

“四维”创新体系协同与地区经济增长质量

戴一鑫¹, 胡沅洪^{2,3}, 李杏⁴

(1. 南京大学 商学院, 南京 210009; 2. 上海财经大学 商学院 上海 200433;

3. 安徽农业大学 经济管理学院 合肥 230036; 4. 南京财经大学 国际经贸学院, 南京 210046)

摘要: 高质量的经济增长依赖于多主体参与、高效协同的创新体系。在开放经济的背景下, 全球化进程拓展了创新主体参与国际合作的广度和深度, “国外”维度理应被纳入至创新体系分析的维度中。基于“政府、产业、科研机构 and 国外”四维视角, 利用信息熵算法和中国科技企业创新活动数据, 本文构建了省级层面创新体系协同度指标, 并计量分析了地区创新体系协同度对经济增长质量的影响作用。研究发现: 提高创新体系协同度有助于提高地区经济增长质量。而在二维主体协同创新中, 过度增加政府的参与度可能会阻碍创新体系在经济增长中的作用。协同度的边际增长效应随着经济增长质量的提高而递减; 较差的市场体制环境则会弱化协同创新的促进作用。以上结论对当前中国弥补创新体系机制建设短板和政府职能转变优化具有一定的政策启示。

关键词: 创新体系; 协同度; 经济增长质量

中图分类号: G203 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)3—0013—12

一、引言

我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段, 正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期。创新已经成为高质量发展的第一动力。实现高质量的经济高质量发展就是要致力于提高我国产品和服务的质量, 突出表现为产品创新竞争力的提升及产业的转型升级。这离不开健全有效的创新体制机制作为保障。协调的创新体系的和经济发展质量的关系日益紧密。为此, 党的十九大特别指出要加强创新体系建设, 推进经济增长动力变革。

创新体系概念是在过去30年发展起来的, 学者和政策制定者都广泛使用它来解释创新主体间的相互作用。透析日本、韩国等后发国家的经验, 通过构建国家创新体系是实现技术追赶有效的路径。当前, 以新一代信息技术、人工智能等为代表的科技革命正蓬勃兴起, 这对我国经济高质量发展既是挑战更是机遇。如何有效对接创新链和产业链进而构建多方主体参与的创新网络, 布局一批具有前瞻性的重大科技项目, 也对地区创新体系提出了更高的要求。

区域创新体系思想自从问世以来, 在理论和实践层面不断演进和发展。早期对创新体系的研究集中在内涵和理论框架的分析。如今, 创新体系的分析框架被用来阐释包括经济增长在内的诸多经济活动。贾根良和于占东(2006)则认为国家创新体系能不断地将国民经济推向高技术经济活动和产业结构的高级化, 并基于此分析了拉美教训的产生的过程。他们认为拉美地区的国家没有认识到在知识生产和诀窍吸收上需要政府干预, 而是把技术发展和结构升级完全交付于市场支配。这进一步破坏了当地生产活动中通过“干中学”积累技术能力的创新体系机制, 从而使这些国家都丧失了知识创造的机会, 经济增长停止不前, 经济增长质量偏低。Lee(2013)将增长的差异化与国家创新体系结合起来, 并假设国家创新体系导致了创新和经济增长的不同结果。Fagerberg et al(2018)则强调了在全球价值链的背景下, 国家创新体系的发展能引致“技术”和“吸收”能力的差异, 并认为是解释一国经济绩效差异的重要方面。

然而, 创新体系作为系统整体框架, 更多地是被当作一个标签, 而不是一个分析的工具, 也并没有基于创

收稿日期: 2021-08-18

基金项目: 国家自然科学基金“共生网路视角下生产性服务业知识转移与产业创新生态系统的演化机理与路径选择”(72073060); 国家自然科学基金“人力资本异质性、创新与生产性服务业生产率——影响与路径”(71773047)

作者简介: (通讯作者)戴一鑫, 南京大学商学院博士研究生, 研究方向: 创新经济; 胡沅洪, 博士, 安徽农业大学经济管理学院讲师, 研究方向: 产业经济; 李杏, 博士, 南京财经大学国际经贸学院教授, 博士研究生导师, 研究方向: 经济增长。

新系统来形成实证中的假设。因此对创新体系问题的实证研究是有限的(Guan和Chen,2010)。其根本原因就在于无法完全对创新体系进行有效量化测度。比较多的研究对创新体系的综合实力进行评价和比较分析,却在评价体系的构建方法和指标体系上大同小异(程惠芳等,2008)。Fulvio(2009)考虑了国家创新体系的内在驱动力来源于创新能力因素(创新投入、科学产出和技术产出)和吸收能力因素(基础设施、国际贸易和人力资本),并论证了两者共同演化模式的存在性。

另外一些研究深入探究了创新体系质量,如国际化水平(刘云等,2015;王元地和刘凤朝,2013)、成熟度(袁潮清和刘思峰,2013)。但这些研究仍然没有脱离宏观指标体系评估的形式。Lee(2013)从微观专利数据提取出创新体系的关键变量,如知识原创和传播度、发明家间的创新集中度、知识库的原创性、技术周期时间等,但是这些变量更加类似于“技术范式”和“行业体制”。Guan和Chen(2010)提出关系网络数据包络(DEA)模型,较好地衡量了创新体系的效率,但是对创新主体间的内在运行机制语焉不详。

本文认为对于创新体系的评价更关注于创新体系的内在效度和运行机制,而不应仅仅关注创新体系的规模和综合实力。当前无论是基础性的测度还是理论分析,对创新体系问题的研究都容易忽略这一点。创新体系运行效度的分析,应以微观个体为基本分析单元,重视其在创新体系中的创新决策和经济行为。另外,因指标不足,关于创新体系在经济增长中的作用没有得到充分的计量实证。程惠芳等(2008)定量分析了创新体系和企业国际竞争力的关系,但并没有阐述创新体系影响企业竞争力的内在机理。同时他们的研究对于创新体系的指标选取也值得商榷。

本文将基于创新体系中微观主体的创新决策行为,将泛化的创新体系概念量化为可以进行实证研究的指标。首先将借鉴Leydesdorff和Michael(2006)和Leydesdorff和Zhou(2014)的信息熵算法,利用科技企业创新活动数据,构建反映地区多维创新体系运行质量的指标——创新体系协同效度。进一步,通过一系列计量回归模型,验证地区创新体系协同度对经济增长质量的正向影响及其机制渠道,同时探究不同创新维度下的协同度产生影响的异质特征。

二、理论分析与假说提出

(一)协同创新的经济增长效应及其影响机制

经济高质量发展体现了五大发展理念,其中“创新”是第一动力,而“协调”是基本特征^①。本文将从创新资源配置和知识转化两个角度,探究创新体系协同度对经济增长质量的影响。可以预期,创新体系协同度可以促进本地区经济增长质量的显著提高。

经济增长质量中的基本特征是“协调”。本质上要求地区打破知识等资源无效配置的障碍,减少各类要素市场的配置扭曲。现代经济增长理论的研究表明,同技术进步一样,资源配置直接影响着经济增长潜力和质量。从当前创新过程来看,创新主体的资源禀赋具有极大的异质性和互补性特征,比如高校和科研院所创新资源集中于基础科研,而企业更多专注面向市场的产品创新。随着技术复杂度的提升和创新分工的深化,创新突破和技术变革不可能在单一机构或行业内实现。创新协同度较高的地区能为各创新主体提供创新要素交换的有效载体。政府、企业和高校院所等部门可以高度共享和交换创新资源,不同的创新资源在市场机制的驱动下从边际报酬较低的主体转移至较高的主体。创新资源配置效率的提高也有利于降低各维创新主体的生产成本,将更多优质和充分的资源导入创新活动中,从而提高创新投入产出比,进而提升经济增长质量。

经济增长质量中的内生动力是“创新”。经济形势下行的背景下,创新已成为中国经济转向高质量增长阶段的基本动力。产业兴起依赖于技术创新。高校科研院所等知识创造部门能够生产具有价值的前沿知识,通过知识转化有利于抢占新兴产业发展先机,促进经济高质量攀升。在保持独立作用的同时,创新体系协同度高的地区,创新主体能相互作用和渗透融合,有利于创新主体间更好地形成知识外溢效应,促进知识创造和转化质量。另外,创新网络节点由企业、大学、研究机构、政府等多维主体构成,多部门的网络结构特性也是创新系统的基本特征。多个主体参与知识交换和知识转化,有利于形成创新系统的知识共享机制。网络节点越多,交互的可能性就越大,继而有利于深化主体间分工,增加互动学习。知识溢出和扩散有助于

① 十九大报告提出经济高质量发展的五大新发展理念:创新、协调、绿色、开放和共享。

地区对新知识的吸收和消化。随着地区知识转化和应用能力的增强,产业转型升级和经济高质量增长的潜力就越大。基于以上分析,本文提出有待验证的假说1:

地区创新体系协同度对经济增长质量具有显著正向影响(H1)。

(二)创新体系协同度的扭曲——“政府”维度作用的探讨

中国独特的制度体制背景及“集体主义”的系统观会强化政府在协调整体、整合资源的作用,进而政府在创新资源配置中占据主导地位。创新体系与政府的互补作用对经济发展具有特殊的重要性(Jan和Martin, 2008),它能为经济建设初期的技术追赶提供强力的路径支撑。但是,在这个过程中也有可能损失微观主体的能动性、效率和利益。企业作为创新体系主体的行为和诉求容易被掩盖,进而经济决策和资源配置也会丧失一定的灵活性。现实层面看,这一现象突出表现在“政产学外”四维创新体系内主体协同被扭曲:“政产”两者间的协同度往往较高,而其余的创新主体间的协同度较低^②(杨建君等,2013;杜旌等,2014)。

地方政府在GDP和官员晋升双重激励下对创新具有短视行为,有更强烈的动机同企业建立直接的双向联系。“政产”的高度协同具有积极意义,比如王刚刚等(2017)从R&D补贴政策激励机制角度对“政产”间的关系进行了重新审视。他们认为企业R&D活动的内源性融资往往不足,而政府通过企业信息披露可以进行准确识别。政府的补贴、税收减免等政策能够与企业创新需求和投入较好的匹配,形成互补。因此,从这一点来看,“政产”协同度的提升具有积极意义。然而,现实层面可能会导致两个问题:一方面,政府在创新体系中的高质量制度要素供给职能会被弱化甚至被忽略(方强,2014);另一方面,对其他创新主体间的协同联系产生一定的“挤出”。

首先,与政府联系密切的企业往往是具有较强成长前景的高新技术企业,存在大量研发和技术需求,而政府对此能够给予机制性保障。同时,政府对高技术企业的支持将会释放基于政府信用和监管认证双重信用认证信号,使得市场投资者给予企业更多信用认可,这样企业可以获得更多外部融资,激励企业的R&D内部投入,自己组织创新和自建研发中心。那么,政府和企业的关联反馈作用大大促进两者之间的协同。而高昂的购买成本及制度约束引致的交易成本抑制了企业与公共、国外等科研机构进行大规模高质量的协同合作的效度。

其次,作为非常重要的技术供给者,高校科研院所具有较为特殊的行政依附性,他们对接企业创新的意愿和能动不足,技术成果产业化的市场敏感度较低,而政府在这方面的机制缺失使得“产学”之间的协同度下降;同样,由于政治和制度的疏离性,企业与国外的技术合作仍缺乏合作纽带,企业在融入全球创新链中面临着重重约束。如果政府无法在制度环境、基础设施等方面促进企业与外源创新对接,那么势必会造成政府与国外、公共科研机构在企业创新投入上的不协调和不匹配,也会影响企业创新和长期成长。据此,本文提出有待验证的假说2:

政府和企业间的创新协同度的增加会扭曲创新系统的平衡进而不利于经济增长质量的提升(H2)。

(三)市场制度环境的调节作用

正如在上文指出的,完善的制度环境将大大降低创新资源的交易成本和摩擦成本。在区域创新系统中,制度变量决定了地区将现有资源和可得的技术转化为竞争力的效率。高质量的制度环境作为地区的“无形资产”,对知识经济的扩展和地区经济增长发挥了重要作用。新制度经济学理论更是认为制度激励是技术创新的决定性因素。

如果地区市场制度环境能够约束政府的权力支配,促进协同创新和制度环境的良性互补,那么创新体系效率就会得以提升,市场制度环境与协同创新对地区的经济增长质量则能实现增强型交互。然而,伴随着财政分权制度的推行,地方保护主义加剧市场分割。市场力量在资源配置中减弱,地方政府往往会过度动用手中之权力,对资源的配置施以影响。以创新微观主体为载体的技术、资本、劳动力等要素流动并非完全内生于市场,这样创新协同对地区的促进作用会被削弱。原因在于政府的“有形之手”将会干预创新主体的微观决策和创新行为,使得创新体系的运转协同度下降。这样市场制度环境就有可能对创新协同度的增长效应产生负向作用。基于以上分析,本文提出有待验证的假说3:

创新体系协同度的经济质量增长效应将随着地区市场制度环境的恶化而减弱(H3)。

^② 本文在图1展示了这一事实特征。

三、中国地区创新体系协同效度的测评

(一) 研究方法

三螺旋算法的基础即是 Shannon 的信息熵理论, Shannon 对信息熵的定义是: 离散型随机样本出现的概率大小, 即样本不确定性越大, 其熵值越大。相反如果一个系统自组织性越强, 不确定的信息量越少, 熵值也就越小。在一个系统变量的条件下, 熵的计算公式为: $H_i = -\sum_i P_i \times \lg_n P_i$, 其中 H_i 表示熵, P_i 表示在 i 维度信息出现的概率。同理, 二维分布的信息的熵的计算公式为: $H_{ij} = -\sum_i \sum_j P_{ij} \times \lg_n P_{ij}$, P_{ij} 表示 i 和 j 出现的联合分布概率。同理可以得到三维分布信息熵计算公式为: $H_{ijg} = -\sum_i \sum_j \sum_g P_{ijg} \times \lg_n P_{ijg}$ ③。

互信息 (mutual information) 是信息论中用以表示多个随机事件集合之间相关性的度量。互信息表示一个随机事件由于已知另外随机事件的信息而减少的不确定性。二维变量的互信息又称为二维转接度, 计算公式为: $T_{ij} = H_i - H_{ij} = H_i + H_j - H_{ij}$ ④。 T_{ij} 作为协同信息量表示 i 和 j 的相关程度, 该值越大表示, i 和 j 相关程度越大或两者的融合和耦合度越大。因此, i 和 j 原本单独表示的不确定信息量 $H_i + H_j$, 由于存在相关性, i 和 j 二维空间所表示的不确定信息量实际上是 H_{ij} 。因此, 如果两个变量存在相互关联, 则这两个变量组成的二维空间不确定信息有所减少。

当二维变量扩展到三维乃至更高维互信息时, 转接度则被称为协调度或协同度。相类似地, Abramson 导出三维的互信息定义为

$$T_{ijg} = H_i + H_j + H_g - H_{ij} - H_{jg} - H_{ig} + H_{ijg} \quad (1)$$

由于本文用于四个创新部门之间的互动情况, 借鉴三螺旋算法中的三维分布熵的计算方法, 本文将三螺旋算法扩展到四螺旋:

$$H_{ijgh} = -\sum_i \sum_j \sum_g \sum_h P_{ijgh} \times \lg_n P_{ijgh} \quad (2)$$

则四维的互信息可表示为

$$T_{ijgh} = H_i + H_j + H_g + H_h - H_{ij} - H_{jg} - H_{ig} - H_{ih} - H_{gh} - H_{jh} + H_{ijg} + H_{ijh} + H_{jhg} - H_{ijgh} \quad (3)$$

四维互信息的值用来衡量四维系统中各主体之间的协同创新程度, 即四维空间创新协同度。单纯的变量之间相关信息可以解释为不同数据集或变量之间“共享”的信息总量, 而交互信息则更多地被解释为变量之间的“依赖”关系。该方法与方差分析类似, 但是更加抽象, 无需对变量度量属性进行假设。为了避免那些因为经济落后规模企业较少而呈现较高集聚协同的地方的干扰, 本文借鉴 Leydesdorff 和 Michael (2006) 和 Leydesdorff 和 Zhou (2014) 的方法消除各个地区制造业规模异质性的影响, 对原始的数值进行标准化处理得到最终本文所要求的创新协同指数值 $syn = (n/N)T_{ijgh}$, 其中: n 表示地区企业的数量; N 表示所有地区企业的数量。

政府、企业、科研与高校及支撑服务等要素及它们之间的相互作用构成了国家创新体系的主体, 在开放经济的背景下, 全球化的进程进一步拓展了创新主体参与合作的广度和深度, 理应将“国外”维度纳入创新体系主体维度中。因此, 本文关注企业、政府、学术界 (大学及科研院所)、国外机构参与国内创新的程度及各方协同程度, 通过互信息来对二维、三维及四维主体间的自组织性和协同性进行量化。需要说明的是, 该算法适合一切以概率分布为基础的多维主体间关系的分析。

(二) 样本与数据

1. 指标选取和数据来源

本文基于 2008—2013 年中国科技企业活动数据。该数据口径为规模以上工业企业, 收录了 31 个省、自

③ 不同的数量单位不影响数值相对大小, 本文在计算过程中以 10 为底计算, 信息熵总为正值。

④ 根据熵的连锁规则, 有 $H_{ij} = H_i + H_{ji} = H_j + H_{ij}$ 。

治区、直辖市年规模以上工业企业科技活动主要统计数据^⑤,从微观企业角度,较为全面反映了我国工业企业科技活动开展情况,主要涉及工业企业 R&D 及相关活动主要指标和企业基本情况。本文选取政、产、学(高校及科研院所)^⑥、外四个维度的参与协同创新的代表性指标作为基础数据,表 1 具体列出了创新体系协同指数所使用的全部指标,从中可以看出,所选择的基础指标均为各主体维度具有代表性和可比性的核心指标。

2. 数据处理

首先,本文将指标中出现的缺失、错误和异常的数据予以剔除。由上文可知三螺旋算法适合一切以分类概率分布为基础的多维主体间关系的分析。

那么,本文需要对四个主体维度的创新参与程度进行分类,首先需要对每个维度的指标值进行合成,主成分分析法是被用来将相关变量合并成少数几个潜在维度的方法。由于基础指标的性质和量纲不同,不能直接进行合成。针对此问题。因此选择标准化方法对原始指标进行无量纲处理,并且以协方差矩阵作为主成分分析的输入。最终得到四个维度不同主体对企业个体创新参与度及创新投入度的值,随后将连续变量转换为类别变量,那么四个主体创新参与度值可以被等分为 1~8 类^⑦,数字由小至大意味着该主体对企业创新相对投入或相对参与程度不断提高。最后计算四维互信息的值,即为本文所求的创新协同指数。该算法适合一切以概率分布为基础的多维主体间关系的分析。这四个维度的创新资源投入的绝对值不一样。因此要按照 8 个百分位进行分类。它反映了当一个维度对企业创新相对支持度处于 1~8 类某一类时,其他维度的相对支持度也同时位于该类的概率。这一指标反映了在四维体系中,各维度的相对创新投入对企业创新的支持作用的协同度。

四、研究设计

(一) 基准计量模型

本文的基准模型主要检验创新协同度对经济高质量增长的影响作用,其中基准回归模型为创新协同度影响经济增长质量的方程:

$$growth_{it} = \beta_0 + \beta_1 syn_{it} + \gamma X_{it} + \mu_{province} + \eta_{year} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中: i 为全国各省市; t 为时间; μ 和 η 分别为模型中所控制的省份固定效应和时间固定效应; ε 为残差项; syn_{it} 表示创新协同度,用于反映地区间创新系统自组织性和协同度的差异。

(二) 变量定义和数据说明

(1) 经济增长质量($growth$)。本文所使用的经济增长更加注重经济增长的质量,参考郝颖等(2014)及曾艺等(2019)。因此本文选取的经济增长指数源于《中国经济增长质量报告-中国经济增长质量指数及省区排名》。同时,控制一些省份特征变量,可以尽量地缓解遗漏变量偏误:

(2) 知识存量($rdstock$)。知识存量作为重要的创新投入,能够显著促进创新能力和技术水平的进步。本文使用永续盘存法来计算地区 i 在时间 t 的研发存量 S_{it} :

$$S_{it} = (1 - \delta)S_{it-1} + R_{it} \quad (5)$$

⑤ 由于数据可获得性,本文所研究的地区不包含港澳台。

⑥ 由于高校和科研院所的相关指标较少且其在中国的创新系统中具有诸多类似的特点和作用,为了不影响测量效度,本文将两个主体整合为“学术部门”。

⑦ 基于计算的要求,将不同维度的绝对创新程度能够标准化为统一的相对化的类别程度分布,同时为了使分布不至于过于精细和粗糙而造成最后计算结果的波动,本文借鉴 Leydesdorff 和 Michael(2006)综合考虑认为分为 8 类较为合适。同时,经过本文初步计算,分为其他类别也基本不影响相对排名和实证结果,仅在具体数值上存在一定差异。

表 1 指标选取

维度	指标
政府	企业来自政府部门的科技活动资金
	全部科技项目数
	全部科技项目经费
	研究开发费用加计扣除减免税
	高新技术企业减免税
产业	企业内部用于科技活动的经费支出
	当年形成用于科技活动的固定资产
	企业办科技机构数
	新产品产值
高校及科研院所	新产品销售收入
	境内研究机构参与企业科技活动的经费支出
	高等学校参与企业科技活动的经费支出
国外	委托境外单位开展科技活动的经费支出
	境外设立的科技活动机构

其中： δ 表示研发存量的折旧率； R_{it} 表示*i*在时间*t*的知识资源常规要素投入集。为了得到研发存量的初始值，使用如式(6)所示：

$$S_{i0} = \frac{R_{i0}}{(\delta + g)(1 + g)^\theta} \quad (6)$$

其中： g 表示每个地区*i*研发支出的平均增长速度。选取 $\delta = 0.15$ ，之所以选取一个相对较大的值，一方面考虑到知识的更新速度越来越快；另一方面使用的数据中在计算期间存在负增长的情况，选取一个较大的值可以避免初始研发资本存量为负的状况。同时在现有研究中，一般认为技术创新滞后期为两年，故取 $\theta = 2$ 。

(3)固定资产投资(*inv*)。区域创新其本质为创新资源的投入产出活动，创新的区域环境和基础设施需要进行大量的固定资产投资，本文以人均全社会固定资产投资度量。其中，全社会固定资产投资额分别用固定资产投资价格指数进行价格平减。

(4)人力资本水平(*hum*)。人力资本水平越高的地区其劳动力的素质及其技能水平也相应越高，往往其区域创新能力就越强，对经济增长的贡献能力越大。本文设定人力资本水平的度量方式为： $Hum = (6g_1 + 9g_2 + 12g_3 + 16g_4)/G$ ，其中 g_1 、 g_2 、 g_3 、 g_4 分别为小学、初中、高中、大学本科以上毕业人数， G 为该地区就业的总人数。

(5)外商直接投资(*fdi*)。外资的进入可以有效地弥补地区发展过程中资本积累的不足，从而与其他生产要素如劳动力、土地、自然资源等形成更为合理的资源配置结构，提高资源的利用效率。同时外资的进入还会带来一定的技术外溢示范效应。东道国的企业可以学习外资企业先进的技术和管理经验，提高自身的技术水平和资源利用效率。本文采用地区实际利用外商直接投资占GDP的比重来衡量。文中的数据来自历年《中国统计年鉴》及各省统计年鉴。

(三)样本数据及描述性统计

本文所使用样本为中国31个省级面板数据，样本期为2008—2013年。创新协同指数测算是基于2008—2013年中国科技企业活动数据，而其他的省级层面数据均来自于各省相应年度的统计年鉴。本文认为在不影响模型估计的前提下，即使样本量客观受限，基于该样本进行经验研究仍然不乏是一种有益的尝试。同时，为了提高显著性检验效率，自举法(Bootstrap)重复抽取样本是一个可行的选项^⑧。表2汇报了主要变量的基本描述性统计量，包括样本观测值、平均值、标准差等。

表2 描述性统计

变量	平均值	标准差	最小值	最大值
<i>syn</i>	0.008	0.009	-0.004	0.030
<i>growth</i>	1.269	0.529	-1.045	3.258
<i>rdstock</i>	0.049	0.040	0.010	0.230
<i>inv</i>	-0.371	0.315	-1.372	0.107
<i>hum</i>	9.759	1.022	7.083	13.321
<i>fdi</i>	0.026	0.021	0.001	0.105

五、实证结果与分析

(一)基准估计结果

如表3所示，采用逐步加入变量的方法，第(1)列加入关键解释变量，估计系数显示创新协同度对经济高质量增长的作用显著为正，表明地区创新协同与经济增长质量之间呈现正相关关系，这一结果初步验证了假设1；(2)~(4)列分别加入其他地区层面的控制变量，创新协同度的估计系数在1%的水平上依然显著为正；(5)列进一步采用Bootstrap进行多次模拟，得到自抽样标准误，发现在控制了其他影响因素后，估计系数未发生实质性改变，说明模型具有良好的稳定性；(6)列采用固定效应模型，通过将截面相关部分从残差项中分离出来，对于缓解模型可能存在的“内生性”起到了一定的作用，并控制其他控制变量和个体固定效应。从完整的估计结果来看，创新协同的估计系数在1%的水平上仍然显著且为正，即扩展创新主体协同度能显著促进地区高质量增长。具体来说，地区创新协同每提高1个单位，将会引起企业创新产出强度增加14个百分点，这一结果再次支持了假设1。其他控制变量的估计结果也都符合预期。

⑧ 通过从现有样本中有效回地抽样来获得更多的「样本」(由于不是真正从母体中抽出来，所以称这些二次抽样获取的样本为「经验样本」)，并进而以这些「经验样本」为基础构造统计量的标准误或置信区间，以达到统计推断的目的。

表3 基准回归结果

估计方法	(1)OLS	(2)OLS	(3)OLS	(4)OLS	(5)OLS	(6)OLS
<i>syn</i>	27.326***(3.43)	15.459***(5.38)	12.636***(4.43)	15.232***(5.12)	15.314***(3.54)	14.180***(4.79)
<i>rdstock</i>		7.347***(1.11)	5.242***(1.25)	1.642(2.67)	1.432(2.32)	1.452(3.15)
<i>inv</i>			-0.458***(0.22)	-0.332(0.24)	-0.336(0.27)	-0.333(0.55)
<i>hum</i>				0.216*(0.12)	0.226*(0.12)	0.218***(0.10)
<i>fdi</i>				1.330****(0.38)	0.325(0.60)	0.566*(0.32)
常数项	3.068****(0.76)	0.759****(0.67)	0.724****(0.96)	-1.086(1.53)	-1.086(1.54)	-1.104(1.47)
Standard-error	Robust	Robust	Robust	Robust	Bootstrap	Robust
时间	YES	YES	YES	YES	YES	YES
R^2	0.546	0.456	0.578	0.548	0.489	0.369
N	186	186	186	186	186	186

注：*、**和***分别表示在10%、5%和1%水平下显著；括号内数值为标准误。

(二)内生性检验

基本回归可能的潜在内生性问题是，地区经济增长质量可能与创新体系协同度存在双向因果关系。为了更准确估计地区创新体系协同度的影响，本文借鉴孙天阳和成丽红(2020)的思路，采用国家级科技孵化器数量作为工具变量。自从1987年中国第一个孵化器诞生以来，当前科技孵化器已成为创新体系的重要组成部分。政府对孵化器内各主体的产学研合作提供一定税收减免、场地服务等政策支持，为企业、科研院所和大学等科研主体创新合作提供了优质平台。孵化器虽然为企业协同创新搭建了平台，但不会直接影响地区经济增长质量。而且孵化器是由科技部火炬中心每年评定，并不由地区或企业自己决定，具备较好的外生性。为了进一步提高外生性，计算了2008—2013年地区平均的孵化器数量，以此作为地区创新体系协同度的工具变量。数据来自于《中国火炬统计年鉴》。如果工具变量是不随时间而变动的变量，这时再同时控制时间固定效应进行面板回归，工具变量会在组内去芯过程中被消除掉。对于这种问题，解决方法是将该不随时间变化的变量交乘年份(*Year*)生成新的变量，然后作为新的工具变量*incu*进行工具变量回归。表4中汇报了两阶段最小二乘法的估计结果。第一阶段以*syn*作为被解释变量的回归中，*incu*的估计系数均显著为正，确保了这一工具变量与*syn*相关性。第一阶段结果显示工具变量的估计满足相关性条件，而且估计系数显著。第二阶段显示识别不足检验(Kleibergen-Paaprk LM统计量)在1%的显著水平上被拒绝，弱识别检验显示Cragg-Donald Wald F 值远大于10，拒绝了弱工具变量假设。第二阶段结果显示，在使用工具变量后，*syn*依然显著为正，系数值明显增大，表明提高地区创新体系协同度可以提高经济增长质量。这一结果强化了本文的结论。

(三)稳健性检验

(1)更换替代变量。基础回归中采取的被解释变量来自于《中国经济增长质量报告》。中国经济高质量发展另外一个特征是效率变革。从效率层面来看，经济增长质量就是进行经济活动时所消耗的要素投入与经济活动总成果之间的比较，是资源要素投入比例、经济增长效果或经济增长的效率(魏婕和任保平,2016)。基于以上分析，参考林春(2017)及孔群喜等(2019)方法，本文从效率视角出发，利用两种不同的方式测度全要素生产率进而作为经济增长质量的代理指标进行稳健性检验。第一种是采用DEA的方法测得的*dea_tfp*。DEA是一种非参数的方法，可以突破截面之间生产技术同质性的约束条件，可以较好地反映截面生产技术的异质性。首先构建DEA-Malmquist指数表达式，具体公式为

$$TFPC = M_i(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \sqrt{\frac{D_i^t(x_t, y_t)}{D_i^t(x_{t+1}, y_{t+1})} \frac{D_i^{t+1}(x_t, y_t)}{D_i^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}} \quad (7)$$

表4 2SLS模型估计结果

2SLS	(1)2SLS 第一阶段	(2)2SLS 第二阶段
被解释变量	<i>syn</i>	<i>growth</i>
<i>incu</i>	0.250****(0.02)	
<i>syn</i>		5.378****(0.97)
控制变量	YES	YES
常数项	14.629****(0.55)	0.907****(0.15)
时间	YES	YES
R^2	0.420	0.864
Kleibergen-Paaprk LM		0.000
Cragg-Donald Wald F		193.062
N	186	186

注：*、**和***分别表示在10%、5%和1%水平下显著；括号内数值为标准误。

其中： $TFPC$ 为全要素生产率； D_i^t 为技术前沿下的距离函数； x 和 y 分别表示决策单元的投入和产出； t 和 $t + 1$ 分别表示时期^⑨。第二种是采用随机前沿生产函数的参数估计值 sfa_tfp ，测算得到技术进步、技术效率变化率、规模效率变化率和要素配置效率，四者相加即为全要素生产率^⑩。结果报告在表5的前2列。以两种全要素生产率替换被解释变量后，估计参数依然显示出正向的促进作用。这些都说明本文的结论具有一定的稳健性。

(2)更换估计方法。本文运用分位数进行分样本数据处理，并采用分位数回归的方法进行统计推断，结果报告在表5的(3)~(5)列。在25%、50%和75%的分位数水平上， syn 的系数均为正且在不同置信水平下显著。这意味着伴随着区域创新协同度的增加，创新主体间的合作加深及创新协同度的提高将有利于企业的创新效率和创新强度的提高，继而对地区的经济增长起到正向的促进作用，并且发现分位数回归系数在5.121~14.221之内，同时随着分位点的提高，回归系数和显著性在下降，表明随着经济增长的提升，区域创新协同度对其促进效应在不断降低。具体而言，在控制了其他因素的情况下，对于经济增长质量较低的地区，创新协同度的边际收益比较高。

(四)机制检验

虽然前文的分析已经验证了本文的核心结论，即提高创新体系协同会显著提高地区的经济增长质量，但尚未对影响的内在机制予以实证检验。根据本文第二部分的理论分析与假设，创新体系协同度对经济增长质量的影响机制存在“知识创造和转化质量效应”。本文构建如下递归模型来检验在理论分析中所提出的影响机制：

$$growth_{it} = \beta_0 + \beta_1 syn_{it} + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$spill_{it} = \beta_0 + \beta_1 syn_{it} + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$growth_{it} = \beta_0 + \beta_1 syn_{it} + \beta_2 spill_{it} + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

其中： $spill$ 表示知识创造和转换质量效应。R&D的知识效应除了体现为存量方面，也体现为R&D增量的优化，其具有提升创新潜能这一隐性作用，主要体现为知识创造和转化的质量。前者决定了自主创新的水平，后者则能助力吸收外来先进技术、集聚优秀人才。见表6，本文构建了R&D创造和转化质量效应指标。

在实际估计过程中，本文利用SPSS软件对多维数据进行主成分分析法处理，将以上两个维度的五个指标构成一个综合反映创新体系中知识创造和转化的质量复合指数。表7为创新协同度对地区经济增长质量影响渠道检验结果。表7(1)列即为表3中的(5)列，反映了创新协同度对经济增长具有显著的促进作用。表7(2)列中将 $spill$ 这一中介变量作为被解释变量，结果可以发现协同度的提升促进了知识创造和转化的效应。同时在表7(3)列中，同时加入 $spill$ 和 syn ，结果发现 syn 变量与没加入 $spill$ 的表7(1)列相比系数变得不再显著。因此，基本可以判断创新协同度会提高地区的知识创造和转化的质量效应从而促进该地区的经济增长。

表5 稳健性检验

被解释变量	(1) <i>dea_tfp</i>	(2) <i>sfa_tfp</i>	(3) <i>growth</i>	(4) <i>growth</i>	(5) <i>growth</i>
估计方法	OLS	OLS	Quantile(25%)	Quantile(50%)	Quantile(75%)
<i>syn</i>	1.808*** (0.32)	4.597*** (1.04)	14.221*** (5.38)	6.130* (3.61)	5.121 (5.58)
常数项	16.659*** (3.32)	1.919*** (0.24)	-0.817 (0.87)	0.495 (0.41)	0.190 (0.54)
Standard-error	Bootstrap	Bootstrap	/	/	/
时间	YES	YES	YES	YES	YES
R^2	0.341	0.631	0.746	0.864	0.755
N	186	186	186	186	186

注：*、**和***分别表示在10%、5%和1%水平下显著；括号内数值为标准误。

表6 知识创造和转化质量效应

一级指标	二级指标	数据来源
知识创造	国外主要检索工具收录科技论文数	《中国科技统计年鉴》
	三种专利申请数量	《中国科技统计年鉴》
	三种专利授权数量	《中国科技统计年鉴》
知识转化	新产品销售收入	《中国工业企业统计年鉴》
	高技术产品出口交货值	《中国高技术产业统计年鉴》

表7 机制检验

被解释变量	(1) <i>growth</i>	(2) <i>spill</i>	(3) <i>growth</i>
<i>syn</i>	15.314***(3.54)	17.876***(4.35)	5.546(5.16)
<i>spill</i>			0.416***(0.10)
控制变量	YES	YES	YES
常数项	-1.086(1.54)	-2.347***(0.32)	-2.328(2.21)
时间	YES	YES	YES
R^2	0.489	0.423	0.818
N	186	186	186

注：*、**、***分别表示在10%、5%和1%水平下显著；括号内数值为标准误。

⑨ 其中投入变量为各省实际资本存量以及从业人数，产出变量为实际GDP。

⑩ 对随机前沿函数的估计采用误差修正模型，并将函数形式设置为生产函数。

(五)创新体系中主体协同的扭曲：二维和三维空间的异质性分析

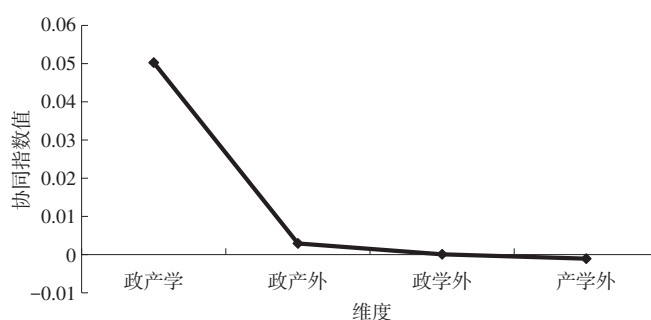
创新系统内部存在主体间协同影响效应的差异。如图1所示,“三维”创新系统协同指数值排名依次为:“政产学”“政产外”“政学外”“产学外”。表明当前的创新系统内部,政府的协同参与度较高,而国际化参与企业创新的程度仍然较低。如图2所示,“二维”创新系统协同指标值排名依次为:“政产”“产学”“政学”“学外”“产外”“政外”,且政府和企业间的创新协同数值异常高,其他“二维”主体间的协同程度相对较低,国外维度的创新协同参与度仍然比较低。

因此,作为拓展的实证分析,本文将对不同维度创新协同异质性影响进行比较分析。这里仍然采用固定效应模型的估计,结果汇报在表8和表9中。结果发现,二维主体的创新协同系数要么显著为负,要么不显著:包含政府主体的创新协同的系数显著为负,且“政产”的负向影响最大。而不包含政府创新协同中“产学”的系数则在5%水平上显著,而其余二维主体创新协同虽不显著但系数也为正。间接证实了协同创新系统中政府参与影响效应的不对称,即过度加大二维创新协同中政府的参与度可能会阻碍其在经济增长中的作用。可能的解释在于,当前政府在低层次、低维度的创新体系中参与度过高,会弱化其制度要素供给职能,也会对其他创新主体间的创新协同产生一定的“挤出效应”。而三维协同虽然呈现促进作用,但是其经济增长效应则很微弱,系数区间为0.443~0.611,表明提高协同创新主体的多元性有利于促进经济增长质量,一定程度上会弥补二元主体创新中的缺陷尤其是政府参与的不利因素。

综上,创新体系中政府影响作用的不对称性集中表现在“政产学外”各主体的地位和功能被扭曲,从实证结果来看,一方面,要减少政府在创新体系中直接参与程度,仅提高其高质量制度供给的职能水平,弱化其在经济决策和资源配置的干预;另一方面,应提高创新体系的开放性和主体多元性,进而在多层次多维度的创新体系中提高协同效率。

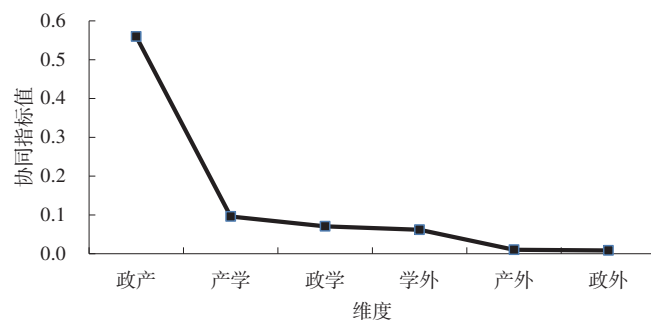
(六)考虑市场制度环境影响下的扩展分析

本文进一步分析市场制度环境的调节效应。樊纲和王小鲁等(2003)以大量数据为基础,从5个方面构建了反映市场化进程的指标,并借助主成分分析法生成各指标的权重,加权计算各个地区市场化的总指数。本文利用这一指数作为测度地区制度水平及其变迁的变量。本文经过适当调整,采用以下形式的制度环境过滤指数:



资料来源:笔者根据数据绘制而得

图1 三维创新协同指标值



资料来源:笔者根据数据绘制而得

图2 二维创新协同指标值

表8 二维主体中政府参与协同的影响差异

维度	政产	政学	政外	产学	产外	学外
<i>syn</i>	-0.596** (0.31)	-0.410** (0.166)	-0.364* (0.192)	0.414** (0.169)	0.245 (0.162)	0.503 (0.99)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间	YES	YES	YES	YES	YES	YES
R^2	0.145	0.634	0.321	0.345	0.662	0.514
N	186	186	186	186	186	186

注: *、**和***分别表示在10%、5%和1%水平下显著;括号内数值为标准误。

表9 三维创新主体的影响效应

维度	政产学	政产外	政学外	产学外
<i>syn</i>	0.524*** (0.21)	0.611*** (0.19)	0.517*** (0.13)	0.443*** (0.12)
控制变量	YES	YES	YES	YES
时间	YES	YES	YES	YES
R^2	0.364	0.614	0.631	0.544
N	186	186	186	186

注: *、**和***分别表示在10%、5%和1%水平下显著;括号内数值为标准误。

$$fil_{it} = \frac{env_{max} - env_{it_raw}}{env_{max} - env_{min}} \quad (11)$$

其中： env_{it_raw} 表示 i 地区初始的制度环境值； env_{max} 和 env_{min} 分别表示样本期间所有地区中的最大值和最小值。根据以上的指数构造含义， $filter_{it}$ 越大表示 i 地区的制度环境越恶劣。

本文对式(12)进行检验，主要关注创新协同与制度环境的交互项系数：

$$growth_{it} = \beta_0 + \beta_1 syn_{it} + \beta_2 fil_{it} + \beta_3 (syn_{it} \times fil_{it}) + \gamma X_{it} + \mu_{province} + \eta_{year} + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

为了重点考察制度环境变量与创新协同度之间相互的影响，同时构建了交互变量 $syn_{it} \times fil_{it}$ 。如果创新协同对地区经济增长质量的作用依赖于地区制度环境，预期该变量的系数 β_3 为负，表示制度环境越糟糕的地区，创新协同度对地区经济增长质量的正向作用越小。

实证结果表 10 报告了制度环境在创新协同的经济增长效应中的影响，结果发现创新协同度与制度环境的系数显著为负，说明制度环境弱化了创新协同度对区域经济增长的正向影响。创新协同度的提高有益于地区经济增长的规模和质量，而制度环境会对地区创新效率和创新意愿产生约束作用继而抑制地区经济增长。

表 10 制度环境的影响

变量	quality	pgdp	quality
syn	45.42*** (5.692)	45.13*** (5.324)	33.11*** (5.321)
syn × fil	-74.31** (22.23)	-104.5*** (23.34)	-137.7*** (23.29)
控制变量	YES	YES	YES
时间	YES	YES	YES
R ²	0.532	0.346	0.327
N	186	186	186

注：*、**和***分别表示在 10%、5% 和 1% 水平下显著；括号内数值为标准误。

六、主要结论与政策建议

本文结合互信息理论，通过分布熵算法对中国各地区创新主体间的自组织性和协同性进行了量化。本质上来看，这一方法有效地捕捉了创新体系间个体交互程度。基于“政产学研外”四维创新主体分析视角，我们构建了反映各地区多维主体创新体系协同效度的指标。实证研究发现，提高创新体系主体协同度有助于提高经济增长质量。此外，创新协同度的促进效应主要通过“知识创造和转化”机制；创新协同度的边际增长效应随着经济增长质量的提高而递减；较差的市场体制环境则会弱化创新协同的促进作用。在新科技产业变革的“机会窗口”及经济高质量发展背景下，本文的政策建议主要有以下两个方面：

第一，进一步纠偏政府和创新体系中的角色定位，尤其是应该厘清“政产”关系。虽然政府应该被作为国家创新体系的重要要素，但是其作用应该是以各种方式介入与其他要素（如企业、大学和公共科研机构等）的交互之中，而不是在创新系统起主导甚至干预作用。另外，应更加重视政府在创新体系中制度和基础设施建设中的作用，为企业与其他创新主体之间的对接和合作创造便利的机制和制度环境。

第二，应着力构建“政产学研外”一体化、立体化的创新网络，提高创新系统开放与协同。加强不同主体创新协同的机制，提高创新体系的层次和深度。一方面，继续深化行政、事业和国有企业改革，强化政府、企业、科研院所、高校、国外机构等维度创新主体的充分互动，推动创新资源在各类组织之间有效流动，形成开放合作的创新网络和形式多样的创新共同体。另外一方面，应修补创新链，提高科技成果转化。逐步深化科研事业单位体制改革，弥补技术研发与产业化之间的创新链缺失，推动战略性新兴产业与新产品取得突破。

参考文献

[1] 程惠芳, 蒋泰维, 胡慧芬, 等, 2008. 国家创新体系对企业国际竞争力影响的经验分析[J]. 世界经济, (1): 90-96.
 [2] 杜旌, 穆慧娜, 刘艺婷, 2014. 集体主义的确阻碍创新吗? ——一项基于情景作用的实证研究[J]. 科学学研究, 32 (6): 919-926.
 [3] 方强, 2014. 政府职能转变过程中的职能部门管理模式创新[J]. 管理世界, 30(12): 174-175.
 [4] 郝颖, 辛清泉, 刘星, 2014. 地区差异、企业投资与经济增长质量[J]. 经济研究, 49(3): 101-114, 189.
 [5] 贾根良, 于占东, 2006. 自主创新与国家体系: 对拉美教训的理论分析[J]. 天津社会科学, (6): 82-87.
 [6] 孔群喜, 王紫绮, 蔡梦, 2019. 对外直接投资提高了中国经济增长质量吗[J]. 财贸经济, 40(5): 96-111.
 [7] 林春, 2017. 财政分权与中国经济增长质量关系——基于全要素生产率视角[J]. 财政研究, (2): 73-83, 97.
 [8] 刘云, 谭龙, 李正风, 2015. 国家创新体系国际化的理论模型及测度实证研究[J]. 科学学研究, 33(9): 1324-1339.
 [9] 孙天阳, 成丽红, 2020. 协同创新网络与企业出口绩效——基于社会网络和企业异质性的研究[J]. 金融研究, (3):

- 96-114.
- [10] 王刚刚, 谢富纪, 贾友, 2017. R&D补贴政策激励机制的重新审视——基于外部融资激励机制的考察[J]. 中国工业经济, (2): 60-78.
- [11] 王元地, 刘凤朝, 2013. 国家创新体系国际化实现模式与中国路径——基于中、德、日、韩的案例[J]. 科学学研究, 31(1): 67-78.
- [12] 魏婕, 任保平, 2016. 财政偏向激励、地方政府行为和经济增长质量[J]. 经济科学, 213(3): 5-18.
- [13] 杨建君, 杨慧军, 马婷, 2013. 集体主义文化和个人主义文化对技术创新方式的影响——信任的调节[J]. 管理科学, 26(6): 1-11.
- [14] 袁潮清, 刘思峰, 2013. 区域创新体系成熟度及其对创新投入产出效率的影响——基于我国31个省份的研究[J]. 中国软科学, 267(3): 101-108.
- [15] 曾艺, 韩峰, 刘俊峰, 2019. 生产性服务业集聚提升城市经济增长质量了吗?[J]. 数量经济技术经济研究, 36(5): 83-100.
- [16] CASTELLACCI F, NATERA J M, 2013. The dynamics of national innovation systems: A panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity[J]. Research Policy, 42(3): 579-594.
- [17] FAGERBERG J, LUNDVALL B A, SRHOLEC M, 2018. Global value chains, national innovation systems and economic development[J]. The European Journal of Development Research, (30): 533-556.
- [18] FULVIO C, 2009. The interactions between national systems and sectoral patterns of innovation[J]. Springer-Verlag, 19(3): 321-347.
- [19] GUAN J, CHEN K, 2010. Measuring the innovation production process: A cross-region empirical study of China's high-tech innovations[J]. Technovation, 30(5): 348-358.
- [20] JAN F, MARTIN S, 2008. National innovation systems, capabilities and economic development[J]. Research Policy, 37(9): 1417-1435.
- [21] GUN J, CHEN K, 2012. Modeling the relative efficiency of national innovation systems[J]. Research Policy, 41(1): 102-115.
- [22] CHEN K, GUN J, 2011. Mapping the functionality of China regional innovation systems: A structural approach[J]. China Economic Review(22): 11-27.
- [23] LEE K. 2013. Schumpeterian analysis of economic catch-up: Knowledge, path-creation, and the middle-income trap[M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- [24] LEYDESDORFF L, MICHAEL F, 2006. Measuring the knowledge base of regional innovation systems in Germany in terms of a triple helix dynamics[J]. Research Policy, 35(10): 1538-1553.
- [25] LEYDESDORFF L, ZHOU P, 2014. Measuring the knowledge-based economy of China in terms of synergy among technological, organizational and geographic attributes of firms[J]. Springer Netherlands, 98(3): 1703-1719.
- [26] MARIBEL G, DAVID U, 2017. The impact of triple helix agents on entrepreneurial innovations' performance: An inside look at enterprises located in an emerging economy[J]. Technological Forecasting and Social Change, 1119(6): 294-309.
- [27] PHILIP S, JAN Y, LUCIANO K, 2015. National innovation systems and the globalization of nanotechnology innovation[J]. The Journal of Technology Transfer, 36(6): 587-604.
- [28] SEOKBEOM K, KAZUYUKI M, 2016. How institutional arrangements in the national innovation system affect industrial competitiveness: A study of Japan and the U. S. with multi-agent simulation[J]. Technological Forecasting and Social Change, 115(2): 221-235.

“Four Dimensional” Innovation System Synergy and Regional Economic Growth Quality

Dai Yixin¹, Hu Yuanhong^{2,3}, Li Xing⁴

(1. School of Business, Nanjing University, Nanjing 210009, China;

2. School of Business, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China;

3. School of Economics and Management, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

4. School of International Economics and Trade, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210046, China)

Abstract: In an open economy, the process of globalization extends the scope and depth of the participation of innovation subjects in international cooperation. This is essential to high-quality economic growth. Therefore, “foreign” should be included as a dimension in innovation system analysis. Utilizing the information entropy algorithm and data on the innovation activities of Chinese science and technology enterprises, the index of innovation system coordination degree at provincial level was constructed, based on the perspective of “government, industry, scientific research institutions, and foreign countries”, and the influence of regional innovation system coordination degree on the quality of economic growth. According to the results, improving the coordination degree of innovation systems can improve the quality of regional economic growth was analyzed. However, in two-dimensional collaborative innovation, excessive increase of government participation may impede the role of innovation system in economic growth. In addition, the effect of coordination degree is mainly realized by improving the efficiency of innovation resource allocation and enhancing knowledge creation and transformation. As economic growth quality improves, the marginal growth effect of coordination degree decreases. The promotion effect of collaborative innovation will be weakened in a poor market system environment. These conclusions have many implications for China’s current innovation system and government function optimization.

Keywords: innovation system; coordination degree; quality of economic growth