

京津冀科研院所协同创新测度研究

杨振磊 沈延斌 杨士伟 张田力
(天津市科学技术信息研究所, 天津 300074)

摘要: 在实施创新驱动发展战略的背景下, 作为重要创新主体的科研院所之间的协同创新日益受到关注。以京津冀地区科研院所为例, 利用复合系统协同度模型, 定量研究区域内科研院所的协同创新程度。研究表明, 京津冀三地科研院所创新处于中度协同发展阶段, 且三地科研院所协同创新的演进阶段各有不同。从总体上看, 京津冀三地科研院所协同创新呈现稳定的上升态势。

关键词: 京津冀区域; 科研院所; 协同创新; 复合系统协同度; 创新测度

中图分类号: G301

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2020.02.013

Research on Synergy Innovation Measurement of Beijing-Tianjin-Hebei Research Institutes

YANG Zhenlei, SHEN Yanbin, YANG Shiwei, ZHANG Tianli
(Tianjin Institute of Science and Technology Information, Tianjin 300074)

Abstract: Under the background of implementing China's innovation-driven development strategy, the collaborative innovation between scientific research institutes, as an important innovation subject, has attracted more and more attention. Taking the research institutes of Beijing-Tianjin-Hebei region as an example, this paper uses the composite system synergy model to quantitatively study the degree of collaborative innovation of research institutes in the region. The research shows that the innovation of scientific research institutes in Beijing, Tianjin and Hebei is in this stage of moderate synergistic development, and the evolution stages of synergistic innovation are different. Generally speaking, the synergistic innovation of scientific research institutes in Beijing, Tianjin and Hebei shows a steady upward trend.

Keywords: Beijing-Tianjin-Hebei region, scientific research institutes, collaborative innovation, coordination degree of composite system, innovation measurement

京津冀地区是我国经济发展的重要区域, 是区域整体协同创新发展引领区和全国创新驱动经济增长新引擎。2018年11月, 京津冀科技有关部门共同举办了“京津冀科研院所联盟工作会暨百家院所走进天津·京津冀协同创新系列活动”,

明确了三地科研院所协同创新的机制及相关事项, 为京津冀科研院所协同发展奠定了坚实的基础。京津冀科研院所联盟的不断发展壮大, 促进了三地科研院所资源的开放共享和创新要素的自由流动, 逐步呈现出优势互补、共同发力、错位

作者简介: 杨振磊 (1981—), 男, 情报研究中心高新技术研究室主任, 硕士, 研究方向: 产业创新和科技创新管理 (通信作者); 沈延斌 (1977—), 男, 情报研究中心技术副主任, 博士, 研究方向: 产业创新; 杨士伟 (1983—), 男, 情报研究中心工程师, 硕士, 研究方向: 科技创新管理; 张田力 (1985—), 女, 情报研究中心工程师, 硕士, 研究方向: 技术经济。

基金项目: 国家发展和改革委员会中央地方创新创业重大联合研究课题“创新创业新生态的发达国家经验借鉴与模式梳理研究”; 天津市科技发展战略研究计划项目“京津冀科研院所协同创新路径研究”(17ZLZDZF00140)。

收稿时间: 2019年10月22日。

发展的协同发展态势。当前，京津冀科研院所协同创新日益受到重视，从“点”上看，形成了一批协同创新的标志性成果和亮点，但从“面”上看，三地科研院所间协同创新的整体现状以及协同的程度如何、能否定量测度等问题还需要进一步思考和研究。从国内外学者对区域协同创新进行的大量研究^[1-10]来看，目前关于协同创新的定量分析大多是基于对协同创新广义内涵的理解，主要应用于绩效关系以及外部系统之间的协同发展研究，鲜有对特定区域、特定创新主体内部的协同关系进行研究，比如科研院所间的协同创新进行定量测度。因此，本文试图从特定区域和特定创新主体的范畴出发，对京津冀区域科研院所之间的协同创新关系进行定量分析，以期通过量化分析呈现京津冀科研院所协同发展的状态。

1 测度模型的选择与构建

当前，对于系统协同的测度方法较多，比较有代表性的有基于协同学的复合系统协调度、基于灰色关联度的协同分析模型、基于耗散理论的关联熵测度模型等。每种测度方法都有不同的适用条件和自身特点：基于协同学理论的复合系统协调度模型主要从全局和整体的维度，分析系统协同度，充分体现系统集成的观点，不考虑复合系统内部“黑箱”；基于灰色关联度的协同模型，主要是以子系统为研究对象，从距离空间维度对

创新系统因素进行关联分析。考虑到京津冀科研院所之间是一个多种要素综合影响、内部变化较为复杂的区域创新系统，而复合系统协调度模型基于协同学的自组织原理，可以较为科学、便捷地对整体系统的协同程度进行测度。因此，可以采用复合系统协同度模型测度京津冀科研院所协同创新的程度。

基于协同创新的相关内涵和理论，以及对科研院所协同创新的理解，一方面从系统学角度看，北京市科研院所、天津市科研院所、河北省科研院所分别作为区域的3个子系统组成了京津冀科研院所复杂系统；另一方面按照协同学理论，在这3个子系统之间，围绕创新资源的合理配置，通过有机衔接、功能对接、协作互补、演化调控等阶段的运行发展，逐步向协同创新阶段迈进。因此，京津冀科研院所系统的协同度可认为是3个子系统在发展演变过程中协调一致的程度。其运行机制遵循系统学和协同学的原理，在各子系统（也称序参量）的带动下，通过导出伺服原理，整体系统开始自组织过程，逐步从无序系统演变进化为具有时间、空间和功能等特征的有序系统^[11]。其自组织协同过程如图1所示。

假设整个京津冀区域科研院所系统为 S ，区域各子系统为 $S(i)(i=1,2,\dots,n)$ ，协同创新投入子系统为 S_1 ，协同创新产出子系统为 S_2 。定义子系统序参量分量 t_{ij} 有序度的计算公式为：

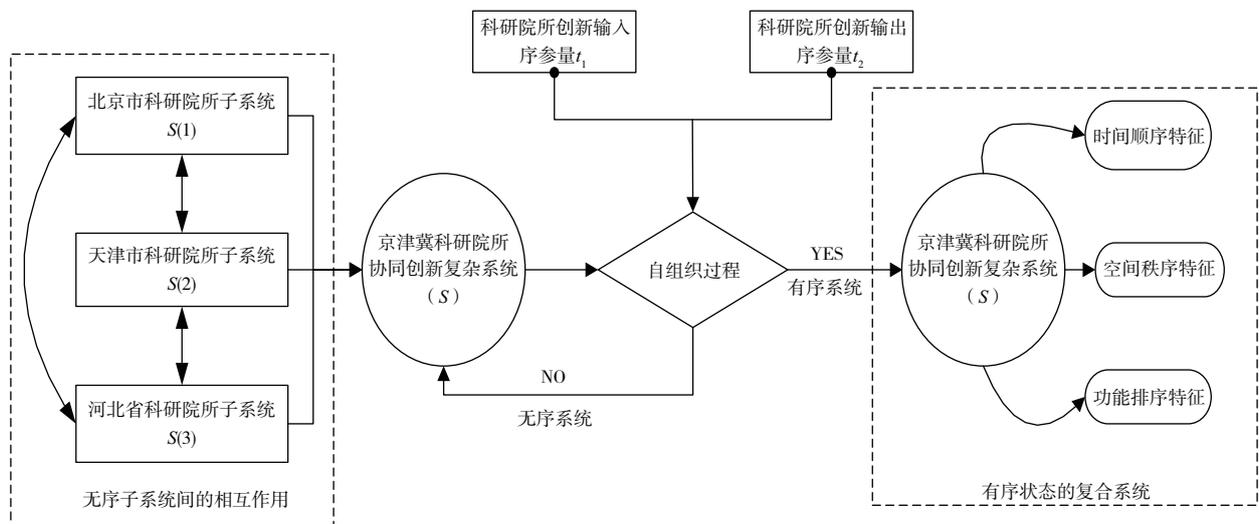


图1 京津冀科研院所协同创新系统自组织过程图

$$\mu(t_{ki}) = \begin{cases} \frac{t_{ki} - \beta_{ki}}{\alpha_{ki} - \beta_{ki}}, i \in [1, l_1] \\ \frac{\alpha_{ki} - t_{ki}}{\alpha_{ki} - \beta_{ki}}, i \in [l_{1+1}, j] \end{cases} \quad (1)$$

在式(1)中 $\beta_{ki} \leq t_{ki} \leq \alpha_{ki}, k \in [1, n]$ 。 β_{ki} 和 α_{ki} 分别是时间序列下序参量的下限和上限。子系统的有序度计算公式为：

$$\mu_k(t_k) = \sqrt[j]{\prod_{i=1}^j \mu_k(t_{ki})}$$

或

$$\mu_k(t_k) = \sum_{i=1}^j w_i \mu_{ki}, \quad (2)$$

$$w_i \geq 0, \sum_{i=1}^j w_i = 1$$

假定初始时刻 t_0 时的有序度为 $\mu_k^0(t_k)$ ，系统演化到 t_1 时刻的有序度为 $\mu_k^1(t_k)$ ，则子系统的协同度 $C(s)$ 的公式为：

$$C(s) = \theta \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n [\mu_k^1(t_k) - \mu_k^0(t_k)]} \quad (3)$$

一般认为，当 $-1 \leq C \leq 0$ 时，复合系统为非协同演变状态，当 $0 < C \leq 1$ 时，复合系统为协同演变状态。协同演变状态又可分为： $0 < C \leq 0.2$ 为低度协同， $0.2 < C \leq 0.6$ 为中度协同， $0.6 < C \leq 1$ 为高度协同^[12-13]。

2 序参量甄选

复杂系统协同度测算中，序参量的选择往往显得比较重要。据有关研究，系统越复杂，指标数量越多，有实际意义的指标作用反而会越低。因此，与以往的研究相比，当本文甄选序参

量时，在遵循精炼、有效、可获取原则的同时，注重体现科研院所协同创新活动的系统性。具体而言，包括创新主体投入资金、资本、劳动等要素，利用现有的知识存量，生产新知识、新技术、新标准，从而促进区域科研院所的协同创新。因此，基于“投入—产出”的视角，将创新投入和创新产出作为序参量，分别选择对这两个序参量影响较为关键的指标作为序参量的分量，并采取熵权法确定序参量分量权重（表1）。

(1) 创新投入序参量 (S_1)。优化筛选后将科研院所机构数、科研院所研发经费内部支出、科研院所研发课题数、科研院所研发人员全时当量等指标作为科研院所创新投入序变量的分量。其中，科研院所机构数反映了子系统区域资源的集聚能力，科研院所研发经费内部支出、科研院所研发课题数、科研院所研发人员全时当量等指标反映了子系统创新主体的科技研发情况。

(2) 创新产出序参量 (S_2)。优化筛选后将合作发表科技论文数、有效发明专利数、专利所有权转让及许可收入、形成国家或行业标准数等指标作为科研院所创新产出序参量的分量。其中，合作发表科技论文数反映了子系统之间的研发合作情况，有效发明专利数、专利所有权转让及许可收入、形成国家或行业标准数等指标反映了子系统的创新发展水平。

3 子系统的有序度与协同度

以下分析的数据来源于2012—2017年《中国科技统计年鉴》。鉴于原始数据计量单位不一

表1 京津冀科研院所协同创新系统序参量

系统	序参量	序参量分量	单位	符号	权重
区域科研院所协同创新系统 (S)	创新投入序参量 (S_1)	科研院所机构数	个	t_{11}	0.191
		科研院所研发经费内部支出	万元	t_{12}	0.121
		科研院所研发课题数	项	t_{13}	0.067
		科研院所研发人员全时当量	人年	t_{14}	0.073
	创新产出序参量 (S_2)	合作发表科技论文数	篇	t_{21}	0.213
		有效发明专利数	件	t_{22}	0.102
		专利所有权转让及许可收入	万元	t_{23}	0.052
		形成国家或行业标准数	项	t_{24}	0.162

致，为消除原始数据不同纲量影响，则运用 SPSS 22 软件的 Z-Score 标准化方法对子系统原始数据进行处理。

运用式 (1)、式 (2)，序参量上下限考虑计算合理方便，取序参量时间序列上最大值和最小值的 (1+10%) 进行计算，分别可得三地科研院所序参量的有序度。从表 2、表 3 和表 4 可以看出，2013—2016 年北京市科研院所序参量创新投入有序度和创新产出的有序度均呈持续增强态势。特别是，2016 年北京市推动建设全国科技创新中心建设以来，北京市围绕科创中心建设加大了创新资源投入，创新投入有序度得到大幅提升。与此同时，北京市科研院所创新产出也有一定幅度的上升，但与创新投入的直接效应相比，创新产出有序度的提升并不明显，这在一定程度上反映了北京市科研院所在创新资源集聚力和创新产出能力方面的不均衡性。天津市科研院所创新投入序参量的有序度不断增强，在京津冀协同发展、国家自由贸易试验区等一系列重大机遇叠加的优势下，科研院所在天津市建设全国先进制造研发基地和产业创新中心的作用日益受到重视，投入也在不断加强，但从创新产出序参量的有序度来看，2015 年有所降低，主要是由于专利和标准方面的产出不足，这反映了天津市注重产业创新，对原始创新能力的提升还需进一步加强。在京津冀协同发展的带动下，河北省科研院所创新投入序参量的有序度也在不断增强，但创新产出有序度明显低于北京市和天津市，且处于波动状态，科研产出不稳定。

将表 2、表 3、表 4 计算结果分别带入式 (3)，计算北京市科研院所创新协同度、天津市科研院所创新协同度、河北省科研院所创新协同度。计算结果如表 5 所示。从表 5 可以看出，京津冀三地科研院所协同度各有不同，北京市、天津市在一定时期内表现出较好的协同发展水平，河北省处于中度协同发展阶段。其中，北京市科研院所协同度保持平稳增长，从 2014 年起进入中度协同阶段，分析原因可能是北京市科研院所具有较强的资源集聚能力，但北京市院所由

于原始创新能力较强、科研水平相对较高，因此其开展基础研究的任务较重，同时也承担了众多国家重大科技攻关项目，而基础研究具有投入高、产出慢的特点^[4]，这在一定程度上影响了其科研成果产出与投入的协同度；天津市科研院所协同度有升有降尽管不甚稳定，但总体数值大于北京市和河北省，这表明 2016 年天津市科研院所投入产出关系、耦合程度以及内部资源的分配相对北京市、河北省而言较为合理；从计算结果看来，河北省 2013—2014 年科研院所协同度为负值，2015 年以后其协同度不断提升，但总体低于北京市和天津市。

4 京津冀、京津、京冀、津冀创新协同度

分别计算京津冀科研院所创新协同度、京津科研院所创新协同度、京冀科研院所创新协同度、津冀科研院所创新协同度，并根据协同度等级划分评价复合系统协同程度 (表 6)。从表 6 可

表 2 2013—2016 年北京市科研院所序参量有序度

年份/年	2013	2014	2015	2016
创新投入有序度	0.298	0.684	0.789	0.955
创新产出有序度	0.180	0.327	0.412	0.421

表 3 2013—2016 年天津市科研院所序参量有序度

年份/年	2013	2014	2015	2016
创新投入有序度	0.140	0.609	0.804	0.939
创新产出有序度	0.117	0.441	0.263	0.629

表 4 2013—2016 年河北省科研院所序参量有序度

年份/年	2013	2014	2015	2016
创新投入有序度	0.109	0.425	0.829	0.918
创新产出有序度	0.028	0.154	0.116	0.384

表 5 2013—2016 年北京市、天津市、河北省科研院所子系统协同度

年份/年	2013	2014	2015	2016
北京市协同度	0.103	0.346	0.450	0.507
天津市协同度	0.083	0.474	0.409	0.523
河北省协同度	0.101	0.204	0.343	0.310

表6 2013—2016年京津冀科研院所协同创新协同度及协调程度划分

年份/年	2013年	2014年	2015年	2016年
京-津-冀协同度	0.095 (低度协同)	0.322 (中度协同)	0.398 (中度协同)	0.484 (中度协同)
京-津协同度	0.092 (低度协同)	0.404 (中度协同)	0.428 (中度协同)	0.535 (中度协同)
京-冀协同度	0.102 (低度协同)	0.266 (中度协同)	0.393 (中度协同)	0.396 (中度协同)
津-冀协同度	0.092 (低度协同)	0.311 (中度协同)	0.374 (中度协同)	0.473 (中度协同)

可以看出, 2013—2016年京津冀科研院所协同创新经历了从低度协同到中度协同的演化过程, 协调水平总体上呈平稳上升趋势, 并且京津冀科研院所子系统有序度的波动上升, 共同决定了复合系统协调度的上升态势。从子系统与复合系统的趋势关系看, 北京市科研院所子系统、天津市科研院所子系统的协调程度要高于京津冀科研院所复合系统, 河北省科研院所子系统低于整体复合系统, 这说明河北省科研院所子系统的协调发展程度不高, 在一定程度上制约了京津冀科研院所复合系统的协调发展。从具体的时间节点看, 从2014年起, 京津冀科研院所创新进入中度协同的阶段, 与进入高度协同区间0.6的临界值还有一定距离, 这表明三地科研院所协同创新还有较大的提升空间。从协同创新的速度看, 京津冀三地协同度增速呈现出较为明显的上升趋势, 其相同基期协同度从2013年的0.095增长到2016年的0.484, 协同度年均增长率超过50%。可以预计, 未来在创新资源的优化配置下, 京津冀科研院所创新将较快进入高度协同的阶段。从京津、京冀、津冀两两之间科研院所协同创新协同度看, 其演化过程与京津冀复合系统的演化过程相似, 也是从低度协同逐步发展到中度协同。其中, 京津科研院所协同程度相对较高, 协同度年均增长率超过60%, 其次是津冀科研院所协同, 最后是京冀科研院所协同。

5 结论及建议

本文运用复合系统协同度模型, 定量分析了京津冀地区科研院所的协同创新程度。实证结

果显示: 京津冀三地科研院所创新的演进阶段有所不同, 三地科研院所整体处于中度协同创新阶段。分地区看, 北京市科研院所协同度总体要高于天津市和河北省。原因有两个方面: 一是在创新投入的维度, 北京市呈现出“一枝独大”的特征, 特别是科研经费投入远高于天津市、河北省, 2017年北京市研发(R&D)经费投入是天津市的3.44倍、河北省的3.49倍。二是从知识产权、技术应用等为表征的创新产出和创新效率来看, 三地存在较大差异: 区域内科研院所之间的协同创新紧密程度, 主要取决于创新资源的合理配置程度, 创新资源集聚多寡对协同创新的影响并非呈简单的线性关系; 区域间科研院所协同创新紧密程度, 更多是建立在区域创新发展水平上, 创新水平相对较高的区域之间的协同可认为是高水平协同, 创新水平相对较低的区域之间的协同可认为是低水平协同。

为进一步完善京津冀三地科研院所协同创新, 提出如下对策建议。

(1) 进一步巩固自身优势、补齐短板提升协同发展水平。从目前情况看, 三地科研院所科技资源共享、利益捆绑机制、成果转化、产学研等方面仍然存在诸多不足。实施一些新的机制、新的模式还需要过程和摸索, 体制机制障碍等问题制约了三地科研院所协同创新发展。

(2) 推动发挥“1+1+1>3”的效应。北京市应该进一步发挥其科研院所资源集聚优势, 在保持创新经费、创新人员等投入的同时, 突出业绩导向, 克服唯论文、唯专利等倾向, 注重提升科技论文、专利、标准等创新成果产出的质量和水

平, 切实提升成果转化能力, 真正实现投入产出的均衡化和效益最大化, 同时强化与天津市、河北省的创新资源对接与合作, 扩大技术输出; 天津市可以借助国家战略叠加的优势, 积极承接北京创新资源疏解, 争取一批高水平的科研院所来津发展, 进一步聚集高端资源, 同时挖掘现有科研院所潜力, 在巩固产业创新能力的同时, 增强科研院所的原始创新水平, 保持好科研院所协同发展的稳定性; 河北省深入落实供给侧结构性改革, 加大创新供给, 重点在科研经费和科研项目上加大投入, 并在创新产出子系统上做好统筹布局, 保持有序发展, 同时加强与北京市、天津市的合作, 特别是加大对科研院所技术转移转化的支持力度。

(3) 构建京津冀科研院所长效合作机制。推进京津冀科研院所科技创新统筹布局, 结合京津冀科研院所的基础和特色, 以科研院所为主导, 统筹京津冀企业、应用单位、科技服务机构、金融机构等, 形成科技创新主体、科技创新受体、科技服务、金融服务等链条式发展结构。充分发挥京津冀科研院所科技资源优势, 寻找合适的耦合点, 根据不同的科研院所类型, 因地制宜地确定合理协同创新路径。建立京津冀院所资源的多源多向流动机制, 比如人才流动、资金流动、技术流动、知识流动等。

(4) 搭建京津冀科研院所合作平台。依托京津冀科研院所优势, 共同组建或与企业、大学等创新主体共同组建产业联盟、新型研发机构、孵化器等, 形成紧密的创新合作网络。创新科技链与产业链结合的新模式, 探索以产权为纽带、以市场为导向, 三地共同组建科技企业, 推动院所成果转移转化^[15]。优化京津冀科研院所发展的金融环境, 发挥财政性资金和各类基金的引导作用, 以协同创新为导向, 支持京津冀科研院所发展, 比如在项目合作、技术联合开发利用、人才交流等方面给予支持。

参考文献

- [1] 解学梅, 方良秀. 国外协同创新研究述评与展望[J]. 研究与发展管理, 2015, 27(4): 17-22.
- [2] 孙丽文, 张蝶, 李少帅. 京津冀协同创新能力测度及评价[J]. 经济与管理, 2018, 32(3): 12-16.
- [3] SAMINA K, ASEEM K. Structural recombination and innovation: unlocking intraorganizational knowledge synergy through structural change[J]. Organization Science, 2015, 26(2): 439-455.
- [4] CHU Y Q, TIAN X, WANG Y W. Corporate innovation along the supply chain[J]. Management Science, 2019, 65(6): 2445-2466.
- [5] SHIN K, KIM E, JEONG E. Structural relationship and influence between open innovation capacities and performances[J]. Sustainability, 2018, 10(8): 2787-2805.
- [6] 李海超, 盛亦隆. 区域科技创新复合系统的协同度研究[J]. 科技管理研究, 2018, 38(21): 30-34.
- [7] 董恒敏, 李柏洲. 基于知识三角的科研院所协同创新活跃度研究[J]. 科研管理, 2017, 38(5): 107-114.
- [8] 温珂, 苏宏宇, 周华东. 科研机构协同创新能力研究: 基于我国101家公立科研院所的实证分析[J]. 科学学研究, 2014, 32(7): 1081-1089.
- [9] 邓富民, 张金光, 梁学栋. 基于协调度—管理熵的区域协同创新能力测度[J]. 科技进步与对策, 2014, 31(5): 113-117.
- [10] 吴笑, 魏奇锋, 顾新. 协同创新的协同度测度研究[J]. 软科学, 2015, 29(7): 45-50.
- [11] HUANG J, SHUAI Y H, LIU Q, et al. Synergy degree evaluation based on synergetics for sustainable logistics enterprises[J]. Sustainability, 2018, 10(7): 2187.
- [12] 夏业领, 何刚, 李恕洲. 京津冀科技新一产业升级协同度测度: 基于复合系统协同度模型[J]. 石家庄铁道大学学报(社会科学版), 2018, 12(1): 1-7.
- [13] 许强, 丁帅, 安景文. 北京市科技创新系统演化协同度研究: 基于复合系统协同度模型[J]. 企业经济, 2017(10): 134-140.
- [14] 刘树峰, 杜德斌, 覃雄合, 等. 基于创新价值链视角下中国创新效率时空格局与影响因素分析[J]. 地理科学, 2019(2): 173-182.
- [15] 沈延斌, 张田力, 杨振磊, 等. 天津市科研院所协同创新路径研究[J]. 科技和产业, 2018, 18(9): 90-93.