

数字政务合作网络形成过程中 内生结构因素的传递效应

——基于长三角城市群网络的 ERGM 分析

涂晓芳 黄安祺*

【摘要】当前，我国长三角城市群已经形成了联系较为紧密的数字政务合作网络。对此，本文利用社会网络分析和指数随机图模型对收集到的62条长三角城市群数字政务府际合作信息进行实证分析。研究表明，内生结构因素的传递效应可以解释长三角城市群数字政务合作网络的形成过程，即数字政务府际合作伙伴的选择具有传递性，已经建立的合作关系将有助于地方政府达成新的合作关系，降低府际合作达成过程中的交易成本。同时，在数字政府领域的府际合作中，城市的资源基础和条件相近对合作形成的影响不明显。因此，地方政府通过主动寻求府际合作、顺畅府际合作，将更有可能把握数字化的发展机遇，通过不断扩大数字政务合作关系，提升政府为民便民的数字化服务能力。

【关键词】数字政务；合作网络；长三角城市群；指数随机图模型；传递效应

一、引言

城市群是城镇空间分布的主体形态。近年来，京津冀协同发展、长三角城市群一体化、粤港澳大湾区等城市群发展规划陆续上升为国家战略，逐步成为促进区域协调发展的关键支撑，城市群成为推动经济发展和促进区域协调发展的重要载体。为适应数字化时代的公共管理和服务需求，很多城市群开展了区域数字政务一体化的探索，如长三角城市群。区域范围内政府间数据共享的研究表明，政府在选择跨行政区划的信息共享对象时，更倾向于邻近管辖范围内的主体，具有空间关联效应^①，基于大数据平台数字政府间协作发展而来的智慧城市群，也成为区域一体化新的发展态势^②。

城市群城市间的跨市数字政务服务具有显著的外部性特征，属于府际合作领域中跨行政界限的复杂公共服务，地方政府自发走向数字政务一体化是值得关注和研究的現象。本文讨论的问题是，实践中城市群内部数字政务合作网络这种“自发秩序”的动力是什么？哪些因素促进了数字政务合作网络

* 涂晓芳（通讯作者），北京航空航天大学公共管理学院副教授；黄安祺，北京航空航天大学公共管理学院。本文系北京市社会科学基金规划项目“大数据驱动下的北京社区治理创新研究”（编号：21GLB030）阶段性成果。

① Ki N, Kwak C G, Song M. Strength of Strong Ties in Intercity Government Information Sharing and County Jurisdictional Boundaries, *Public Administration Review*, 2020, 80(1).

② 李磊、马韶君、代亚轩：《从数据融合走向智慧协同：城市群公共服务治理困境与回应》，《上海行政学院学报》2020年第4期。

的形成? 本文从数字政务合作网络切入, 对处于数字政务一体化进程开端的数字政务合作现状和特征进行描述, 并分析合作网络形成的动力因素, 在数字政务建设背景下重新思考府际合作理论的建构。

二、文献综述与研究假设

已有文献对府际合作的研究主要集中在两个方面: 一是关注合作行动者个体及行为; 二是关注合作关系及其组合。借助几何图形进行解释, 第一类研究关注的是“点对点”的双边合作中的“节点”和“连线”, 第二类研究关注的是双边或多边合作中的多条“连线”及其交错形成的“网络”。针对合作行动者个体及行为的研究, 主要的关注点有: 府际合作的现状和合作中存在的问题、行动者达成合作的动因、合作行为策略、合作流程和逻辑等, 所采用的研究方法主要有个案研究、追踪研究, 也有多案例研究、定性比较分析等。学者对多个领域府际合作的现状研究表明, 我国的府际合作已经成为一种趋势, 但存在的短板不容忽视, 如周望等对政府间合作意愿的研究^①、汪伟全对北京地区空气污染跨域治理的分析^②、胡建华对跨区域公共危机的分析^③。研究发现, 促进微观层面“点对点”双边府际合作达成的动因有: 合作基础、经济利益、政治激励、权威压力、资源依赖, 以及在前述几个条件基础上复合形成的合作意愿、合作风险等因素。以上动因被用于解释各类府际合作领域, 如经贸合作、污染治理^④等。学者往往选择多个动因条件构建矩阵, 分类归纳所关注的府际合作的行为策略和模式, 如王敬尧等的分类^⑤、赖思振等对省际旅游安全合作模式的概括^⑥、李辉等提出的纵向介入下的府际合作生成模式类型^⑦和驱动模式^⑧。这一层面仅有的数字政府建设领域的文献也回应了已有发现, 如张慧娟、李金龙关于地方政府一体化政务服务能力的研究^⑨、刘旭然提出政务服务跨域治理的模式^⑩、锁利铭等构建的影响地方政府在数字化领域策略倾向的二维矩阵^⑪。

关注合作关系及其组合的研究, 主要聚焦于政府间合作关系的结构、特征、演变和形成的动力阻力因素, 常见的研究方法有社会网络分析和网络相关、回归分析。环境治理、卫生健康等多个领域的府际合作网络分析均表明, 府际合作的加强是一种趋势, 但目前仍较为松散, 如刘凤等对京津

- ① 周望、程帆:《区域协调发展导向下城市群政府间合作意愿研究——基于三大城市群各城市政府工作报告的文本分析》,《城市问题》2022年第7期。
- ② 汪伟全:《空气污染的跨域合作治理研究——以北京地区为例》,《公共管理学报》2014年第1期。
- ③ 胡建华、钟刚华:《跨区域公共危机协同治理的实践考察与创新模式研究》,《地方治理研究》2022年第1期。
- ④ 赵晖、许思琪:《跨区域环境治理中的“避害型”府际合作: 研究框架与生成逻辑——以广佛合作治理水污染为例》,《理论探讨》2022年第3期。
- ⑤ 王敬尧、郑鹏:《中央政府介入地方合作的类型、行为及其治理逻辑》,《南京大学学报(哲学·人文科学·社会科学)》2022年第4期。
- ⑥ 赖思振、杨勇、邹永广等:《中国省际旅游安全合作网络结构特征研究——基于旅游政务官网的旅游安全合作信息》,《旅游学刊》2021年第12期。
- ⑦ 李辉:《“避害型”府际合作中的纵向介入: 一个整合性框架》,《学海》2022年第4期。
- ⑧ 李辉、徐美宵、黄雅卓:《如何推开“避害型”府际合作的门? ——基于京津冀大气污染联防联控的过程追踪》,《公共管理评论》2021年第2期。
- ⑨ 张慧娟、李金龙:《地方政府一体化政务服务能力的影响因素与提升路径——基于32个重点城市的模糊集定性比较分析》,《兰州学刊》2022年第9期。
- ⑩ 刘旭然:《数字化转型视角下政务服务跨域治理的特征、模式和路径——以“跨省通办”为例》,《电子政务》2022年第9期。
- ⑪ 锁利铭、阚艳秋、陈斌:《经济发展、合作网络与城市群地方政府数字化治理策略——基于组态分类的案例研究》,《公共管理与政策评论》2021年第3期。

冀医疗卫生服务合作网络的研究^①、郑石明等^②和吴月等^③对粤港澳大湾区的环境治理合作网络结构演进的研究、王路昊等对国家自主创新示范区中府际合作的分析^④。围绕合作网络的形成,这一层面已有的解释性研究发现:掌握权威或资源的网络核心节点、地理邻近性、制度邻近性、共同伙伴关系(聚合效应)是重要的影响因素,如余晓等^⑤和刘晓燕等^⑥利用指数随机图模型的实证研究、毛春梅等运用协同学理论所识别的序参量^⑦。

随着数字政府建设的全面发展,跨境应急管理、数字政府建设等领域也涌现出很多府际合作的新实践,但已有的府际合作研究对数字政务合作关注较少,基于传统领域的研究所得出的府际合作模式、动力机制的系列理论尚未在数字时代、数字化社会中得到理论适用性检验和调适,已观察到的数字政务一体化趋势也尚待具体深入的理论阐释。本文以城市群内部的数字政务合作网络为研究对象,借鉴已有研究思路,关注合作关系的组成要素、行动者属性和行动者间的关系、集体行动网络中的网络结构,对城市群的数字政务合作结构形成进行理论解释,并检验已有府际合作理论的适用性。

依据社会网络理论,不同城市政府作为数字政务合作关系中的行动者,能够以平等互惠的方式共享治理信息^⑧。在平等的合作关系中,基于理性假设,可以将区域合作目标解读为:政府在有限理性情况下追求收益最大化和成本最小化。在区域合作目标下,公共事务协作的属性及范围则决定了参与网络的行动者数量及类型,一般而言,公共事务越复杂,涉及范围越广,网络行动者的数量会越多^⑨,合作主体数量越多,所要解决的问题越复杂,交易成本就相应越高^⑩。这在合作网络中可以用边数作为衡量。

Feiock提出的制度性集体行动框架(Institutional Collective Action, ICA)将交易成本分为合作前的信息成本和谈判成本以及合作过程中的执行成本和代理成本^⑪。合作网络的结构形态反映了行动者寻求合作的行为相互作用的结果,同时也会反过来影响网络行动者的策略,从而影响合作网络的形态进一步变化^⑫。区域合作创新中存在路径依赖^⑬,这能够降低府际合作达成的交易成本。

-
- ① 刘凤、傅利平、许凯渤:《医疗卫生服务府际与城际合作网络结构与效应测度——以京津冀区域为例》,《东北大学学报(社会科学版)》2021年第4期。
 - ② 郑石明、黄淑芳:《纵向干预与横向合作:塑造区域环境协同治理网络——一个超大城市群的治理实践》,《湖南社会科学》2022年第4期。
 - ③ 吴月、冯静芹:《超大城市群环境治理合作网络:结构、特征与演进——以粤港澳大湾区为例》,《经济体制改革》2021年第4期。
 - ④ 王路昊、秦路、锁利铭:《国家自主创新示范区中的地方政府合作治理》,《科学学研究》2022年第10期。
 - ⑤ 余晓、顾玲巧、单嘉祺:《整体政府视角下标准化治理府际合作的生成机理研究》,《公共管理与政策评论》2022年第11期。
 - ⑥ 刘晓燕、侯文爽、单晓红:《基于多层网络的科技创新政策府际合作机理》,《科研管理》2021年第3期。
 - ⑦ 毛春梅、曹新富:《区域环境府际合作治理的实现机制》,《河海大学学报(哲学社会科学版)》2021年第1期。
 - ⑧ Shrestha M K, Feiock R C. Solving Institutional Collective Action Problems in Multiplex Networks, *Complexity Governance & Networks*, 2014, 1(1).
 - ⑨ Bodin Ö, Crona B, Ernstson H. Social Networks in Natural Resource Management: What Is There to Learn From a Structural Perspective? *Ecology and society*, 2006, 11(2).
 - ⑩ 锁利铭、阚艳秋、涂易梅:《从“府际合作”走向“制度性集体行动”:协作性区域治理的研究述评》,《公共管理与政策评论》2018年第3期。
 - ⑪ Feiock R C. Rational Choice and Regional Governance, *Journal of Urban Affairs*, 2007, 29(1).
 - ⑫ Yi H, Suo L, Shen R, et al. Regional Governance and Institutional Collective Action for Environmental Sustainability, *Public Administration Review*, 2018, 78(4).
 - ⑬ Sun Y, Liu K. Proximity Effect, Preferential Attachment and Path Dependence in Inter-Regional Network: a Case of China's Technology Transaction, *Scientometrics*, 2016, 108(1).

加入合作的网络的新节点可能倾向于依附于中心度高的节点或者已经形成的合作关系，利用已有的相对制度化的资源积累，并降低在合作过程中可能的执行成本。据此，提出假设H1：数字政务合作网络中的行动者之间倾向于形成闭合性（即三角形）的结构。

根据资源依赖理论，资源的稀缺性和依赖性 is 地方政府合作的重要动机之一，以资源整合、有效解决区域性问题的^①，资源禀赋差异性的存在能够使府际合作最大限度发挥区域比较优势^②。在数字政府的建设中，城市已有的电子政务、数字政府建设相关基础条件是此合作领域的突出、核心资源，资源依赖的关系会影响行动者的合作关系，本文认为，在数字政府建设中电子政务服务基础较好的城市往往积累了更多的数字政府建设资源。据此，提出假设H2：节点的电子政务服务基础能够正向促进数字政务合作网络的形成。

合作区域之间的同配性往往与交易成本呈反比例关系，同配性越强，交易成本反而越小。区域同配性特征主要体现在地方政府辖区的特征，如行政区划属性、经济发展水平^③等。城市群中的城市之间的数字政务合作往往是双方自愿达成，因此，双方城市的属性异同在合作网络的形成中也可能起作用，地级市可能因经济属性的匹配、同属一省的行政属性匹配而倾向达成合作关系。据此，提出假设H3：节点的经济发展水平同配性越高，越倾向达成合作关系；H4：节点的行政区划同配性越高，越倾向达成合作关系。如图1所示。

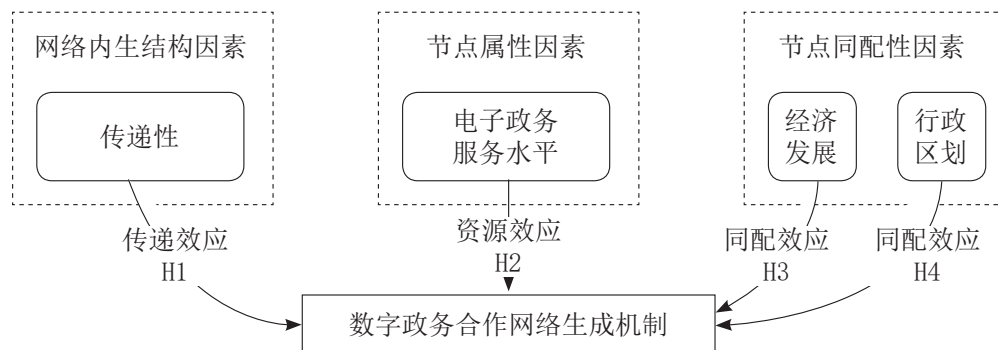


图1 理论框架

三、研究设计

（一）数据收集

本文以“某地地名”和“数字政务合作”为关键词，在各大新闻网站、地方政府门户网站进行检索，查找相关新闻报道、政务公开信息、政策文件等文本数据。采取这一搜集方式的考虑是，如今地区之间的政务合作信息通常会在各级政府门户网站、新闻网站上第一时间发布，具有较强的公信力和时效性。同时尝试用“线上政务”“通办”“合作框架协议”等关键词进行补充搜索，采集了2019年至2022年的相关数据，在提取、筛选、归类长三角城市群内部建立的数字政务合作关系数据信息的基础上，共收集到城市群内部城市之间形成的府际协议数据有效合作信息62条（如表1所示）。

① 何精华：《府际合作治理：生成逻辑、理论涵义与政策工具》，《上海师范大学学报（哲学社会科学版）》2011年第6期。

② 程必定：《泛长三角区域合作机制及政府管理创新》，《安徽大学学报（哲学社会科学版）》2009年第5期。

③ Firestone R E, Weinstein B L, Hayden S M. Intergovernmental Fiscal Cooperation in Growing Metropolitan Economies, *The Annals of Regional Science*, 1978, 12(3).

表1 数据集信息

长三角城市群府际数字政务合作协议	
1	湖杭两地一体化通办
2	G60科创走廊战略合作协议
3	《宝山—梁溪“长三角”企业登记全域通办合作协议》
4	苏锡常三地高新区政务服务一体化共建
5	上海杨浦与浙江台州启动政务服务“跨省通办”
6	《南京都市圈政务服务区域协作体战略合作协议》
7	长三角政务服务“一网通办”互通共融平台
8	《政务服务“跨省通办”合作协议》
9	杭州与福州、南京政务服务“跨省通办”
10	长三角全面实施首次申领居民身份证“跨省通办”试点工作
11	11地区“长三角+”跨省通办阵营
12	嘉兴·苏州相城区政务服务“跨省通办”合作协议
13	上海松江—苏州相城“跨省通办”全面合作协议
14	盐城市滨海县与苏州市吴中区签订“跨地通办”合作协议
15	18个市县（区）签订跨域通办合作协议
16	嘉兴秀洲区与苏州吴江区举行政务服务“跨省通办”签约
17	南湖、杨浦、镇海《政务服务跨省通办合作备忘录》
18	11个县（市）签订政务服务“跨省通办”协议
19	苏州高新区—上海市杨浦政务服务跨省通办合作协议
20	南湖吴江两地正式启动政务通办
21	苏州太仓构建长三角地区政务服务“跨省通办”通道
22	政务服务互通共融合作协议，共建“长三角政务服务通办圈”
23	《长三角一体化“一网通办”崇通政务服务合作海门示范点建设协议》
24	“崇川·宝山”政务服务双向通办专窗
25	“长三角一体化崇启专窗”
26	9地区“跨地域通办合作协议”
27	政务服务“省内通办”合作协议
28	《南京市六合—扬州市仪征市场主体“省内通办”战略合作协议》
29	姜堰区与盐城市亭湖区签订《政务服务“异地通办”合作协议》
30	《共建都市区推进政务服务“一网通办”合作协议》
31	“萧山——柯桥政务服务一体化”模式
32	舟山·宁波政务服务“异地通办”合作协议
33	7省9市政务服务“跨省通办”线上签约
34	杭甬签署政务服务区域通办协议
35	《嘉兴湖州一体化发展实施方案》
36	嘉湖一体化通办专窗
37	浙江桐乡与如东政务服务“跨省通办”合作签约
38	宝山等8市签署跨地域通办合作协议
39	长三角一体化示范区
40	杭州·湖州《政务服务“一网通办”合作协议》
41	金山—平湖季度例会制度和联络群
42	宝山区—舟山市跨地域通办合作协议
43	杨浦台州《政务服务跨省通办合作协议》
44	《椒江宁海政务服务事项两地通办协议》
45	《安徽镜湖——浙江黄岩“跨省通办”政务服务战略合作协议》
46	宁波与安徽合肥、阜阳政务服务综合自助终端“跨省通办”
47	合肥上海自助端“跨省通办”
48	繁昌区和南京玄武区政务服务“跨省通办”合作协议
49	芜湖宣城政务服务跨区域“异地代收代办”合作协议
50	《江宁博望政务服务一体化“跨省通办”合作协议》
51	6县区签订《政务服务“跨省通办”战略合作协议》
52	南京、马鞍山、滁州“跨省通办”政务服务战略合作协议
53	南京滁州政务服务“跨省通办”战略合作协议
54	上海滁州政务服务“跨省通办”战略合作协议
55	杭州安庆“跨区域通办”合作协议
56	常州·铜陵政务服务“跨省通办”首次研讨会
57	《铜陵市义安区—嘉兴市海盐县政务服务“跨省通办”合作协议》
58	宣城市宣州区·常州市钟楼区政务服务“跨省通办”专窗
59	高淳·宣城市宣州区政务服务“跨省通办”合作协议
60	《G60科创走廊工作制度》
61	《G60科创走廊总体规划3.0版》
62	《G60科创走廊松江宣言》

(二) 研究方法

1. 社会网络分析

利用 UCINET 软件完成对长三角城市群网络的数字政务合作现状进行描述和初步探索性研究。UCINET 是社会网络分析研究中应用十分广泛的一款软件，能够实现节点、凝聚子群、整体网络等不同层次的网络结构特征测量。本文将包含城市群内部数字政务合作信息的矩阵数据导入 UNICET，对长三角城市群的整体网络特征进行指标测量和可视化呈现，对城市群内部形成的数字政务合作网络结构进行初步分析。

2. 指数随机图模型 (ERGM) 分析

采用 R 环境下的 Statnet 程序包计算，完成网络形成机制的解释性实证分析。通过构建不同的模型，将网络内生结构因素、节点属性因素、节点同配性因素纳入模型进行分析，识别影响长三角城

市群数字政务合作网络形成的影响因素，对模型用MCMC方法检验拟合优度并最终得出本文结论。

(三) 变量说明

指数随机图模型(ERGM)将网络的连线视作一种输出而非输入，而网络的节点属性以及网络的结构特征有助于解释、预测网络中连线形成的概率^①。本研究被解释变量为各个城市群的数字政务合作网络，并已在上文社会网络分析步骤进行具体描述。

根据网络动态演化理论，影响网络关系演化因素主要有两类：一是内生结构因素，二是外生属性因素。根据研究假设，同时考虑研究对象数字政务合作网络的无向性，选择作为常数项的边数(edges)和传递性(transitivity)中的狭义闭合三角形(gwesp)作为内生结构因素，选择节点属性因素电子政务服务水平、节点同配性因素经济发展水平和行政区划作为外生属性因素。

上述ERGM中变量的示意图、机制和解释如表2所示。其中，城市的电子政务服务水平数据来自胡广伟教授团队的报告《政府电子服务能力指数报告(2021)》，未能在报告中查到的城市，用该城市所属城市群的电子政务服务平均水平值填充。城市的经济发展水平以2021年的GDP数据衡量，行政区划以城市所属省份分类。其中，为便于R-Statnet程序计算，所输入的电子政务服务水平、经济发展、行政区划的值如表3所示，电子政务服务水平采用的是《政府电子服务能力指数报告(2021)》中的打分分数值，经济发展水平采用的是城市在2021年的国内GDP排名数，行政区划采用的是按照属于同一省级行政区的城市取值相同的方式赋值，若属于“上海市”取值为0，若属于“江苏省”取值为1，若属于“浙江省”取值为2，若属于“安徽省”取值为3。这里需要特殊说明的是，网络内生结构因素边数(edges)和传递性(transitivity)由R-Statnet程序包的内置程序自动计算后用于模型计算，并非输入量，同样，程序计算所用的电子政务服务水平、经济发展同配性、行政区划同配性也都是通过输入nodecov或者nodematch指令自动完成并用于模型计算的，因此未提供相关变量在程序中的计算值。

表2 ERGM模型中的变量描述






类型	名称	变量名	示意图	机制	解释
网络内生结构因素	边数	edges		基础效应	通常作为模型的常数项
	传递性	transitivity		传递效应	数字政务合作的无向网络中，三个城市构成的三元组是否倾向于形成闭合三角形
节点属性因素	电子政务服务水平	nodecov(“egov”)		资源效应	数字政务合作网络中的城市节点电子政务的发展水平能否促进网络的形成
节点同配性因素	经济发展	nodematch(“gdp”)		同配效应	经济发展水平相近的城市是否更加倾向于开展数字政务合作
	行政区划	nodematch(“prov”)		同配效应	同属于一个省级行政区的城市是否更加倾向于开展数字政务合作

表3 ERGM中电子政务服务水平、经济发展、行政区划输入值

城市名	电子政务服务水平变量输入值	经济发展变量输入值	行政区划变量输入值
上海	70	1	0
南京	68	10	1
无锡	66	14	1
常州	75	25	1
苏州	62	6	1
南通	63	22	1
盐城	66	39	1

^① [美]詹宁·K.哈瑞斯：《指数随机图模型导论》，杨冠灿译，格致出版社、上海人民出版社，2016年版，第50页。

（续表）

城市名	电子政务服务水平变量输入值	经济发展变量输入值	行政区划变量输入值
扬州	59	37	1
镇江	55	56	1
泰州	57	42	1
杭州	71	8	2
宁波	68	12	2
嘉兴	64	41	2
湖州	65	79	2
绍兴	67	36	2
舟山	51	200	2
台州	63	43	2
合肥	80	19	3
芜湖	72	62	3
马鞍山	71	131	3
安庆	68	117	3
滁州	77	91	3
池州	62	247	3
宣城	70	171	3
铜陵	63	230	3
金华	66	47	2
均值	66.11	—	—
最小值	51	1	—
最大值	80	247	—
样本量	26	26	26

四、社会网络探索性分析

整理长三角城市群的府际协议数据得到矩阵数据，并利用社会网络分析法，对研究对象数字政务合作网络进行描述性分析。首先，使用 UCINET 对各个城市群网络进行整体网络层面的指标测量，包括网络密度、网络中心势、孤点数量、平均距离和网络边数（如表 4 所示）。其次，使用 UCINET 软件的 Netdraw 功能，将数据矩阵转化为可视化的数字政务合作隶属网络图像，直观呈现长三角城市群内部形成的数字政务合作网络结构（如图 2 所示）。其中，图中的节点大小表示了节点城市在合作网络中点度中心度的大小，即相对于合作网络中心位置的程度，节点越大，城市的点度中心度越大。连线的粗细表示两个节点之间的联系强度，也就是两个城市之间的合作强度，连线越粗，两个节点之间的联系越强。目前，长三角城市群已经形成的数字政务合作网络基本覆盖城市群中的所有地级市且密度较大，说明长三角城市群的数字政务合作开展已经较为紧密，平均距离短、信息传递的效率。网络中心势较小，说明长三角城市间的数字政务差距小，网络内部向心趋势相对不明显。

表 4 城市群数字政务合作网络指标测量

指标	值	指标说明
网络密度	0.3692	在城市群城市间构成的合作关系无向图反映的是城市群内部城市间实际发生的数字政务合作数与理论上最大可能达成的合作数之比，该值越大，表示城市群内部数字政务合作的紧密程度越高。
网络中心势	17.47%	衡量整体网络中心性，该值越大，表示网络的中心趋势越明显。

(续表)

指标	值	指标说明
孤点数量	1	依据已获得的府际协议信息，与城市群内其他城市均未建立政务合作关系的城市数量。
平均距离	1.643	UCINET软件输出的该值 Average distance (among reachable pairs) 是除了孤点之外，相连节点之间的平均距离。衡量城市群内部城市间信息传递效率，该值越小，表示城市群内部的信息传递效率越高。
网络边数	240	根据府际协议绘出的网络关系图中的连线数。

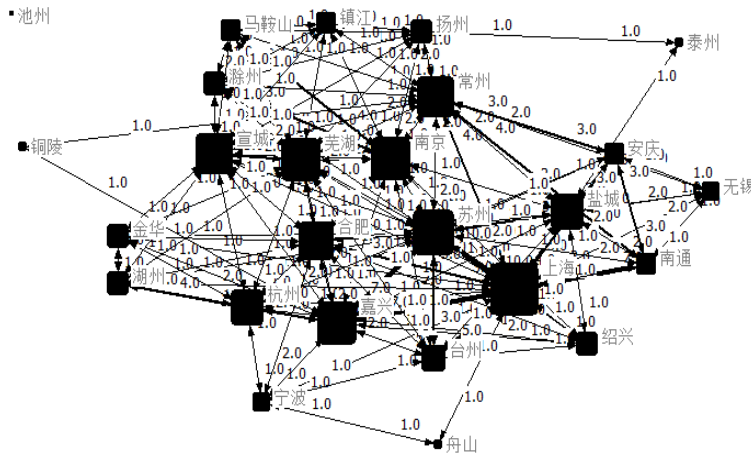


图2 长三角城市群数字政务合作网络图

在整体网络结构特征分析的基础上，利用UCINET的Centrality和Subgroups选项分别进行节点中心性分析和凝聚子群分析（如表5、6和图3所示），进一步考察城市群内部各个地级市节点之间的关联情况，对合作关系的形成机制进行探索性分析。

社会网络分析中，对节点地位进行的描述依据的是三类中心性（centrality）。节点的度中心度（degree centrality）是与某个结点相连的连接数，反映的是该节点相对于合作网络中心位置的程度。在数字政务合作网络中，该数值高意味着节点城市的连接能力强，拥有更多社会资源，参与合作的主动性更强，对于城市群的影响力更大。由表5可见，在长三角城市群中，中心度排名前2的城市分别是上海和苏州，说明这两个城市在合作网络中处于中心地位，主导着长三角地区的数字政务合作活动。节点的中介中心度（betweenness centrality）是该节点作为其他两个节点的最短路径上的“桥梁”的次数，反映的是节点中介能力、对资源控制的程度。中介中心度数值最大的城市是上海，说明上海在整个网络中占据重要的支配地位，控制着数字政务合作的大量资源，是连接各个城市环境合作治理的重要媒介。节点的接近中心度（closeness centrality）是节点与其他所有相连节点之间最短距离的平均值，反映的是节点不受关键节点控制的程度。上海、苏州、南京、嘉兴、芜湖五个城市的接近中心度均较高，表明这五个城市与其他城市存在的直接关联多，传递信息的效率高，信息资源影响力大。常州和宣城也有较高的接近中心度，表明这2个城市能快速与其他城市建立联系。上述中心度较高的城市在地理位置上也较为集中。泰州、舟山、铜陵等数字政务服务水平处于中低层次的城市则处于网络的边缘地位，节点的中心度均小于其他城市，在数字政务合作网络中参与度低、获得的资源少。

表5 长三角城市群网络节点中心性测度结果

城市	度中心度	中介中心度	接近中心度	城市数字政务服务水平	
上海	76.000	14.562	45.455	70.12	高
苏州	64.000	4.249	43.103	61.5	中
南京	60.000	5.333	42.373	67.68	高

（续表）

城市	度中心度	中介中心度	接近中心度	城市数字政务服务水平	
嘉兴	60.000	6.684	42.373	63.59	中
芜湖	60.000	4.969	42.373	72.24	高
常州	56.000	9.210	41.667	75.04	高
宣城	56.000	3.998	41.667	69.75	高
合肥	52.000	1.895	40.984	79.71	高
盐城	48.000	6.375	40.323	66.15	高
杭州	48.000	1.891	39.683	71.4	高
台州	36.000	0.654	38.462	62.57	中
扬州	32.000	2.433	36.765	59.43	低
湖州	32.000	0.000	37.313	64.84	中
绍兴	32.000	0.123	37.879	66.86	高
金华	32.000	0.000	37.313	——	——
滁州	32.000	0.463	37.879	77.43	高
南通	28.000	0.192	37.313	62.81	中
镇江	28.000	0.000	36.232	55.11	低
马鞍山	28.000	0.000	36.232	71.45	高
安庆	28.000	0.331	37.313	68.06	高
无锡	24.000	0.000	36.765	65.88	高
宁波	24.000	0.819	34.722	68.45	高
泰州	8.000	0.111	32.051	57.38	低
舟山	8.000	0.000	32.468	51.06	低
铜陵	8.000	0.042	33.784	63.09	中
池州	0.000	0.000	——	61.99	中

社会网络中，凝聚子群指的是网络中某些关系特别紧密的节点之间结合成的次级团体。凝聚子群可以根据关系的互惠性、子群成员之间的接近性或可达性、子群成员之间关系的频次、子群成员之间关系密度相对于与子群外节点的关系密度四个角度进行进一步分析。本文所讨论的城市间的数字政务合作更加强调城市间的互惠性和接近性，因派系分析对无向图和有向图的条件要求均较为严苛，所以本文选择对凝聚子群进行N—派系分析，N取值为2，即要求子群的任何两个节点在总图中的最远距离都不能超过2。由表6可知，长三角城市群数字政务合作网络中共形成了4个2—派系，每个派系的成员数量均在20个左右。其中，根据图3，上海、南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、嘉兴、绍兴、台州、合肥、芜湖、安庆、滁州、宣城15个城市属于所有4个派系；杭州、湖州和金华可以与75%的派系保持密切联系。宁波、扬州、镇江、铜陵和马鞍山四地也出现在半数派系中，说明它们处于核心—边缘的中间位置。而舟山、泰州只存在于1个2—派系中，说明两个城市在数字政务合作中与其他城市的互动有限，联系较少。

表6 长三角城市群凝聚子群2—派系分析具体结果

序号	2—派系成员	成员数量
1	上海、南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、嘉兴、绍兴、台州、合肥、芜湖、安庆、滁州、宣城、杭州、湖州、金华、扬州、镇江、马鞍山、铜陵	22
2	上海、南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、嘉兴、绍兴、台州、合肥、芜湖、安庆、滁州、宣城、杭州、湖州、金华、宁波、铜陵	20
3	上海、南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、嘉兴、绍兴、台州、合肥、芜湖、安庆、滁州、宣城、杭州、湖州、金华、宁波、舟山	20
4	上海、南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、嘉兴、绍兴、台州、合肥、芜湖、安庆、滁州、宣城、扬州、镇江、马鞍山、泰州	19

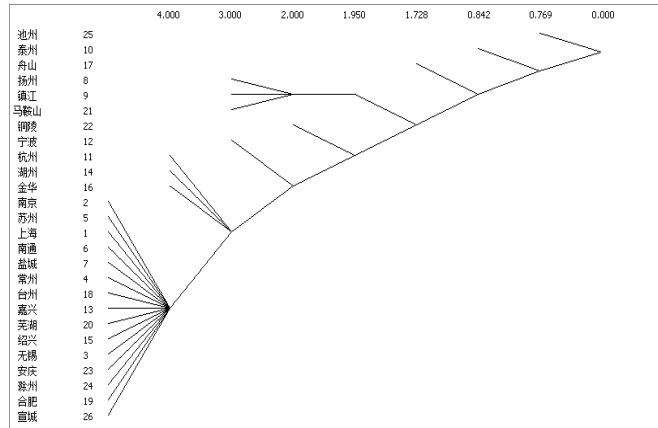


图3 长三角城市群凝聚子群2-派系树形图

综合城市群的社会网络分析结果可以发现，长三角城市群目前已经发展出“核心—次中心—边缘”的合作形态特征：由重要中心城市及其周边城市发挥主导作用，提供合作资源、联系其他次中心城市，已经基本形成内部2-派系凝聚子群全覆盖。但城市群也还存在3到4个处于合作网络的边缘城市，是城市群未来实现更高水平政务合作所需要着重关注的对象。

五、ERGM实证分析

本文利用R-Statnet程序包，将内生结构因素、节点属性因素、节点同配性因素纳入ERGM模型，对长三角城市群的数字政务合作网络进行估计和仿真。有研究表明，在具有较强聚敛性的网络中，如果将内生结构性变量传递性（transivity）加入ERGM的模型估计，将可能导致模型退化和估计参数不收敛^①。本文在分析中尝试将内生结构性因素和节点属性因素纳入同一个模型中的估计的结果不收敛，因而选择建立两个模型分别进行估计。模型1包括常数项边数（edges）和内生结构性因素传递性（transivity），模型2包括常数项边数（edges）、节点属性因素电子政务服务水平（nodecov(“egov”)）、节点同配性因素经济发展（nodematch(“gdp”)）和行政区划（nodematch(“prov”)）。得到结果如表7所示。

表7 ERGM模型结果

长三角城市群	模型1	模型2
常数项（基础效应）		
边数 edges	-3.729*** (0.371)	-1.427 (1.391)
内生结构因素（传递效应）		
传递性 transivity	1.621*** (0.263)	/ /
节点属性因素（资源效应）		
电子政务服务水平 nodecov(“egov”)	/	0.002 (0.010)

① 杨文龙、杜德斌：《“一带一路”沿线国家投资网络结构及其影响因素：基于ERGM模型的研究》，《世界经济研究》2018年第5期。

(续表)

节点同配性因素（同配效应）		
经济发展 nodematch(“gdp”)	/	-Inf***
	/	/
行政区划 nodematch(“prov”)	/	0.246
	/	(0.206)
AIC	617.6	670.5
BIC	626.4	683.6

注：括号内数字为标准误。若参数估计值的绝对值大于标准误的2倍，则认为该参数具有显著性效应，·、*、**、***分别代表在0.1、0.05、0.01、0.001的水平显著。

在ERGM中，用边数作为模型的基础效应反映合作关系发生的倾向，并控制关系产生的总规模。其参数估计值往往为负，说明地方政府间建立并维持数字政务合作关系需要付出一定成本，并不是由随机过程产生的^①。模型1中egdes的参数估计保持负值且在1%水平下显著，这与上文对数字政务合作网络描述性分析中呈现出的复杂性相吻合。

（一）内生结构因素的传递效应

由模型结果可见，在长三角城市群中，反映数字政务合作网络传递性的闭合三角形参数gwesp为正值，且在1%水平下显著。这反映出长三角城市群数字政务合作网络中存在分层路径闭合的显著趋势。这表明长三角城市群内部的数字政务合作网络具有自组织效应，网络内部倾向于结成小团体结构进行运作。这种传递性闭合效应可以利用朋友关系的例子来理解，即行动者i倾向于选择自己已有朋友h的朋友j作为自己的新朋友^②。在政府间的数字政务合作关系中，该效应表明，在长三角城市群中，地级市政府在选择新的数字政务合作对象时，会受到已经与自己达成数字政务合作关系的城市的影响：如A市与B市、B市与C市政府间目前分别存在数字政务合作关系，A市在进一步扩展其数字政务合作关系时，会更倾向于与其合作伙伴（也就是B市）的合作伙伴（C市）达成新的合作关系，即长三角城市群的各个地方政府中，存在一种数字政务合作“伙伴关系传递机制”。交易成本理论可以对这一传递机制作出解释，通过进一步拓展合作关系，可以减少地方政府之间在谈判、协商、签约、合约执行的监督等活动中需要付出的成本，即这种传递机制能够帮助降低府际合作中的交易成本，假设1得到验证。这一点也与社会网络分析中长三角城市群中大量城市能够形成2-派系子群互相印证，在2-派系子群中，两个节点之间的距离小于等于2，回到本研究所观察到的长三角城市群的数字政务合作网络，城市群中存在的四个子群分别覆盖19—22个城市，每个子群中的两个城市之间最多需要1个城市作为媒介就可以取得联系，可见长三角的城市间合作关系之密切。

（二）节点属性因素的资源效应

模型结果反映，节点城市数字政府建设资源的电子政务服务水平nodecov(“egov”)在长三角城市群网络中发挥的作用不显著，研究假设2不成立。也就是说，在长三角城市群的数字政务合作领域，一个城市并不太可能依据另一个城市的电子政务服务资源的好与坏，决定其是否要与其达成数字政务合作关系。例如，在长三角城市群中，电子政务服务水平得分较低的镇江市，同样与南京市、扬州市、芜湖市、宣城市、马鞍山市等地方政府建立了数字政务领域的合作。这可能是因为在长三角城市群的城市之间在数字政府建设资源掌握量、基础条件等方面虽然存在差异，但这些差距并

① 戴靓、刘承良、王嵩等：《长三角城市科研合作的邻近性与自组织性》，《地理研究》2022年第9期。

② 刘雨农、刘敏榕：《虚拟知识社区的社会网络结构及影响因素——以知乎网为例》，《图书情报工作》2018年第4期。

不明显，因而难以识别出资源差异对合作关系形成的影响。这一点可以由社会网络分析中长三角城市群网络中心势的测量值（17.47%）加以印证，这一度量值代表的是整体网络中心性，而长三角城市群的该值较小，表示网络的中心趋势不明显，也就是说，在长三角城市群中，不论其电子政府建设基础水平高低，城市都各自建立起一定数量的数字政务合作关系，而并非集中于有限的几个电子政府发展基础较好的城市。

（三）节点同配性因素的同配效应

根据 ERGM 分析结果，在长三角城市群网络中，城市之间经济发展水平的同配性 nodematch (“gdp”) 在数字政务合作网络的形成过程中的作用不明显，研究假设 3 被拒绝。虽然长三角城市群中城市之间在 GDP 的国内排名的差距客观存在，且差距最大值达 246 个位次，但是城市之间是否达成数字政务合作关系，并没有表现出与城市之间经济发展水平是否大致相同的关联性，城市间的 GDP 排名大小并不决定也不明显影响城市之间的数字政务合作。这可能是因为数字政务合作所关注的主要是线上的数据共享和流程打通，这种线上打通能否完成并不严格受制于两个城市之间的经济发展基础是否水平相当，不同于在产业贸易合作中，城市间投资基础等条件相称对合作达成可能发挥着关键影响。根据本文数据城市之间行政区划的同配性 nodematch (“prov”)，对于长三角城市群而言，同属于一个省份的地级市也并不会更倾向于达成数字政务合作关系。也就是说，长三角城市群中的城市虽然可能分别属于不同的省级行政区，但是地方政府并不会因为另一个城市与自己是否同省或异省而更倾向或更不倾向与其开展数字政务领域的合作。这可能是因为通常同一城市群内部的城市在地理上、文化上本来就具有较高邻近性，因而行政区划的所属并不是城市间差异的关键所在，所以对数字领域的合作达成的影响不突出。

此外，在 ERGM 中，通过赤池信息准则 AIC 和贝叶斯信息准则 BIC 可以衡量模型对实际网络的拟合程度，BIC 比 AIC 大，两个值越小代表拟合优度越高，模型解释力越强。对比长三角城市群网络的模型 1 和模型 2，包含内生结构因素的模型 1 对城市群内部数字政务合作网络的拟合程度比包含节点属性因素的模型 2 更好。这说明内生结构因素的传递效应能够更好地解释城市群数字政务合作网络的形成。

检验 ERGM 模型对地级市政府之间数字政务合作关系形成机制的捕捉能力，主要的思路是通过将每个城市群最终得到的仿真网络的结构特性与对应的原网络特性观察值进行比较，若具有相同的结构特征，则说明模型的拟合效果较好。本文基于 MCMC 算法对模型拟合程度进行检验，选择用于检验的结构指标为边共享伙伴 (ESP)。得到的结果如图 4、5 所示，可见观察的长三角城市群网络统计值基本在模型的置信区间内，说明 ERGM 的拟合结果较好。

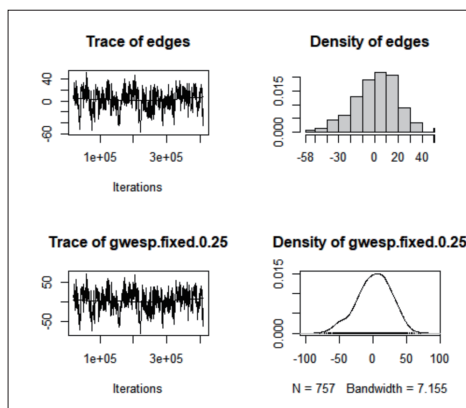


图 4 长三角城市群模型 MCMC 检验结果

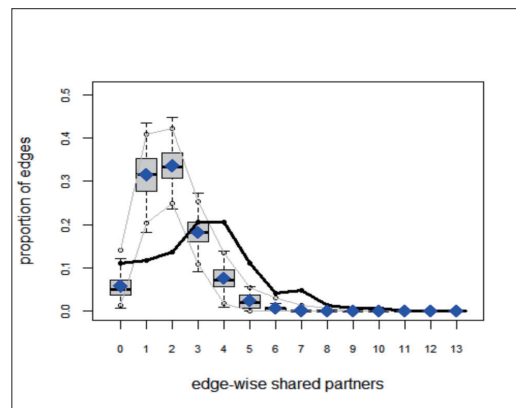


图 5 长三角城市群网络 ERGM 拟合优度检验

六、结论和讨论

本文对我国长三角城市群数字政务合作网络形成的分析表明，相较于节点属性因素，内生结构因素对数字政务合作网络的形成更具有显著促进作用。合作交流的过程越顺畅、数字政务合作就越容易形成，而地方政府并不会明显地出于依赖另一个城市已有的电子化建设资源而倾向于达成合作关系，也不会明显地因为经济条件相似或行政区划邻近而倾向于达成合作关系。

回应府际合作理论，本研究表明，长三角城市群的数字政务合作网络的形成与新区域主义的主张较为吻合，地方政府之间基于自愿平等的关系，构建起数字政务合作的网络，一定程度上化解了府际合作的碎片化困境。在长三角数字政务合作网络的形成中，府际合作研究中的交易成本理论的适用性得到验证，但资源依赖理论不能很好地解释这一过程。

着眼数字政府实践，电子政务基础、经济条件、地理距离等方面的差异，对数字政府合作的达成不具有决定性影响，本文认为地方政府间可探索简化府际合作的流程，促进政府间在数字政务领域的密切、深度合作，更有效地拓展合作范围，不断加速扩展政府间的数字合作网络，以顺应数字化浪潮，提供更加便利的数字政务服务。

Transmission Effect of Endogenous Structural Factor in the Formation of Digital Government Cooperation Network

——Based on the ERGM Analysis of Yangtze River Delta Urban Agglomeration

TU Xiaofang HUANG Anqi

[Abstract] Aiming at the closely connected digital intergovernmental cooperation network that has been formed in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration in China, using social network analysis and Exponential Random Graph Model to carry out empirical calculations on 62 pieces of digital government intergovernmental cooperation information collected in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration, the analysis shows that: The transmission effect of endogenous structural factors can explain the formation process of the digital network of the Yangtze River Delta urban agglomeration—the selection of digital government intergovernmental partners is transitive, and the established cooperative relations will help local governments reach new cooperative relations and reduce transaction costs in the process of reaching intergovernmental cooperation. At the same time, in the intergovernmental cooperation in the field of digital government, the influence of the similarity of the resource base and conditions of cities on the formation of cooperation is not obvious. Therefore, local governments will be more likely to seize the development opportunities of digitalization by proactively seeking and smoothing intergovernmental cooperation. And, by continuously expanding digital government cooperation relations, the government's overall digital service capabilities for the convenience of the people will be improved.

[Key Words] Digital Government; Cooperation Network; Yangtze River Delta Urban Agglomeration; Exponential Random Graph Model; Transmission Effect

（责任编辑：冯贺霞 责任校对：柴云超）