产业发展

河南省数字产业集群空间格局演化与驱动机制

——基于微观企业数据的实证分析

高亚满

（郑州经贸学院商学院，郑州 451191）

摘要：基于企业微观地理数据，系统刻画2000—2023年河南省数字产业集群的空间格局演化路径与驱动机制。研究发现：企业结构经历“制造主导-服务主导-数实融合”的阶段性演进；空间格局呈现“单核集聚-扩散联动-多极化协同”的完整序列，郑州核心地位持续强化，洛阳、南阳等次级节点相继崛起，形成“多节点-多走廊”的网络化结构；3大行业均呈现“范围扩张＋向心集聚”的共性趋势。从微观视角揭示了“要素阈值-网络外部性-政策协同”三元驱动机制，为中部地区优化数字产业布局、推动区域协调发展提供了理论依据与政策启示。

关键词：数字产业集群；空间格局；集聚扩散；多极化；河南省

中图分类号：F129.9 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)07－0075－07

数字产业作为塑造区域竞争新优势的关键力量，通过汇聚高端人才、数据要素与数字资本，能够在微观层面驱动企业绿色技术创新，并在宏观层面提升区域创新系统效能，赋能制造业高端化与绿色化转型，加快新质生产力的形成[1-2]。河南省地处中国中部腹地、黄河中下游，总面积16.7万km^2[3]，2024年末常住人口达9 785万人，是全国第三个人口大省[4]。作为全国重要的综合交通枢纽，其“米”字形高铁与高速公路网络在郑州交会，赋予其“承东启西、连南贯北”的区位优势。

近年来，河南省将数字产业列为“十大战略”之首，截至2024年，全省互联网网内平均时延位居全国首位，移动互联网用户规模排名全国第3。2024年全省数字产业规模突破2万亿元，占GDP比重超过30%，对GDP增长贡献率超过50%，总量稳居中部地区前列[5]。然而，与湖北“武汉-襄阳-宜昌”的多极联动模式及安徽深度融入长三角的协同路径相比，河南数字产业仍呈现“郑州单极突出、地市发展滞后”的单一极化格局。这种空间失衡可能制约其可持续发展能力与区域协调共荣目标的实现[6-7]。

1 文献综述

学界对数字产业集群已进行了基础性的概念界定，即数字产业集群是数字经济时代下，突破地理空间约束，实现“地理空间”与“网络空间”叠加集聚的新形态[8]。其内涵是以新发展理念为引领，由数字产业相关企业及机构在特定地理或网络空间集聚形成的竞争合作网络[9]。在理论层面，演化经济地理学为理解集群的阶段性演进提供了核心视角，增长极理论和网络化理论则分别解释了初期集聚和后期网络化结构的形成动力[10]。

数字产业集群的实证研究呈现出从宏观向微观深入的趋势。早期研究多基于地市或行业加总数据，揭示了全国数字产业集群“东高西低”的非均衡格局[11]。李佳洺等[12]基于杭州市微观企业数据分析，揭示了城市内部产业集聚的微观特征；毛丰付等[13]、柏玲等[14]将类似方法应用于长江经济带，分析了数字产业的格局演化与驱动因素。

在目前关于数字产业集群的相关研究中，多数学者基于地市或行业加总数据进行分析，缺乏企业层面的微观地理坐标数据，难以捕捉集群内部的异质性[15-17]。同时，相关研究焦点高度集中于长三角、长江经济带和京津冀等沿海或国家级经济带[18-21]。这些研究为理解先发地区的数字产业演化路径提供了宝贵参考，但其发展模式深受全球化

收稿日期：2025-11-17

基金项目：2024年度河南省高校人文社会科学研究一般项目(2024-ZDJH-081)；郑州经贸学院青年骨干教师培养计划(Qg2025-4)；郑州经贸学院重点学科建设项目(24xk02)

作者简介：高亚满(1987—)，女，河南平顶山人，硕士，讲师，研究方向为数字经济与区域创新。

红利、先发优势和国家政策倾斜的影响，其研究内容是否适用于中部地区仍需实证检验[22]。

因此，系统揭示河南省数字产业集群“集聚-扩散-多极化”的时空演化路径，不仅对推动中部崛起战略向纵深发展具有现实意义，也可为其他后发地区培育数字产业集群、实现跨区域协同发展提供理论参考与实践借鉴。

2　研究方法与数据处理

2.1　研究方法

2.1.1　核密度估计法

使用核密度估计法可计算企业周围邻域中的企业密度，生成连续密度面，用于识别不同时期数字产业企业的空间集聚中心与热点迁移轨迹。

企业位置的预测密度估计值 Density(x,y)由式(1)确定。

$$\mathrm{Density}(x,y)=\frac{1}{r^2}\sum_{i=1}^{n}\left\{\frac{3}{\pi}\left[1-\left(\frac{d_i}{r}\right)^2\right]^2\right\} \tag{1}$$

式中：(x,y)为研究区域内任一企业的空间坐标；n为企业的数量；d_i为第 i 个企业到(x,y)的距离；r为搜索半径。经 Silverman 法则与目视比较双重校验后设定搜索半径为 25 km[23]。

2.1.2　标准差椭圆法

使用标准差椭圆法可以有效分析数据的方向与分布趋势，定量刻画全省数字产业布局的重心移动方向、旋转角度及长短轴变化，揭示其空间扩张或收缩趋势。

椭圆的几何中心(x_e,y_e)、方向角 θ、长轴 σ_x 与短轴σ_y 分别由式(2)～式(4)确定。

$$\begin{cases}x_e=\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-x_a)}{n}}\\ y_e=\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(y_i-y_a)}{n}}\end{cases} \tag{2}$$

$$\begin{cases}\theta=\arctan\left(\dfrac{A+B}{C}\right)\\ A=\sum_{i=1}^{n}(x_i-x_a)^2-\sum_{i=1}^{n}(y_i-y_a)^2\\ B=\sqrt{\left[\sum_{i=1}^{n}(x_i-x_a)^2-\sum_{i=1}^{n}(y_i-y_a)^2\right]^2+4\left[\sum_{i=1}^{n}(x_i-x_a)(y_i-y_a)^2\right]}\\ C=2\sum_{i=1}^{n}(x_i-x_a)(y_i-y_a)\end{cases} \tag{3}$$

$$\begin{cases}\sigma_x=\sqrt{2}\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}[(x_i-x_a)\cos\theta-(y_i-y_a)\sin\theta]^2}{n}}\\ \sigma_y=\sqrt{2}\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}[(x_i-x_a)\cos\theta+(y_i-y_a)\sin\theta]^2}{n}}\end{cases} \tag{4}$$

式中：(x_i,y_i)为第 i 个企业的空间位置坐标；(x_a,y_a)为企业的平均中心坐标。

2.2　数据来源与处理

2.2.1　数据来源

基于“爱企查商业大数据平台”，以“注册地在河南省”和“成立时间 1990—2024 年”为条件，批量采集数字产业相关企业工商信息。采集时间为 2025 年 7 月，共采集原始数据记录 45 万余条。

2.2.2　行业界定

采用递进式行业分类。①基于“服务业-制造业”二分法进行宏观趋势分析，此框架有助于从整体上观察主导产业的转换过程，准确识别不同时期的经济增长主引擎，从而有效服务于对发展历程的阶段划分与动力分析；②依据国家《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》，将“制造业”对应为“数字产品制造业”，将“服务业”细化为“数字技术应用业”和“数字要素驱动业”，以进行深入的微观结构剖析。

2.2.3　数据清洗

仅保留经营状态为“开业”的企业，剔除注册地址缺失或明显异常的条目，最终获得有效企业数据 263 558 条。

2.2.4　空间数据处理与分析设置

调用高德地图地理编码 API(application programming interface)，将企业注册地址转化为 WGS-84坐标系的经纬度。解析成功率为 98.7%，其余 1.3%经人工复核补全，空间精度控制在街道级。所有分析均采用相同的空间处理设置，包括统一的地理范围、输出像元大小与投影坐标系，以确保跨时期结果的可比性。

2.2.5　时间断面

鉴于 2024 年企业增量与 2023 年几乎持平，以企业成立年份为时间戳，选取 2000 年、2012 年、2017 年、2023 年 4 个完整年度作为代表性断面，构建跨期可比的空间面板，用于刻画河南省数字产业“萌芽-单核-多极”的演化过程。选取依据为企业成立数量的突变及政策周期：2000 年首轮显著放量标

志萌芽起点；2012 年与 2017 年分别对应移动互联网、平台经济两次加速高峰；2023 年则处于 AI 与数据要素驱动的最新爆发峰顶，且数据完整。

3 数据分析

3.1 企业数量变化分析

图 1 所示为基于河南省企业数据生成时间的序列图。可以看出，企业数量的演化过程并非线性增长，而是呈现出明显的阶段性跃升特征。结合区域发展战略与宏观经济背景，以 2000 年、2012 年、2017 年、2023 年为关键时间节点，可将其划分为 4 个显著的发展阶段。

（1）缓慢起步期（1990—2000 年）：以制造业为基，服务业初步显现增长潜力。在此阶段，企业年度总量从 26 家增长至 490 家，实现了初步的规模扩张。产业结构发生了关键性转变，初期制造业与服务业规模相近（1990 年制造业 9 家，服务业 17 家），但到阶段末的 2000 年，服务业企业数量（408 家）已大幅反超制造业（82 家），达到其 5 倍。这表明在此阶段的后期，增长动力已经开始向服务业倾斜，为后续的爆发奠定了基调。

（2）震荡调整期（2001—2012 年）：服务业稳步崛起，制造业徘徊不前。进入新世纪，企业年度总量在波动中攀升，于 2012 年达到 1 876 家。此阶段最显著的特征是服务业作为增长主引擎的地位得以巩固。服务业企业数量从 558 家增长至 1 512 家，其占总量的比重始终维持在高位（70%～85%）。与此同时，制造业尽管绝对数量相对较小，但实现了稳步、无间断的增长，从 110 家增长至 364 家，增幅超过两倍，摆脱了“徘徊不前”的状况。这一阶段标志着以服务业为主导的增长模式趋于稳定。

（3）高速爆发期（2013—2017 年）：数字驱动服务业跨越式发展。此阶段是企业年度总量增长迅猛的“黄金时期”，从 2 191 家猛增至 10 540 家，规模扩大了近 4 倍。增长的核心驱动力依然是服务业，其数量从 1 862 家增长至 9 761 家，占据了总增量的绝大部分。制造业在此阶段也保持了增长（从 329 家至 779 家），但其相对比重因服务业增速更快而有所下降。这一时期的增长与国家“互联网＋”等战略的实施高度吻合，体现了服务业，特别是现代服务业的高速发展。

（4）深化转型期（2018—2023 年）：总量攀升与结构优化并存。此阶段企业年度总量从 13 078 家持续增长至 44 954 家，规模实现了巨大跨越。内部结构出现重要变化，在服务业持续扮演基盘角色（从 12 009 家增至 40 213 家）的同时，制造业开始了显著的加速追赶。制造业企业数量从 1 069 家增长至 4 741 家，增长了约 3.4 倍，其增速远高于上一阶段。这表明，在服务业打下坚实基础后，制造业增长动能增强，服务业与制造业“双轮驱动”的格局开始初步形成，产业发展进入深化转型的新阶段。

3.2 多时序核密度演化分析

用核密度估计法，对 2000 年、2012 年、2017 年和 2023 年河南省数字产业相关企业的开业数量进行多时序对比分析，可进一步揭示企业数量增长背后的空间集聚特征。为实现跨时期核密度图的有效对比，所有年份均采用统一的分级方案（中断值分别为 0.01、0.05、0.1、0.5、1、3、8、10）与色阶映射，结果如图 2 所示。

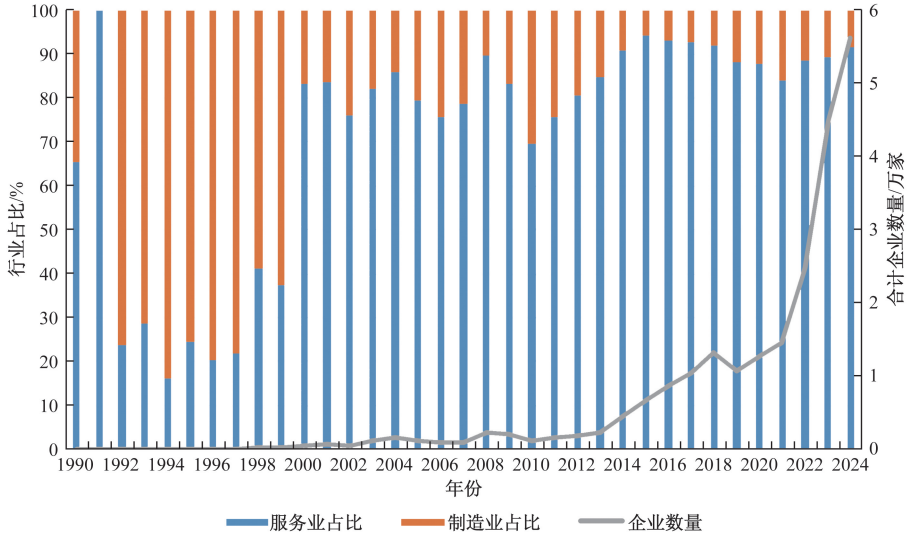


图 1 企业数量时间序列图

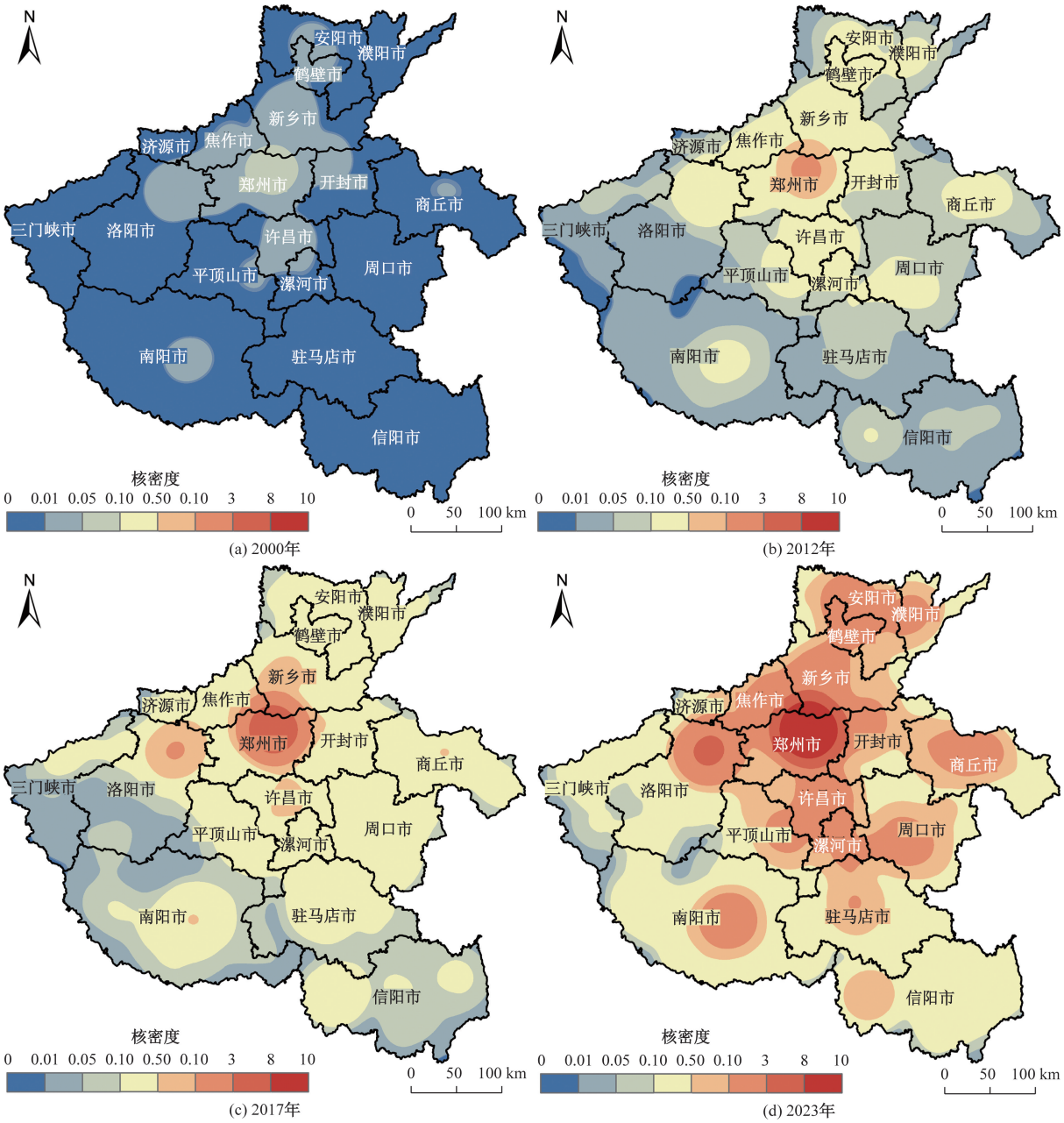


图 2　2000 年、2012 年、2017 年、2023 年河南省数字产业的多时序核密度演化图

由图 2 可以看出，在 2000 年，河南省数字产业处于萌芽探索阶段。核密度图整体为单一色调，全省范围内数字产业相关企业开业几乎无明显集聚特征，企业布局极度分散，产业发展处于初始的零星分布状态，尚未形成具有影响力的产业集聚点，数字产业的发展仅在局部有微弱迹象。

到 2012 年，集聚态势初步显现。以郑州为核心，开始出现相对集中的区域，成为省内数字产业企业开业的核心集聚点，而全省其他大部分地区企业分布依旧较为分散。这表明数字产业开始向省会郑州集聚，郑州凭借其省会城市的资源禀赋，如人才、政策、基础设施等，对数字产业相关企业形成了初步的吸引力，开启了产业集聚的序幕，但集聚范围有限，辐射带动作用尚未充分发挥，整体仍处于集聚初期的局部集中阶段。

2017 年，在集聚的基础上，扩散与多极化趋势开始显现。郑州的核心集聚区域进一步扩大，同时，洛阳、南阳等城市也出现了次级集聚区域。郑州的核心集聚不仅在规模上有所拓展，其对周边及其他区域的扩散效应也开始显现，带动了部分城市数字产业的起步与发展，打破了仅郑州单一核心集聚的格局，多极化格局初现端倪，数字产业从郑州的单点集聚逐渐向“核心＋次级节点”的多中心格局演变，产业发展的空间格局更趋复杂。

2023 年，多极化与协同发展格局全面成型。郑州的核心集聚区域达到了较高的密度水平，成为全省数字产业发展的绝对核心引擎。与此同时，安阳、鹤壁、焦作、商丘、周口、南阳等更多城市形成了各具特色的数字产业集聚板块，这些集聚区域范围较广，与郑州核心区以及各区域之间的联系更加紧密，呈现出明显的多极化特征。数字产业不仅在核心城市高度集聚，还通过产业链、创新链的延伸，向更多区域扩散，实现了从单一核心集聚，到核心引领下多节点扩散，最终形成多极化协同发展的格局，全省数字产业发展的空间结构更加优化，不同区域依托自身优势，在数字产业细分领域形成了差异化发展态势，共同推动河南省数字产业迈向更高水平的发展阶段。

总体而言，核密度图所展现的多时序演化趋势，与河南省在不同阶段的政策导向、城市发展战略以及数字产业自身的发展规律相契合，表现出较高的合理性与现实逻辑性。

3.3　不同行业的重心迁移与覆盖范围演变

使用标准差椭圆分析方法，分别分析数字产品制造业、数字技术应用业和数字要素驱动业的覆盖范围变化与重心迁移，并绘制图 3 所示的椭圆图。

对比图 3 中各子图可以看出，2000—2023 年，3 大行业重心均表现出向郑州、开封和许昌交界区域聚集的共性趋势，但迁移强度与轨迹存在明显差异。

数字产品制造业重心向东南方向迁移最为显著，累计距离达 38.2 km，整体年均速度为1.66 km/年，且近期（2017—2023 年）加速至 2.84 km/年，表明其向郑州及东南腹地的移动持续且加快。数字技术应用业同样向东南迁移，累计距离 25.6 km，整体速度 1.11 km/年，移动幅度相对缓和。数字要素驱动业的路径则较为特殊，整体呈现向东北方向的波动性移动，累计距离 21.6 km，整体速度最慢（0.94 km/年），但其近期速度明显提升（1.93 km/年），反映出该行业布局正经历活跃调整，并由许昌向郑州方向靠拢。

定量结果证实，数字产品制造业的空间重构最为剧烈，数字技术应用业则相对稳定，而数字要素驱动业受特定要素或政策影响，路径存在波动。3 大行业重心最终呈现向郑州都市圈核心区域收敛的共性特征，印证了高水平集聚区对数字产业各环节的持续吸引。

在覆盖范围方面，3 大行业均展现出从早期围绕郑州、许昌等核心城市的紧凑结构，逐步扩展至新

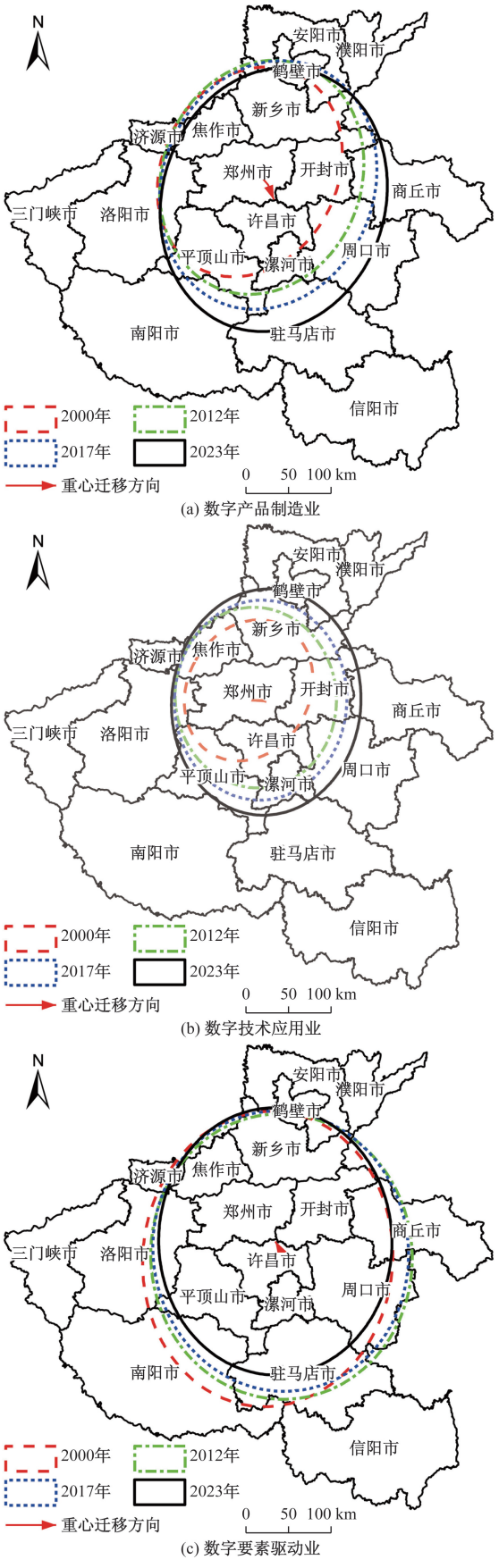


图 3　2000 年、2012 年、2017 年、2023 年不同行业的重心迁移与覆盖范围变化

乡、焦作、开封、驻马店、平顶山等更广泛地区的过程。覆盖范围的“圆环”显著扩大，表明产业规模与空间辐射能力持续增强，跨城市联动格局初步形成。

综合来看，数字产业集群的空间演化不仅体现出从单极集中向多极协同拓展的阶段性特征，又反映出不同细分行业在空间迁移细节上的差异，整体空间演化规律具有高度一致性，凸显郑州在数字产业发展中的核心引领作用

4 结论与建议

4.1 结论

河南省数字产业集群在2000—2023年经历了从“单核集聚”到“扩散”，再到“多极化协同”的演化过程。该过程首先依赖于数据、技术、人才等核心要素的规模积累与“要素阈值”的突破，表现为郑州核密度主峰的持续增强。随着要素外溢，洛阳、南阳等次级中心逐步形成，反映出企业协作与技术共享带来的“网络外部性”释放。区域结构由点状集聚转向“多节点-多走廊-多圈层”的网络化形态，产业政策与空间规划发挥了关键的政策协同引导作用。

从产业结构看，数字产业经历了从制造主导到服务主导，再到服务与先进制造双轮驱动的转型，体现了数字技术赋能与要素驱动对产业链的重塑。基于企业微观数据，揭示“要素阈值-网络外部性-政策协同”三元驱动机制：要素积累是规模化基础，网络外部性推动集聚扩散，政策协同保障要素配置与网络效应持续释放。研究成果为理解中部地区数字产业非均衡成长与跨城协同提供了理论参考。

4.2 政策建议

基于“要素阈值-网络外部性-政策协同”的三元驱动机制，为促进河南省数字产业集群向更高质量的多极化网络协同阶段跃升，提出以下针对性政策建议。

(1)强化要素积累，突破“要素阈值”约束。核心是推动数据要素价值化与高端人才定向培育。建议开展公共数据“无条件共享”试点，设立“数据银行”探索数据资产化，并为装备制造等优势产业建设“行业模型公共仓”，降低中小企业AI应用门槛。同时，实施“产业硕博”专项计划，以企业需求为导向，通过政府补贴实现高端人才的精准培养与留存。

(2)激活网络外部性，优化协同生态。关键在于构建以龙头企业和特色场景为双节点的区域创新网络。应强制推动以郑州宇通客车股份有限公司、中铁工程装备集团有限公司等“链主”企业为核心的生产供应链协同上链。同时，在洛阳、开封等次级中心，打造“AR＋文旅”等国家级标杆场景，通过场景创新牵引技术共享与企业协作，放大网络效应。

(3)推动“政策协同”的动态化与精准化。治理模式需从静态规划转向动态调控。建议构建“数字河南指挥舱”平台，基于企业地理数据、人才流、投资流等实时生成“集群热力图”，实现对集群发展状态的监测预警，并动态调整资金与项目投向，确保政策资源与集群演化阶段精准匹配。

参考文献

[1] 赵放，蒋国梁，樊贝婷，等. 数字产业集聚对区域经济高质量发展的影响[J]. 中国软科学，2025(5)：116-129.

[2] WANG S G，TENG T W，HU S L，et al. Interplay of digital economy and real economy：how to integrate and what drives it? [J]. Applied Spatial Analysis and Policy，2025，18：130.

[3] 河南省人民政府办公厅关于印发河南省四水同治规划(2021—2035年)的通知[EB/OL]. (2022-01024)[2025-10-20]. https://www. henan. gov. cn/2022/01-24/2387558. html.

[4] 2024年河南省国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2022-01-24)[2025-10-20]. https://www. henan. gov. cn/2025/04-03/3144415. html.

[5] 王鑫，郑棋文. 河南数智强省建设交出“硬核”答卷[N]. 河南日报，2025-09-27(2).

[6] 成冠男. 数字产业集聚对全要素生产率的影响效应研究[D]. 兰州：兰州财经大学，2025.

[7] 杨岚. 安徽省数字产业集聚对经济高质量发展的影响研究[D]. 蚌埠：安徽财经大学，2024.

[8] 王如玉，梁琦，李广乾. 虚拟集聚：新一代信息技术与实体经济深度融合的空间组织新形态[J]. 管理世界，2018，34(2)：13-21.

[9] 周海川，刘帅，孟山月. 打造具有国际竞争力的数字产业集群[J]. 宏观经济管理，2023(7)：27-32，48.

[10] 焦豪，马高雅，张文彬. 数字产业集群：源起、内涵特征与研究框架[J]. 产业经济评论，2024(2)：72-91.

[11] 卢福财，钟诗韵. 数字产业集群发展水平评价及其时空演变[J]. 经济地理，2024，44(6)：113-123.

[12] 李佳洺，张文忠，李业锦，等. 基于微观企业数据的产业空间集聚特征分析：以杭州市区为例[J]. 地理研究，2016，35(1)：95-107.

[13] 毛丰付，高雨晨，周灿. 长江经济带数字产业空间格局演化及驱动因素[J]. 地理研究，2022，41(6)：1593-1609.

[14] 柏玲，于雨欣，姜磊，等. 长江经济带数字产业的空间格局演化及驱动因素分析：来自微观企业数据的证据

[J]. 长江流域资源与环境，2025，34(10)：2145-2157.
[15] 王彦杰，高启杰，杨瑞. 我国数字经济产业集聚测度及时空演化特征研究[J]. 工业技术经济，2023，42(2)：134-145.
[16] 李文婷. 中国数字产业集聚的时空特征及影响因素研究[D]. 长春：吉林大学，2025.
[17] 杨春林. 数字产业集聚对城市创新的影响研究[D]. 兰州：兰州大学，2025.
[18] 马骏，韩喆琴，陈秋谕. 长三角数字产业集聚的环境治理效应研究：基于城市经济对外联系与内部集聚驱动视角[J]. 工业技术经济，2025，44(11)：75-83.
[19] 季鹏，袁莉琳. 京津冀数字产品制造业的时空演化特征与经济效应[J]. 经济地理，2024，44(4)：33-42.
[20] 彭文斌，韩东初，尹勇，等. 京津冀地区数字经济的空间效应研究[J]. 经济地理，2022，42(5)：136-143，232.
[21] 叶堂林，张彦淑. 京津冀数字产业发展的时空特征及动态演化[J]. 北京社会科学，2025(1)：15-27.
[22] 杨洁. 黄河流域数字经济与高质量发展耦合协调研究[J]. 科技和产业，2023，23(6)：60-64.
[23] 何玉林，陈纯佳，黄哲学，等. 针对模相近数据的启发式核密度估计器[J]. 数据采集与处理，2025，40(3)：711-729.

Spatial Evolution and Driving Mechanisms of Digital Industrial Clusters in Henan Province: An Empirical Analysis Based on Firm-level Data

GAO Yaman

(Business College, Zhengzhou University of Economics and Business, Zhengzhou 451191, China)

Abstract: Utilizing micro-level enterprise geographic data, the spatial pattern evolution trajectory and driving mechanisms of digital industrial clusters in Henan Province from 2000 to 2023 were systematically delineated. The findings reveal that the enterprise structure has undergone a phased progression from "manufacturing dominance" to "service dominance" and then to "digital-real integration". The spatial pattern exhibits a complete sequence of "mono-centric agglomeration" to "diffusion and linkage" and finally to "multi- polarization coordination". The core role of Zhengzhou has been consistently strengthened, while secondary nodes such as Luoyang and Nanyang have successively emerged, forming a networked "multi-node, multi-corridor" structure. A common trend of "northward shift overall and areal expansion" was demonstrated in all three major subsectors within the digital industry. From a micro-perspective, a tripartite driving mechanism of "factor threshold-network externality-policy synergy" is elucidated, providing a theoretical foundation and policy insights for optimizing the layout of the digital industry and promoting coordinated regional development in central China.

Keywords: digital industrial clusters; spatial pattern; agglomeration-diffusion; multi-polarization; Henan Province