

文章编号:2095-0365(2018)01-0001-08

京津冀科技创新—产业升级协同度测度

——基于复合系统协同度模型

夏业领, 何刚, 李恕洲

(安徽理工大学 经济与管理学院, 安徽 淮南 232001)

摘要:基于复合系统协同度模型测度了京津冀科技创新—产业升级相同基期和相邻基期协同度。结果表明:2007—2015年京津冀科技创新—产业升级相同基期协同度显著提升,2015年已达良好协同水平,但区域内并不均衡;科技创新子系统有序度一直低于产业升级子系统有序度,是制约复合系统相同基期协同度进一步提升的关键因素;2007—2015年复合系统相邻基期协同度在 $[0.037, 0.113]$ 之间,处于稳定低度协同演变状态,科技创新与产业升级协同能力有待进一步增强;科技创新与产业升级平衡性发展更能促进复合系统相同基期协同度的提高,即发挥“ $2 \times 2 > 3 \times 1$ ”的整体协同效应,也更能促进复合系统相邻基期协同度的稳定演变。

关键词:科技创新;产业升级;协同理论;复合系统协同度模型

中图分类号:F062.4 **文献标识码:**A **DOI:**10.13319/j.cnki.sjztdxbskb.2018.01.01

科技创新和产业升级是经济“新常态”下实现中国经济结构转型升级的两大动力。二者之间存在明显的互动效应,即产业升级是科技创新的载体与支撑,科技创新是产业升级优化的动力。因此,界定科技创新—产业升级协同度,并探究制约两者协同发展的关键因素,是进一步提高二者融合发展、协同共进的关键。京津冀协同发展,是当前我国三大国家级战略之一。《十三五规划纲要》将推动京津冀协同发展单列为第三十八章,可见京津冀协同发展战略地位之高。京津冀协同发展不仅是提高地区可持续发展能力的内在要求,也对我国探索城镇群的可持续发展具有重要示范意义。因此,研究京津冀科技创新—产业升级协同发展现状及关键制约因素,在经济“新常态”背景下实现中国经济长期可持续发展具有重要的参考

价值。

一、文献述评

国内外学者对科技创新与产业升级之间的关系都有大量研究,其中最为学者关注的是科技创新对产业升级的促进作用。国外学者从竞争优势、生产方式更新、劳动生产率等角度探讨了科技创新对产业升级的促进作用。Michael E. Porter论证了通过科技创新,促进产业集聚,进而赢得竞争优势^[1]。Ku Y L等论证了科技创新通过更新生产方式和公司运作模式,促进产业升级这一作用机理^[2]。Celeste等论证了科技创新通过提高劳动生产率进而推动产业结构优化升级的路径^[3]。中国学者从理论和实证两个方面论证了科技创新对产业升级的促进作用。周叔莲、王伟光

收稿日期:2017-06-14

基金项目:教育部人文社会科学研究规划基金资助项目“创新型人力资本对区域产业转型升级的影响及支撑能力研究”(14YJAZH029);安徽理工大学研究生创新基金项目“供给侧改革下创新对区域经济转型的驱动效应及作用机理研究”(2017CX2053)

作者简介:夏业领(1993—),女,硕士研究生,研究方向:区域战略与创新管理。

本文信息:夏业领,何刚,李恕洲. 京津冀科技创新—产业升级协同度测度[J]. 石家庄铁道大学学报:社会科学版, 2018,12(1):1-8.

从理论层面探讨了科技创新与产业结构调整互动关系,在此基础上提出依靠科技进步推动产业转型升级的政策建议^[4]。实证方面主要是运用 VAR 模型^[5]、分位数回归法^[6]、逐步回归法^[7]、零售引力法^[8]等定量分析了科技创新对产业升级的促进作用。

以上文献详细探讨和验证了科技创新对产业升级的促进作用。但研究产业升级对科技创新促进作用的文献则较少。李伟庆等运用 C-D 生产函数,从微观、中观、宏观三个层面验证了产业升级对自主创新能力构建的提升作用^[9]。而对两者相互作用的研究则更少,于喜展等关注了这点,构建了基于生命周期的资源型产业转型与科技创新的互动模型,认为在资源产业转型过程中,科技创新为产业转型提供动力,反之,产业转型又会对科技创新产生拉动效应^[10]。现有研究已经论证了科技创新与产业升级的正向互促进作用,但忽视了科技创新—产业升级子系统内部的协同关系。

协同理论最早是由哈肯在 20 世纪 70 年代提出,协同理论认为复杂系统是由众多子系统构成,子系统总是存在着自发的无规则的独立运动,同时又受到其它子系统对它的共同作用—存在着子系统之间关联而形成的协同运动。协同运行规律描述的是系统内部各子系统通过协同作用的方式促使系统由无序向有序结构的方向转变^[11]。目前已有学者运用协同理论解释复杂系统间相互关系。李虹等构建了生态创新协同度模型测度了 2005—2013 年长三角、珠三角、京津冀生态环境与科技创新协同度^[11]。苏静等构建了能源—经济—环境(3E)系统协调度模型测算了我国 3E 系统协同度^[12]。现有协同度测度文献虽然没有关于科技创新—产业升级关系的定量分析,但关于生态创新、3E 等的研究为本文提供了研究思路。本文将科技创新—产业升级视为复合系统,它由科技创新子系统和产业升级子系统复合而成,一方面,科技创新为产业升级提供动力,另一方面产业升级为科技创新提供广阔市场支撑。科技创新与产业升级是一个互嵌发展,相互促进的过程。两者的相互作用、相互渗透、相互制约共同构成了复合系统的协同演进。根据协同理论,如果科技创新和产业升级协同发展将产生“1+1>2”的整体协同效应,进而促进整个社会经济的可持续发展。

通过对以往文献的回顾,现有研究在以下方

面仍需进一步探讨,一是现有关于科技创新和产业升级互促作用的文献仅从理论上分析两者协同作用的机理,忽视对内部子系统的协同作用进行研究。二是已有文献鲜有借助协同理论分析科技创新—产业升级协同度,更缺乏构建数理模型的定量分析。三是多数文献以中国或中国省域为研究对象,以京津冀这样具有浓厚协同发展特征为研究对象的则没有。因此,本文以京津冀为研究对象测度科技创新—产业升级协同度,并探讨协同度影响因素,对实现区域科技创新—产业升级协同发展具有重要意义。

二、研究设计

目前测度复合系统协同度的方法主要有灰关联熵法^[13]、全面协同度模型(DTS)模型^[14]、基于序参量的复合系统协同度测量模型^[15]等。基于序参量的复合系统协同度模型不仅能测度复合系统协同度,而且能通过测度子系统的有序度动态反映复合系统内部的变化趋势,这与协同学理论认为复杂系统由许多子系统构成,子系统内部运行规律决定复合系统演化特征内涵相一致,因此,本文选择基于序参量的复合系统协同度模型测度京津冀科技创新—产业升级复合系统协同度,具体包括子系统有序度模型和复合系统协同度模型。

(一)研究方法

1. 子系统有序度模型

本文将科技创新和产业升级两个具有相互作用的系统视为复合系统。复合系统可以抽象为 $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_n\}$, 考虑系统 $S_j, j \in [1, 2]$ 设其发展过程中的序参量为 $e_j = (e_{j1}, e_{j2}, \dots, e_{jn})$, 其中 $n > 1, \beta_{ji} \leq e_{ji} \leq \alpha_{ji}, i = 1, 2, \dots, n, \beta_{ji}$ 和 α_{ji} 分别为系统稳定临界点上序参量分量 e_{ji} 的下限和上限(本文分别取最大值和最小值的 1.02 倍)。由于不同性质的序参量对系统有序度影响方向不同。本文假定 $e_{ji} = e_{j1}, e_{j2}, \dots, e_{jn}$ 为正向指标,其取值越大,对系统有序度的正向作用越强,系统的有序度就越高;假定 $e_j = e_{j(h+1)}, e_{j(h+2)}, \dots, e_{jn}$ 为逆向指标,其取值越大,对系统有序度的负向影响作用越强,系统的有序度就越低。因此,序参量有序度可通过如下模型测得:

$$\mu(e_{ji}) = \begin{cases} \frac{e_{ji} - \beta_{ji}}{\alpha_{ji} - \beta_{ji}}, i \in [1, h] \\ \frac{\alpha_{ji} - e_{ji}}{\alpha_{ji} - \beta_{ji}}, i \in [h+1, n] \end{cases} \quad (1)$$

由定义可知,式(1)中 $\mu(e_{ji}) \in [0, 1]$,表示序参量对子系统有序度的贡献, $\mu(e_{ji})$ 越大则表明序参量有序度越高,相应的其对系统有序度的贡献越大。

从系统内部运行规律看,决定系统从无序向有序方向发展的序参量是由各序参量 e_{ji} 有序度的集成作用而成,集成结果不仅与各序参量的有序度大小有关,而且还与它们的组合形式有关。为了反映不同指标对序参量有序度的作用大小,本文采用线性加权法,即公式:

$$\mu_j(e_j) = \sum_{i=1}^n \omega_i \mu_j(e_{ji}), \mu_i \geq 0, \sum_{i=1}^n \mu_i = 1 \quad (2)$$

式(2)中的 $\mu_j(e_j)$ 为序参量 e_j 的系统有序度。由定义可知, $\mu_j(e_j) \in [0, 1]$, $\mu_j(e_j)$ 数值越大,表明 e_j 对系统 S_j 有序度的贡献就越大,系统有序度就越高;反之,则系统有序度越低。

2. 复合系统协同度模型

表 1 复合系统相同基期协同度评价标准

协同度	$-1 \leq SE < 0$	$0 \leq SE < 0.4$	$0.4 \leq SE < 0.6$	$0.6 \leq SE < 0.8$	$0.8 \leq SE < 0.9$	$0.9 \leq SE < 1$
协同等级	严重不协同	不协同	轻度不协同	基本协同	良好协同	优质协同

对公式(3)的进一步探讨可知,复合系统协同度 SE 为正的充要条件是科技创新与产业升级两个子系统在 t_1 时刻的有序度均大于二者在 t_0 时刻的有序度,这时复合系统将处于协同发展状态。而当科技创新子系统或产业升级子系统在 t_1 时刻的有序度小于其在 t_0 时刻的有序度,都将导致复合系统协同度为负值,这时复合系统将处于非协同发展状态。

通过文献分析,公式(3)有两种运算法则,一是以相同 t_0 时刻为基期,如求某复合系统 2000—2010 年协同度的演变,用 2001—2010 年各年的系统有序度与初始时刻 2000 年的系统有序度进行相减运算。二是以相邻 t_0 时刻为基期,用当期系统有序度与前一期系统有序度进行相减运算,如上例,分别用 2001 年系统有序度与 2000 年系统有序度进行相减运算,2002 年系统有序度与 2001 年系统有序度进行相减运算,依次求出每一年的复合系统协同度。两种运算法则为全面分析复合系统协同度提供了有益的思路。第一种方法能很好地反映复合系统长期演变趋势,第二种方

法能较好地反映复合系统是否处于稳定的协同演变状态中。因此,本文将运用两种运算法则对科技创新—产业升级复合系统协同度进行测度,对第一种方法测得的复合系统协同度约定为相同基期协同度,对第二种方法测得的协同度约定为相邻基期协同度,以更为综合地分析复合系统的演变趋势。根据文献分析,复合系统相邻基期协同度判断标准为:当 $-1 \leq SE \leq 0$ 时,复合系统为非协同演变状态,当 $0 < SE \leq 1$ 时,复合系统为协同演变状态。协同演变状态又可划分为低度协同演变 ($0 < SE \leq 0.2$)、中度协同演变 ($0.2 < SE \leq 0.6$)、高度协同演变 ($0.6 < SE \leq 1$)。

$$SE = \phi \times \sqrt{\left| \prod_{j=1}^n [\mu_j^1(e_j) - \mu_j^0(e_j)] \right|} \quad (3)$$

$$\text{其中, } \phi = \frac{\min[\mu_j^1(e_j) - \mu_j^0(e_j) \neq 0]}{|\min[\mu_j^1(e_j) - \mu_j^0(e_j) \neq 0]|}$$

由式(3)可知,科技创新—产业升级复合系统协同度的演变是以时间序列为基础的动态演变过程。由定义可知,科技创新—产业升级复合系统协同度范围在 $-1 \sim 1$ 之间变动,即 $SE \in [-1, 1]$,其数值越大,表明复合系统协同发展程度越高,反之则越低。对于复合系统协同度评价标准,本文采用目前大多数国家和国际组织普遍采用的协同度等级划分标准^[16],如表 1 所示。

(二) 指标体系和数据来源

科技创新是一个动态过程,已有很多文献借助 DEA 模型,衡量科技创新投入产出绩效,本文亦根据科技创新过程将科技创新子系统分为科技投入子系统和科技产出子系统,借鉴欧洲创新报告、中国科技技术评价等权威机构的经典指标^[17-18],结合文献梳理和本文研究目的,选取

R&D经费投入强度、财政教育科技支出比重、R&D人员全时当量、高技术产业投资额衡量地区科技创新投入^[19]。而专利申请授权数、SCI、EI、CPCI-S收录科技论文数是衡量一个地区自主创新能力的核心指标^[20]。技术市场成交额和高技术产业新产品销售额则是衡量一个地区科技创新产出最直接指标,因此选择这四个指标衡量地区科技创新产出能力。目前对产业升级并未形成统一认识,但一般将产业升级划分为产业升级合理化和产业升级高级化两个并存系统,产业升级合理化是产业升级高级化的基础,产业升级高级化则为产业升级合理化提供了新的发展空间。产业结构理论认为产业升级的直接表现是产业结构的变化,初级阶段三次产业占比依次为一产、二产、三产,中级阶段为二产、三产、一产,高级阶段为三产、二产、一产,因此以非农产业占比和第三

产业占比分别表示产业升级的合理化和高级化^[21]。随着产业结构的变化,产业效率将发生相似的变化,劳动生产率也将发生相应的变化,产业劳动力也随着产业结构的变化而呈现相应的演化,因此以非农就业比例和第三产业就业比例分别表示产业升级合理化和产业升级高级化。而地区生产总值和人均地区生产总值的增加能直观体现产业的优化升级,这与事实经验也相符,全球产业转移正是从发达国家转向发展中国家,从发达地区转向发展中地区,因此以这两个指标衡量产业升级合理化。产业升级高级化不仅体现在产业结构的变化上,也体现在产业内部效益的提高上,工业固体废弃物综合利用率和单位GDP能耗值能很好地反映产业内部效益的提高^[22],因此以这两个指标衡量产业升级高级化。综上,构建出科技创新—产业升级复合系统指标体系,见表2。

表2 科技创新—产业升级复合系统指标体系及序参量权重

系统	子系统	序参量	单位	权重	
科技创新系统 (S ₁)	科技创新投入 子系统 (SS ₁)	R&D经费投入强度 (e ₁₁)	%	0.148	
		财政教育科技支出比重 (e ₁₂)	%	0.092	
		R&D人员全时当量 (e ₁₃)	人年	0.135	
		高技术产业投资额 (e ₁₄)	亿元	0.143	
	科技创新产出 子系统 (SS ₂)	技术市场成交额 (e ₂₁)	万元	0.139	
		专利申请授权数 (e ₂₂)	件	0.130	
		高技术产业新产品销售额 (e ₂₃)	万元	0.095	
		SCI、EI、CPCI-S收录科技论文数 (e ₂₄)	篇	0.119	
		产业升级合理 化子系统 (SS ₃)	地区生产总值 (e ₃₁)	亿元	0.141
			人均GDP (e ₃₂)	元	0.131
非农产业增加值占GDP比重 (e ₃₃)	%		0.136		
非农产业就业比例 (e ₃₄)	%		0.113		
产业升级高级 化子系统 (SS ₄)	第三产业增加值占GDP比重 (e ₄₁)	%	0.116		
	第三产业就业比例 (e ₄₂)	%	0.106		
	工业固体废弃物综合利用率 (e ₄₃)	%	0.102		
	单位GDP能耗 (e ₄₄)	吨标准煤/万元	0.155		

注:指标为逆向指标。权重计算将在下文阐释。

上述指标中,科技创新系统原始数据来源于《中国科技统计年鉴》和《中国高技术产业统计年鉴》。产业升级系统原始数据来源于《中国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》。

三、实证分析

(一)实证过程

运用熵值法^[23]测算各序参量的权重,计算结

果如表2所示。由于各序参量量纲的不同,首先利用SPSS19.0对序参量的原始数据进行标准差法(Z-Score)无量纲化处理,以消除量纲不同带来的干扰。然后将无量纲化后的序参量数据代入公式(1),得到各序参量的有序度。进而将所得结果和表2中序参量的权重代入公式(2),得到科技创新系统和产业升级系统的有序度,见表3、表4。并进一步通过公式(3)得到科技创新—产业升级复合系统相同基期和相邻基期协同度,见表5。

表 3 科技创新子系统和产业升级子系统有序度

地区	科技创新子系统有序度									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
北京	0.114	0.207	0.222	0.299	0.514	0.609	0.650	0.732	0.803	0.795
天津	0.065	0.088	0.147	0.142	0.288	0.408	0.568	0.734	0.819	0.915
河北	0.060	0.079	0.157	0.183	0.254	0.326	0.607	0.602	0.708	0.782
京津冀	0.080	0.125	0.175	0.208	0.352	0.448	0.608	0.689	0.777	0.831

地区	产业升级子系统有序度									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
北京	0.050	0.202	0.259	0.350	0.416	0.494	0.636	0.778	0.860	0.971
天津	0.023	0.127	0.228	0.340	0.452	0.643	0.733	0.798	0.881	0.915
河北	0.138	0.174	0.279	0.379	0.429	0.571	0.643	0.762	0.828	0.946
京津冀	0.070	0.168	0.255	0.356	0.432	0.569	0.671	0.779	0.856	0.944

表 4 科技创新—产业升级相同基期协同度

地区	年份									均值
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
北京	0.119	0.150	0.235	0.382	0.469	0.560	0.671	0.747	0.791	0.458
天津	0.049	0.131	0.157	0.310	0.461	0.598	0.721	0.804	0.871	0.456
河北	0.026	0.117	0.172	0.237	0.340	0.526	0.582	0.669	0.764	0.381
京津冀	0.065	0.133	0.188	0.310	0.423	0.561	0.658	0.740	0.809	0.432

表 5 科技创新—产业升级相邻基期协同度

地区	年份									标准差
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
北京	0.119	0.029	0.084	0.119	0.086	0.076	0.108	0.076	-0.031	0.481
天津	0.049	0.078	-0.024	0.128	0.151	0.120	0.104	0.084	0.058	0.521
河北	0.026	0.090	0.051	0.060	0.101	0.142	-0.025	0.084	0.094	0.484
京津冀	0.065	0.066	0.037	0.102	0.113	0.113	0.062	0.081	0.040	0.289

(二) 结果分析

表 3、图 1 显示,2006—2015 年京津冀科技创新子系统和产业升级子系统有序度都呈显著上升态势,说明科技创新子系统和产业升级子系统之间协同作用正在不断增强,京津冀科技创新和产业升级工作成效正在加速显现。分系统看,京津冀三地科技创新子系统有序度增长速度存在一定差异,2015 年北京为 0.795,天津为 0.915,河北为 0.782。产业升级子系统有序度则呈现较为一致的增长趋势,2015 年三地都达到了 0.9 以上。从对比角度看,除 2006 年外,科技创新子系统有

序度一直低于产业升级子系统有序度,这不利于复合系统相同基期协同度的持续提高。原因是改革开放以来,我国长期以经济建设为中心,对直接影响经济发展的产业升级更加重视,而对科技创新的强调主要是经济发展遇到动力不足时才真正地在实践中加以落实。这与实践经验也相符,2012 年我国国内生产总值增速开始回落,经济发展渐入“新常态”阶段,原有发展动力开始减弱。为此,2012 年十八大明确提出创新驱动发展战略,强调科技创新必须摆在国家发展全局的核心位置。京津冀也相继出台政策文件落实创新驱动发展战略。图 1 显示,2012 年后科技创新子系统

有序度和产业升级子系统有序度之间的差距开始缩小,表明京津冀创新驱动发展战略已取得一定成效。

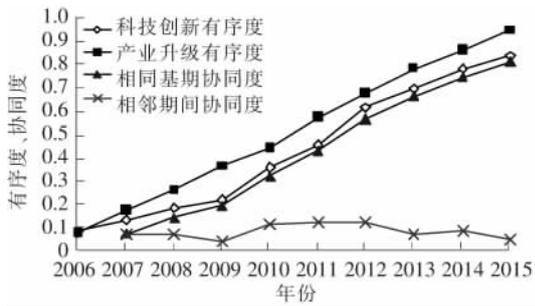


图 1 京津冀科技创新—产业升级协同度及子系统有序度

表 4 显示,2007—2015 年京津冀科技创新—产业升级相同基期协同度呈显著上升趋势,相同基期协同度从 2007 年的 0.065 增长到了 2015 年的 0.809,年均增长率达 37.05%。根据表 1 复合系统相同基期协同度评价标准,从总体看,2015 年京津冀科技创新—产业升级相同基期协同度已达良好协同水平,科技创新与产业升级融合发展能力较强。分省市看,天津已达良好协同水平,而北京和河北还处于基本协同水平,说明京津冀内部科技创新—产业升级协同发展并不均衡。从均值看,北京和天津相近,并较大幅度高于河北。一方面,从整个阶段看北京、天津科技创新—产业升级协同发展水平更高,另一方面,再次印证了京津冀内部发展的不均衡。

表 5 显示,2007—2015 年京津冀科技创新—产业升级相邻基期协同度一直大于零,且图 1 显示相邻基期协同度一直处于小范围内波动,说明复合系统一直处于稳定的低度协同演变状态中,科技创新—产业升级协同发展能力有待增强。分省市看,北京、天津、河北相邻基期协同度也基本大于零,但标准差显示波动较大,因此,三地都处于波动的低度协同演变状态中,未来京津冀应进一步提高融合度,以增强协同发展能力。

图 1 中,复合系统相同基期协同度总是与有序度低的子系统截距更为接近,即数值差异更小。为了验证结果的信度,以北京市为例绘制折线图,见图 2。图 2 中,2007—2009 年北京产业升级子系统有序度高于科技创新子系统有序度,北京市科技创新—产业升级相同基期协同度与科技创新子系统有序度差距更小。2010—2012 年产业升

级子系统有序度低于科技创新子系统有序度,复合系统相同基期协同度与产业升级子系统更为接近。2012—2015 年产业升级子系统有序度高于科技创新子系统有序度,复合系统相同基期协同度与科技创新子系统保持更小的截距。这一结论进一步表明复合系统相同基期协同度总是与有序度低的子系统保持相同的演变轨迹。图 1、图 2 还显示,子系统有序度差距越小,复合系统相邻基期协同度演变趋势越稳定,反之,演变趋势越波动。图 1 中,2009 年和 2015 年京津冀科技创新子系统和产业升级子系统有序度差异较大,相应的复合系统相邻基期协同度出现两个极低值。图 2 中,2008 年和 2015 年北京科技创新子系统和产业升级子系统有序度差异大,复合系统相邻基期协同度也出现两个极低值。并且,子系统有序度只有一直保持正向发展,复合系统相邻基期协同度才会保持协同演变,图 2 中,2015 年北京科技创新子系统有序度出现下降,相邻基期协同度出现负值,为非协同演变状态。因此,可以得出两点结论:一是子系统的平衡性提高,即差异越小,复合系统相同基期协同度增速越显著,就如“ $2 \times 2 > 3 \times 1$ ”一样;二是子系统正向发展是复合系统相邻基期协同度协同演变的充要条件,且子系统差异越小,复合系统相邻基期协同度越稳定。上述分析表明基于序参量的复合系统协同度模型综合考虑了子系统的运行状况,提供了一种对复合系统实施基于协同管理效果的度量准则或评价标准。

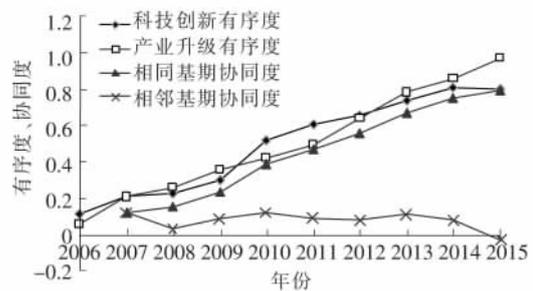


图 2 北京科技创新—产业升级协同度及子系统有序度

四、结论与展望

科技创新与产业升级协同发展将产生“ $1+1 > 2$ ”的整体协同效应,促进整个经济社会的可持续发展。本文基于序参量的复合系统协同度模型(两种运算法则)测度了京津冀 2007—2015 年科技创新—产业升级复合系统相同基期和相邻基期

协同度。主要结论如下:

(1)2007—2015年京津冀科技创新—产业升级复合系统相同基期协同度显著提升,2015年为0.809,按照复合系统相同基期协同度划分标准,已达良好协同水平。这有赖于2006—2015年科技创新子系统和产业升级子系统有序度的持续提升。但京津冀内部协同水平并不均衡,2015年天津已达良好协同水平,但这得益于2012年后的高速增长,未来天津要在保持增速的基础上,增强内生动力,保障协同水平的持续提高。而北京和河北还处于基本协同水平,但从均值看,北京最高,一方面说明北京科技创新—产业升级协同能力最强,发展潜力更为强劲,另一方面也说明北京近年来增速放缓,未来需开拓新的动力,以加速提高协同水平。河北则一直处于较为稳定的增长态势,未来需积极对接北京、天津的产业转移,同时制定相应的政策,更好吸收北京、天津科技扩散的正外部效应,以增强科技创新和产业升级协同水平。2006—2015年京津冀科技创新—产业升级复合系统相邻基期协同度处于稳定的低度协同演变状态中。从标准差看,天津复合系统相邻基期协同的波动高于北京和河北。一方面说明北京、河北科技创新—产业升级协同能力的提高较为稳定,未来要在保持稳定的基础上,进一步提高增速。另一方面说明虽然天津增速可观,但未来要着重提高稳定能力。上述说明,首先,科技创新与产业升级具有协同互促作用,这是本文分析的逻辑起点。其次,京津冀科技创新与产业升级工作成效都已取得长足进步。最后,科技创新与产业升级协同发展能力的增强有助于京津冀可持续发展战略的实现。但仍需注意2008—2015年科技创新子系统有序度低于产业升级系统有序度,为此政府需积极推动创新驱动发展战略,进一步提高科技创新投入产出绩效。加大产业升级力度,以产业升级催生新的科技创新需求。推动科技创新与产业升级的融合,提高产业升级的科技含量

和科技创新在新的产业阶段的新突破。

(2)子系统的平衡性发展更能促进复合系统相同基期协同度的提高,即发挥“ $2 \times 2 > 3 \times 1$ ”的效应。因此,要以最低的成本尽可能地提高科技创新—产业升级复合系统相同基期协同度,以更好地发挥协同效应。首先要明确科技创新—产业升级复合系统中有序度最低的子系统,即关键制约因素;其次要追根溯源,找出制约子系统有序度提高的序参量,尤其是权重高,但有序度低的序参量;最后有针对性地实施相应对策。以本文为例,首先,2008—2015年京津冀产业升级子系统有序度高于科技创新子系统有序度,科技创新子系统是制约复合系统相同基期协同度提高的关键。其次,假设R&D经费投入强度是有序度低但权重高的序参量,即制约科技创新子系统有序度提高的关键序参量。最后,R&D经费投入强度对科技创新子系统有序度提高具有正向促进作用,因此要提高科技创新子系统有序度就需要提高R&D经费投入占GDP的比重。

(3)子系统的平衡性发展更能促进复合系统相邻基期协同度的稳定发展。为了进一步提高科技创新—产业升级复合系统相邻基期协同发展能力,需在保持产业升级子系统有序度的基础上,着力提高科技创新子系统有序度,促使科技创新与产业升级的深度融合,以形成科技创新促进产业升级和产业升级拉动科技创新的协同互动局面。本文运用复合系统协同度模型测度了京津冀2007—2015年科技创新—产业升级复合系统相同基期和相邻基期协同度,明确了制约复合系统相同基期协同度提高和相邻基期协同度稳定发展的关键因素,对进一步推动京津冀科技创新—产业升级协同发展具有实际参考价值。但研究也存在没有考虑外部因素对复合系统协同度的影响,事实上诸如外商直接投资水平,居民可支配收入,固定资产投资等因素都可能对复合系统协同度产生影响,未来可在这些方面深入研究。

参考文献:

- [1]Michael E. Porter. 国家竞争优势[M]. 李明轩,邱如美,译. 北京:华夏出版社,2002.
- [2]Ku Y L, Liao S J, Hsing W C. The high-tech milieu and innovation-oriented development[J]. Technovation, 2005, 25(2):145-153.
- [3]Celeste Varum, Bruno Cibrao, Antonio Morgado, et al. R&D, structural change and productivity: The role of high and medium-high technology industries[J]. Economia Aplicada, 2009, 13(4):399-424.
- [4]周叔莲,王伟光. 科技创新与产业结构优化升级[J]. 管

- 理世界,2001(5):70-78.
- [5]周忠民. 湖南省科技创新对产业转型升级的影响[J]. 经济地理,2016(5):115-120.
- [6]徐珊,刘笃池,梁彤纓. 大企业创新投入驱动区域产业升级效应研究[J]. 科学学与科学技术管理,2016(10):38-48.
- [7]于珊珊. 科技创新与服务外包产业升级的关联弹性研究——基于创新城市与服务外包示范城市的数据分析[J]. 国际商务研究,2013(7):60-68.
- [8]李胜文,杨学儒,檀宏斌. 技术创新、技术创业和产业升级——基于技术创新和技术创业交互效应的视角[J]. 经济问题探索,2016(1):111-117.
- [9]李伟庆,聂献忠. 产业升级与自主创新:机理分析与实证研究[J]. 科学学研究,2015(7):1008-1016.
- [10]于喜展,隋映辉. 基于生命周期的资源产业转型与科技创新互动研究[J]. 内蒙古社会科学,2009(5):105-109.
- [11]李虹,张希源. 区域生态创新协同度及其影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境,2016(6):43-50.
- [12]苏静,胡宗义,唐李伟. 我国能源—经济—环境(3E)系统协调度的地理空间分布与动态演进[J]. 经济地理,2013(9):19-24.
- [13]孙钰,陶志梅,姚鹏. 城市公共基础设施复合系统协调发展度研究[J]. 城市发展研究,2015(5):24-28.
- [14]郑刚. 全面协同创新:迈向创新型企业之路[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [15]孟庆松,韩文秀. 复合系统协调度模型研究[J]. 天津大学学报,2000(4):444-446.
- [16]王锋,傅利芳,秦预徽. 省域“能源-经济-环境”(3E)系统协调度的时空差异与趋势预测[J]. 山西财经大学学报,2016(6):15-27.
- [17]European Commission. Innovation union scoreboard 2014[R]. European Commission,2014.
- [18]World Economic Forum(WEF). The global competitiveness index 2013-2014: Country profile highlights [R]. World Economic Forum,2013.
- [19]李鸿禧,迟国泰. 基于 DEA-t 检验的以企业为主体的科技创新效率评价[J]. 中国管理科学,2016(11):109-119.
- [20]陈伟,冯志军,姜贺敏,等. 中国区域创新系统效率的评价研究:基于链式关联网 DEA 模型的新视角[J]. 情报杂志,2010(12):24-29.
- [21]吴丰华,刘瑞明. 产业升级与自主创新能力构建[J]. 中国工业经济,2013(5):57-69.
- [22]张伟,朱启贵,高辉. 产业结构升级、能源结构优化与产业体系低碳化发展[J]. 经济研究,2016(12):62-75.
- [23]郭显光. 熵值法及其在综合评价中的应用[J]. 财贸研究,1994(6):56-60.

Measurement of Synergy Degree of Technical Innovation and Industrial Upgrading in Beijing-Tianjin-Hebei: Based on Synergy Degree Model of Compound System

Xia Yeling, He Gang, Li Shuzhou

(School of Economics and Management, Anhui University of Science and Technology, Huainan, 232001, China)

Abstract: The paper measures the technical innovation and industrial upgrading of the same base period and adjacent base period coordination in Beijing-Tianjin-Hebei on the model of coordination degree of compound system. The results show that technical innovation and industrial upgrading of the same base period coordination degree increased significantly in 2007-2015 in Beijing-Tianjin-Hebei. It reaches good coordination level in 2015, but the area is not balanced. Order of the technical innovation system has been lower than that of the industrial upgrading system, which is the key factor to restrict the compound system to further enhance the coordination degree of the same period. The 2007-2015 compound system adjacent base period synergy degree between $[0.037, 0.113]$ is in a stable low co-evolution, but technical innovation and industrial upgrading coordination ability needs to be enhanced. Technical innovation and industrial upgrading can promote the balanced development of compound system of the same base of synergy, and play the whole effect of “ $2 \times 2 > 3 \times 1$ ”. It can also promote the compound system of synergy degree stable evolution in adjacent base period.

Key words: technical innovation; industrial upgrading; coordination theory; coordination model of compound system