

武汉城市圈科技金融效率时空 特征与趋同演化分析

李天籽¹ 韩沅刚²¹

(1. 吉林大学 东北亚研究中心, 中国吉林 长春 130012;

2. 吉林大学 东北亚研究院, 中国吉林 长春 130012)

【摘要】: 重视创新风险引发的投资损失, 是提高科技金融服务质量的关键。武汉城市圈作为中部崛起战略高地以及首个科技金融改革创新试验区, 在科技强区建设、金融体系升级、高技术产业发展已取得显著成效。结合 Undesirable-SBM 模型、标准差椭圆和空间马尔可夫链, 对武汉城市圈 9 座城市 2010—2019 年面板数据进行实证研究, 剖析武汉城市圈科技金融效率空间格局、时空演变及趋同演化。结果表明: (1) 研究期内, 考虑非期望产出的科技金融效率均低于未考虑非期望产出, 表明忽略创新风险会高估科技金融效率水平; (2) 武汉城市圈科技金融效率均以武汉城市为重心且未发生迁移, 城市科技金融效率“西北—东南”分布格局较为稳定, 标准差椭圆范围逐渐扩张; (3) 城市科技金融效率偏向上转移, 演变路径受原有状态影响较大, 且较难实现跨越式升迁; (4) 考虑空间滞后项的空间马尔可夫链结果显示, 邻域类型对城市科技金融效率状态转移影响显著, 空间分布上具有较强的近邻效应, 即转移方向与邻近城市类型基本保持一致, 呈现“高高趋同, 低低趋同, 高拉动低, 低抑制高”的空间演化特征。

【关键词】: 创新风险 科技金融 趋同演化 空间马尔可夫链 金融服务体系 武汉城市圈

【中图分类号】: F832 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2022) 01-0061-09

新常态背景下, 我国经济发展模式逐渐由要素驱动、投资驱动向创新驱动转化, 已成高质量发展必经之路。创新驱动建设有赖于研发活动以及核心竞争力的提升, 也是经济发展保质保量、产业结构升级的关键因素。创新战略的顺利实施需要金融生态的大力支持, 但区域内部核心技术突破困难、科技成果转化不佳等情况, 导致科技企业融资力度不足、金融要素“供需错配”等现象频发, 阻碍创新驱动战略的有序开展^[1]。科技金融是支撑区域创新研发与成果转化的金融政策工具, 能够在技术开发、成果转化以及高技术产业发展等方面开拓多元化金融服务与融资渠道, 降低科创活动风险, 缓解科技企业融资压力。因此, 营造良好的科技金融环境, 深化科技金融融合成为政产学研四大领域重要议题。《国家创新驱动发展战略纲要》指出, 鼓励并发展金融机构科技服务型金融产品, 壮大科技创业投资规模, 切实保障科技成果转化、中小企业创新以及新兴高技术产业培育的金融支持。这意味着科技金融关注热点应由资金支持促进技术成果数量增加, 过渡到如何提升科技金融效率, 实现科技金融服务升级, 从而实现创新驱动建设和技术创新高质量发展。

武汉城市圈作为重要的自主创新示范区与“中部崛起”战略支点, 高技术产业实力雄厚, 创新资源丰富, 先后成立武汉经济

作者简介: 李天籽 (1976—), 女, 辽宁鞍山人, 博士, 教授, 研究方向为区域经济、城市经济、资源经济。E-mail: litianzi@jlu.edu.cn; 韩沅刚 (1994—), 男, 山东烟台人, 博士研究生, 研究方向为区域经济、环境经济。E-mail: 17865919560@163.com

基金项目: 教育部重点研究基地重大项目 (17JJDGW006); 吉林大学基本科研业务费项目 (18XXJD16)

技术开发区、黄石经济技术开发区、东湖高新区三大国家级经济技术开发区，逐步形成高技术产业主导的区域发展新模式，推动国家创新驱动与区域协调发展的实施。保障武汉城市圈创新发展建设与经济高质量发展的关键，是加强科技金融资金支持与政策引导。2015 年月，《武汉城市圈科技金融改革创新专项方案》得 7 到国务院批准，标志着武汉城市圈首个科技金融改革创新试验区正式成立，旨在促进武汉城市圈人力、资金、技术等要素深度融合，推动科技资源与金融服务的有效对接，建立多元化、多层次的科技金融服务体系，提升科技金融服务能力，优化科技金融生态环境，保障科技金融对科技活动的服务质量，将武汉城市圈打造成为长江中游与中部地区的科技金融中心。然而武汉城市圈融资机构实力薄弱、投资行业发展滞后、金融市场发展失衡等问题较为突出，同时武汉城市圈概念提出较晚，城市联系强度较弱，发展要素关联性尚不成熟^[2]，金融资源缺乏流动性，创新政策、经济社会发展等方面的不同导致圈内各城市科技金融效率差异显著，引发科技金融社会效应下滑。据调查数据显示，武汉城市圈创新金融投入强劲，但城市平均研发创收率不佳，其中 2017 年专利授权与项目完成的比率分别达到 40.64%、32.19%，同时武汉市 R&D 经费投入占比高达 64.56%，金融资源分布失衡严重。科技金融投入应当注重效益驱动创新，因此如何促进科技与金融深度融合，推动区域科技金融协调发展显得尤为重要。

1 文献综述

科技金融首先是由我国人民银行与国务院科学技术小组联合提出，并在《关于积极开展科技信贷的联合通知》具体说明，将科技金融看作金融支持科技、金融与科技融合的协调关系^[3]。赵昌文系统地解释科技金融概念，指出科技金融是以创新财政投入方式，引导政府、NPO（非营利组织）、企业等融资机构的金融资本，应用于科研技术研发与高技术产品应用等创新活动，有效发挥金融服务对科技创新的支撑作用^[4]。广义视角下，科技金融是政府通过宏观调控与行业政策等措施，解决企业技术创新融资约束的重要工具；狭义视角下，科技金融是科创型企业支撑创新研发，实现资产增值的必要手段^[5]。近年来，国内外学者对科技金融方面的研究多集中在“资本市场有效性”^[6]、“金融摩擦引致”^[7]等金融假说的验证，以及风险投资^[8]、金融收益^[9]、公共财政支持^[10]等科技创新影响因素实证研究上，但研究方法、研究区域等方面的差异，导致结论偏差较大。而随着科技金融研究体系趋于专业化与精细化^[11]，科技金融绩效的研究逐渐成为热点，研究层次包括以下 3 个方面：①探讨技术创新与科技金融的互动关系。Schumpeter 首次探究金融服务与技术创新的密切关系，指出金融机构通过项目评估、风险防范等服务功能，激发技术创新能力，提高经济效益，同时指出金融体系的优化与发展对科创型企业的资金供给作用，能够有效降低创新过程的不确定性风险，提升技术创新效率^[12]；此外，国内研究通过从省域^[13,14]、市域^[5]等视角实证研究，进一步验证了金融发展能够支撑技术创新的有序进行，同时技术创新为金融发展提供市场空间，二者存在紧密关联。②完善科技金融效率评价。张明喜选择涵盖创新环境、创新资源、创新产出、创新效果、企业创新 5 个层面的 53 个指标，构建科技金融绩效指数评价体系^[15]；潘娟等围绕政府、企业、金融机构 3 大融资单位，构建科技金融创新绩效体系进行实证研究^[16]；严岩等在所有制歧视约束条件下，将金融歧视指标纳入到科技金融效率评价指标体系中^[17]；此外，科技金融效率测算方法包括指数评价法、模型测度法。指数评价法是通过将各类评价指标综合来测算的评价科技金融的综合指数^[18]，模型测度法是采用随机前沿函数（SFA）^[19]或数据包络分析模型（DEA）^[20]对科技金融效率进行度量。③剖析科技金融效率时空演变特征。廖继胜等学者运用扩展型 DEA 模型及 Malmquist 指数对长江经济带 11 个省份科技金融支持效率进行静态与动态测度，研究期内长江经济带科技金融支持效率整体水平较低，纯技术效率与规模效率低下是主要原因^[21]；童纪新等采用三阶段 DEA 模型测算“一带一路”区域科技金融效率，发现区域整体科技金融效率呈下降趋势，东南地区科技金融效率高于西北地区^[22]；戴志敏等采用 DEA 模型与变异系数、基尼系数等方法对我国 30 个省份科技金融效率测度与空间差异分析，发现近十年我国科技金融效率偏低，且整体呈现东—中—西梯度空间分布格局，区域内差异化呈锯齿状波动变化特征，总体表现收敛状态^[23]。

纵观已有文献，目前已对科技金融效率研究取得了较为丰富的成果，但科技金融效率的理论与实证分析仍存在可拓空间。从指标选取上，以往学者采用模型构建方法时，仅在期望产出角度测度科技金融效率，然而研发失败、成果未转化及项目未建成等创新风险要素却被忽略；从研究方法上，已有研究推进了科技金融效率区域差异与空间分布的定量分析，但多数研究通过基尼系数、变异系数等趋同方法检验科技金融效率演变趋势，该类方法处理数据方式过于单一，且不能从空间维度解释科技金融效率时空演变态势；从研究区域上，现有研究多选择全国、省份以及非创新示范区等作为研究对象，而具有典型性的、以科技研发为城市职能的区域研究较少。基于现有研究，本文结合武汉城市圈科研示范区存在的问题，借鉴王伟等的研究^[24]将三大专利未授权量

和未建成项目投产率纳入评价指标体系中，并利用 Undesirable-SBM 模型、标准差椭圆、空间马尔可夫链等方法，探讨武汉城市圈科技金融效率的区域差异、演变路径、动态演化规律，分析各城市前后年份之间的紧密度与科技金融效率演变过程中邻域条件对城市科技金融整体改善的影响，为促进科技与金融融合发展、完善科技金融体系提供一定参考。

2 研究方法 with 指标选取

2.1 研究方法

2.1.1 Undesirable-SBM 模型

产品研发、市场转化等创新活动具有风险性^[26]，导致投资者商业利益受损，故而期望降低专利未授权与项目未完成等投资损失的风险，而这种投资损失为科技金融的非期望产出。基于此，本研究将创新风险引发的投资损失纳入评价体系中，目的是比较科技金融不同测度角度的差异，以体现本研究评价体系的科学性（图 1）。

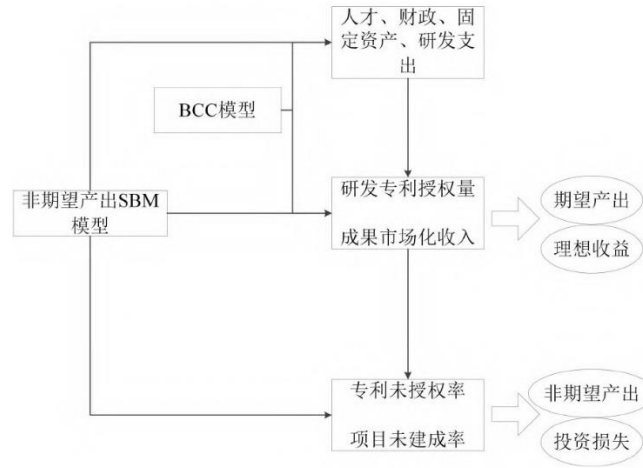


图 1 科技金融效率研究框架

采用非径向的 SBM 模型测度考虑投资损失的科技金融效率^[26]，模型构建如下：

$$Z^* = \min z = \frac{1 - \frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{r0}^b} \right)}$$

$$\begin{cases} x_{i0} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- \quad (i = 1, \dots, m) \\ x_{r0}^g = \sum_{j=1}^n y_{rj}^g \lambda_j + s_r^g \quad (i = 1, \dots, s_1) \\ x_{r0}^b = \sum_{j=1}^n y_{rj}^b \lambda_j + s_r^b \quad (i = 1, \dots, s_2) \\ \lambda_j \geq 0, s_i^- \geq 0, s_r^g \geq 0, s_r^b \geq 0, \end{cases} \quad (1)$$

式中：假定存在 n 个决策单元，每个决策单元由投入 m 、期望产出 s_1 和非期望产出 s_2 构成； x 、 y^e 、 y^b 分别表示投入矩阵、期望产出矩阵以及非期望产出矩阵内部元素； Z 为测算所得的科技金融效率。

2.1.2 标准差椭圆

标准差椭圆是由美国学者 Lefever^[27] 提出，其特点在于从全局与空间维度揭示一组要素的方向分布特征，具体通过中心、方位角、长轴和短轴等椭圆参数，对要素对象的空间分布格局与时空演化趋势进行描述，目前已成为研究要素地理分布与区域差异的常用方法，并在科技园区^[28]、创新水平^[29]等科技要素的空间格局中得到应用。鉴于武汉城市圈科技金融发展水平存在空间差异，且科技金融效率作为衡量科技投入要素指标，本研究采用标准差椭圆进行研究。

2.1.3 空间马尔可夫链

传统马尔可夫链是俄国学者马尔可夫为测量事件发生状态及发展趋势，根据随机过程理论提出状态转移概率矩阵模型^[30]。

金融地理学强调金融资源与地理要素的结合，研究空间维度上金融实体的运作流程，能够促进金融资源的管理与组织^[31]。因此考虑地理要素空间关联性，更能揭示城市间科技金融效率状态转移的空间特征，空间马尔可夫链是考虑不同空间滞后类型下的状态转移概率分析，弥补了传统马尔可夫链忽略城市间相互作用的不足，分析不同邻近区域背景下城市科技金融效率趋同演化特征。

基于传统马尔可夫链状态转移概率原理，引入空间滞后项并将传统马尔可夫链划分为 k 个 $k \times k$ 个状态转移概率矩阵。空间滞后项考虑了 i 城市与其邻近的 j 城市的地理位置，通过该城市科技金融效率与空间权重的加权平均进行计算，空间滞后项的表达公式如下：

$$Lag_j = \sum_{i=1}^n Y_i W_{ij} \quad (2)$$

式中： Lag_j 表示 j 城市的空间滞后值； Y_i 表示 i 城市的科技金融效率； n 表示城市数量；空间权重 W_{ij} 表示 i 城市与 j 城市的空间关联性，本研究采用邻近原则进行定义，即若城市间相邻 $W_{ij}=1$ ，否则 $W_{ij}=0$ 。

另外，通过比较传统马尔可夫转移矩阵和空间马尔可夫转移矩阵的相对应元素，能够了解某城市科技金融效率转移方向与邻域类型的相关性，分析地理区域背景下科技金融效率转移大小。同时，比较传统马尔可夫链与空间马尔可夫链的转移矩阵元素，可分析某城市科技金融效率状态转移与邻近区域背景的关系，进而探索不同邻近区域背景对科技金融效率演变的影响。若邻近区域背景对科技金融效率的状态转移不存在影响，则：

$$P_{ij|1} = P_{ij|2} = \dots = P_{ij|n} = P_{ij}$$

2.2 研究机理与指标选取

金融具有分散技术创新风险的能力^[33]，以达到技术创新的预期效果。科技金融的目标是规避研发失败等创新风险因素发生^[34]，促进科技开发、成果转化、产业建设合理有序发展，促使政府、金融机构、个体企业科技投入得到有效支持，能够反映创新活动、金融资源与经济增长三者间的协同共赢关系。分析研究机理如图 2。

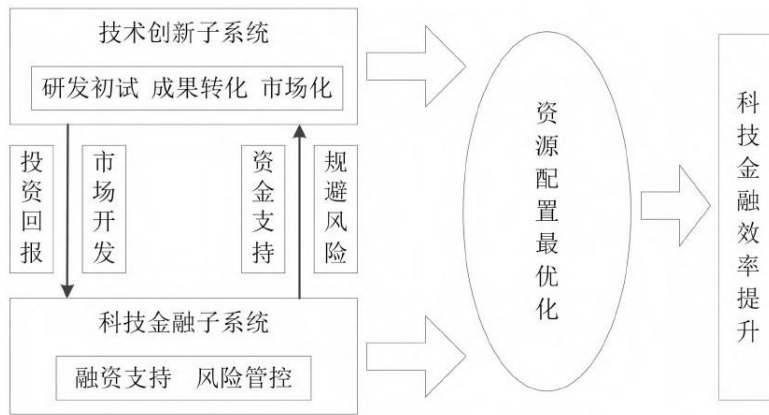


图 2 科技金融与技术创新互动的研究机理

因此，本研究科技金融效率评价指标选取综合参考了易明^[11]、李俊霞^[20]等的研究，考虑到创新风险性与项目可实施性，加入三大专利未授权量、未建成投产项目率等非期望产出指标，构建武汉城市圈科技金融效率评价指标体系。数据来源方面，选取武汉城市圈为研究对象，覆盖武汉、黄冈、黄石、孝感、咸宁、鄂州 6 个地级市及天门、潜江、仙桃 3 座直辖县级市。鉴于地级市与直辖县级市均上属省级行政区，本研究将 6 个地级市与 3 个直辖县级市放在同一框架分析。值得注意的是，鄂州市面积规模较小，且无管辖县区，因而无法统一研究对象的行政单位。为便于行文，借鉴以往文献^[35]对武汉城市圈 9 个城市科技金融效率进行测度。评价指标来源于《中国城市统计年鉴》、各市城市统计年鉴以及国民经济和社会发展报告，部分数据通过湖北省统计年鉴、各市统计公报补充，最终汇总得到 2010—2019 年武汉城市圈 9 座城市的面板数据进行科技金融效率分析。

3 城市科技金融效率时空格局与时空变迁

3.1 科技金融效率测算与空间差异

为避免未考虑非期望产出引起的效率测度偏差，本研究分别选择 BCC 模型与 SBM 模型对科技金融效率进行两次测算，考察在研发与创新风险下科技金融资金支撑效果。考虑到时间维度差异，对测得结果进行分年份研究。结果显示，研究期内，各年份考虑非期望产出的 SBM 模型测得效率值均显著低于未考虑非期望产出 BCC，说明忽略未授权研发成果、未建成项目等非期望产出导致科技金融效率被高估，考虑非期望产出的 SBM 模型更能反映科研投入实际效果。同时，相较于 BCC 测得结果，SBM 模型下科技金融效率年份差异更为显著，整体呈先增后减的倒 U 型变化趋势，说明随着科研投资对象的增加以及金融服务范围的扩张，科技金融服务体系逐渐完善，创新原有风险得到分散，科技创新盈利实现提升。因此，本研究选择基于 Undesirable-SBM 模型测得科技金融效率进行剖析。

基于以上非期望产出下科技金融效率测算结果，本研究采用自然断裂点法对城市科技金融效率进行分级，对 2010 和 2019 年的城市科技金融效率分布进行比较分析。由图 3 可以看出，2010 年科技金融效率水平较高的城市主要包括武汉和黄冈市、鄂州 2 座邻近城市，武汉城市圈大部分城市科技金融效率普遍较低；2016 年以武汉为中心的地区仍然是科技金融效率较高城市集聚区，呈现以武汉、黄石、鄂州等科技金融效率较高城市为主的“中心—外围”扩散趋势，但科技金融效率高水平城市数量有所下滑，天门、仙桃 2010 与 2019 年均处于较低水平科技金融效率。整体而言，武汉城市圈科技金融效率分布为“西高一东低”的空间特征，圈内以武汉为中心呈现逐年上升趋势，且区域差异逐渐缩小，到 2019 年区域内部科技金融效率协调发展趋势愈加明显，这与 2015 年以来武汉城市圈科技金融改革，创新驱动发展战略实施以及区域协调发展建设密不可分。

3.2 科技金融效率演变轨迹

上述对武汉城市圈科技金融效率空间异质性作了初步分析,在此基础上,本研究采用标准差椭圆从各城市科技金融效率时空演变的中心性、延展性以及方向性进行定量解释,展示标准差椭圆的重心轨迹与变迁趋势,具体结果如图4所示。

重心轨迹方面,图4显示武汉城市圈科技金融效率的空间重心在研究期内始终位于武汉市境内,多数年份集中分布在武汉市东西湖区。武汉市作为国家中心城市建设、全面改革创新试验区的重点对象,具备特有的政策支持与科研优势,大力推进自主创新发展与金融环境改善,实现技术研发与金融服务的有效对接。科技金融效率重心东西湖区是武汉市高技术产业发展与科学创新的重要基地,尤其是东湖高新区为继中关村后第二个国家自主创新示范区,引领推动武汉城市圈乃至湖北省实现智力资本化,积极为国内科技研发活动提供后援科技金融服务,这也是武汉市科技金融效率较高的重要原因。

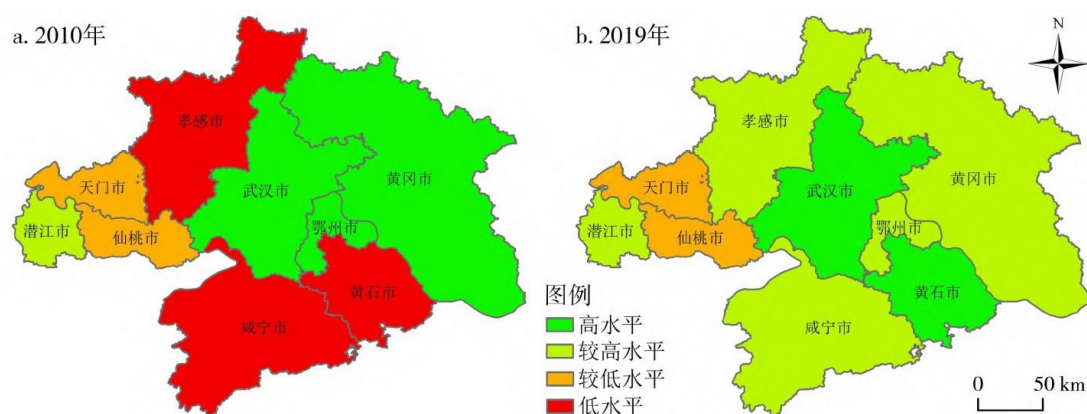


图3 武汉城市圈科技金融效率空间格局及演化特征

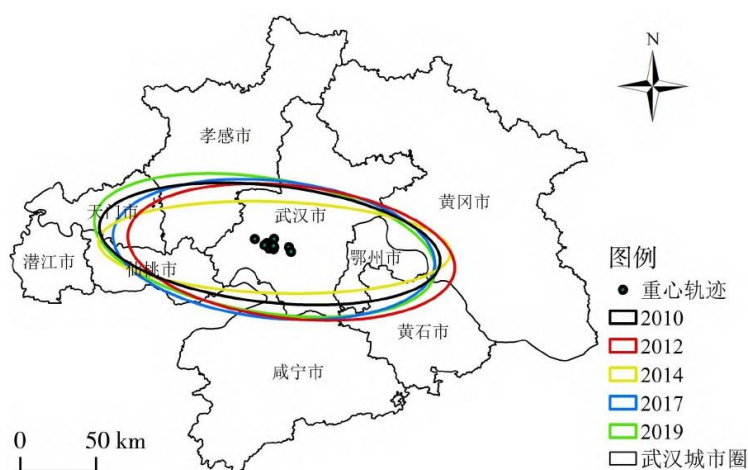


图4 2010—2019年武汉城市圈科技金融效率重心轨迹及标准差椭圆趋势方向

方位角变动特征方面,武汉城市圈科技金融效率总体呈“西北—东南”的空间分布特点,该特点呈先减弱后增强的发展态势,其分布走势与武汉高新技术产业城市建设的龙头带动,加快中部地区城市群创新驱动建设与区域协调发展密不可分。其中,

方位角 θ 由 2010 年的 97.189° 波动递增到 2013 年的 91.977° ，逆时针转动趋势较为明显，该期间武汉城市圈科技金融效率分布形成武汉、黄石、潜江为主导的正东—正西格局，2013 年之后，方位角顺时针方向转动较为明显，正东—正西方向格局逐渐弱化，到 2019 年方位角度增大到 99.313° ，“西北—东南”的分布格局正式形成，说明武汉城市圈科技金融效率在东北—西南方向上水平较弱。

标准差椭圆形状变化特征方面，长轴标准差呈现“W”型周期变化特征，即城市圈东西分布呈现“集中—分散—集中—分散”的动态演变规律。2010—2012 年，武汉城市圈处于“两型社会”建设初级阶段，圈内信贷结构优化、金融规模扩大等金融政策的加强，保障仙桃、鄂州等卫星城市中小型科技企业融资服务，加强产学研合作力度，因此科技金融效率极化趋势得以减弱。但在 2012—2013 年，长轴标准差小幅度上升，其主要原因在于金融危机造成部分城市金融服务衰退，中小科技企业缺乏资金支持，项目开展、技术研发等科研活动无法进行，导致圈内差距拉大。2013—2017 年长轴标准差逐渐下降，尤其是 2015 年科技金融专项方案发布后，标准差值由 1.081 下降到 2017 年的 1.000，这是由于方案的发布拓宽了各城市多样化创新研发融资渠道，保证东湖国家自主创新示范区、仙桃外向型经济建设、“中国光谷”国家博览会召开等创新驱动项目进行，有效发挥了科技金融的资源配置作用。而到 2019 年长轴标准差增长到 1.068，究其原因，武汉市作为圈内中心城市，研发人才、关键技术、先进设备等科技要素配置较高，便于进行高技术产品研发、大型项目建设等高风险创新活动，同时随着政策边际效应弱化，武汉市优势逐渐凸显，研究期末圈内极化特征出现回弹现象。相较于长轴，短轴标准差较低，说明科技金融效率在短轴方向趋于集中化，可能原因是城市功能划分下，孝感、咸宁在产业分工中分别扮演化工产品加工与农产品生产基地的角色，产业创新性较低，科技金融服务依赖性相对较弱，导致各类创新融资要素在武汉市集聚。

4 城市科技金融效率趋同演化分析

4.1 城市科技金融效率空间相关性检验

由上述城市科技金融效率空间分布特征与演变轨迹分析可知，武汉城市圈科技金融效率存在空间集聚特征，因此本研究采用探索性空间数据分析方法，选取 0-1 矩阵为空间权重矩阵来计算科技金融效率全局莫兰指数，以期剖析 2010—2019 年城市科技金融空间关联性。除 2010、2011 年外，其余年份武汉城市圈科技金融效率全局莫兰指数均显著为正，即表现为显著的高值集聚特征，相邻城市间的科技金融效率存在相互影响。同时，全局莫兰指数变化呈锯齿波动走势，表现出城市科技金融效率波动的空间集聚性，邻域效应较为显著。

4.2 城市科技金融效率趋同演化特征

基于上述空间分异分析对科技金融效率的类型划分，本研究采用传统马尔可夫链对武汉城市圈城市科技金融效率状态转移进行分析。表内对角线中数值表示科技金融效率保持原状态的概率，非对角线上的数值表示不同科技金融效率类型间发生转移的概率。具体来看，2010—2019 年武汉城市圈城市科技金融效率类型转换存在以下特征：

①城市科技金融效率水平上升趋势明显。除较高水平类型城市，其余类型城市初期均表现良好的递增趋势，其中较低类型城市向上转移概率为 0.500，而向下转移概率为 0.136，而低水平类型城市保持原状态的概率为 0.389，向上转移或跨越式向上概率达到 0.611，均表现较高概率的向上发展态势。

②城市科技金融效率受原有科技金融发展水平影响较大。从对角线转移概率看，除较低水平类型外，其余类型对角线上的概率值均大于非对角线上的概率值，即这类城市保持现有科技金融效率水平的概率性较强，尤其是低水平类型与高水平类型保持稳定的概率较强，表明城市科技金融效率存在向低水平与高水平集聚的现象，即“俱乐部集聚”效应。

③城市科技金融效率短期内难以实现跨越式升迁。从显示结果来看，大部分城市科技金融效率转变发生在邻近类型之间，科

技金融效率的提升呈现循序渐进性。特别地，随着科技金融改革专项方案的出台，武汉城市圈科技金融环境不断改善，各行业科学技术创新活力得以激活，但受城市分工机制约束，武汉、黄石、鄂州等科研单位集聚区的技术市场活跃度较高，而部分制造业基地如咸宁、孝感尚处于与高新产业对接的初级阶段，科研要素投入强度较弱，科技金融服务需求较低，导致武汉城市圈科技金融区域发展失衡较为严重，短期内科技金融效率整体提升工作难度较大。

4.3 邻域类型对城市科技金融效率趋同演化影响

城市科技金融效率的提升不仅依靠内部创新要素联系与整体，同时与周边城市间创新合作交流、研发资源共享密切相关。城市间技术市场活跃度不平衡的情况下，会驱使投贷联动、科技信贷、股权众筹等科技金融服务要素流入或溢出^[36]。基于上述研究，在传统马尔可夫链基础上引入空间滞后项，研究不同地理邻域类型对城市科技金融效率趋同演化规律的影响。

通过传统马尔可夫链与空间马尔可夫链的比较，可以发现：①近邻效应对城市科技金融效率的演化影响较大。根据比较结果显示，相同时间段内，空间转移概率矩阵结果与传统矩阵转移结果存在差异，说明近邻城市类型对城市科技金融效率的转移具有明显带动或抑制影响，如在低水平城市若与相同效率水平的城市相邻，邻近城市将会阻碍其向上转移，即 $P_{14|1}=0$, $P_{14}=0.22$ 。②城市科技金融效率受不同邻域类型的影响，向上或向下的概率存在差异。具体表现为邻高提升，邻低抑制。如 $P_{23|1}=0.286 < P_{23}=0.500 < P_{23|4}=0.667$ ，表明良好的科技金融生态环境有利于周边地区科技金融效率的提升，部分城市在较高的邻域类型下向上转移的概率偏低，主要原因是受制于城市产业比例失调，以及技术管理水平不足等因素，加剧科技研发与金融服务脱节，造成研发支出浪费与产出效率低下等问题。③不同的邻域背景在城市科技金融效率转移的过程中的概率不尽相同。一般地，某城市与科技金融效率水平越高的城市相邻，其科技金融效率向上转移的概率越大。结果显示， $P_{14|4} \geq P_{14|2} = P_{14|1} = 0$ ，反映出科技金融效率较高的城市对邻近城市的辐射拉动，而结果中也存在 $P_{14|3} \geq P_{14|4}$ 与结论相反的结果，可能原因是较高水平邻域城市与低水平城市的科技金融发展梯度差相对较小，便于研发要素溢出与金融服务交接活动的进行。

总体而言，城市科技金融效率演化规律受邻域类型影响较大。空间维度上来看，整体呈现高高趋同，低低趋同，高拉动低，低抑制高的空间集聚演化特征，即考虑地理因素的空间马尔可夫链，对科技金融的状态演变过程具有较强的解释意义。作为当前创新高质量发展的第一驱动力，科技金融在城市间有序流动有利于创新资源集聚合理配置，避免创新资源拥堵发生，同时发挥创新要素的空间溢出效应，激发城市创新市场活跃度，推动城市圈创新资源共享网络建设，带动城市协同创新环境建设。

上述关于邻域类型对城市科技金融效率的影响是否具有统计意义，本研究借鉴陶晓红^[37]的做法进行假设检验。原假设 H_0 ：城市科技金融效率在地理空间上独立，其演化过程与空间滞后项无关，可直接进行传统马尔可夫链分析。其假设统计量检验公式为：

$$q = -2 \log \left\{ \prod_{l=1}^k \prod_{i=1}^k \prod_{j=1}^k \left[\frac{P_{ij}}{P_{ij}(l)} \right]^{n_{ij}(l)} \right\} \quad (7)$$

式中： P_{ij} 、 $P_{ij}(1)$ 、 $n_{ij}(1)$ ($i=1, 2, \dots, k$) 分别表示不考虑邻域类型的转移概率、邻域类型为 1 的空间转移概率以及对应的城市数量。统计量 q 服从 $k(k-1)/2$ 的卡方分布。根据公式 (7)，求得 $q=66.83$ 。除去矩阵中概率为 0 的元素后，求得矩阵自由度 df 为 9，对应 0.05 显著水平下卡方 $\chi^2(9)=23.6$ ，统计量 q 显著高于卡方 χ^2 ，显著拒绝原假设，说明科技金融效率间的转移与邻域城市类型具有显著空间相关性。

5 结论

基于 2010—2019 年武汉城市圈 9 座城市面板数据,运用 Undesirable-SBM 模型与标准差椭圆探究城市科技金融效率的空间分布差异与时空演变特征,并结合传统马尔可夫链与空间马尔可夫链转移概率结果,对比分析城市科技金融效率的趋同演化规律。本文对现有研究进行了以下拓宽:一是同时将未授权专利与未执行项目等创新失败因素纳入到科技金融效率指标评价体系中,能更合理地衡量区域科技金融服务质量;二是对城市科技金融效率类型转化与考虑邻域城市下城市科技金融效率类型转化比较分析,验证了创新资本要素流动对支撑区域协同创新的重要性。研究结论与启示如下:

①从科技金融效率的测度结果看,城市科技金融效率呈逐年上升趋势,区域金融资源整合与科技金融改革创新举措取得成效。考虑创新风险后,各年份的科技金融效率均大幅度下降,说明忽略研发失败等投资损失会导致城市科技金融效率被高估,科技金融服务机构对创新项目风险评估失准会导致服务质量下降与研发投入浪费。基于此,武汉城市圈应建立以政府为主体,由金融机构、保险机构、风险评估机构等组成科技金融信息平台,及时了解科技型企业的技术先进性与市场运营情况,以及产业发展前景,从而预防科技型企业投资失败与违约损失等风险,实现科技金融要素市场配置化。

②2010—2019 年科技金融效率以武汉市“一城独大”,标准差椭圆时空演变路径以“西北—东南”分布为主,主轴方向包括武汉、黄石、黄冈、鄂州、天门、仙桃等高新技术产业集聚区,而辅轴方向主要是孝感、咸宁等制造业生产基地与生态旅游景区,分布差异的形成与圈内城市技术市场活跃度不同,以及非高技术产业对科技金融服务依赖较低有关。因此,武汉城市圈在科技金融体制改革过程中,应注重科技金融市场多层次发展,加强科技金融产品与服务特色化建设,提高科技金融服务应对不同产业服务需求的敏捷性,同时鼓励并发展农产品加工、生态旅游业等非高技术产业参与科技创新,既能够实现农业科技、旅游科技对农业与旅游业高质量发展的带动,也拓宽科技金融机构服务市场,助推科技金融机构良性发展。

③邻域类型高低对城市科技金融效率趋同演化具有一定影响,表现出较为明显的近邻效应。其中高效率类邻域城市对城市科技金融效率提升起到辐射带动作用,而低效率类邻域城市一定程度上拉低了周边城市科技金融效率,整体而言,武汉城市圈科技金融效率存在雅各布斯效应,即“高高趋同、低低趋同、高拉动低、低抑制高”的多样化集聚特征。据此,武汉城市圈应灵活运用城市科技金融间的近邻效应,引导高水平城市科技金融资源流向低水平城市,促进资源优化配置。同时,相关部门应为低水平城市发布一定优惠政策,为吸引科技金融机构构建、科技金融服务引进提供一定保护措施。科技金融服务质量高的城市可根据自身条件选择性吸引海外高质量金融资本,努力打造“政府+金融机构+外资”的“1+2”模式科技金融服务体系,以期实现圈内城市“金融同城”的目标。

参考文献:

- [1]崔学海,王崇举,曾波.基于 DEA-Tobit 的长江经济带技术转移金融支持效率研究[J].统计与信息论坛,2019,34(9):77-84.
- [2]田野,罗静,孙建伟,等.武汉城市圈内部空间联系及其轴—辐网络结构演化[J].地理科学进展,2019,38(7):1093-1102.
- [3]王海芸,刘杨.基于波士顿矩阵的科技金融发展分类策略研究[J].科学学研究,2020,38(6):1018-1027.
- [4]赵昌文.科技金融[M].北京:科学出版社,2009.
- [5]冯锐,高波阳,陈钰淳,等.粤港澳大湾区科技金融耦合度及其影响因素研究[J].地理研究,2020,39(9):1972-1986.
- [6]Fama E F.The behavior of stock-market prices[J].The Journal of Business,1965,38(1):34-105.
- [7]MOLL B.Productivity losses from financial frictions:Can selffinancing undo capital misallocation[J].The

American Economic Review, 2014, 104(10):3186-3221.

[8]Lockett A, Murray G, Wright M. Do UK venture capitalists still have a bias against investment in new technology firms[J]. Research Policy, 2002, 31(6):1009-1030.

[9]Callahan J, Muegge S. Venture capital's role in innovation: Issues, research and stakeholder interests[C]//The International Handbook on Innovation, 2003:641-663.

[10]Hyytinena A, Toivanen O. Do financial constraints hold back innovation and growth?—Evidence on the role of public policy[J]. Research Policy, 2005, 34(9):1358-1403.

[11]易明, 张莲, 杨丽莎, 等. 中国科技金融效率时空分异特征及区域均衡性[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(10):34-40.

[12]约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论[M]. 何畏, 易家祥, 译. 北京: 商务印书馆, 1990.

[13]张芷若, 谷国锋. 科技金融与科技创新耦合协调度的空间格局分析[J]. 经济地理, 2019, 39(4):50-58.

[14]王仁祥, 杨曼. 中国省域科技与金融耦合效率的时空演进[J]. 经济地理, 2018, 38(2):104-112.

[15]张明喜. 我国科技金融生态及其绩效实证研究[J]. 科技进步与对策, 2017, 34(16):14-19.

[16]潘娟, 张玉喜. 政府、企业、金融机构科技金融投入的创新绩效[J]. 科学学研究, 2018, 36(5):831-838, 846.

[17]严焱, 吴光俊. 所有制歧视约束下的中国科技金融效率研究[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(2):28-35.

[18]张芷若, 谷国锋. 科技金融发展对中国经济增长的影响研究——基于空间计量模型的实证检验[J]. 财经理论与实践, 2018, 39(4):112-118.

[19]潘娟, 张玉喜. 中国研发投入科技创新效率的 PP-SFA 分析——基于中国 30 个省域实证研究[J]. 系统工程, 2019, 37(2):12-20.

[20]李俊霞, 温小霓. 中国科技金融资源配置效率与影响因素关系研究[J]. 中国软科学, 2019(1):164-174.

[21]廖继胜, 刘志虹, 郑也夫. 文化制造业的科技金融支持效率及其影响因素研究——基于长江经济带省际面板数据[J]. 江西社会科学, 2019, 39(10):37-49, 254.

[22]童纪新, 曹越美. 我国“一带一路”区域科技金融效率及影响因素研究——基于三阶段 DEA 与 Tobit 模型[J]. 当代经济管理, 2019, 41(6):82-89.

[23]戴志敏, 郑万腾, 杨斌斌. 科技金融效率多尺度视角下的区域差异分析[J]. 科学学研究, 2017, 35(9):1326-1333.

[24]王伟, 孙芳城. 高技术产业三阶段创新效率变动研究——基于内部非期望产出的 SBM 模型与 EBM 模型[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(3):67-71.

-
- [25]张春香. 风险投资对高科技企业技术创新的非线性影响[J]. 软科学, 2019, 33(10):13-19.
- [26]Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operation Research, 2001, 130(3):498-509.
- [27]Lefever D W. Measuring geographic concentration by means of the Standard Deviation Ellipse[J]. American Journal of Sociology, 1926, 32(1):88-94.
- [28]王昭, 谢彦龙, 李同昇, 等. 国家农业科技园区空间布局及影响因素研究[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(9):23-31.
- [29]郭淑芬, 郭金花, 赵国浩. 县域创新水平时空跃迁路径与趋同演化规律分析——基于山西省县级尺度专利数据的证据[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(4):50-57.
- [30]侯孟阳, 姚顺波. 中国城市生态效率测定及其时空动态演变[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(3):13-21.
- [31]刘瑞波, 张茜. 金融集聚、空间溢出与区域经济增长——基于山东省“两圈四区”的经验数据[J]. 经济与管理评论, 2020, 36(4):147-160.
- [32]Hicks J R. A Theory of Economic History[M]. Oxford:Oxford University Press, 1969.
- [33]叶莉, 王亚丽, 孟祥生. 中国科技金融创新支持效率研究——基于企业层面的理论分析与实证检验[J]. 南开经济研究, 2015(6):37-53.
- [34]辜胜阻. 新经济的制度创新与技术创新[M]. 武汉: 武汉出版社, 2001.
- [35]查凯丽, 彭明军, 刘艳芳, 等. 武汉城市圈路网通达性与经济联系时空演变及关联分析[J]. 经济地理, 2017, 37(12):74-81, 210.
- [36]李琳, 刘瑞. 创新要素流动对城市群协同创新的影响——基于长三角城市群与长江中游城市群的实证[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(16):56-63.
- [37]陶晓红, 齐亚伟. 中国区域经济时空演变的加权空间马尔可夫链分析[J]. 中国工业经济, 2013(5):31-43.