

中国电子商务发展的空间关联 网络结构特征及其驱动因素分析

夏显力 李晓静¹

(西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】:文章基于中国电子商务发展指数报告发布的2014—2018年中国31个省份电子商务发展指数,运用修正引力模型和社会网络分析方法对中国电子商务发展的空间关联网络结构特征进行分析。研究表明:中国电子商务发展省际间存在显著的空间关联网络结构特征,东部地区的省份大多处于电子商务发展空间关联网络的绝对核心区,而西部地区的省份大多处于绝对边缘区域,形成较为典型的“东强西弱”的分布趋势。各省份的电子商务发展空间关联网络被划分为4个板块,其中黑、吉、辽、鲁、蒙、冀、豫、皖、晋9个省份在电商发展空间关联网络中扮演“双向溢出”角色,沪、京、津、苏4个省(市)在网络中扮演“净受益”角色。鄂、粤、闽、浙4个省在网络中扮演“经纪人”角色,其他省份在网络中扮演“净溢出”角色。互联网发展水平差异、产业结构差异、城镇化发展状况差异和物流发展差异均对电子商务发展空间关联网络的形成产生显著影响。

【关键词】:电子商务 社会网络分析 空间聚类 关联网络

【中图分类号】:F069 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1002-6924(2021)2-0132-09

一、引言

近年来,伴随着互联网技术的快速应用与推广,中国电子商务发展水平不断提速提质,这不仅为经济高质量发展提供了新动力和新增长源,而且催生了新的消费和投资需求,为居民开辟了新的就业和增收渠道。^{[1] 1-10}同时,围绕着电子商务的发展,许多传统产业不断革新生产方式和生产理念,深入推进其与电子商务深度融合,催生了许多新业态和新模式,电子商务发展潜能得以进一步释放。^{[2] [3]}尤其是2009年,阿里巴巴集团举办首次“双十一”购物节以来,中国电子商务开始得到加速发展。从2009年到2019年,中国电子商务交易额从3.8万亿元增长至34.81万亿元,增长近9.1倍,电子商务发展对GDP的综合贡献率达到35.13%,由此可见,电子商务发展已成为中国国民经济发展的新增长点。

总体而言,中国整体电子商务发展水平的不断提升,但由于区域资源禀赋、经济发展背景和政策资源偏向等因素的差异,不同区域的电子商务发展具有典型的区域分布非均衡性,即区域间电子商务发展呈现出不同的发展水平。以2019年为例,浙江省全年实现网络零售额19773.0亿元,而河南省全年实现网络零售额仅为2255.8亿元,两者绝对差值为17517.2亿元。同时,根据全国各省(自治区、直辖市)县域农产品网络零售额数据显示,排名前三位的广东省、北京市和浙江省的县域农产品网络零售额合计占县域农产品网络零售总额的47.7%,这些均表明不同省份间电子商务发展水平具有显著的差异性。但随着市场化进程和国家东西部协作电商扶贫进程的推进,区域间电商发展的协作壁垒逐渐被打破,区域间电子商务发展的互动关系持续

¹**基金项目**:国家重点研发计划重点专项“黄土高原水土流失治理与生态产业协同发展技术集成与模式”(2016YFC0501707);中国人民大学中国扶贫研究院“扶贫研究博士论文奖学金”。

作者简介:夏显力,西北农林科技大学经济管理学院教授,博士生导师,主要研究方向:土地资源管理、城镇化与区域经济发展;李晓静,西北农林科技大学经济管理学院博士研究生,主要研究方向:农业经济管理。

演进,要素资源和科技成果的自由流动和共享,使得区域间电子商务发展呈现明显的空间关联关系,这对区域间电子商务发展产生较大影响。^{[4][5]}在此背景下,精准刻画电子商务发展的空间关联网络结构以及驱动因素,明确各省份在电子商务发展空间关联网络中的地位,对于电子商务发展政策的制定以及跨区域协同发展机制的构建具有重要意义。

部分国内外学者从电子商务发展的空间演变趋势和空间差异分析及其影响因素等方面对电子商务发展的空间关联结构问题进行研究。谷国锋等运用探索性空间数据分析和地理加权回归等分析方法发现中国电子商务存在较强的空间自相关性,经济发展水平和信息基础设施对电子商务发展有显著促进作用。^[6]Currah 对加拿大 C2C 电子商务的空间分布进行研究,发现电子商务存在空间关联。^[7]汤英汉对中国省域电子商务水平进行了测算,研究发现东部沿海地区的电子商务发展水平明显高于西部内陆地区。^{[4] 9-14}浩飞龙等发现中国城市电子商务发展水平偏低,省域层面呈现出自东部沿海向西部内陆由高到低的阶梯状分布特征,人口规模、信息基础设施等是影响中国电子商务发展水平空间分布的重要因素。^{[1] 1-10}刘晓阳等运用变异系数、空间插值、空间自相关分析等方法也发现中国电子商务发展水平存在空间集聚现象,且呈现显著的 H-H 和 L-L 集聚现象。^[8]张俊英等发现电子商务发展呈现出明显的空间自相关性,具有显著空间集聚特征,同时,电子商务对经济增长的直接效应和空间溢出效应均随着空间相关距离的扩大而减弱。^[9]

学者们对于中国电子商务发展的空间格局已经做了初步探讨,为本文奠定了良好的研究基础,但仍在以下方面存在可探索空间:一是已有研究大多是从传统空间探索性分析和空间计量模型对电子商务发展进行分析,将区域间空间关联关系仅局限于地理学上的“相邻”,难以从整体上把握区域间电子商务发展的空间关联结构特征和动态演变趋势;二是已有研究虽然关注了电子商务发展具有空间上的关联性,但多数基于属性数据进行分析,没有从关系数据的视角揭示电子商务发展空间关联网络结构的整体特征和个体网络特征。基于此,本文基于 2014—2018 年中国省际电子商务发展数据,运用社会网络分析方法对中国电子商务空间关联网络的整体网络和个体网络特征进行全面分析,并采用核心—边缘结构和块模型分析揭示关联网络中各省份的地位和空间聚类方式,并采用 QAP 方法分析影响中国电子商务发展空间关联网络结构形成的驱动因素,以期为制定促进区域间电子商务协同发展政策提供依据。

二、研究方法数据来源

(一)电子商务发展的空间关联关系的确定

电子商务发展的空间关联网络是区域间电子商务发展关系的集合,对于关联关系的确定是社会网络分析的关键。^{[10][11]}已有研究大多数使用引力模型和 VAR 格兰杰因果检验验证关系网络中的关联关系,但 VAR 模型对滞后阶数较为敏感,且缺乏严格的经济理论解释,对时间跨度较短的面板数据适用性较差,会造成对空间关联关系的精准度下降。^[12]而引力模型则是确定空间关联关系最常用的模型,不仅能够综合考虑地区间经济地理的因素,还可以精确刻画空间关联网络的空间演变趋势。^[13]因此,本文采用引力模型确定地区间电子商务发展空间关联网络的动态演变趋势上更具有优势,具体模型如下:

$$R_{ij} = k_{ij} \frac{\sqrt[3]{P_i G_i I_i} \sqrt[3]{P_j G_j I_j}}{D_{ij}^2}, k_{ij} = \frac{I_i}{I_i + I_j}, D_{ij} = \frac{d_{ij}}{g_i - g_j} \quad (1)$$

(1)式中: R_{ij} 为地区*i*和*j*间的电子商务发展的引力值; P_i 和 P_j 分别为地区*i*和*j*的总人口数; G_i 和 G_j 分别为地区*i*和*j*的GDP总量; I_i 和 I_j 分别为地区*i*和*j*的电子商务发展指数; k_{ij} 为引力系数,是地区*i*和*j*之间电子商务发展联系中的贡献率; d_{ij} 为地区*i*和*j*中心位置间的距离; g_i 和 g_j 分别为地区*i*和*j*的人均GDP。

考虑到地区间相互关系的强度存在一定阈值,通过计算引力矩阵的各行平均值作为阈值,每行元素高于阈值的取值为1,表明这两个地区间存在关联关系;反之,小于阈值则取值为0,表明这两个地区间不存在关联关系。^[14]同时,由于传统的引力模型

测算的空间关联关系不具有方向性，研究采用该地区电子商务发展指数占两个相关地区电子商务发展指数和的比重来对引力系数进行修正，由此可以得到有向电子商务发展空间关联网络的非对称矩阵。

(二) 社会网络分析方法

1. 整体网络特征分析

社会网络分析逐渐成为管理学、地理学以及区域经济学等领域的重要分析工具。^{[15][16][17]} 社会网络分析是针对空间网络关联的关系结果及其属性的定量分析方法。^[18] 网络密度主要表征了电子商务发展关联网络关系的疏密和复杂程度，网络密度值越大，表明地区间电子商务发展的联系越紧密，电子商务发展空间关联网络结构对各地区的电子商务发展的影响作用越明显。网络关联度反映了电子商务发展网络结构的稳健性和脆弱性，主要测量各节点间的可达程度，任何两个节点间可以通过直接或者间接的路径实现联通，表明该电子商务发展网络具有较好的关联性。网络效率主要表征电子商务发展空间关联渠道的多少。网络效率值越低，说明电子商务发展空间关联渠道较多，越容易通过电子商务发展空间关联网络促进各地区电子商务的发展。网络等级度表征了电子商务发展空间网络节点中的非对称可达程度。网络等级度越高，网络等级愈加森严和层次鲜明，网络中各节点非对称可达性越强，更多的节点在关联网络处于被支配地位。

2. 个体网络特征分析

通常采用中心度衡量地区在关联网络中的中心性。点度中心度表征了某节点在电子商务发展关联网络中和其他节点的关联能力，主要用来反映各节点在整体关联网络中的中心位置状况。点度中心度的值越高，表明该节点在电子商务发展的空间关联网络中与其他节点的联系较为紧密，该节点处于关联网络的中心位置。中介中心度表征了电子商务发展关联网络某节点对其他节点间关联关系的控制程度。中介中心度的值越高，反映了该节点控制其他节点间电子商务发展关系的能力越强，该节点就越处于关联网络的中心位置。接近中心度表征了某节点不受其他节点控制的自行动能力。接近中心度的值越高，说明该节点的电子商务发展越不易受其他节点的控制，对其他节点产生联系的最短路径距离越短，与其他节点存在更多的直接关联。

3. 块模型分析

块模型分析是社会网络中主要进行空间聚类的方法，主要能够揭示电子商务发展空间关联网络的内部结构状态。^{[19][20]} 块模型主要利用迭代相关收敛算法将基于关系矩阵构建的网络划分为多个“块”的亚群体，进而对各个板块之的关联关系和联接进行深入研究，判断各板块在电子商务发展空间关联网络中的地位和角色。本文利用 α -密度指标评价方法，将关联网络中的块划分为以下四种类型(见表1):一是净溢出板块，此类板块发出的关系数远多于其接受的关系数;二是双向溢出板块，该板块接收关系也向外发出关系，而来自板块内部成员关系相对多;三是净受益板块，此类板块接收的关系数明显多于其发出的关系数;四是经纪人板块，此板块既接收关系也对外发出关系，但板块内部关系较少。

表 1 四大板块分类依据

板块内部关系比例	板块接收到的关系比例	
	≈ 0	> 0
$\geq (gq-1)/(g-1)$	双向溢出板块	净溢出板块
$< (gq-1)/(g-1)$	净受益板块	经纪人板块

4. 核心—边缘结构分析

核心边缘理论作为经济地理学中重要的理论，是研究发展中国家空间经济的重要分析工具。社会网络中的核心—边缘结构是用来分析不同节点在电子商务发展网络中所处的位置，通过测算各节点的核心度进而根据经验判别网络中的核心—边缘结构，厘清核心区和边缘区间的关联密度。在电子商务发展关联网络中核心节点间联系较为紧密易于凝聚子群，而处于边缘地位的节点间相互独立或存在较少的关系，不构成凝聚子群，但其与核心节点存在关系。

5. QAP 分析

QAP 方法是用来研究关系网络形成驱动因素的非参数检验方法，主要涵盖了 QAP 相关分析和 QAP 回归分析两种方法。中国电子商务发展空间关联网络的形成通常是由多种因素相互作用的结果，若采用传统的计量模型做分析，由于各因素间多重共线性的存在，会导致估计结果产生明显偏误。而 QAP 方法恰好能够解决上述问题，QAP 并不需要假设变量间相互独立，其采用非参数方法研究多个自变量矩阵和因变量矩阵间的关系，比已有的参数估计方法更为有效。QAP 回归分析方法^[21]主要步骤为：(1)对自变量和因变量矩阵的对应元素(长向量)先进行多元回归分析；(2)同时随机置换因变量的各行各列，重新计算回归，并一一记录系数估计值和回归判定系数 R²；(3)多次重复置换步骤，将能得到各统计量的标准误，进而做出显著性判断。

(三)研究对象及数据来源

本文选择的时间跨度为 2014—2018 年，以中国大陆 31 个省份(不包括港澳台)为网络节点，关于引力模型所涉及的变量来源于历年的《中国电子商务发展指数报告》《中国人口和就业统计年鉴》《中国统计年鉴》及各省份统计发展公报。关于驱动因素涉及的变量来源于中国统计局网站数据、《中国交通统计年鉴》。

三、中国电子商务发展的空间网络结构特征研究

(一)社会网络分析

1. 关联网络整体特征及演变趋势分析

在采用修正引力模型计算出中国电子商务发展空间相关强度矩阵后，采用 Ucinet 可视化软件的 Netdraw 绘制出 2014 年、2016 年和 2018 年的中国省际电子商务发展的空间有向关联网络结构图，由于样本考察期内省域间电子商务发展关联关系的关键节点和传递方向并未发生显著改变，因此本文选取 2018 年为例进行分析。根据图 1 可以发现，中国电子商务发展省际间存在显著的空间关联网络结构特征，所有省份均位于网络关联结构图中，各节点间关联关系的方向存在明显差异，网络关联结构图中存在最大可能有向关系数为 930 条，实际存在关系数为 209 条。网络关联结构图中，各节点间连通性较好，处于网络中心位置的主要是北京、江苏、上海和浙江等东部地区省市，大多数中西部地区省份围绕在这些东部地区省份的周边，形成较为典型的“东强西弱”的分布趋势。

2. 整体网络特征分析

图 2 描述了样本考察期内中国省际电子商务发展空间关联网络的演变趋势，网络关系数从 2014 年的 244 个下降至 2018 年的 209 个，网络密度也从 0.262 下降至 0.225，反映出省际电子商务发展的空间关联紧密度下降，各节点间的联动溢出效应随着时间的推移也有所下降，各省际之间的空间协同性存在一定的提升空间。网络等级度的测度结果显示样本考察期内省际电子商务发展空间关联的等级度呈现波动下降的趋势，由 2014 年的 0.340 下降至 2017 年的 0.235，而 2018 年又上升至 0.286，这种波动表明中国省际电子商务发展空间关联网络并不存在森严的等级结构，省际间电子商务发展间的相互影响和交流逐步增多，电子商务发展空关联网络呈现均衡化和平等化的趋势。网络效率从 2014 年的 0.635 上升至 2018 年的 0.699，说明各节点间的连线数降低，省际空间关联关系持续弱化，网络的稳定性逐步降低。根据整体网络结构分析，近年来伴随互联网发展速度

的加快，各地区间过去存在的等级严格的电子商务发展结构得以打破，但我国电子商务发展进程中各省份协同发展力度依旧乏力，各省份间的要素配置流通渠道亟待优化，电子商务发展的网络结构的稳定性还需进一步提升。

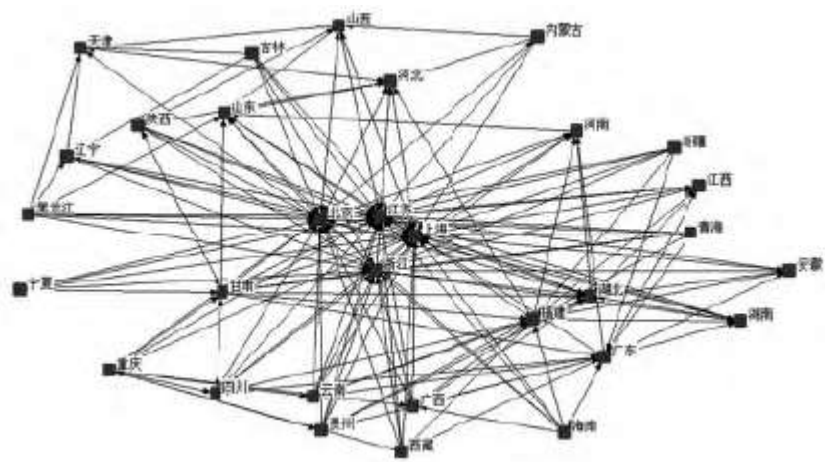


图 1 中国电子商务发展的空间关联网络结构图

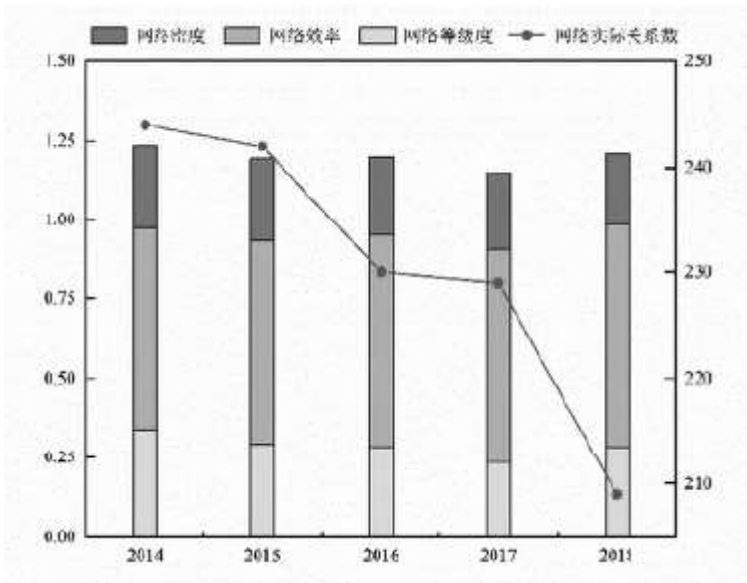


图 2 中国电子商务发展的整体网络结构特征图

3. 个体网络特征分析

根据表 2 中各中心性分析结果看，全国 31 个省份的点度中心度平均值为 34.624，其中北京、上海、江苏、浙江、广东、福建、湖北和甘肃 8 个省(市)的点度中心度高于这一平均值，从地区分布来看，除湖北和甘肃外，其他 6 个省市均属于东部地区，这说明东部地区在电子商务空间网络中具有较强的影响力。从点入度情况来看，点入度大于均值的省份有 10 个，排名处于前 6 位的是上海、江苏、北京、浙江、广东和福建，这些省市均位于东部地区的经济较为发达且物流水平较高的省份，相较于其他省份电子商务发展水平更高，电子商务发展的受益程度更高，电子商务发展的马太效应凸显。从点出度情况来看，点出度最高的省份为甘肃，最低的为天津，点出度大于均值的省份有 18 个，这些省份的电子商务发展对网络中的其他省份产生较强的

空间溢出效应。从接近中心度的情况来看,全国 31 个省份电子商务发展的接近中心度平均值为 61.609,北京、上海、江苏、浙江、广东、福建、湖北和甘肃 8 个省(市)的接近中心度高于这一平均值,这些省份能够在电子商务发展空间关联网络中与其他省份产生关联,究其原因这些省份多位于东部和中部地区,由于电商发展规模的不断扩大,会同其他省份寻求合作和实现电子商务发展资源的快速流动,促进省域间电子商务协同发展。从中介中心度的情况来看,全国 31 个省份的中介中心度均值为 2.269,高于这一均值的省份有 6 个,这些省市在电子商务发展空间关联网络中往往处于中心地位,对其他省份能够形成较强的控制力。其中,上海的中介中心度达到 16.421,远高于其他省份,说明上海在省际电子商务发展的空间关联网络处于核心地位并发挥着重要的“中介”作用。综合而言,东部沿海地区的省份大多在电子商务发展的空间关联网络中发挥中介作用,其本身电子商务发展水平较高,发挥虹吸效应吸引着周边省份的电商发展要素的注入;而中西部地区省份的溢出关系大多大于受益关系,其电商发展水平相对落后,电商发展空间格局不均衡,其他省份对其溢出效应并不明显。

表 2 中国电子商务发展空间关联网络中心性分析

省份	点度中心度					接近中心度		中介中心度	
	点出度	点入度	总度数	中心度	排序	中心度	排序	中心度	排序
黑龙江	7	0	7	23.333	17	56.604	17	0.341	16
吉林	6	0	6	20.000	26	55.556	26	0.238	22
辽宁	5	3	8	23.333	17	56.604	17	0.276	19
北京	6	24	30	80.000	3	83.333	3	15.456	2
天津	2	6	8	20.000	26	53.571	31	0.362	14
河北	5	8	13	30.000	9	58.824	9	1.188	9
山东	4	9	13	30.000	9	58.824	9	0.501	10
上海	11	27	38	93.333	1	93.750	1	16.421	1
江苏	5	26	31	86.667	2	88.235	2	13.215	3
浙江	9	20	29	76.667	4	81.081	4	8.995	4
广东	10	11	21	46.667	6	63.830	6	2.719	6
福建	8	11	19	53.333	5	68.182	5	3.575	5
海南	7	1	8	23.333	17	56.604	17	0.159	26
山西	5	4	9	23.333	17	56.604	17	0.490	11
河南	5	7	12	26.667	13	57.692	13	0.357	15
安徽	3	6	9	20.000	26	54.545	28	0.104	29
江西	7	6	13	23.333	17	56.604	17	0.184	24
湖北	8	10	18	43.333	7	63.830	6	1.250	8
湖南	7	5	12	23.333	17	56.604	17	0.184	24
内蒙古	5	1	6	16.667	30	54.545	28	0.053	30
陕西	7	1	8	23.333	17	56.604	17	0.201	23
甘肃	12	5	17	43.333	7	63.830	6	1.737	7
宁夏	5	0	5	16.667	30	54.545	28	0.031	31
青海	7	1	8	23.333	17	56.604	17	0.159	26
新疆	6	0	6	20.000	26	55.556	26	0.159	26
云南	8	2	10	26.667	13	57.692	13	0.311	17
贵州	8	2	10	26.667	13	57.692	13	0.311	17
四川	8	3	11	26.667	13	57.692	13	0.253	20

重庆	8	6	14	30.000	9	58.824	9	0.455	12
广西	8	4	12	30.000	9	58.824	9	0.407	13
西藏	7	0	7	23.333	17	56.604	17	0.253	20
均值	6.742	6.742	13.484	34.624	一	61.609	一	2.269	一

(二)块模型分析

表3采用块模型分析中国电子商务发展空间关联网络中的结构特征与交互关系，选择最大分割深度为2，集中标准为0.2，把全国31个省份划分为4个板块。其中，第一板块的成员有黑龙江、吉林、辽宁、山东、内蒙古、河北、河南、安徽和山西共9个省(自治区)，该板块既接收其他板块的关系，同时又发出关系，因此是典型的“双向溢出”板块。第二板块的成员有湖南、新疆、贵州、海南、云南、宁夏、青海、江西、陕西、甘肃、广西、西藏、四川和重庆共14个省(自治区、直辖市)，该板块发出关系数为86，接收其他板块关系数为17，期望内部关系比例为43.33%，而实际内部关系比例仅为18.10%，因此是典型的“净溢出”板块。第三板块的成员有4个，分别是上海、北京、天津和江苏，该板块接收来自其他板块的关系数为80，在4个板块内最多，且其期望内部关系比例为10.00%，而实际内部关系比例为12.50%，因此是“净受益”板块。第四板块的成员有4个，分别是湖北、广东、福建和浙江，该板块发出关系数为32，接收板块外关系数为49，期望内部关系比例为10%，实际内部关系比例为8.57%，是典型的“经纪人板块”，在电子商务发展的溢出效应中担任“中介”作用。整体而言，中国电子商务发展处于非均衡状态，东部省份多处于净受益板块，西部省份多处于净溢出板块，电子商务发展次发达的省份多处于经纪人板块，发挥着重要的桥梁作用，成为连通东西部省份间电子商务发展资源要素流通的重要渠道。

表3 中国电子商务发展空间关联网络的各板块溢出效应分析

板块	接受关系数				成员数目	接收板块外 关系数	溢出板块 关 系数	期望内部 关 系比例 (%)	实际内部 关 系比例 (%)	板块特征
	I	II	III	IV						
I	9	0	31	5	9	29	36	26.67	20.00	双向溢出
II	3	19	42	41	14	17	86	43.33	18.10	净溢出
III	15	3	3	3	4	80	21	10.00	12.50	净受益
IV	11	14	7	3	4	49	32	10.00	8.57	经纪人

为了准确刻画以上四个板块间的空间关联关系与溢出效应，本文计算了这四个板块间的密度矩阵，并以整体网络密度作为临界值，若板块间的密度矩阵大于临界值，赋值为1，反之则为0，从而将密度矩阵转换为像矩阵，见表4。第一板块和第二板块对板块内部呈现出的关联及溢出效应不显著，第二板块对第四板块存在相对较强的溢出效应，第三板块对板块内部和第一板块存在显著的空间关联及溢出效应，所有板块对第三板块均存在显著的空间关联，但关联强度差异性明显，第四板块对所有板块均存在显著的溢出效应。

表4 中国电子商务发展空间关联网络的板块密度矩阵和像矩阵

板块	密度矩阵				像矩阵			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
I	0.125	0.000	0.861	0.139	0	0	1	0
II	0.024	0.104	0.750	0.732	0	0	1	1

III	0.417	0.054	0.250	0.188	1	0	1	0
IV	0.306	0.250	0.438	0.250	1	1	1	1

(三)核心—边缘结构分析

由图 3 可知，总体而言，2014 年—2018 年中国电子商务发展空间关联网络呈现出核心区逐步扩大，边缘区逐步缩小的发展态势。2014 年核心区主要是北京、天津、山东、上海、江苏、浙江、福建、河南、江西、湖北、湖南和内蒙古，2018 年核心区主要是北京、山东、上海、江苏、浙江、广东、福建、河南、江西、湖北、湖南、甘肃和重庆，核心区呈现出由东部沿海发达省份向中西部地区省份蔓延的趋势。总体来看，东部地区的省份大多为中国电子商务发展空间关联网络的绝对核心区，而广阔的西部地区的省份大多处于绝对边缘区域，同时核心区表现出较为明显的空间近邻效应，处于核心地区的省份在空间上基本相邻，表明随着核心节点的电子商务发展能够显著带动周边省份的发展，对周边省份产生较强的示范带动作用。

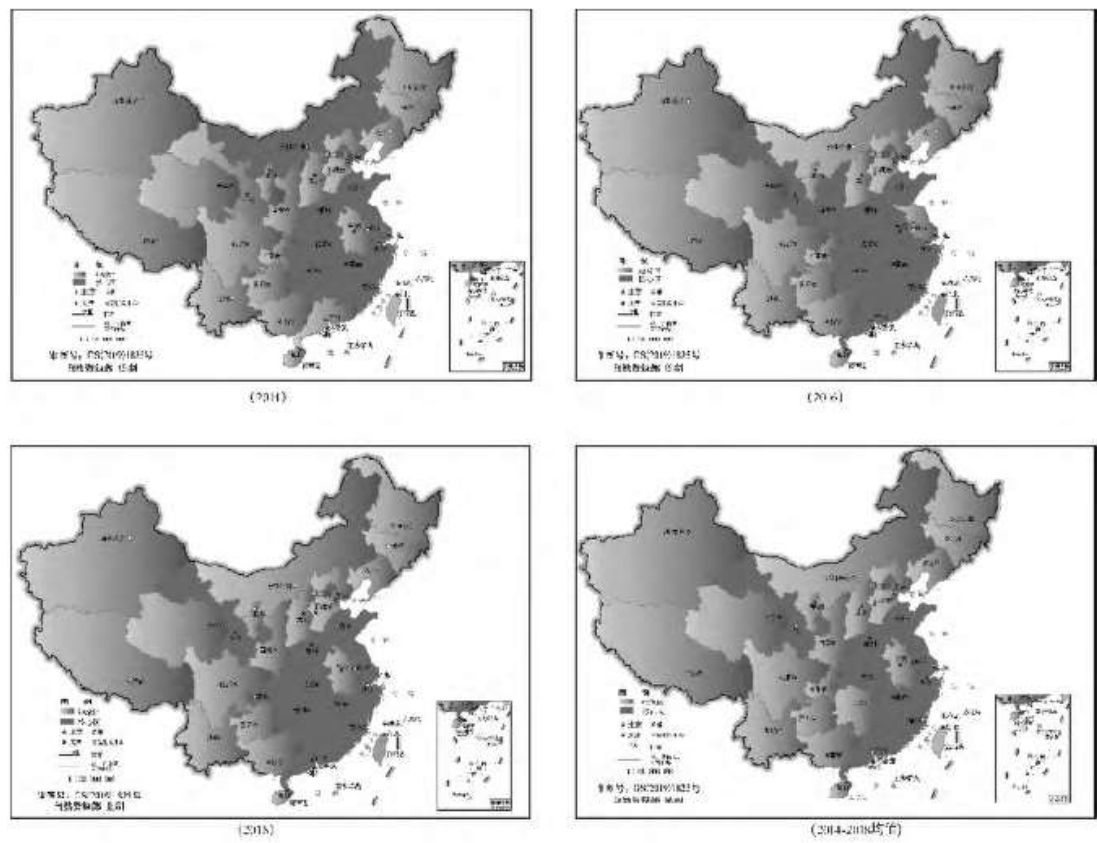


图 3 中国电子商务发展空间关联网络核心—边缘结构

(四)中国电子商务发展空间关联网络的影响因素分析

1. 变量选取和模型构建

电子商务发展关联网络的形成受到多种因素的影响，当前学术界对电子商务发展的影响因素进行了大量研究，发现互联网普及程度、交通物流环境、城市人力资本水平、经济发展水平等因素对电子商务发展具有显著影响。基于数据的可获取性以及

相关学者的研究，本文选取了以下影响因素进行分析:①互联网发展水平差异(Internet)，采用互联网端口接入数与地区生产总值比例的绝对值差异矩阵表示;②产业结构差异(Structure)，采用产业结构的比例的绝对值差异矩阵表示;③城镇化发展状况差异(Urbanization)，采用城镇化率的绝对值差异矩阵表示;④消费状况差异(Consumption)，采用社会消费品总额与可支配收入的比值的绝对值差异矩阵表示;⑤物流状况差异(Logistics)，采用货物周转量与地区生产总值比例的绝对值差异矩阵表示。基于以上分析，构建如下模型：

$$R = f(\textit{Internet}, \textit{Structure}, \textit{Urbanization}, \textit{Consumption}, \textit{Logistics}) \tag{2}$$

(2)式中，R为中国电子商务发展空间关联矩阵。

2. QAP 相关性分析

运用 QAP 相关性分析检验中国电子商务发展空间关联网络与其驱动因素的相关关系，进行 10000 次随机置换得到相关分析结果(表 5)。由相关性分析结果可知，产业结构差异、城镇化发展水平差异与电子商务发展的空间关联网络产生了积极的正向影响，这表明电子商务发展省际关联和溢出网络更易于在产业结构完备和城镇化发展水平高的地区扩展。但互联网发展水平差异、物流发展状况差异和消费状况差异对省域间电子商务发展空间关联并不显著。

表 5 中国电子商务发展空间关联网络与其驱动因素的 QAP 相关性分析结果

	实际相关系数	显著性水平	相关系数均值	标准差	最小值	最大值	P>0	P<0
Internet	-0.019	0.567	0.000	0.038	-0.037	0.092	0.433	0.569
Structure	0.254	0.001	-0.000	0.065	-0.168	0.275	0.001	1.000
Urbanization	0.356	0.000	0.001	0.072	-0.186	0.310	0.000	1.000
Consumption	0.026	0.261	-0.000	0.044	-0.060	0.138	0.261	0.739
Logistics	-0.020	0.590	-0.000	0.037	-0.036	0.090	0.410	0.590

3. QAP 回归分析

进一步采用 QAP 回归分析方法分析空间关联矩阵与其驱动因素的回归关系，选取 10000 次随机置换得到以下结果(表 6)。根据计算结果，调整后的 R² 为 0.139，说明本文所选取的自变量矩阵对中国电子商务发展空间关联关系的解释力度为 13.90%。同时，互联网发展水平的回归系数在 10%的显著性水平上显著，说明互联网发展水平差异有助于建立省域间的电子商务发展空间关联关系。产业结构、城镇化发展状况的回归系数均在 1%的水平上显著，说明产业结构和城镇化发展模式均是影响空间关联关系的重要因素。物流发展的回归系数在 10%的水平上产生显著的负向影响，表明物流发展差异越大的省份不利于电子商务空间关联关系的形成，抑制了空间关联网络的溢出效应。

表 6 中国电子商务发展空间关联网络与其驱动因素的 QAP 回归分析结果

	非标准化回归系数	标准化回归系数	显著性水平	As Large	As Small	Std
Internet	0.098	0.764	0.080	0.080	0.920	0.069

Structure	1.307	0.127	0.003	0.003	0.997	0.462
Urbanization	0.011	0.310	0.000	0.000	1.000	0.003
Consumption	0.007	0.037	0.169	0.169	0.831	0.006
Logistics	-0.014	-0.767	0.084	0.916	0.084	0.010
Interce+t	-0.522	0.000				

四、研究结论与政策建议

本文利用 2014—2018 年中国电子商务发展指数的省域数据，利用社会网络分析方法探析电子商务发展的空间关联网络结构特征，并对其驱动因素进行验证，得到以下研究结论：

第一，中国电子商务发展省际间存在显著的空间关联网络结构特征，所有省份均位于网络关联结构图中，处于网络中心位置的省份主要是北京、江苏、上海和浙江等东部地区省(市)，大多数中西部地区省份围绕在这些东部地区省份的周边，形成较为典型的“东强西弱”的分布趋势。同时，样本考察期内省际电子商务发展的空间关联紧密度和网络等级度均呈现下降趋势，而网络效率呈现波动上升趋势。从个体网络中心性来看，东部地区对整体电子商务发展空间关联网络具有较强的影响力，电子商务发展的马太效应凸显。上海的中介中心度远高于其他省份，在省际电子商务发展的空间关联网络处于核心地位并发挥着重要的“中介”作用。

第二，块模块分析结果显示，黑龙江、吉林、辽宁、山东、内蒙古、河北、河南、安徽、山西 9 个省(自治区)组成的板块在电商发展空间关联网络中扮演“双向溢出”角色。上海、北京、天津、江苏 4 个省(市)组成的板块在网络中扮演“净受益”角色。湖北、广东、福建、浙江 4 个省份组成的板块在网络中扮演“经纪人”角色，其他 14 个省份组成的板块在网络中扮演“净溢出”角色。

第三，核心边缘结构分析结果显示，中国电子商务发展空间关联网络整体上表现出核心区逐步扩大，边缘区逐步缩小的态势，东部地区的省份大多为中国电子商务发展空间关联网络的绝对核心区，而广阔的西部地区的省份大多处于绝对边缘区域，核心区表现出较为明显的空间近邻效应。

第四，从空间关联网络的驱动因素来看，互联网发展水平差异、产业结构差异、城镇化发展状况差异越大，越利于电子商务发展空间关联网络的形成。而物流发展差异越大的省份不利于电子商务空间关联关系的形成，抑制了空间关联网络的溢出效应。

基于以上研究结论，本文提出如下政策建议：

第一，要重点关注中国电子商务发展的集聚效应，政府应该加强政策引导，通过加大对电子商务发展的基础设施建设和关键技术的财政补贴提升地区电子商务发展水平。同时，政府也应积极构建合作交流平台，实现东西部地区电子商务发展的优势资源互换，缓解资源分布不均衡产生的地区差距，实现区域协调发展。

第二，要制定差别化的电子商务发展策略，因地制宜实施差别化的发展方式，政府要打通区域间交流合作的壁垒，针对处于核心区的省份，政府要通过政策支持强化其电子商务发展的主导能力，利用核心区的示范作用和知识溢出作用带动周边省份的发展；针对处于边缘区的省份要积极优化其电子商务发展环境，营造空间溢出的良好接收平台，引进和吸收先进的电子商务发展技术，实现核心区和边缘区有机对接和优势互补，培育电子商务协调发展的土壤，让更多省份从中受益。

第三,发挥区域间空间邻近优势,促进电商发展资源和信息的快速交流和响应,缩小区域间的交易成本,实现区域间电子商务的联动发展。同时,也要重点关注区域间电子商务发展的差异,继续发挥政府和市场的双重调控作用,创造更多电子商务发展的关联通道,不仅有利于提升电子商务发展效率,促进资源优化配置,而且能够推动网络均衡发展,助力电子商务区域协同发展。

参考文献:

- [1]浩飞龙,关皓明,王士君.中国城市电子商务发展水平空间分布特征及影响因素[J].经济地理,2016(2):1-10.
- [2]Hawk S. A. Comparison of B2C E-Commerce in Developing Countries[J]. Kluwer Academic Publishers, 2004(3):181-199.
- [3]陈维涛,韩峰,张国峰.互联网电子商务、企业研发与全要素生产率[J].南开经济研究,2019(5):41-59.
- [4]汤英汉.中国电子商务发展水平及空间分异[J].经济地理,2015(5):9-14.
- [5]李建琴,孙薇.电子商务对产业结构升级的传导机制研究[J].产经评论,2020(4):63-75.
- [6]谷国锋,许瑛航.中国地级市电子商务发展水平的空间格局及影响因素[J].经济地理,2019(10):123-129+145.
- [7]Currah A. Behind the Web Store:The Organisational and Spatial Evolution of Multichannel Retailing in Toronto[J]. Environment and Planning A, 2008(8):1411-1441.
- [8]刘晓阳,丁志伟,黄晓东,王敏,王发曾.中国电子商务发展水平空间分布特征及其影响因素——基于1915个县(市)的电子商务发展指数[J].经济地理,2018(11):11-21.
- [9]张俊英,郭凯歌,唐红涛.电子商务发展、空间溢出与经济增长——基于中国地级市的经验证据[J].财经科学,2019(3):105-118.
- [10]Borgatti S P, Foster P C. The Network Paradigm in Organizational Research: A Review and Typology[J]. 2003(6):991-1013.
- [11]Cassi L, Morrision A, Wal A. The Evolution of Trade and Scientific Collaboration Networks in the Global Wine Sector: A Longitudinal Study Using Network Analysis[J]. Economic Geography, 2012(3):311-334.
- [12]刘华军,刘传明,孙亚男.中国能源消费的空间关联网结构特征及其效应研究[J].中国工业经济,2015(5):83-95.
- [13]Wasserman S, Faust K. Social network analysis: Methods and applications[M]. London: Cambridge University Press, 1994:180-186.
- [14]安勇,赵丽霞.土地财政竞争的空间网络结构及其机理[J].中国土地科学,2020(7):97-105.
- [15]Fritze M P, Urmetzer F, Khan G F, et al. From Goods to Services Consumption: A Social Network Analysis on Sharing Economy and Servitization Research[J]. Journal of Service Management Research, 2018(3):3-16.

[16] 马述忠, 任婉婉, 吴国杰. 一国农产品贸易网络特征及其对全球价值链分工的影响——基于社会网络分析视角[J]. 管理世界, 2016(3): 60-72.

[17] 王凯, 张淑文, 甘畅, 杨亚萍, 刘浩龙. 中国旅游业碳排放效率的空间网络结构及其效应研究[J]. 地理科学, 2020(3): 344-353.

[18] 刘军. 整体网分析讲义: UCINET 软件实用指南[M]. 上海: 格致出版社, 上海人民出版社, 2009: 26-38.

[19] 刘赛红, 李朋朋. 农村金融发展的空间关联及其溢出效应分析[J]. 经济问题, 2020(2): 101-108+129.

[20] 冯颖, 侯孟阳, 姚顺波. 中国粮食生产空间关联网络的结构特征及其形成机制[J]. 地理学报, 2020(11): 2380-2395.

[21] 李敬, 陈澍, 万广华, 付陈梅. 中国区域经济增长的空间关联及其解释——基于网络分析方法[J]. 经济研究, 2014(11): 4-16.