194 621**	0.195 346***
$D(i, j)$	-0.302***	-0.552 297***	-0.557 333***

注:回归常数项为 0; \*、\*\*、\*\*\*分别表示在 0.10、0.05、0.01 显著水平上通过检验;QAP 回归 1 为首次回归;QAP 回归 2 为逐步回归。

### 3.2.2 QAP 回归分析

由于自变量矩阵之间可能存在多重相关性,因此选择 QAP 回归分析法来研究以上影响因素与区块链创新环境空间关联矩阵之间的回归关系<sup>[32]</sup>。调整后的可决系数为 0.373,表示自变量政府支持力度差异矩阵、技术研发强度差异矩阵、对外开放程度差异矩阵、地理距离矩阵对因变量区块链创新环境空间关联矩阵的变异解释为 37.3%,且在 1%的水平上显著,模型拟合效果较好。

由表 7 可知,QAP 回归 1 中  $S(i, j)$ 、 $T(i, j)$ 、 $O(i, j)$ 、 $D(i, j)$  的回归系数在统计学意义上是显著的, $M(i, j)$  没有通过显著性检验,表示其对区块链创新环境空间关联矩阵的影响是不显著的。区块链创新对技术要求较高,市场化程度相近的地区之间区块链创新环境的竞争较为激烈,相比其他影响因素,市场化程度的显著性较低。调整自变量,将自变量  $M(i, j)$  剔除,再一次进行 QAP 回归。在 QAP 回归 2 中,影响程度最大的是地理距离  $D(i, j)$ ,回归系数为 -0.557,且在 1%水平上显著,说明地理距离对区块链创新环境空间关联负向影响显著,地理距离增大会明显削弱区域间区块链创新环境的溢出效应。这是由于地理位置相距较远的区域间不利于产业创新要素的传播与共享,阻碍了区块链合作创新生产的空间聚集。 $S(i, j)$  回归系数为 -0.125,在 5%水平上显著,与 Guan 等<sup>[33-34]</sup>的研究结论类似,政府支持力度对区块链创新环境空间关联具有负向影响。这是由于政府支持在区块链创新环境交流中起辅助和引导作用,产业创新发展不可过度依赖。 $T(i, j)$ 、 $O(i, j)$  回归系数为 0.143、0.195,且分别在 5%、1%水平上显著,表明加强技术研发强度、扩大对外开放程度会促进区域间区块链创新要素的溢出和流动;加大 R&D 经费投入,不仅能促进企业区块链技术研发,还能促进技术创新成果转化,使得本地研发技术加速扩散到周边地区,给区块链创新环境带来显著正向的空间溢出效应。另外,中国区块链企业主要吸纳国外开源社区的区块链研究成果进行研发,自主研发的区块链平台很少,使得广东、江苏等对外开放程度高的东部沿海地区区块链创新环境空间关联正向溢出效应明显。

## 4 结论与建议

通过熵值法与修正引力模型构建区块链创新环境空间有向关联矩阵,采用社会网络分析中的网络密度、中心性分析、核心—边缘结构等指标探讨 2016—2019 年中国区块链创新环境空间关联网络结构特征,并运用 QAP 方法解释了中国区块链创新环境空间关联结构的主要外在影响因素。研究结果表明:

1) 近四年中国 30 个省市区区块链创新环境综合得分排名没有发生大幅变动。广东、北京、浙江、江苏、山东、上海等东部地区综合得分在 2016—2019 年始终处于前列,70%左右的省区市低于全国平均水平。另外,2018—2019 年综合得分极差较大,主要原因可能是各地区对区块链技术研发的支持度存在差异,使得地区间创新环境参差不齐,如广东、上海等地在 2016 年就开始落实区块链相关扶持政策,明确给予区块链项目资助。

2) 东部沿海地区区块链创新环境溢出效应明显,这些地区拥有较多的创新资源且自主研发能力较强;而大多数中西部地区接收创新关系显著多于发出创新关系,这些地区易受其他地区区块链创新环境的积极影响,自身能够吸引技术创新要素,从而促进地区区块链创新环境的改善。

3) 2016—2019年中国区块链创新网络具有明显的核心—边缘结构,且边缘地区数量逐年减少。江苏、浙江始终位于核心地区,广东、湖北、山东先后由半核心地区进入核心地区,2019年四川、重庆、陕西这三个边缘地区中的西部地区开始融入强关联网络结构中。

4) 通过 QAP 分析可知,省际间政府支持力度、技术研发强度、对外开放程度、地理距离对区块链创新环境空间关联有显著影响。其中,技术研发强度、对外开放程度对区块链创新环境空间关联具有正向影响;政府支持力度、地理距离给区块链创新环境空间关联带来负向影响。

目前中国 30 个省区市在区块链创新领域发展的不均衡性非常明显,为了提升并稳固中国区块链创新环境空间关联,推动区域区块链创新环境健康协同发展,笔者提出以下建议:

1) 统筹区块链创新环境空间布局,加强东部沿海地区创新网络结构溢出效应。充分发挥广东、江苏、浙江等东部沿海地区“领头兵”的区块链创新溢出效应;加强安徽、湖北等“中介”地区桥梁传递功能。打破省际壁垒,逐渐形成虚拟空间连接式区块链创新网络结构,促进区块链人才、技术等创新资源的扩散和流动,倡导创新要素整合互补,实现中国区块链创新资源配置优化和 30 个省区市区块链创新联动发展。

2) 针对 30 个省区市在区块链创新网络中的不同地位和角色制定差异化政策。充分发挥核心地区辐射力大的优势,带动半边缘、边缘地区的区块链创新研发能力;半核心地区一方面要向区块链创新能力较强的地区学习,另一方面要调动区块链创新主体积极性,加强核心技术研发程度,实现底层核心技术自主可控;边缘地区应加强区块链宣传推广工作,提高对区块链的认知,加快区块链在实体经济领域的应用真正落地。

3) 强化区块链创新环境空间关联的正向影响因素,扼制其反向溢出。第一,各地区应针对性加大技术研发强度,紧盯前沿技术,加快推动区块链技术和产业创新发展,如作为国家政治中心的北京应在政务应用方面加大区块链技术投入,以数字经济为核心的湖南应加强推进在金融方面的技术研发工作。第二,扩大对外开放力度,内资企业通过吸引全球区块链人才、引进全球区块链技术等国外先进资源,提高自主创新能力,逐步建立以中国为主的技术产业体系,为区块链应用发展提供安全可控的技术支撑平台。第三,各地政府在制定区块链发展措施时除了要考虑自身环境状况外,还要关注邻近省区市的产业发展趋势。第四,企业应加强区块链产业园区建设,探索差异化发展路线,重点打造具有当地产业结构特色的应用场景试验区。

## 5 结 语

当前,中国区块链技术产业蓬勃发展,产业规模和企业数量逐年增加,地区间区块链技术交流显著加强。加快区块链健康协调发展,全面了解区块链创新环境整体发展态势,对构建良好产业生态、促进社会经济高质量发展意义重大。

### 参考文献:

- [1] 杨颜博,张嘉伟,马建峰.一种使用区块链保护车联网数据隐私的方法[J].西安电子科技大学学报,2021,48(3):21.
- [2] 刘峰,杨杰,李志斌,等.一种基于区块链的泛用型数据隐私保护的安全多方计算协议[J].计算机研究与发展,2021,58(2):281.
- [3] 许继平,王健,张新,等.区块链驱动的稻米供应链信息监管模型研究[J].农业机械学报,2021,52(5):202.
- [4] 刘雪娇,殷一丹,陈蔚,等.基于区块链的车联网数据安全共享方案[J].浙江大学学报(工学版),2021,55(5):957.
- [5] 蒋宇娜,葛晓虎,杨旻,等.面向 6G 的区块链物联网数据共享和存储机制[J].通信学报,2020,41(10):48.
- [6] 戚学祥.精准扶贫+区块链:应用优势与潜在挑战[J].理论与改革,2019(5):126.
- [7] 黄武双,邱思宇.论区块链技术在知识产权保护中的作用[J].南昌大学学报(人文社会科学版),2020,51(2):67.
- [8] 李少林,冯亚飞.区块链如何推动制造业绿色发展:基于环保重点城市的准自然实验[J].中国环境科学,2021,41(3):1455.

- [9] 王倩,杜卓雅.中国区块链产业投资环境的省际差异及影响因素:基于 2016—2018 年 31 个省(市)数据的实证分析[J].河南师范大学学报(哲学社会科学版),2021,48(2):73.
- [10] KIVIAT T I. Beyond bitcoin: issues in regulating blockchain transactions[J]. Duke Law Journal,2015,65(3):569.
- [11] PETER Y. Regulatory issues in blockchain technology[J]. Journal of Financial Regulation and Compliance,2017,25(2):196.
- [12] MARIJIN J, VISHANTH W, ELVIRA I, et al. A framework for analysing blockchain technology adoption: Integrating institutional, market and technical factors[J]. International Journal of Information Management,2020,50:302.
- [13] 刘和东,杨丽萍.高新技术产业创新产出空间集聚及关联性研究[J].科技进步与对策,2020,37(19):51.
- [14] 宋旭光,赵玉涵.中国区域创新空间关联及其影响因素研究[J].数量经济技术经济研究,2018,(7):22.
- [15] 孙春晓,裴小忠,刘程军,等.中国城市物流创新的空间网络特征及驱动机制[J].地理研究,2021,40(5):1354.
- [16] 朱喜安,魏国栋.熵值法中无量纲化方法优良标准的探讨[J].统计与决策,2015(2):13.
- [17] 曾文霞,董会忠,盛科荣,等.山东省创新网络演变特征及影响因素分析[J].科技管理研究,2020(14):118.
- [18] 王承云,沈泽洲.江苏省城市综合创新竞争力时空联系研究[J].华东经济管理,2020,34(11):9.
- [19] 刘心怡.粤港澳大湾区城市创新网络结构与分工研究[J].地理科学,2020,40(6):874.
- [20] 王越,王承云.长三角城市创新联系网络及辐射能力[J].经济地理,2018,38(9):130.
- [21] 许婷婷,吴和成.基于因子分析的江苏省区域创新环境评价与分析[J].科技进步与对策,2013,30(4):124.
- [22] 赵彦飞,陈凯华,李雨晨.创新环境评估研究综述:概念、指标与方法[J].科学学与科学技术管理,2019,40(1):93.
- [23] 向清华,赵建吉.区域创新环境研究综述[J].科技管理研究,2010,30(13):16.
- [24] 邓宏兵,张天玲.长江经济带创新环境与高技术产业创新耦合协调发展研究[J].华中师范大学学报(自然科学版),2021,55(5):757.
- [25] 关中美,杨贵庆,职晓晓.基于社会网络分析法的乡村聚落空间网络结构优化研究:以中原经济区 X 乡为例[J].现代城市研究,2021(4):127.
- [26] EVERETT E G, BORGATTI S P. The centrality of groups and classes[J]. The Journal of Mathematical Sociology, 1999,23(3):181.
- [27] 邱长波,张曦文,孟婧.中国内地省区间社会科学合作网络核心-边缘结构的演化研究:以 1998—2017 年中国 SSCI 论文数据为支撑[J].图书情报工作,2020,64(23):79.
- [28] 唐志鹏,郑蕾,李方一.环境约束下的中国八大经济区出口结构优化模拟研究[J].自然资源学报,2017,32(10):1651.
- [29] 胡园园,顾新.创新环境和开放程度对区域科技创新产出的调节效应研究[J].统计与决策,2015(2):64.
- [30] 夏昕鸣,谢玉欢,吴婉金,等.“一带一路”沿线国家投资环境评价[J].经济地理,2020,40(1):21.
- [31] 戴魁早,刘友金.行业市场化进程与创新绩效:中国高技术产业的经验分析[J].数量经济技术经济研究,2013,30(9):37.
- [32] 秦奇,吴良,李飞,等.基于社会网络分析的东南亚地缘关系研究[J].地理学报,2018,73(10):2018.
- [33] GUAN J C, CHEN K H. Measuring the innovation production process: a cross-region empirical study of China's high-tech innovations[J]. Technovation,2010,30(5):356.
- [34] 李建,李宁宁,苑清敏.高新技术产业绿色创新效率时空分异及影响因素研究[J].中国科技论坛,2021(4):99.