

中国地区四链融合水平测度及影响因素研究

李沫阳¹, 冯 华²

(1. 中国社会科学院工业经济研究所, 北京 100006;

2. 北京交通大学经济管理学院, 北京 100044)

摘 要:为畅通科技创新和经济社会发展之间的通道,加快发展新质生产力,必须推动创新链产业链资金链人才链的深度融合。四链融合是对科技与经济深度融合的进一步理解,四链融合水平即资金和人才要素在创新链与产业链融合过程中各环节的资源配置效率总和,反映了创新体系内各主体、要素的协调融通程度。通过将四链融合过程划分为科学创新环节、技术创新环节,并行的技术转移环节和科技创业环节,以及最终的融合促进经济社会发展环节,利用三阶段超效率贝叶斯(EBM)模型及全局参比的 EBM-Malmquist 指数,系统测度 2014—2021 年中国各地区的四链融合水平,并利用 BMA 方法从创新环境、四大链条结构组成、创新生态、产业发展水平 4 个方面,对其进行关键影响因素分析。研究发现:中国四链融合水平整体实现了较大提升,但各地区仍存在较大差异;数字化水平、科技服务业水平以及制造业发展水平等是推动四链融合的关键因素。研究结果为制定推动四链融合的对策建议提供了更为准确的支撑。

关键词:四链融合;创新体系;融合水平;因素分析

中图分类号:F424.3

文献标识码:A

文章编号:1005-0566(2025)02-0170-11

Study on the measurement of four-chain integration level and its influencing factors in China

LI Moyang, FENG Hua, YANG Xinrui

(1. Institute of Industrial Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100006, China;

2. School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: To bridge the gap between technological innovation and socio-economic development while accelerating the cultivation of new quality productive forces, we must promote the deep integration of innovation chain, industrial chain, fund chain, and talent chain. Four-chain integration is a further understanding of the deep integration of science and technology and economy. The level of four-chain integration is the sum of the resource allocation efficiency of each link in the process of the integration of capital and talent elements in innovation chain and the industrial chain, which reflects the coordination and integration degree of each subject and element in the innovation system. By dividing the process of four-chain integration into scientific innovation link, technological innovation link, technology transfer link and business incubation link, and the final link of integration promoting economic and social development, this paper systematically measures the four-chain integration level of various regions in China from 2014 to 2021 by using the three-stage super-

收稿日期:2024-08-28 修回日期:2025-01-09

基金项目:国家社会科学基金重点项目“以四链融合提升国家创新体系整体效能研究”(23AJY001)。

作者简介:李沫阳(1997—),男,山东枣庄人,中国社会科学院工业经济研究所博士后,博士,研究方向为产业创新与国家创新体系。
通信作者:冯华。

efficient EBM model and the Global-EBM-Malmquist index, and uses BMA to analyze the key influencing factors from four aspects: innovation environment, structure composition of four chains, innovation ecology and industrial development level. It is found that the level of four-chain integration in China has been greatly improved as a whole; Digitalization level, technology service level and manufacturing development level are the key factors to promote the integration of the four chains. The research results form a more accurate support for formulating countermeasures and suggestions to promote the integration of the four chains.

Key words: four-chain integration; innovation system; integration level; factor analysis

科技创新作为摆脱传统经济增长方式、生产力发展路径的核心,在应对百年未有之大变局,形成和发展新质生产力的过程中起主导作用。以重大科技创新为引领,推动创新链产业链资金链人才链深度融合,加快科技创新成果转化为现实生产力,是形成新质生产力的必由之路^[1]。党的二十大报告也明确指出实施创新驱动发展战略的核心任务之一,就在于“推动创新链产业链资金链人才链深度融合”(以下简称“推动四链融合”)。我国国家创新体系经过长期建设发展已经形成结构完善、要素齐备的良好局面,但创新体系内各主体协同、各创新要素循环流转的融通态势尚未形成,限制了科技作为第一生产力、创新作为第一动力的巨大潜能。为加快发展新质生产力,必须破除阻碍形成融通态势的体制机制障碍,推动四链深度融合。

四链融合的基础是创新链与产业链的深度融合,其中创新链是由基础理论研究、应用技术研究、开发试制等多环节形成的链式结构,强调的是科技创新过程;产业链则是从原材料、中间产品到最终产品的生产过程所构成的上下游配套链条,强调的是经济价值的创造。资金链和人才链则是由各创新主体为实现各环节功能而形成的资金、人才的供给和布局链条,引导生产要素循环流通^[2],对创新链与产业链的融合起到支撑和催化作用。四链融合问题,是突破传统科技与经济融合分析的局限,以创新体系理论为基础,分析创新过程中各主体、要素之间的关联和相互作用,是从机理层面对科技与经济深度融合问题的进一步理解。从中外的已有研究来看,通过科技经济融合,实现科技创新对经济增长的促进作用可以划分为两大路径^[3]:一是由创新创业实现新产业创造^[4],二是为传统产业注入新技术实现产业转型升级

级^[4-5]。这两条路径最早可以追溯到熊彼特对不同创新活动的研究,而后经过 Dosi 等^[6],Malerba 等^[7]以及 Breschi 等^[8]的不断发展,依据创新过程的不同将产业创新过程区分为熊彼特 I 型和熊彼特 II 型,分别对应了“围绕创新链布局产业链,围绕产业链部署创新链”这两条创新链与产业链融合的基本路径^[9]。基于国家创新体系理论的研究,将科技创新、经济发展同资金要素、人才要素进行了有效结合,分析了资金和人才在其中的重要作用^[10-11],但在一定程度上割裂了创新链和产业链之间的融合关系,并忽视了产业链的牵引作用以及资金的催化作用。由于目前针对四链融合问题的研究缺乏系统性、融合性的理论框架^[12],导致学界难以从理论层面明确四链融合发展的逻辑关系,也造成了四链融合水平的测算仍存在不完善、不全面、不系统的问题。

基于此,为通过“四链融合”更好理解科技与经济融合、培育和发展新质生产力的深层机理,本文将基于创新体系理论,明确四链融合的机理和过程,以此为基础对中国各地区四链融合水平进行全面科学地测度,并对影响四链融合水平的因素进行系统考察。以期丰富创新体系研究的理论脉络,为系统研究四链融合问题提供理论基础,进而为政策制定提供更为准确的研究支撑,加快培育和发展新质生产力的进程。

一、四链融合过程的理论机理分析

(一)创新链产业链融合机理

创新链与产业链的融合即实现科技与经济的深度融合,畅通科技创新促进经济社会发展的作用机制,是四链融合的基础和关键。尽管目前对于创新体系的研究,愈发强调体系内各主体互动的复杂性,不断加强创新体系作为一个复杂网络系统的存在^[13]。但通过对已有经典理论的梳理可

以得出:创新体系内企业、非企业及个人等各类主体的互动,仍然遵循技术推动和需求拉动的基本路径^[14]。即当技术轨迹发生颠覆性变革时,会形成围绕创新链布局产业链的熊彼特 I 型产业创新过程,以创新链的科技创新突破为基础布局新型产业链,实现产业链的升级和基础再造,发挥科技创新对产业发展的引领作用^[9];而当技术轨迹向前推进时,会形成围绕产业链部署创新链的熊彼特 II 型产业创新过程,围绕产业链发展过程中遇到的技术创新需求,形成为之服务的创新链条,发挥科技创新对产业发展的支撑作用^[9]。

在技术轨迹发生变革时的熊彼特 I 型产业创新过程中,来自不同学科的科学技术研究投入,克服现有产业框架的保守性以及市场需求的约束,产生能够导向新市场的科技创新^[15],通过“围绕创新链布局产业链”构建创业孵化体系,企业家进行科技创业对此类科技创新进行使用、扩散和转化,将基础性科技创新转化为促进发展的新动能^[3],在短期内形成能够对产业链关键环节进行替代,或者成长为能够直接引领产业链布局的新型企业,并最终在长期实现产业链的升级和基础再造,最终实现经济增长动能的转换,发挥创新链对产业链的引领作用^[16]。在技术轨迹向前推进的熊彼特 II 型产业创新过程中,由创新链向产业链进行技术转移,能够提高对资源的利用效率,对要素配置产生纠偏作用,突破稀缺资源的束缚,推动整个生产系统的转型升级^[17]。同时,随着市场竞争的加剧,产业链对创新链技术需求的逆向拉动作用逐渐凸显^[18],以产业需求为导向,通过“围绕产业链部署创新链”构建技术转移网络,整合创新资源,实现企业与非企业主体的良性互动和有机融合,能够极大程度克服创新链中的不确定性。

(二) 资金链人才链与创新链产业链融合机理

创新链与产业链的融合过程,需要与之匹配的要素支撑,由于科技创新本质是人的创造性活动^[19],而资金则是推动创新体系运转的根本性要素^[20],资金和人才要素对推动知识技术的形成和扩散具有至关重要的作用^[21]。创新链能够分配资

金链提供的资金,并通过进行调整和反馈增加资本的价值^[22],而资金链不断向创新链前端延伸,则能够克服前端风险高、融资难的问题,提高创新链的创新产出绩效。同时,资金链为创新的投入、产出和转化提供资金支持,推动创新链向后端拓展^[23],加强与产业链的联系;且产业链各主体间的资金流动,也能够打破产业上下游创新活动的边界、推动创新要素在产业链的优化配置^[24],提高科技成果转化和应用水平。

此外,基础科学的进步必须以多学科人才的集聚和成规模的人才队伍为基础,而创新链各环节功能的不断实现,又持续丰富了创新体系内的人力资本积累,实现了创新链与人才链的融合。而人力资本的可用性提高,又能够促进知识在不同环节的传递和吸收,增强了研发创新过程中的生产力^[13],推动创新链产生的知识技术向应用端顺畅流动。同时,人才能够通过知识创造、技能发展和管理水平提升,增强产业链上的各类企业主体对新知识、新技术的吸收能力^[22]。最后,资金的激励作用推动人才在各环节流动,实现人才要素的有效匹配^[22],而人才则通过提供专业知识技能,提高资金配置效率,增强资金要素对其他资源的调动能力^[22],最终通过资金要素和人才要素的相互作用,实现了资金链与人才链的在创新链、产业链上的有机融合。

二、中国地区四链融合水平的测度与分析

推动四链融合的本质即优化资源配置、提升创新体系整体绩效^[12],因此四链融合水平可以由资金和人才要素在创新链与产业链融合过程中各环节的资源配置效率总和来衡量,反映了创新体系内各主体、要素的协调融通程度。为全面准确地测算各省市四链融合水平,可以将四链融合的全过程拆解为“科学创新环节”“技术创新环节”,并行的“技术转移环节”和“科技创业环节”,以及最终的“融合促进经济社会发展环节”。由科技创新人才和研发资金的投入在创新链上产生科技论文、发明专利等创新成果;通过“围绕创新链布局产业链”在科技创业环节投入科技创业人才、孵化基金等要素实现,获得风险投资和营业收入,

实现熊彼特 I 型产业创新过程;通过“围绕产业链部署创新链”在技术转移环节投入科技管理服务人才、企业技术获取经费等要素,达成技术交易和新产品开发,实现熊彼特 II 型产业创新过程;最终由产业从业人才、企业技术吸收改造资金等投入在产业链上产生经济产出,推动经济社会高质量发展。因此,本文将从以上这五个环节,对中国各省市的四链融合水平进行衡量和分析。

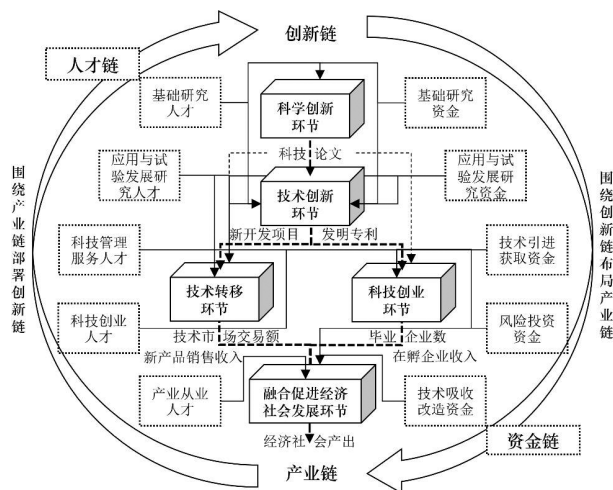


图1 四链融合机理与各环节要素投入产出构成

(一)模型设定

由于传统 DEA 方法得出的效率值最大为 1,并且径向 DEA 模型中,对无效率程度的测量是假设所有投入或者产出等比例变动的,并不符合科技创新的现实情况,且由于没有考虑松弛变量,还会造成效率的高估。为避免以上缺陷,并准确考虑环境变量和随机扰动项对各环节投入要素的影响^[25],本文将使用三阶段超效率 EBM 模型对各环节效率进行准确测度,具体三阶段操作参照卢曦等^[25]的做法。同时,为准确反映四链融合水平的动态变化情况,本文将进一步测算全局参比的 EBM-Malmquist 指数,最终得出各环节横纵可比的效率值^①;之后使用熵权法为五个环节的效率进行科学赋权,最终通过加权求和得出各省市四链融合水平指数。

(二)指标选取

本文对四链融合 5 个环节的投入产出指标选取及选取原因如下。

1. 科学创新环节

投入指标方面,本文选取基础研究 R&D 人员全时当量作为人才投入,将基础研究 R&D 经费支出作为资金投入,由于部分基础研究人员及费用也会作为技术创新阶段的投入要素,因此这里参照共享投入模型的投入要素分配规则^[26],在科学创新环节投入 α_i ($0 < \alpha_i < 1, i = 1, 2$) 比例的基础研究人才和经费($i = 1$ 时表示基础研究人才投入, $i = 2$ 时表示基础研究经费投入),而在技术创新环节则会投入 $(1 - \alpha_i)$ 比例的基础研究人才和经费。

产出指标方面,基础研究阶段的产出主要由科学知识构成,科技论文由于其对创新性、时效性的要求较高,能够反映短期内基础研究所产生的科学创新水平,因此本文选取科技论文数作为本环节的产出指标。

2. 技术创新环节

投入指标方面,除了 $(1 - \alpha_i)$ 比例的基础研究人才和经费以外,科技论文也会作为中间产品成为本环节的科技成果投入,而由于部分科技论文也会被企业搜寻获取成为之后合作研发或者委托研发的重要投入,因此对于科技论文本环节也采用共享投入模型将 α_j ($0 < \alpha_j < 1$) 比例的科技论文作为本环节的投入,而将 $(1 - \alpha_j)$ 比例的科技论文作为技术转移和科技创业环节的科技成果投入。此外,应用与试验发展人才和经费是产生技术创新的主要投入,因此本文还选取了应用与试验发展 R&D 人员、应用与试验发展 R&D 经费内部支出作为本环节的投入。

产出指标方面,授权专利数能够有效体现技术创新产生的高质量成果,新产品开发项目是非专利形式科技成果的重要载体,故本文选择这两个指标作为本环节的科技成果产出。

① 具体的 EBM 超效率模型测度以及全局参比的 EBM-Malmquist 指数均使用 MaxDEA X 进行测算。此外,由于创新产出过程具有较强的不稳定性 and 随机性,因此各省市无法对产出实现有效控制,而对投入要素则能够实现有效控制,因此本文的各环节效率测度均选择投入导向。

3. 技术转移环节

科学创新环节产生的科技论文以及技术创新环节产生的发明专利和新产品开发项目,均作为本环节的科技成果投入,而由于科技论文和发明专利不止通过技术转移的途径转化为已有产业转型升级的动力,还会通过科技创业的途径转化为新兴产业发展的动能,因此同样参照共享投入模型将 α_k ($0 < \alpha_k < 1, k = 1, 2$) 比例的科技论文和发明专利数作为本环节的科技成果投入,而 $(1 - \alpha_k)$ 比例的数量作为科技创业环节的科技成果投入 ($k = 1$ 时表示科技论文投入, $k = 2$ 时表示发明专利投入)。考虑到技术转移既包括以技术交易为主要方式各创新主体间的技术转移也包括企业内部的技术转移,因此为全面考虑两类技术转移过程,在这一环节本文选取科技服务业年底就业人数作为主体间技术转移的人才投入,将企业技术获取经费支出作为资金投入。而对于企业内部的技术转移,本文将企业新产品开发人员数作为人才投入,新产品开发经费支出作为资金投入。

产出指标方面,技术市场成交合同金额是衡量科技成果商品化、技术商品交易市场化的重要指标,新产品销售收入是科技成果创造新价值的量化指标,所以,本文选取技术市场成交合同金额和企业新产品销售收入两个产出指标。

4. 科技创业环节

$(1 - \alpha_k)$ 比例的科技论文和发明专利数量作为本环节的科技成果投入。此外,本文还选择了管理机构从业人员数、创业导师人数以及在孵企业数、孵化基金总额以及上一年度获得风险投资额作为本环节的投入。

产出指标方面,为准确测算科技创业环节的效率,本文没有将含有大量服务、租金收入的孵化器总收入列入衡量范围,而仅是针对真正由创新成长出新企业所产生的经济价值,故选取了在孵企业总收入列为产出指标。当年毕业企业^②个数作为科技企业孵化器中的初创企业成功进入下一阶段的标志,也列为产出指标。而由于当年获风

险投资额能够有效反映资本市场对初创企业的看好程度,因此也列为产出指标。

5. 融合促进经济社会发展环节

本文将地区从业人员数量作为人才投入,已减去前四个环节中的科研人员和孵化器人员,能够更准确地反映科技服务领域的实际劳动投入。同时,技术市场合同金额、企业技术改造经费支出和风险投资额作为资金投入,体现了地区在推动技术转移和科技创业方面的资金流动和经济支持。

产出指标方面,地区生产总值、进出口水平、居民可支配收入水平、废气污染物排放总量和能源消费总量作为产出指标,全面衡量创新体系对地区经济发展、竞争力、包容性增长和环境可持续性的贡献。特别是,废气排放量和能源消费总量作为非期望产出指标,能反映区域创新活动的环境影响。

环境变量的选取考虑了经济环境对科技创新投入资源的反馈作用机制^[27],将经济发展水平(人均 GDP)、市场化水平(非国有固定资产投资占比)、科技金融水平(科技贷款占比)和政府支持力度^[28](科技支出占比)选作环境变量,将经济环境对各环节投入要素产生的影响进行排除,以更准确地衡量科技创新融入经济社会发展中的效率水平。

(三) 数据说明

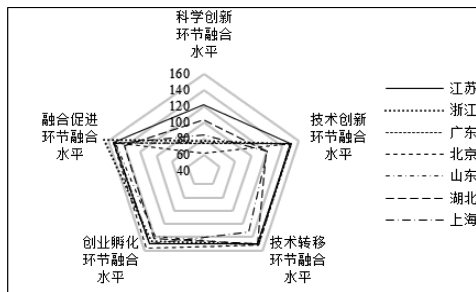
本文采用的数据均来自《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国火炬统计年鉴》《中国劳动力统计年鉴》以及《中国固定资产统计年鉴》。考虑到数据的可得性以及分析对象的连续性,选取自 2013—2021 年共 9 年的数据,同时考虑到科技创新到经济发展的时滞,对各环节的投入指标均采用了一阶滞后处理,对全国除西藏及港澳台以外的 30 个省份进行 2014—2021 年共 8 年的四链融合效率衡量。其中涉及金额的指标,均以 2008 年为基期进行了平减,其中除各地区出口水平数据利用美联储理事会公布的实际广义美元指数进行平减以外,其余指标均采用世界银行提供的 GDP 平减指数进行了平减。

^② 毕业企业是指曾在科技企业孵化器入驻并得到孵化服务,符合所在孵化器毕业企业条件,现已迁出孵化器的企业。

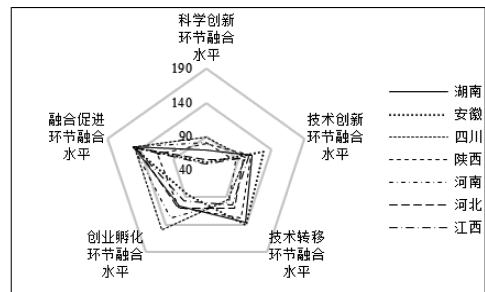
(四) 测度结果与分析

通过计算可以发现,30 个省份的四链融合水平整体呈现上升态势。分省域看,各省市之间四链融合整体水平差异较大。以 2021 年数据为例,采用自然断点法对 30 个省份的数值进行聚类分组,可以划分为 6 个梯队。2021 年江苏、浙江、广东、北京、山东、湖北、上海的四链融合整体水平均超过 120,远高于其他各省份处于领跑地位属于第一梯队,如图 2 第一梯队各省份在科学创新、技术创新、技术转移、科技创业、融合促进经济社会发展这 5 个环节基本均处于最前沿。究其原因,由于丰富且完善的高校院所科研体系,以及完善、高水平的制造业产业体系,使得各类生产要素能够得到充分利用,尤其是江苏、浙江和广东三省,不仅技术转移、科技创业和融合促进环节的效率水平持续提高,还带动了创新链前端技术创新效率的不断提升。

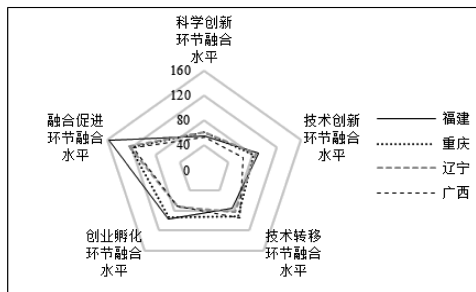
第二梯队包含湖南、安徽、四川、山西、河南、河北、江西 7 个省份,其中安徽省经过长期的创新体系建设,在科技创新、产业发展的各个环节逐渐形成了完善的体系结构,自 2014 年第 11 名提升至 2020 年的第 9 名,2021 年持续保持,并成为第二梯队中唯一技术创新效率位于前沿的省份。其他位于第二梯队中的省份在创新链前端的科学创新和科技创新环节融合效率水平普遍较低。第三梯队与第五梯队中的省份普遍融合促进环节融合水平高于其他几个环节,而第四梯队除海南省融合促进环节与科技创业环节融合水平较高以外,其余各省在五个环节的表现都较为平均;天津作为中国北方地区科技创新重要省份之一,尽管整体的投入产出强度处于较高水平,但整体投入产出效率仍然较低,因此在融合水平上属于第四梯队。第六梯队的青海和宁夏两省在 5 个环节中的水平均较低。



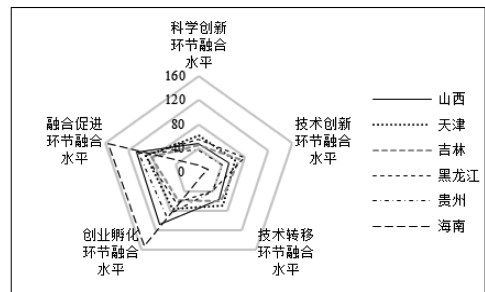
a. 第一梯队



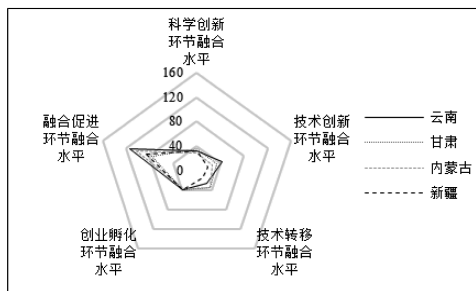
b. 第二梯队



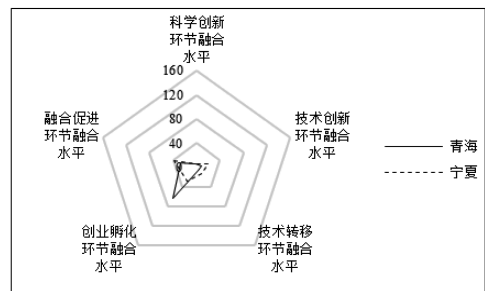
c. 第三梯队



d. 第四梯队



e. 第五梯队



f. 第六梯队

图 2 2021 年各省份四链融合整体水平梯队情况

三、地区四链融合水平的影响因素分析

(一) 贝叶斯模型平均过程及抽样设置

贝叶斯模型平均(BMA)分析法是一种用于解决单一模型不确定性带来的回归结果不准确和不可靠问题的方法。这种方法通过将不同的子回归模型进行回归分析,并根据后验概率进行加权,能够考察多个合理模型,在具有复杂性和不稳定性的研究中得到广泛应用^[29]。因此,本文将通过梳理已有文献得到可能对四链融合过程产生影响的因素,并基于数据可得性原则广泛选取可能的影响因素数据,利用贝叶斯模型平均(BMA)方法,对影响四链融合水平的各类因素进行系统分析^③。由于传统 BMA 方法是采用枚举法将所有子模型进行回归分析,若解释变量数为 K 个,则共有 2^K 个回归模型,随着 K 的增加,子回归模型的数量会呈指数型增长,考虑到运算设备的限制,为保证估计结果的准确性,本文采用 MC^3 方法从子回归模型空间抽取模型作为迭代样本。由于 MC^3 方法倾向于抽取后验概率较高的模型,当抽取数量较高时能够保证所得的样本估计结果收敛于枚举法进行迭代的结果,因此本文为确保结论的准确性利用 MC^3 方法抽取 1 000 000 个模型作为迭代样本。

(二) 影响因素变量选取

能够影响整个四链融合过程的因素可以分为 4 大方面。首先,创新环境是各创新主体实现互动的基础,影响着创新主体的选择和行为模式以及创新要素的流动^[30],创新环境包括所有基础性的影响因素,涵盖了制度环境、技术环境、经济环境、创新创业环境、科普水平等各方面。其次,系统的功能是由其结构决定的,为系统的产出提供支撑^[10],创新体系作为一个复杂巨系统,四链融合水平的提高必然需要其四大链条结构组成来提供支撑。再次,以企业为主的各类创新主体在已有的环境和结构组成基础上,会形成不同的创新生态关系,也会影响各类创新要素流通和匹配的过程。最后,科技创新最终会作用到产业的形成、发展和转型升级上,因此地区产业发展水平与整个创新过程存在着较强的相互作用关系^[9,31]。基于此,本文将从创新环境、四大链条结构组成、创新生态

以及产业发展 4 个方面,深入全面地梳理出影响四链融合水平的关键因素。

通过影响因素的梳理,本文得出如表 1 所示的 50 个影响因素。由于 2013 年的统计数据才开始有针对科技企业孵化器的省级数据,为全面准确衡量各因素的影响,本文将 2014—2021 年的四链融合水平作为被解释变量,因此各影响因素数据时间跨度也为 2014—2021 年。数据来源分别为:①《中国统计年鉴》,②《中国科技统计年鉴》,③《中国工业统计年鉴》,④《中国火炬统计年鉴》,⑤《中国高等学校科技统计资料汇编》,⑥国家知识产权局官网专利执法统计,⑦北京大学数字金融研究中心官网。其中涉及价格的指标均已进行平减处理,而固定资产存量则参考孙早等^[32]的研究,采用永续盘存法得出。

(三) 四链融合水平关键影响因素及作用分析

在 BMA 分析方法中,后验概率(PIP)反映了解释变量被纳入真实模型中的概率,PIP 值越大则说明该解释变量的影响越重要;当 PIP 值大于 0.5 时,该解释变量被认为有效;而当 PIP 值位于 $[0.1, 0.5]$ 的区间时,该解释变量并不能被认为有效,但在真实模型中作为控制变量,对被解释变量存在一定影响,具有一定的参考意义。本节首先对各环节效率的关键影响因素进行确认,再对影响整体四链融合水平的关键因素进行确认和系统分析。由于篇幅限制,仅展示整体四链融合水平的关键影响因素 BMA 分析结果。

由表 2 可知,影响各省份四链融合水平的关键影响因素依次为:科技服务业从业人数、数字普惠金融指数、高等学校数量、高等学校 R&D 经费企业资金占比、制造业营业收入地区 GDP 占比、有 R&D 活动企业数、人均有效专利数量、孵化器数量、政府财政科技支出占比、光缆线路密度、基础研究经费占比、人均科技馆展厅面积。而有电子商务交易的企业占比、科技服务业固定资产存量、高等学校科研人员集中度、研发税金水平、技术市场交易额、制造业固定资产合计、企业科研机构经费集中度、金融业发展水平、制造业高技术水平、企业科研机构数量以及经济发展水平也会对其产生一定影响。

③ 本文采用 Stata 18 自带的 BMA 套件进行贝叶斯模型平均回归。

表 1 中国四链融合水平影响因素汇总

一级指标	二级指标	三级指标	变量名	数据来源
创新环境	制度环境	政府财政科技支出占比(%)	<i>Gov</i>	②
		研发税金水平(%)	<i>Tax</i>	④
		专利保护水平	<i>IPP</i>	⑥
	技术环境	互联网宽带接入端口(个/人)	<i>DSL</i>	①
		移动电话交换机容量(户/人)	<i>MSC</i>	①
		光缆线路密度(公里/万平方米)	<i>Opt_Cable</i>	①
		采用信息化管理的企业占比(%)	<i>EIGR</i>	①
		有电子商务交易的企业占比(%)	<i>E_Comm</i>	①
		数字普惠金融指数	<i>Dig_Fin</i>	⑦
	经济环境	非公有经济固定资产占比(%)	<i>Market</i>	①
		人均 GDP(万元)	<i>Econ</i>	①
	创新创业环境	孵化器数量(十个)	<i>Incubator</i>	④
		每十万人在孵企业个数(个)	<i>Entrep</i>	④
		累计公共技术服务平台投资额(亿元)	<i>Pub_Tech</i>	④
		孵化场地集中度(万平方米/个)	<i>ICD</i>	④
		每百万人高技术企业个数(个)	<i>High_Tech</i>	②
		每万人拥有有效专利数量(件)	<i>Pat</i>	②
	科普水平	每万人科普经费(万元)	<i>Sci_Exp</i>	②
		每百人科技馆展厅面积(平方米)	<i>Sci_Area</i>	②
四大链条 结构组成	创新链	高等学校数量(个)	<i>Univ_N</i>	②
		高等学校科研人员集中度(十人/校)	<i>Univ_E</i>	②
		高等学校 R&D 经费集中度(百万元/校)	<i>Univ_F</i>	②
	产业链	企业科研机构数量(百个)	<i>Inst_N</i>	②
		企业科研机构工作人员集中度(人/个)	<i>Inst_E</i>	②
		企业科研机构经费集中度(百万元/个)	<i>Inst_F</i>	②
	资金链	金融机构 R&D 资金占比(%)	<i>R&D_Fin</i>	②
		基础研究经费占比(%)	<i>Basic_Rf</i>	②
		企业 R&D 资金(百亿元)	<i>Ent_Rf</i>	②
	人才链	人均 R&D 人员当量(人年/万人)	<i>R&D_Stf</i>	②
		基础研究人员占比(%)	<i>Basic_Stf</i>	②
		每千人口高等教育在校生数(人)	<i>High_Ed</i>	①
创新生态	企业创新主体水平	有 R&D 活动企业数(百个)	<i>R&D_Ent</i>	②
		企业外部知识搜寻宽度(%)	<i>Ext_width</i>	②
		企业外部知识搜寻深度(%)	<i>Ext_Depth</i>	②
	产学研合作水平	高等学校 R&D 经费企业资金占比(%)	<i>Univ_Ent</i>	②
		技术市场交易额(十亿元)	<i>Tech_Mkt</i>	②
		高等学校专利转让实际收入(千万元)	<i>Pat_Tans</i>	⑤
		高等学校技术转让中非专利技术占比(%)	<i>Tech_Trans</i>	⑤
	开放水平	FDI 在地区 GDP 中的占比(%)	<i>Fdi</i>	①
		货物进出口额在地区 GDP 中的占比(%)	<i>Trade_Vol</i>	①
产业发展水平	第二产业发展水平	第二产业占比(%)	<i>Indus_Sec</i>	①
		高技术制造业企业占比(%)	<i>Htech_Manuf</i>	②
		制造业营业收入地区 GDP 占比(%)	<i>Manuf</i>	③
		制造业固定资产合计(百亿元)	<i>Manuf_F</i>	③
	第三产业发展水平	第三产业占比(%)	<i>Indus_Thi</i>	①
		金融业产值地区 GDP 占比(%)	<i>Fin</i>	①
		软件信息技术服务业营业收入地区 GDP 占比(%)	<i>Soft_Info</i>	①
		软件信息技术服务业固定资产存量(亿元)	<i>Soft_Info_F</i>	①
		科学研究技术服务业从业人员数(万人)	<i>Tech_Serv_E</i>	①
		科学研究技术服务业固定资产存量(百亿元)	<i>Tech_Serv_F</i>	①

其中数字普惠金融指数、光缆线路密度以及有电子商务交易的企业占比对整体四链融合水平的影响均为正,说明从整个四链融合过程来看,数

字经济的发展有效促进了各主体之间的协同互动以及各创新要素的流通配置。高等学校数量、高等学校 R&D 经费企业资金占比以及高等学校科

表 2 四链融合水平关键影响因素 BMA 分析结果

因素	Mean	Std. dev.	PIP	因素	Mean	Std. dev.	PIP
<i>Tech_Serv_E</i>	1.543	0.205	1.000	<i>E_Comm</i>	0.527	0.580	0.497
<i>Dig_Fin</i>	1.635	0.301	1.000	<i>Tech_Serv_F</i>	0.144	0.199	0.389
<i>Univ_N</i>	0.154	0.031	1.000	<i>Univ_E</i>	0.047	0.066	0.368
<i>Univ_Ent</i>	0.487	0.088	1.000	<i>Tax</i>	0.817	1.223	0.343
<i>Manuf</i>	0.446	0.088	0.998	<i>Tech_Mkt</i>	0.025	0.040	0.310
<i>R&D_Ent</i>	0.236	0.084	0.935	<i>Manuf_F</i>	0.014	0.028	0.230
<i>Pat</i>	-0.215	0.081	0.934	<i>Inst_F</i>	0.076	0.154	0.219
<i>Incubator</i>	-0.509	0.204	0.927	<i>Fin</i>	-0.438	0.887	0.218
<i>Gov</i>	3.566	1.867	0.843	<i>Htech_Manuf</i>	0.078	0.201	0.150
<i>Opt_Cable</i>	0.330	0.194	0.824	<i>Inst_N</i>	-0.022	0.065	0.126
<i>Basic_Rf</i>	-0.580	0.442	0.700	<i>Econ</i>	-0.480	1.445	0.122
<i>Sci_Area</i>	-0.136	0.137	0.539				

研人员集中度的影响为正,说明高等教育水平以及产学研合作水平的提高对整个创新体系的融通发展起到了良好的促进作用。科技服务业从业人数以及科技服务业固定资产存量的系数也为正,说明科技服务业在整个四链融合过程中,充分发挥了推动资源流通配置、为产业发展导入新技术、增进科技创新在经济发展中影响的积极作用。同时,制造业营业收入地区 GDP 占比、制造业高技术水平以及制造业固定资产合计的影响均为正,且在四链融合过程的具体环节中均能够产生积极影响,说明制造业的确是创新过程实现至关重要的推动因素^[31]。

而金融业发展水平在融合促进环节以及整体水平上均会产生负向的影响,说明金融化趋势的确阻碍了科技创新对实体经济发展的支撑和引领,亟需促使企业专注于主业的长期经营,减少金融投资转而增加主营业务的研发投入,防控企业金融风险^[33]。人均科技馆展厅面积的系数为负、研发税金的系数为正,说明对于整体融合水平而言,实体的科学普及场馆的确已不适应当前的发展现状,亟待结合数字技术、依托数字平台发展新型科普事业;而研发税金系数为正,说明当前研发税收的优惠和减免政策,亟待加入对研发产出、投入产出效率的限制,更好发挥税收工具对四链融合进程的调节作用。经济发展水平、基础研究经费占比和人均有效专利数量的影响也为负,而中国人均 GDP 水平仍为发达国家的 1/5,2022 年全国层面基础研究经费占比仅为 6.57%,远低于主要发达国家 15%~25% 的水平^④,但这些指标的增长却在科技创新环节、技术创新环节、融合促进环节的效率值,甚至四链融合水平上均产生负向影响,这与以往对

水资源使用的研究结论类似^[25],即中国在还未形成充足的资源禀赋的同时,就已经陷入“资源诅咒”,难以对各类创新要素实现精准有效配置。

此外,企业科研机构经费集中度对于四链融合水平的影响为正,而企业科研机构数量的影响则为负。从企业层面看,科研经费的集中能够带来其他各类要素的集中,有利于形成创新合力,推动创新过程的形成和实现;而企业科研机构的增加则会造成技术和设备独占性的增加,而企业为创新带来的垄断利润,会形成阻碍创新要素扩散和流动的壁垒^[15],导致难以实现共享式的发展,阻碍要素的充分流通,不利于形成融通协同的发展态势。

四、结论与建议

(一)研究结论

现有对科技与经济融合的研究,只聚焦于科技创新与产业发展两个方面,缺乏对科技与经济深度融合机理的有效探索。本文基于创新体系理论,提出为实现科技创新支撑引领经济社会发展,必须在科技创新与产业发展之外,关注各类主体和要素的互动与配置。资金和人才是创新链与产业链深度融合的最关键要素,创新链与产业链的融合必须贯穿创新链全过程、产业链上下游的资金链条,以及联系创新链各环节、产业链各企业的人才链条的支撑和催化。为明确四链融合的过程、衡量四链融合水平,本文系统阐明了四链融合的理论机理,测算了 2014—2021 年中国 30 个省份(不含西藏、港、澳、台)的四链融合水平,并基于 BMA 分析,确定了影响四链融合水平的关键因素。

(1)四链融合完整过程即以创新链、产业链

④ 国家统计局,科学技术部,财政部. 2022 年全国科技经费投入统计公报[N]. 中国信息报,2023-09-19(1).

为基础推动资金链、人才链上各类要素的循环流通,发挥资金、人才的支撑催化作用,在技术轨迹向前推进时,围绕产业链发展过程中遇到的技术创新需求,形成为之服务的创新链条,发挥科技创新对产业发展的支撑作用,为传统产业注入新技术实现产业转型升级;在技术轨迹发生变化时,以创新链的科技创新突破为基础布局新型产业链,以实现产业链的升级和基础再造,发挥科技创新对产业发展的引领作用,通过创新创业实现新产业创造。最终畅通科技创新和经济社会发展之间的通道,实现新质生产力的加快发展。

(2) 四链融合水平即资金和人才要素在创新链与产业链融合过程中各环节资源配置效率的加权总和。效率加权总和越高,就说明创新链产业链资金链人才链的融合水平越高,科技创新支撑引领经济社会发展的作用路径越通畅。通过计算本文发现,各省市四链融合水平整体呈现上升态势,但各地区之间仍然存在着较为明显的差异。

(3) 数字化水平的提升、高等教育水平的提升、科技服务业的发展能够有效促进四链融合水平的提升。并从实证的角度,印证了 Pisano 等^[31]对于“制造业对创新过程至关重要”的理论推导。也发现企业作为营利机构,其科研机构数量的不断提升,会形成阻碍创新要素扩散和流动的壁垒,降低创新链产业链资金链人才链的融合水平。同时,高等学校作为非营利机构,其数量的增加、科研经费的集中,则能够对四链融合进程产生积极的推动作用。需要注意的是,中国的基础研究经费、人均发明专利数等创新要素,在还未形成充足的资源禀赋的同时,就已经陷入“资源诅咒”,难以实现精准有效配置,并且金融业高速发展所带来的实体经济金融化风险,也限制了企业对主营业务的研发投入。

(二) 对策建议

(1) 顺应数字经济时代数字化水平不断提升的趋势,利用数字技术提高各类创新要素在创新链、产业链的配置和利用效率,进一步缩小各地区之间的四链融合水平差异。通过推动创新需求标准化进程,构建创新需求分级制度,搭建产业高价值创新需求信息库,形成数字化服务平台和专业化服务团队,实现创新需求在创新链上的充分流通。另外,以

“链主”企业为主体构建专门服务于特定产业链的创新需求发布平台,提高“链主”企业的创新资源融通能力,依托自身资本技术优势和遍布全球的资源网络优势,搭建和完善“成长于企业,服务于产业”的综合型创新资源供需对接平台,为高校院所创新明确需求导向,持续巩固产业已有优势。

(2) 结合高等学校非营利属性、企业营利属性的特点,在新型研发机构的建设上形成能够发挥各类创新主体动能的良好模式。针对新型研发机构内的已有项目实行目标导向的考核评价机制,形成优胜劣汰的动态管理机制。通过多层次会员制度,促进新型研发机构内各类创新主体之间的深度合作与交流,以公平、透明的合作机制,为不同层次的会员提供研发资源共享、技术交流、项目合作等服务,通过会员制度的组织与协调作用,推动不同类型创新主体之间的融合创新,打破创新壁垒、促进资源整合与创新成果共享,促进新型研发机构内各主体之间的互利共赢,提高地区四链融合水平。

(3) 加强制造业发展与创新过程的联系,建设有利于制造业高质量发展的环境基础,更好地发挥制造业对四链融合进程的重要推动作用。地方政府通过加强与专业化园区建设运营主体的合作,借助专业化团队的经验制定科学的新兴未来产业发展规划,采取体系化政策、搭建交流合作平台等措施,通过专业化平台吸引高校院所、领军企业等全国乃至全球的科技资源、产业资源入驻园区。与园区建设运营主体一道提供完善的基础设施、优质的公共服务,打造良好的创新创业环境,尽快搭建符合产业集聚发展需求的“产业公地”,以吸引更多的企业 and 创新主体入驻园区,形成良性循环的创新生态系统。

参考文献:

- [1] 金观平. 增强国家创新体系一体化能力[N]. 经济日报, 2024-07-15(1).
- [2] 习近平经济思想研究中心. 推动创新链产业链资金链人才链深度融合[J]. 习近平经济思想研究, 2023(2): 42-47.
- [3] 洪银兴. 科技创新体系的完善与协同发展探讨[J]. 经济学动态, 2016(2): 4-9.
- [4] PRADHAN R P, ARVIN M B, NAIR M, et al. The dynamics among entrepreneurship, innovation, and economic growth in the Eurozone countries [J]. Journal of policy

- modeling, 2020, 42(5): 1106-1122.
- [5] SCHMITZ A, URBANO D, DANDOLINI G A, et al. Innovation and entrepreneurship in the academic setting: a systematic literature review[J]. *International entrepreneurship and management journal*, 2017, 13(2): 369-395.
- [6] DOSI G, MARSILI O, ORSENIGO L, et al. Learning, market selection and the evolution of industrial structures[J]. *Small business economics*, 1995, 7(6): 411-436.
- [7] MALERBA F, ORSENIGO L. Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities[J]. *Industrial and corporate change*, 1997, 6(1): 83-118.
- [8] BRESCHI S, MALERBA F, ORSENIGO L. Technological regimes and Schumpeterian patterns of innovation[J]. *The economic journal*, 2000, 110(463): 388-410.
- [9] 李沫阳. 创新链与产业链深度融合: 产业创新服务体系视角[J]. *求索*, 2023(5): 175-183.
- [10] 冯泽, 陈凯华, 冯卓. 国家创新体系效能的系统性分析: 生成机制与影响因素[J]. *科研管理*, 2023, 44(3): 1-9.
- [11] 赵彬彬, 陈凯华. 需求导向科技创新治理与国家创新体系效能[J]. *科研管理*, 2023, 44(4): 1-10.
- [12] 聂常虹, 赵斐杰, 李钊, 等. 对创新链产业链资金链人才链“四链”融合发展的问题研究[J]. *中国科学院院刊*, 2024, 39(2): 1-8.
- [13] CASTELLACCI F, NATERA J M. The dynamics of national innovation systems: a panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity[J]. *Research policy*, 2013, 42(3): 579-594.
- [14] 李晓华. 技术推动、需求拉动与未来产业的选择[J]. *经济纵横*, 2022(11): 45-54.
- [15] MAZZUCATO M. The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths [M] UK: Anthem press, 2013: 131-142.
- [16] FEKI C, MNIF S. Entrepreneurship, technological innovation, and economic growth: empirical analysis of panel data[J]. *Journal of the knowledge economy*, 2016, 7(4): 984-999.
- [17] BATTISTELLA C, DE TONI A F, PILLON R. Inter-organisational technology/knowledge transfer: a framework from critical literature review[J]. *The journal of technology transfer*, 2016, 41(5): 1195-1234.
- [18] 邵记友, 杨忠, 张骁. 领军企业创新链中联盟组合的构建机制研究: 以华为 5G 技术研发为例[J]. *管理学报*, 2024, 21(4): 484-493.
- [19] 韩水法. 人工智能时代的人文主义[J]. *中国社会科学*, 2019(6): 25-44, 204-205.
- [20] 王竹泉, 王苑琢, 王舒慧. 中国实体经济资金效率与财务风险真实水平透析: 金融服务实体经济效率和水平不高的症结何在? [J]. *管理世界*, 2019, 35(2): 58-73, 114, 198-199.
- [21] CHAMINADE C, LUNDVALL B Å, HANEEF S. Advanced introduction to national innovation systems [M]. UK: Edward elgar publishing, 2018: 23-73.
- [22] 郭百涛, 何云梦, 汪亚楠. 高质量发展要求下的多链联动创新生态系统: 机制、框架与实践模式[J]. *南京社会科学*, 2023(6): 40-51.
- [23] SANTOS D F L, BASSO L F C, KIMURA H. The trajectory of the ability to innovate and the financial performance of the Brazilian industry [J]. *Technological forecasting and social change*, 2018(127): 258-270.
- [24] AZADEGAN A. Benefiting from supplier operational innovativeness: the influence of supplier evaluations and absorptive capacity[J]. *Journal of supply chain management*, 2011, 47(2): 49-64.
- [25] 卢曦, 许长新. 基于三阶段 DEA 与 Malmquist 指数分解的长江经济带水资源利用效率研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2017, 26(1): 7-14.
- [26] 钱丽, 王文平, 肖仁桥. 共享投入关联视角下中国区域工业企业绿色创新效率差异研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(5): 27-39.
- [27] PRADHAN R P, ARVIN M B, BAHMANI S. Are innovation and financial development causative factors in economic growth? evidence from a panel granger causality test [J]. *Technological forecasting and social change*, 2018(132): 130-142.
- [28] PRADHAN R P, ARVIN M B, HALL J H, et al. Innovation, financial development and economic growth in Eurozone countries[J]. *Applied economics letters*, 2016, 23(16): 1141-1144.
- [29] 刘岩, 谢天. 跨国增长实证研究的模型不确定性问题: 机器学习的视角[J]. *中国工业经济*, 2019(12): 5-22.
- [30] 彭绪庶, 张宙材. 中国区域创新体系效能测度与演进特征研究[J]. *科技进步与对策*, 2023, 40(17): 78-87.
- [31] PISANO G P, SHIH W C. Does America really need manufacturing[J]. *Harvard business review*, 2012, 90(3): 94-102.
- [32] 孙早, 徐远华. 信息基础设施建设能提高中国高技术产业的创新效率吗?: 基于 2002—2013 年高技术 17 个细分行业面板数据的经验分析[J]. *南开经济研究*, 2018(2): 72-92.
- [33] 冯华, 李沫阳. 党领导国家创新体系整体效能提升的理论和实践[J]. *理论学刊*, 2024(1): 75-85.

(本文责编: 默 黎)