

区域科技金融生态系统共生与进化实证研究

刘栾云 张玉喜¹

(哈尔滨工程大学 经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

【摘要】: 基于生态学理论和金融共生理论, 分析区域科技金融生态系统内生态种群共生关系及共生效应, 以2010—2018年中国(内地)31个省域为研究对象, 运用共生度测度模型和融合速度特征的共生进化动量模型, 测度区域科技金融生态系统共生水平与共生进化动量。实证结果表明, 东部地区在考察期内科技金融生态系统的共生度较高, 但其共生进化呈疲软甚至恶化态势。相较而言, 虽然中西部地区在考察期内科技金融生态系统共生度较低, 但其共生进化呈良性上升态势。据此, 提出强化区域科技金融生态系统共生与共生进化动量的对策建议。

【关键词】: 科技金融 生态系统 种群共生

【中图分类号】: F832.46 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-7348(2021)05-0048-11

0 引言

科技金融生态是指通过创新和优化金融体系、业态、产品与服务提升其资源配置能力, 促使科技创新高效转化为物质和精神财富, 同时能够反哺金融业创新发展, 推动金融业优化改革的一种相互促进、相互支撑状态^[1]。“十三五”国家科技创新规划首次以政策文件形式对科技金融生态发展作出要求, 明确提出要形成各类金融工具协同融合的科技金融生态。这意味着科技金融应当由工具向生态转变, 并将科技金融体系视为具有生命体特征的科技金融生态系统, 借鉴自然生态系统运行特点模拟科技金融生态系统运行机理。这对于把握科技金融发展规律, 构建良好科技金融生态, 助力科技创新发展具有重要意义。科技金融生态系统是指科技金融主体间及其与科技金融环境之间通过货币循环和信用流动而形成的相互合作、相互制约, 并在一定时空内处于相对稳定的动态平衡系统^[2-3], 是由包括企业种群、科技金融机构与科技金融市场种群、中介服务机构种群、政府部门种群在内的科技金融生态群落和科技金融生态环境共同构成的统一整体^[4]。其核心功能是实现科技成果转化、发现价值和创造财富, 以及助力科技体制改革和金融体系构建^[1]。在自然生态系统中, 种群之间的共生关系不仅影响种群自身生存与发展, 而且影响群落与生态系统的生存与发展^[4]。同样, 在科技金融生态系统中, 生态种群通过持续联系形成的相互补充、相互促进的共生关系制约生态种群、生态群落和生态系统生存与发展。可见, 科技金融生态系统共生是保障生态种群、生态群落及生态系统良性发展的前提条件, 既是优化和改善科技金融生态的重要抓手, 又是助力科技创新发展的重要路径。基于此, 本文以生物学理论和金融共生理论为基础, 分析科技金融生态系统共生机理, 运用共生度测度模型与共生进化动量模型测量中国科技金融生态系统共生水平和共生进化动量, 为提升科技金融生态系统共生水平, 促进科技金融生态系统发展, 优化科技金融生态, 助推科技创新发展提供理论支撑和决策参考。

1 文献回顾

2015年10月, 科技金融生态年度观察课题组在“浦江创新论坛”上首推科技金融生态圈理念, 强调用生物学方法考察科技金融发展问题, 这为科技金融研究提供了新的科学视角, 引起学者们广泛关注。部分学者以科技金融生态系统为研究对象, 基于生态

¹**作者简介:** 刘栾云(1993-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 哈尔滨工程大学经济管理学院博士研究生, 研究方向为科技金融与科技创新; 张玉喜(1963-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 哈尔滨工程大学经济管理学院教授、博士生导师, 研究方向为科技金融与科技创新。

基金项目: 国家社会科学基金项目(16BGL043)

系统理论构建科技金融生态系统评价指标体系,探讨优化科技金融生态系统,促进科技金融生态系统功能有效发挥的方法和途径。例如,张玉喜^[5]将科技金融生态系统划分为科技金融生态群落子系统和科技金融生态环境子系统,并从静态和动态两个角度对区域科技金融生态系统发展状况进行测评;白玉娟^[6]对比生态系统和科技金融生态系统构成要素,从生产者、消费者、分解者和无机环境等方面构建科技金融生态系统架构,并对其发展状况进行评价分析。随着研究的深入,部分学者发现,良好的外部支撑环境有助于科技金融主体有序运行和科技金融生态系统功能发挥,因而开始关注科技金融生态环境状况及其对科技创新的作用。例如,胡磊鑫^[7]在分析湖南省科技金融生态环境发展现状的基础上,从科技因素、金融因素、政府行为、法制环境和可持续发展 5 个维度对科技金融生态环境进行评价,并对完善科技金融生态环境提出对策建议;郭景先^[8]研究发现,科技保险深度、知识产权保护力度提升和中介服务机构发展有利于企业科技创新活动开展;汤子隆^[9]利用空间面板计量模型研究发现,科技金融生态环境能够促进本地科技金融产出,也可以通过空间溢出效应促进其它地区科技金融产出。科技金融生态系统功能的有效发挥不仅受到科技金融生态环境发展状况的影响,还受到科技金融生态种群之间作用关系的影响。基于此,部分学者尝试对科技金融生态种群作用关系进行研究。例如,王玉珍^[10]借助 Lotka Volterra 模型分析科技创新与金融支持之间的生态关系,发现二者存在相互促进作用;张华^[11]认为,科技金融创新生态系统中各种群通过协同创新获取创新收益,创新收益合理分配有利于生态种群创新合作的稳定性,以及科技金融创新生态系统协同创新机制形成;张忠寿^[12]指出,企业种群和金融机构种群之间的科技创新成果分配事关科技金融生态系统稳定,并运用委托代理模型和 Sharply 值理论研究生态种群协同创新利益分配机制。

梳理已有文献可知,生态学视域下科技金融研究尚处于起步阶段,现有文献主要围绕科技金融生态系统评价、科技金融生态环境对科技创新作用效果及科技金融生态种群间的协同进化和利益分配展开研究。在科技金融生态种群关系研究中,现有文献主要关注生态种群在协同创新过程中的利益分配问题,尚未从共生角度探讨生态种群之间的关系,难以全面揭示科技金融生态系统内部种群关系。中国科技金融生态系统共生水平评价文献鲜见,基于生态系统共生动态进化速度变化特征考察生态系统共生进化动量的研究更是鲜见,而且传统模型存在难以反映进化速度状态和进化速度趋势等缺陷。已有研究大多着眼于宏观层面,从区域层面进行分析的文献较少,研究结论缺乏针对性,难以对不同区域提供精准政策指导。

基于此,本文以生物学理论和金融共生理论为基础,分析科技金融生态系统共生关系和共生效应,并结合生态种群特点进行生态种群指标选取,运用共生度测度模型和共生进化动量模型,对中国各省域科技金融生态系统共生水平和共生进化动量进行实证研究。最后,提出区域科技金融生态系统优化对策建议。

对比以往研究,本文贡献在于:第一,从共生视角考察科技金融生态系统内部种群关系,在一定程度上丰富和完善科技金融生态系统理论体系,为推动科技金融生态系统发展,优化科技金融生态提供理论指导和决策依据;第二,测量科技金融生态系统共生度和共生进化动量,探索科技金融生态系统静态和动态共生进化规律,有助于充分了解我国科技金融生态系统共生发展状况,为科技金融政策制定提供参考;第三,从区域层面对科技金融生态系统共生进行分析和研究,有利于政府部门根据区域特点制定精准政策,从而提高政策的有效性和可行性。

2 理论分析

2.1 区域科技金融生态系统共生理论

2.1.1 区域科技金融生态系统共生的基本内涵

科技金融生态系统是一种生态学隐喻框架,遵循自组织演化,随着生态种群关系不断发展,技术、资金、信息和政策资源在生态种群之间频繁流动,生态种群之间开始显现类似生物学的共生特征^[13-14],产生共生效应,其理论模型如图 1 所示。

(1) 企业种群与科技金融机构、科技金融市场种群之间的共生关系。首先,科技金融机构和科技金融市场种群能够为企业种群提供直接与间接融资,满足其在技术开发、成果转化、高技术产业化过程中呈指数级增长的融资需求,缓解其融资压力。同时,

科技金融机构和科技金融市场种群提供的科技保险产品能够在时空上分散创新风险,提升企业种群抗风险能力,增强其从事创新活动的意愿^[15]。其次,以通讯技术和数据处理技术为代表的技术进步加速了金融现代化进程,提高了科技金融机构与科技金融市场种群金融数据处理速度和准确性,扩大了其运行空间和资本规模^[16]。

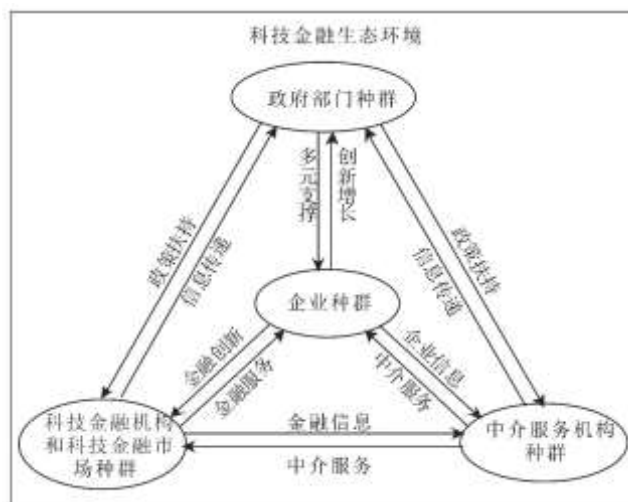


图1 共生理论模型

(2) 企业种群与中介服务机构种群之间的共生关系。首先,中介服务机构种群自主或受邀对企业种群的经营、财务和信用状况等进行考察,并以独立立场、客观态度、科学方法和严格程序出具书面报告,向市场主体披露企业种群资信状况,加强企业种群与科技金融机构及科技金融市场种群之间的信息流通,提升企业种群融资效率。其次,中介服务机构种群对获取的企业信息进行整理和汇总,通过优化科学评估流程提升专业判断准确性,从而提升自身业务能力(王勇、冯力,2016)。

(3) 企业种群与政府部门种群之间的共生关系。首先,政府部门种群向企业种群发放研发补贴,既有助于降低企业种群的创新风险和成本,又能够通过信号传递机制帮助企业种群争取更多的资本^[17];政府部门种群向科技中介服务机构提供政策支撑,能够扩大科技中介机构规模,提升其科技咨询、技术转移等专业化服务供给质量,从而降低企业种群在外部搜索过程中的资源和时间耗费,提升企业种群的创新绩效^[18];政府部门种群加强知识产权保护,一方面能够降低企业种群的研发溢出损失,激励其加大研发投入,另一方面能够通过提升外部投资者的预期收益,强化其投资意愿,从而缓解企业种群融资压力^[19]。其次,企业种群是创新驱动发展战略的重要实施者,也是创新型国家建设的主力军。企业种群创新活动能够通过优化产业结构促进经济总量和税收提升,使财政资金通过税收形式实现回流,保障政府政策供给的稳定性和可持续性^[20]。

(4) 科技金融机构、科技金融市场种群与中介服务机构种群之间的共生关系。首先,中介服务机构种群为科技金融机构和科技金融市场种群提供企业资信信息,帮助其筛选合格的投资对象,降低其筛选成本,提升其风险防控能力和运行效率。其次,二者之间的信息交流有助于中介服务机构种群进行数据积累,进而形成信息仓库,提升科技金融供需双方匹配速度,从而提升自身运行效率。

(5) 科技金融机构、科技金融市场种群与政府部门种群之间的共生关系。首先,由政府部门种群提供的包括政策性贷款、创业风险投资引导基金、科技保险保费补贴等在内的政策性金融服务,能够有效降低科技金融机构和科技金融市场种群的投资风险,提升其投资收益^[21]。政府部门种群有助于规范相关市场主体行为,推动科技金融机构和科技金融市场种群健康发展。其次,科技金融机构和科技金融市场种群通过对企业创新活动的事前考察与过程监督,能够改善公共资源因缺乏激励和约束机制引致的资源配置效率低下问题,从而提升公共资源使用效率^[22]。

(6) 中介服务机构种群和政府部门种群之间的共生关系。首先, 政府部门种群出资设立政策性担保机构, 为商业性与互助性担保机构提供担保费补贴, 有助于降低担保机构的担保风险, 增强其为企业种群提供担保服务的意愿, 扩大担保业务规模。其次, 中介服务机构种群依据自身信息优势, 将企业种群与科技金融机构和科技金融市场种群的政策支撑需求传递给政府部门种群, 为科技金融发展政策制定提供信息支持, 从而提升政策的精准性。

在科技金融生态系统中, 生态种群通过技术、资金、信息和政策资源流动, 形成相互合作、优势互补、彼此依赖的共生关系, 激发科技金融生态系统的共生效应。此外, 共生效应的良性发挥不仅取决于两两生态种群间的相互作用, 更取决于四大生态种群全面互动带来的整体效能。

2.1.2 区域科技金融生态系统共生效应

科技金融生态系统共生有助于促进科技金融生态系统进化。首先, 科技金融生态系统共生通过促进生态种群分工, 弥补生态种群的功能性缺陷, 从而推动科技金融生态系统进化。企业种群具有技术优势, 科技金融机构和科技金融市场种群具有资金优势, 中介服务机构种群具有信息优势, 政府部门种群具有政策优势, 四者通过分工合作共享优势资源, 形成功能互补、协调共生的局面。生态种群在相互协作、互动协调过程中, 不仅能够更好地利用共生伙伴的优势资源创造更多价值, 提升自身发展水平, 还能够实现科技金融生态系统资源配置效率提升, 从而促进科技金融生态系统向更高层次进化。其次, 科技金融生态系统共生通过促进科技金融资源的互动和交流, 促进科技金融生态系统进化。在共生合作中, 四大生态种群之间广泛进行着技术、资金、信息、政策资源互动和交流。科技金融资源的频繁互动和交流有助于优化科技金融资源配置, 提升科技金融资源使用效率, 从而使科技金融生态系统向更高阶状态进化。再次, 科技金融生态系统共生通过促进科技金融生态系统形成新的结构, 助力科技金融生态系统进化。4 个生态种群之间通过相互作用、相互协调和相互影响, 使科技金融生态系统形成单个生态种群不存在的新质结构和特征, 即科技金融生态系统整体功能大于各独立生态种群功能的简单加总。可见, 四大生态种群间的相互合作和相互推动, 促进了科技金融生态系统进化^[23]。

2.2 区域科技金融生态系统共生指标选取与数据来源

本文基于以上科技金融生态系统共生理论分析, 结合生态种群内涵、特征、构成及功能, 遵循指标构建科学性、代表性、可获得性和易操作性原则, 确定科技金融生态系统中各生态种群的序参量分量。

(1) 企业种群。企业种群是科技金融生态系统中特殊的生态种群, 既是科技金融资源的需求方, 也是科技金融资源的供给方。企业种群在科技创新过程中需要科技金融资源支持, 其科技金融资源获取能力在一定程度上取决于企业研发投入。同时, 企业种群通过较高的研发投入, 以技术变革驱动科技金融服务创新, 提升科技金融服务效率。本文借鉴张玉喜^[5]的研究方法, 选取企业 R&D 经费内部支出作为企业种群序参量分量。

(2) 科技金融机构和科技金融市场种群。科技金融机构和科技金融市场种群是科技金融资源的主要供给者, 包括提供权益融资的创业风险投资机构和科技资本市场、提供债务融资的科技贷款机构, 以及提供风险管理服务的科技保险机构。创业风险投资机构能够将具有高风险承受能力的闲散资金聚集, 在集中管理和风险控制的前提下, 将资金投向企业种群的创新项目, 本文选取创业风险投资总额作为科技金融机构和科技金融市场种群序参量分量^[5]。科技资本市场是权益性融资的关键渠道, 能够为不同类型、规模、发展阶段企业提供较低成本的权益性资金, 为企业种群在短时间内实现规模扩张创造机会。本文选取科技资本市场筹资总额(首发、增发、配股、优先股、可转债、可交换债)作为科技金融机构和科技金融市场种群序参量分量^[24]。科技贷款机构是专门为企业种群提供职能性和专业性融资服务的金融机构, 是企业种群开展科技创新活动最主要的融资途径, 本文选取银行年末贷款余额作为科技金融机构和科技金融市场种群序参量分量^[25]。科技保险机构是指为规避科技创新活动过程中因外部不确定性造成的研发失败、财产损失、人身伤害、民事赔偿等风险而设立的特殊保险机构, 其能够为科技创新提供专业化保障, 本文选取保险密度作为科技金融机构和科技金融市场种群序参量分量^[8]。

(3) 中介服务机构种群。中介服务机构种群是生态种群相互联系的纽带,在降低信息不对称方面起重要作用,主要包括担保机构、律师事务所、会计师事务所、信用评级机构、资产评估机构等。担保机构能够通过主动承担和分散企业风险,降低科技金融资源供给者的违约风险;律师事务所能够为企业种群获取权益性融资提供专业化支持;会计师事务所能够通过出具权威性审计报告,为科技金融资源供给者甄别、筛选优质企业提供依据;信用评级机构采用定性与定量相结合的方法,运用科学、准确、稳定的信用评价模型,充分揭示企业种群的技术风险和经营风险,为科技金融资源供给者提供参考依据;资产评估机构主要对企业种群的专利、技术等无形资产进行专业化价值评估,向科技金融资源供给者揭示企业种群的能力和价值。基于指标选取可获得性,本文选取律师事务所服务上市公司家数和资产评估机构服务上市公司家数作为中介服务机构种群序参量分量。由于缺乏担保机构、会计师事务所、信用评级机构相关权威统计数据,本文对其暂不考虑。

(4) 政府部门种群。政府部门种群是重要的科技金融资源供给方,能够为科技创新活动提供研发补贴、政策性金融支持、中介服务、法律制度优化服务等。政府部门种群为企业种群提供研发补贴,以弥补由科技创新活动外溢性带来的私人收益和社会收益之间的差距,缓解其融资压力,本文选取科技财政支出作为政府部门种群序参量分量^[26]。政府部门种群提供的政策性金融贷款,一方面能够为特定产业提供中长期低息贷款,降低其融资压力,另一方面能够引导科技金融机构与科技金融市场种群的投资规模和资金流向,为创新活动提供融资支持^[27]。理论上,应当选取政策性银行年末贷款余额作为政府部门种群序参量,但由于政策性银行相关统计数据不完整,基于数据可获得性,本文选取政策性银行资产总额作为政府部门种群序参量分量。政策性银行信贷发放数量在一定程度上取决于自身资产总额,因而该序参量选取具有一定的合理性。政府部门种群设有生产力促进中心,为企业种群提供技术咨询、信息咨询及中介等服务,以促进知识、信息和资源流动,本文选取生产力促进中心政府投入总额作为政府部门种群序参量分量^[28]。政府部门种群通过加强知识产权管理,防止技术被模仿和无限制扩散,激活企业种群创新活力,本文选取专利执法结案案件数作为政府部门种群序参量分量^[29]。

关于原始数据来源,本文在考虑数据可得性、时效性和权威性的基础上,从《中国知识产权年鉴》《中国火炬统计年鉴》,以及万得数据库、清科数据库和中国国家统计局得到 2011—2018 年中国(内地)31 个省(市)的原始数据。

3 模型构建

3.1 区域科技金融生态系统共生度测度模型

协同学是研究系统通过内部子系统间的协同作用,从无序到有序、低级到高级结构转变的机理和规律的学科^[30],其思想与共生关系的现象和本质在理论上具有内在关联。因此,本文基于协同理论中的序参量和役使原理^[31-32],借鉴李晓娣等^[28]提出的创新生态系统共生度测度模型,构建我国区域科技金融生态系统共生度测度模型,具体操作流程如下:

首先,设各生态种群的序参量为 $X=\{x_{ij} | (i=1, 2, \dots, k; j=1, 2, \dots, n)\}$, 其中 x_{ij} 表示第 i 个生态种群的第 j 个序参量分量,在均为正向指标的情况下,生态种群序参量分量有序度为:

$$d_{ij}(x_{ij}) = \frac{x_{ij} - \beta_{ij}}{\alpha_{ij} - \beta_{ij}} \quad (1)$$

其中, $\beta_{ij} \leq x_{ij} \leq \alpha_{ij}$, α_{ij} 、 β_{ij} 分别表示第 i 个生态种群第 j 个序参量分量的上限和下限,可根据需要分别设定为原有序参量分量数值的倍数。借鉴杨早立^[29]的研究方法, α_{ij} 、 β_{ij} 分别取各个序参量分量标准化数据在考察期内最大值和最小值的 110%。 $d_{ij}(x_{ij}) \in [0, 1]$, 该值与其对生态种群有序度贡献成正比。

其次,运用几何加权法对生态种群序参量分量有序度进行集成,得到生态种群序参量有序度,其计算方法为:

$$d_i(x_i) = \prod_{j=1}^n d_{ij}(x_{ij})^{\mu_{ij}}, \mu_{ij} \geq 0, \sum_{j=1}^n \mu_{ij} = 1 \quad (2)$$

其中, $d_i(x_i)$ 为生态种群 i 的序参量有序度, μ_{ij} 为生态种群序参量分量的权重。本文依据相关系数法计算权重系数, 具体操作步骤如下:

第一, 设生态种群序参量分量个数为 n , 则其对应的相关系数矩阵为:

$$C = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

第二, 计算生态种群第 i 个序参量分量对其它序参量分量的总影响。 C_i 越大, 第 i 个序参量分量越重要, 故应赋予较大权重。

$$C_i = \sum_{j=1}^n |a_{ij}| - 1, i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

第三, 归一化处理。 C_i 归一化后即可得到生态种群序参量分量权重。

$$\lambda = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

最后, 以各生态种群序参量有序度为基础, 通过几何加权集成, 测算区域科技金融生态系统共生水平, 计算公式如下:

$$Sym = \prod_{i=1}^k d_i(x_i)^{\mu_i}, \mu_i \geq 0, \sum_{i=1}^k \mu_i = 1 \quad (6)$$

其中, Sym 为区域科技金融生态系统共生度, μ_i 为生态种群序参量权重(仍依据相关系数法计算而得)。 Sym 越大, 生态种群之间的共生水平越高, 反之亦然。

3.2 融合速度特征的区域科技金融生态系统共生进化动量模型

区域科技金融生态系统共生度是根据同时期各生态种群序参量有序度横向集成而来, 其结果仅展示出不同时期科技金融生态系统的静态共生水平与进化规律。进化动量可用于测度研究对象现实位置距离最优标准的提升程度和空间, 利用进化动量可以测度区域科技金融生态系统共生态进化规律。传统进化动量模型未将动态进化速度特征考虑在内, 测度结果无法展示出不同时期与某段时期内共生进化的内在质量和综合效率^[29]。因此, 本文克服传统进化动量模型难以反映进化质量的弊端, 充分考虑不同时期生态系统共生动态进化速度特征, 基于信息集结思想并融合进化速度状态和进化速度趋势两类动态进化速度特征, 构建区域科技金融生态系统共生进化动量模型, 测度一定时期内科技金融生态系统共生进化状况, 揭示该时期生态系统共生进化的内在质量和综合效率, 具体操作流程如下:

设 p 个区域 $Q=(Q_1, Q_2, \dots, Q_p)$ 在 $h+1$ 个时期 $t=(t_1, t_2, \dots, t_{h+1})$ 内, 由科技金融生态系统共生度测度结果形成的时序信息矩阵为:

$$S = [s_{ik}]_{p \times (h+1)} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1(h+1)} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2(h+1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{p1} & s_{p2} & \dots & s_{p(h+1)} \end{bmatrix} \quad (7)$$

同时, 设区域 Q_i 在 $[t_k, t_{k+1}]$ 时间区间内科技金融生态系统共生进化速度为 v_{ik} , 则生态系统共生进化速度信息矩阵为:

$$V = [v_{ik}]_{p \times h} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1h} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2h} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{p1} & v_{p2} & \dots & v_{ph} \end{bmatrix} \quad (8)$$

其中, $v_{ik} = \frac{s_{ik+1} - s_{ik}}{t_{k+1} - t_k}$ 。当 $v_{ik} > 0$ 时, 该时间段内区域 Q_i 的科技金融生态系统共生进化呈增长趋势; 当 $v_{ik} < 0$ 时, 该时间段内区域 Q_i 的科技金融生态系统共生进化呈下降趋势; 当 $v_{ik} = 0$ 时, 该时间段内区域 Q_i 的科技金融生态系统共生进化呈稳定趋势。

假设任意时间段内, 区域科技金融生态系统共生进化速度为匀速, 则 $t_k v_{ik} v_{ik+1} t_{k+1}$ 与时间轴 t 轴所围成的面积即为区域 Q_i 在 $[t_k, t_{k+1}]$ 时间区间内科技金融生态系统共生进化速度状态值, 其计算公式可用定积分形式表示:

$$Q_i^v(t_k, t_{k+1}) = \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left[v_{ik} + (t - t_k) \times \frac{v_{ik+1} - v_{ik}}{t_{k+1} - t_k} \right] dt \quad (9)$$

上式体现了区域 Q_i 在 $[t_k, t_{k+1}]$ 时间区间内科技金融生态系统共生进化速度状态这一速度特征。

根据式(8)可得区域 Q_i 分别在第 k 和第 $k+1$ 时刻科技金融生态系统共生进化的速度值, 因而设:

$$\mu_{ik} = \begin{cases} 0, t_{k+1} = 1 \\ \frac{v_{ik+1} - v_{ik}}{t_{k+1} - t_k}, t_{k+1} > 1 \end{cases} \quad (10)$$

其中, μ_{ik} 是在 $[t_k, t_{k+1}]$ 时间区间内区域 Q_i 科技金融系统共生进化速度线性增长率。设 ξ 是关于 μ_{ik} 的函数, 进而构建区域科技金融生态系统共生进化速度趋势这一速度特征模型如下:

$$\xi(\mu_{ik}) = \frac{\epsilon}{1 + e^{-\mu_{ik}}} \quad (11)$$

其中, $\xi(\mu_{ik})$ 是单调递增函数, 其值受 μ_{ik} 的影响。当 $\mu_{ik} \rightarrow -\infty$ 时, $\xi(\mu_{ik}) \rightarrow 0$; 当 $\mu_{ik} \rightarrow +\infty$ 时, $\xi(\mu_{ik}) \rightarrow \varepsilon$ 。函数 $\xi(\mu_{ik})$ 具有一个拐点, 在拐点左侧, $\xi(\mu_{ik})$ 的增速呈现加速趋势; 在拐点右侧, $\xi(\mu_{ik})$ 的增速呈现减速趋势。因此, 可根据函数 $\xi(\mu_{ik})$ 进行速度激励或速度惩罚的修正。此外, 根据特征值法求解 $\xi(\mu_{ik})$ 中参数 ε , 设当 $\mu_{ik}=0$ 时, $\xi(\mu_{ik})=1$, 则 $\varepsilon=2$ 。

基于式(9)–(11), 本文根据生态系统共生进化速度趋势对进化速度状态进行修正。当 $\mu_{ik}=0$ 时, $\xi(\mu_{ik})=1$, 对进化速度状态乘以 1, 表示对无进化速度趋势的进化速度状态不作任何修正; 当 $\mu_{ik}>0$ 时, $\xi(\mu_{ik})>1$, 对进化速度状态乘以大于 1 的系数, 表示对递增进化速度趋势的进化速度状态作出激励修正; 当 $\mu_{ik}<0$ 时, $\xi(\mu_{ik})<1$, 对进化速度状态乘以小于 1 的系数, 表示对递减进化速度趋势的进化速度状态作出惩罚修正。

根据科技金融生态系统共生进化速度状态修正结果, 借鉴牛顿第二定律 $\Sigma F = \kappa ma$, 可得区域 Q_i 在 $[t_k, t_{k+1}]$ 时间区间内融合进化速度状态和进化速度趋势两种速度特征的区域科技金融生态系统共生进化动量模型。

$$Y_{it} = \kappa \times Q_i^*(t_k, t_{k+1}) \times \xi(\mu_{ik}) \quad (12)$$

其中, Y_{it} 对应牛顿第二定律中 F , 进化速度状态对应质量 m , 进化速度趋势对应加速度 a , 系数 κ 设定为 1。进化速度状态和进化速度趋势两种速度特征共同决定区域 Q_i 在 $[t_k, t_{k+1}]$ 区间内科技金融生态系统共生进化状况。进一步基于信息集结理论, 通过加权平均方法, 可得区域 Q_i 在 $[t_1, t_n]$ 跨时间区间内科技金融生态系统共生整体进化动量如下:

$$Y_i = \frac{1}{h-1} \left[\sum_{k=1}^{h-1} Q_i^*(t_k, t_{k+1}) \times \xi(\mu_{ik}) \right] \quad (13)$$

其中, 当 $Y_i > 0$ 时, 意味着区域 Q_i 在 $[t_1, t_n]$ 时段内科技金融生态系统共生进化整体呈现良性上升趋势; 当 $Y_i < 0$ 时, 意味着生态系统共生进化整体呈现恶化下降趋势; 当 $Y_i = 0$ 时, 意味着生态系统共生进化整体呈现一般平稳趋势。

4 实证分析

4.1 区域科技金融生态系统共生度分析

在确定各区域生态种群序参量和相应原始数据后, 使用 Zscore 函数对原始数据进行标准化处理, 以消除不同量纲对测算结果的影响。根据式(1)–(6)计算可得 2010—2018 年中国(内地)31 个省市科技金融生态系统共生度值。同时, 根据数据绘制图 2, 以便直观地观察各地区在考察期内科技金融生态系统共生水平静态变化规律。

从全国范围看, 具体数值显示, 中国科技金融生态系统共生水平整体较低, 不利于科技金融生态系统发展、科技金融生态优化, 以及科技创新发展。从图 2 可以看出, 中国科技金融生态系统共生水平整体具有东高西低的特点, 这与我国区域经济发展水平和区域产业结构特点相吻合。

从区域层面看, 首先, 东部地区历年科技金融生态系统共生度均值高于全国平均水平。其中, 北京科技金融生态系统共生水平遥遥领先, 历年共生度值位列第一, 广东、江苏、上海等地区生态系统共生水平较高, 历年共生度值位于 0.26 以上。这表明东部地区科技金融生态系统共生水平居全国领先地位, 科技金融生态系统发展水平较高, 科技金融生态良好, 对科技创新的支持作用较强。可能原因在于: 区域科技金融生态系统共生水平提升需要各生态种群间的密切配合, 东部地区地理条件优越, 经济基础雄厚, 金融市场成熟, 创新主体更具活力。其作为改革开放的先行区域, 获得极大政策支持, 各生态种群发展状况处于全国前列, 因而该地区科技金融生态系统发展更加健康, 生态种群共生效应得以凸显。

其次,中西部地区历年科技金融生态系统共生度值均低于全国平均水平,且中部地区略优于西部地区。其中,湖北、安徽、四川等地区生态系统共生水平较高,历年共生度值位于 0.1 以上,而西藏、青海、宁夏等地区生态系统共生水平偏低,历年共生度值位于 0.05 以下。这表明中西部地区科技金融生态系统共生水平较低,科技金融生态系统发展水平较低,科技金融生态相对恶劣,对科技创新的支撑作用有限。可能原因在于:中西部地区在地理区位上具有一定劣势,经济发展水平落后,金融市场尚不成熟,政策支持力度不够,创新主体活力不足,对创新人才的吸引力不强,从而导致个别生态种群发展滞后,甚至生态种群整体发展滞后,严重阻碍了区域科技金融生态系统共生式发展。

第三,通过计算变异系数进一步考察东中西部地区之间的差异,根据计算结果可知,2010 年我国区域科技金融生态系统共生度的变异系数为 0.5707,逐渐升至 2012 年的 0.6084,后又逐渐降至 2018 年的 0.5291,说明中国区域科技金融生态系统共生水平地区差异呈缩小态势,但缩小幅度不大,仍需深入实施区域协调发展战略。

4.2 区域科技金融生态系统共生进化动量分析

区域科技金融生态系统共生度反映的只是各地区科技金融生态系统在不同时间截面的共生水平,无法反映我国科技金融生态系统共生水平动态进化趋势。因此,本文运用共生进化动量模型计算我国区域科技金融生态系统共生进化动量,从动态角度揭示我国科技金融生态系统共生发展水平和进化规律。首先,根据式(8)和式(9)计算得出中国区域科技金融生态系统共生进化速度状态。结果显示,考察期内中国(内地)31 个省市科技金融生态系统共生进化速度状态有正负两种情况,当进化速度状态为正时,意味着区域科技金融生态系统共生水平提升,科技金融生态系统朝着良性方向发展,科技金融生态得到优化;当进化速度状态为负时,意味着区域科技金融生态系统共生水平降低,科技金融生态系统朝着衰退方向发展,科技金融生态恶化。其次,根据式(10)和式(11)计算得出中国区域科技金融生态共生进化速度趋势。可以看出,考察期内中国 31 个省市科技金融生态系统共生进化速度趋势有上升和下降两种情况,当进化速度趋势大于 1 时,意味着区域科技金融生态系统共生进化速度呈上升趋势;当进化速度趋势小于 1 时,意味着区域科技金融生态系统共生进化速度呈下降趋势。最后,根据式(12)和式(13)计算得出中国区域科技金融生态系统共生进化动量值。结果显示,北京、辽宁、上海、江苏、福建、山东、山西、安徽、河南和新疆等地区科技金融生态系统共生进化动量值为负,意味着考察期内上述区域企业种群、科技金融机构和科技金融市场种群、中介服务机构种群和政府部门种群间共生进化呈恶化下降态势。其余地区科技金融生态系统共生进化动量值为正,但地区间存在较大差异,相较而言,广东、湖北、陕西、浙江、江西等地区共生进化动量值较高,意味着该类地区生态种群间共生进化呈良性上升态势;天津、湖南、内蒙古等地区共生进化动量值较低,意味着该类地区生态种群间共生进化呈疲软态势。从区域层面看,东部地区共生进化态势较差,过半地区共生进化动量值为负,仅少部分地区共生进化呈良性上升态势;中西部地区共生进化态势较好,绝大多数地区共生进化动量值为正,且发展态势良好。

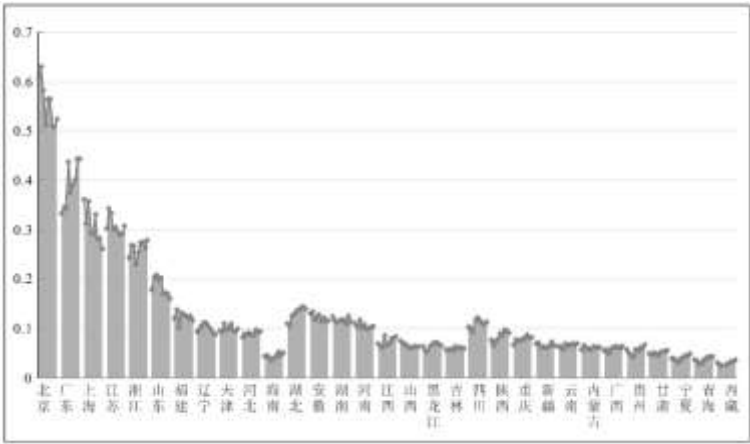


图 2 科技金融生态系统共生水平

注:按东中西地区顺序,并按科技金融生态系统共生度均值由大到小顺序排列

中区域科技金融生态系统共生度均值与中区域科技金融生态系统共生进化动量值进行对比,并生成象限图(见图 3)。其中,横向数值为区域科技金融生态系统共生度值,纵向数值为区域科技金融生态系统共生进化动量值,两条直线分别为共生度值和共生进化动量值的均值线。从图 3 可以看出,两条均值线将 31 个省域划分为 4 类地区。第 I 类地区包括浙江、广东和湖北,该类区域共生度和共生进化动量位于均值之上,科技金融生态系统共生水平较高且共生进化动量较大,即在上述区域科技金融生态系统运行过程中,企业、科技金融机构和市场、中介服务机构和政府部门种群间共生式发展情况较好,共生良性进化势头较强;第 II 类地区包括天津、河北、海南、吉林、黑龙江、江西、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海和宁夏,该类区域共生度位于均值之下,而共生进化动量位于均值之上,生态系统共生水平较低,共生进化动量较大,即该类区域生态种群间共生式发展情况较差,但共生良性进化势头较为强劲;第 III 类地区包括辽宁、福建、山西、安徽、河南、湖南、内蒙古和新疆,该类区域共生度和共生进化动量位于均值之下,生态系统共生水平较低,共生进化动量为负值或为极小正值,即以上地区生态种群间共生式发展情况较差,且共生进化或呈恶性进化态势或呈疲软态势;第 IV 类地区包括北京、上海、江苏和山东,该类区域共生度位于均值之上,而共生进化动量位于均值之下,生态系统共生水平较高,共生进化动量为负,即上述地区生态种群间共生式发展情况较好,但共生进化呈恶化下降趋势。

从区域层面看,东部地区科技金融生态系统共生水平整体较高,但其共生进化动量较小,大部分省域共生进化动量为负,共生进化呈疲软态势,甚至呈恶化下降态势。相较而言,中西部地区科技金融生态系统共生水平整体偏低,但其共生进化动量普遍较大,绝大部分省域共生进化动量为正,上升势头较为强劲,说明中国区域科技金融生态系统共生发展呈现逆马太效应。也就是说,生态系统共生水平较高的地区,其共生进化上升势头趋缓甚至下降,而生态系统共生水平较低的地区,其共生进化上升势头强劲。同时,这进一步说明中国区域科技金融生态系统共生发展地区差异呈缩小趋势。

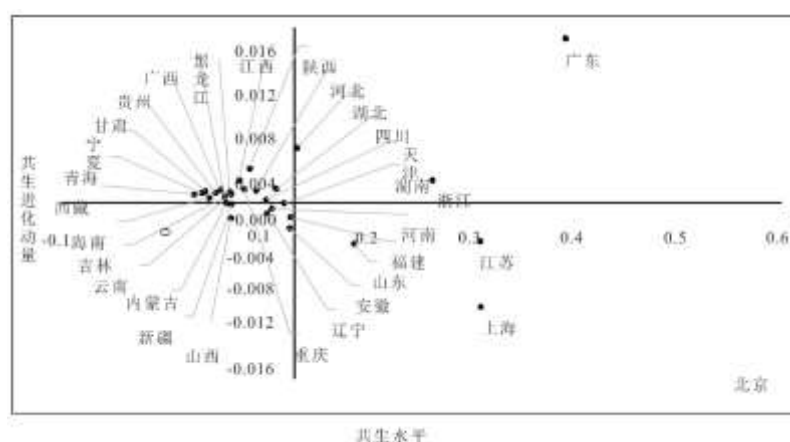


图 3 科技金融生态系统共生水平与共生进化动量联合对比情况

以上现象出现的原因可能是:就东部地区而言,其占据有利的地理位置,经济基础雄厚,拥有充裕的创新资源,对高精尖企业和创新型人才具有巨大的吸引力,是创新企业集聚地,研发经费投入较高,创新能力较强。该地区金融业发达,金融主体行为规范,吸纳了大量闲散资金,科技资本市场、创业风险投资机构和科技银行拥有较为庞大的资金池。科技金融相关配套服务机构相对完善,律师事务所、资产评估机构等中介服务机构发展较快,服务专业化水平较高。作为改革开放领头羊的东部地区在资金支持、中介服务供给、法律制度优化等方面获得了极大的政策支撑。由此,东部地区企业种群、科技金融机构和科技金融市场种群、中介服务机构种群和政府部门种群的发展水平保持在较高位势,同时,生态种群发展水平的高位势可以保证区域科技金融生态系统较高的共生水平,而趋于饱和的高基数产生了低增长。就中西部地区而言,其地理位置不占优势,经济发展水平较低,创新资源匮乏,对高精尖企业和创新型人才的吸引力不足,企业创新能力较弱,创新发展相对滞后。该地区金融业尚不完善,金融资本规模较

小,同时科技金融相关配套服务措施不完善,中介服务机构发展较为滞后。受东部地区的影响,政府部门对该地区的政策扶持力度较弱,导致中西部地区个别生态种群发展滞后和生态种群整体发展水平较低,从而致使科技金融生态系统共生水平较低,共生效应难以发挥。近年来,随着中部地区崛起、西部大开发等区域协调发展战略深入实施,我国对中西部地区给予适当的政策引导和政策倾斜,加强区域间资源流动和经验交流,有效推动各生态种群发展,进而促进生态系统共生式发展,使其呈现显著增长趋势,进而表现为较为强劲的上升势头。

5 结语

5.1 结论

本文基于区域科技金融生态系统共生理论,运用共生度测度模型和融合速度特征的共生进化动量模型,对2010—2018年中国(内地)31个省域科技金融生态系统共生水平与共生进化动量进行测度,得出如下结论:

(1)全国范围内,中国科技金融生态系统共生水平整体偏低,这不利于科技金融生态系统发展、科技金融生态优化及科技创新发展。

(2)共生度测度结果显示,东部地区科技金融生态系统共生水平处于全国领先地位,科技金融生态系统发展水平较高,科技金融生态良好,对科技创新的支持作用较强;中西部地区科技金融生态系统共生水平较低,科技金融生态系统发展水平较低,科技金融生态相对恶劣,对科技创新的支撑作用有限;东中西部地区差异呈缩小态势,但缩小幅度有限。

(3)共生进化动量测度结果显示,东部地区共生进化态势较差,过半地区共生进化动量值为负,仅少部分地区共生进化呈良性上升态势;中西部地区共生进化态势较好,绝大多数地区共生进化动量值为正,且良性发展势头较强。

(4)共生度和共生进化动量对比结果显示,中国区域科技金融生态系统共生发展呈现逆马太效应,即共生水平较高的地区,其共生进化上升势头趋缓甚至下降,而共生水平较低的地区,其共生进化上升势头强劲。

5.2 建议

(1)注重科技金融生态系统共生效应,兼顾各生态种群发展步调,避免短板效应对生态系统共生的负向影响。科技金融生态系统共生效应的良性发挥是四大生态种群整体互动,共生共存的结果。因此,应注重生态种群均衡发展,规避因个别生态种群发展滞后而对生态系统共生的不利影响。具体而言,企业种群应重视高端创新型人才继续教育,对高端创新型人才既重使用又重培养,提升其科研水平,提高企业研发能力;应拓宽创业风险投资的资金来源途径,加快多层次科技资本市场建设,创新科技贷款产品,提升科技金融机构和科技金融市场种群融资服务供给能力,鼓励研发科技保险新险种,建立能够分散和化解各阶段创新活动创新风险的科技保险体系;进一步完善科技金融相关法律法规,构建完整的科技金融法律制度框架,依法规范市场主体行为,为科技金融发展提供有力保障;应加快中介服务机构种群发展,建立从业人员准入门槛制度,确保从业人员具备良好的专业素养,同时重视对从业人员的后续培养,不断提升从业人员专业化中介服务供给质量;政府部门种群应加大对企业创新活动的财政补贴,降低企业研发风险,缓解企业融资压力,刺激企业创新;提升政策性金融支持力度,分散科技金融机构和科技金融市场种群的投资风险,鼓励其为企业种群提供充分的金融支持;积极构建政策性担保体系,加大对担保机构的扶持力度,鼓励其适当提高担保风险容忍度,充分发挥其在缓解企业种群融资压力方面的重要作用;修订和完善知识产权保护法,杜绝知识产权假冒行为和侵权行为,维护企业种群的创新利得,提升企业种群创新意愿。

(2)进一步改变科技金融生态系统共生在空间上的不平衡发展格局,实现区域科技金融生态系统均衡发展。具体而言,应深化改革科技金融资源管理体制,优化科技金融资源配置方式,促进科技金融资源跨区域自由流动,消除科技金融资源流动壁垒,避免

因科技金融资源过度集中引发的科技金融生态系统不平衡发展;强化区域互助机制,充分发挥东部地区的辐射带动作用,完善地区对口帮扶制度,为中西部地区提升科技金融生态系统共生水平提供经验参考。

(3)兼顾区域科技金融生态系统共生水平和共生进化速度,根据不同省域特点实施具有针对性的差异化发展战略。具体而言,对于第 I 类地区,该类地区具有较高的共生水平和良性增长的共生进化趋势,应在保持生态系统共生水平的基础上,保持已有共生进化态势;对于第 II 类地区,该类地区共生水平较低,共生进化增长趋势强劲,应在保持共生进化良性增长趋势的基础上,补齐个别生态种群发展短板,逐步提高共生水平;对于第 III 类地区,该类地区需要政府部门给予重点关注和扶持,一方面要提升个别滞后生态种群或整体生态种群发展水平,补齐短板并促进生态种群之间的合作与协调,提升生态系统共生水平,另一方面在共生水平得到提升后,要稳定共生进化良性发展趋势,提升生态系统共生进化动量;对于第 IV 类地区,该类地区生态种群发展水平较高,生态系统共生水平较高,但其共生水平已出现边际增长递减情况,应由追求数量变化转为追求质量提升,加强生态种群之间的匹配和协调。

参考文献:

- [1]中国科学技术发展战略研究院. 中国科技金融生态年度观察 2017[M]. 上海:上海交通大学出版社, 2017.
- [2]杨持. 生态学[M]. 北京:高等教育出版社, 2010.
- [3]徐诺金. 论我国的金融生态问题[J]. 金融研究, 2005, 48(2):35-45.
- [4]徐诺金. 金融生态论[M]. 北京:中国金融出版社, 2007.
- [5]张玉喜, 张倩. 区域科技金融生态系统的动态综合评价[J]. 科学学研究, 2018, 36(11):1963-1974.
- [6]白玉娟, 于丽英. 我国科技金融生态系统评价及空间演化趋势分析[J]. 科技管理研究, 2019, 39(23):67-74.
- [7]胡磊鑫. 湖南省科技金融生态环境评价研究[D]. 长沙:中南林业科技大学, 2015.
- [8]郭景先, 胡红霞, 李恒. 政府补贴与企业研发投入——科技金融生态环境的调节作用[J]. 技术经济, 2019, 38(7):29-37, 118.
- [9]汤子隆, 祝佳, 赖晓冰. 科技金融生态影响科技金融产出的空间结构研究[J]. 经济体制改革, 2018, 36(6):57-62.
- [10]王玉珍. 科技金融生态关系与演化趋势的 Lotka-Volterra 模型分析[D]. 昆明:云南财经大学, 2019.
- [11]张华. 科技金融创新生态系统的规划框架与协同创新机制[J]. 科学管理研究, 2016, 34(5):89-93.
- [12]张忠寿, 高鹏. 科技金融生态系统协同创新及利益分配机制研究[J]. 宏观经济研究, 2019, 41(9):47-57, 66.
- [13]DOUGLAS E. The symbiotic habit[J]. Bioscience, 2015, 61(4):326-327.
- [14]欧忠辉, 朱祖平, 夏敏, 等. 创新生态系统共生演化模型及仿真研究[J]. 科研管理, 2017, 38(12):49-57.

-
- [15]邱兆祥,罗满景.科技保险支持体系与科技企业发展[J].理论探索,2016,33(4):94-98.
- [16]王栋,赵志宏.金融科技发展对区域创新绩效的作用研究[J].科学学研究,2019,37(1):45-56.
- [17]郭玥.政府创新补助的信号传递机制与企业创新[J].中国工业经济,2018,35(9):98-116.
- [18]龙静,陈传明.服务性中介的权力依赖对中小企业创新的影响:基于社会网络的视角[J].科研管理,2013,34(5):56-63.
- [19]吴超鹏,唐荭.知识产权保护执法力度、技术创新与企业绩效——来自中国上市公司的证据[J].经济研究,2016,51(11):125-139.
- [20]戚湧,郭逸.江苏科技金融与科技创新互动发展研究[J].科技进步与对策,2018,35(1):41-49.
- [21]邹克,倪青山.公共科技金融存在替代效应吗——来自283个地市的证据[J].中国软科学,2019,34(3):164-173.
- [22]张明喜,魏世杰,朱欣乐.科技金融:从概念到理论体系构建[J].中国软科学,2018,33(4):31-42.
- [23]袁纯清.金融共生理论与城市商业银行改革[M].北京:商务印书馆,2002.
- [24]贾俊生,伦晓波,林树.金融发展、微观企业创新产出与经济增长——基于上市公司专利视角的实证分析[J].金融研究,2017,60(1):99-113.
- [25]曹霞,张路蓬.金融支持对技术创新的直接影响及空间溢出效应——基于中国2003-2013年省际空间面板杜宾模型[J].管理评论,2017,29(7):36-45.
- [26]韩鹏.科技金融、企业创新投入与产出耦合协调度及不协调来源[J].科技进步与对策,2019,36(24):55-62.
- [27]张玉喜,段金龙.政策性金融支持科技创新的机制与应用研究[J].经济纵横,2016,32(4):110-113.
- [28]李晓娣,张小燕.我国区域创新生态系统共生及其进化研究——基于共生度模型、融合速度特征进化动量模型的实证分析[J].科学学与科学技术管理,2019,40(4):48-64.
- [29]陈伟,杨早立,李金秋.区域知识产权管理系统协同及其演变的实证研究[J].科学学与科学技术管理,2016,37(2):30-41.
- [30]哈肯.高等协同学[M].北京:科学出版社,1989.
- [31]BOBREK M, SOKOVIC M. Integration concept and synergetic effect in modern management[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2006, 175(1/3):33-39.
- [32]WOLFGANG T, HERMANN H. The functional aspects of self-organized pattern formation[J]. New Ideas in Psychology, 2007, 25(1):1-15.