

基于复合系统协同度模型的 科技金融“三链协同”研究

——北京、上海和广东的一个比较实证分析

郭红兵^{1,2},徐淑一^{1,2},曾玉叶^{1,2}

(1. 广东财经大学 金融学院, 广东 广州 510320; 2. 珠三角科技金融产业协同创新发展中心, 广东 广州 510320)

摘要: 运用复合系统协同度模型, 基于2008—2016年的样本数据, 分别对北京、上海和广东科技金融“三链”之整体协同度及子系统有序度进行实证测度, 并对实证结果进行比较分析。研究发现: (1) 三地的科技金融“三链”整体上都处于不协同状态; (2) 产业链有序度表现最差, 应该对科技金融“三链”整体不协同负更多的责任; (3) 制约“三链”之单链有序度的主要因素, 在各地不尽相同。在此基础上提出以下对策建议: (1) 统筹产业链、创新链和资金链的协同发展; (2) 高度重视产业结构升级和高科技企业发展的有序性; (3) 各地应针对各自短板, 着力提高相应序参量的有序度。

关键词: 科技金融; 三链协同; 复合系统协同度模型; 有序度; 协同度

中图分类号: F832.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-6049(2019)05-0023-11

一、引言与文献综述

党的十八大提出实施创新驱动发展战略, 强调“科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑, 必须摆在国家发展全局的核心位置”。习近平总书记在2014年两院院士大会上指出, “要着力围绕产业链部署创新链、围绕创新链完善资金链”, “三链协同”^①是当前我国落实创新驱动发展战略的关键途径^[1]。事实上, “围绕产业链部署创新链、围绕创新链完善资金链”内含着: 产业链 + 创新链 + 资金链 = 科技链金融, 而“科技链金融”是“科技金融”的一种特殊形式和一个特殊阶段^[2]。

所谓科技金融, 是指促进科技开发、成果转化和高新技术产业发展的一系列金融工具、金融制度、金融政策与金融服务的系统性、创新性安排^[3]; 是金融资本以科技创新尤其是以创新成果孵化为新技术、以推进高新技术产业化为内容的金融活动, 对企业技术革新具有保障性, 能够推动整个高新技术产业链加速发展^[4-5]。显然, 科技金融是内含“三链协同”的一种金融模式或金融业态, 实施“三链协同”是科技金融的内在要求。

收稿日期: 2019-07-07; **修回日期:** 2019-08-22

基金项目: 国家自然科学基金项目“金融支持视角下银行竞争对企业融资约束的影响机理与政策选择”(71573056); 广东省自然科学基金项目“广东省科技金融发展模式、产品创新与风险管理研究”(2014A030313607); 广东财经大学珠三角科技金融产业协同创新发展中心项目(17XT01)

作者简介: 郭红兵(1972—), 男, 山东淄博人, 广东财经大学金融学院副教授, 经济学博士, 研究方向为科技金融、国际金融和货币政策; 徐淑一(1978—), 女, 山东日照人, 广东财经大学金融学院讲师, 经济学博士, 研究方向为微观金融与劳动经济学、互联网金融、统计模型与应用; 曾玉叶(1995—), 女, 湖南益阳人, 广东财经大学金融学院硕士研究生, 研究方向为科技金融。

①“三链协同”的含义在下文“科技金融‘三链协同’的理论机制分析”部分将进行更详细的探讨。

关于产业链、创新链和资金链的“三链协同”,目前学术界尚较少展开探讨。就国外而言,虽然尚未见诸相关研究,但国外学者关于创新链和价值链“双链融合”的研究(例如,Hansen and Birkinshaw^[6]、Roper *et al.*^[7]等),对本文的“三链协同”概念和机制研究有一定启示作用。就国内而言,仅有的几篇针对“三链协同”的研究文献,几乎都是定性研究,如任海峰和何颖^[1]和苗军^[8]^①。付欣然^[9]虽然构建了“三链协同”发展机制的理论模型,但其理论模型只是一个机制图示,并不能用来进行协同度计算。其实,可做协同度计算的复合系统协同度模型在相关领域已被广泛应用,如:王宏起和徐玉莲^[10]构建了子系统有序度模型和复合系统协同度模型,并基于2000—2010年我国科技创新与科技金融发展数据进行了实证分析;汪良兵等^[11]采用2000—2012年我国高技术产业17个子行业的数据,运用复合系统协同度模型对各行业创新系统的协同度及子系统有序度进行了测度;刘英基^[12]基于2000—2012年数据对我国高技术产业技术创新和制度创新以及产业高端化各子系统有序度、子系统协同度和复合系统协同度进行了测量;郑慧和李雪慧^[13]构建了科技创新、金融创新和科技金融子系统模型及复合系统协同度模型,并选取2001—2012年数据进行了实证分析。最近几年,类似研究呈递增趋势,如刘和东^[14]、周海鹏和李媛媛^[15]、李玉琼等^[16]、鲁洁和秦远建^[17]、许强等^[18]、夏业领等^[19]、潘娟和张玉喜^[20]、李海超和盛亦隆^[21]等等。最近,崔志新和陈耀^[22]则利用2005—2016年数据和复合系统协同度模型测算了京津冀科技创新的系统协同度。

纵观现有文献,目前国内外尚没有完全针对科技金融“三链协同”的协同度模型构建和计算,本文试图填补这一空白。通过对复合系统协同度模型的构建和计算分析,本文将对以下问题做出回答:“三链”的序变量和单链的有序度大小怎样?“三链”的整体协同度大小怎样?“三链”的单链两两协同度大小怎样?影响“三链协同”的关键制约因素有哪些?本文将研究和解决这些问题,提出有针对性的政策建议,将对各地科技金融“三链协同”的发展演变做出贡献。

下面本文结构安排如下:第二部分分析科技金融“三链协同”的理论机制;第三部分构建“三链”协同度模型并设计指标评价体系;第四部分测算“三链”的有序度和协同度并进行相应评价,同时对实证结果进行深度分析;最后一部分给出结论和对策建议。

二、科技金融“三链协同”的理论机制分析

本文认为,产业链是以核心企业为主,由产业上游—中游—下游环节的企业形成的供需链条。创新链则是以创新主体及其关系为核心,从基础研究、应用研究、中试、商品化直至最终产业化的整个创新活动的链接结构。而所谓资金链,是指从研发到产业化过程中各种融资方式的资金从投入、运营到回笼的循环过程^②。“三链协同”的基本含义即“围绕产业链部署创新链,围绕创新链完善资金链”,是一个以资金链支持创新链、以创新链支撑产业链的协同发展机制。该机制要求:在产业链的各环节,有各自所需的科技创新支撑,能够持续有效地支撑和推动产业结构优化升级,不断完善产业链;在技术创新的各阶段,有各自所需的资金支持,能够持续有效地支持新技术的开发和应用并形成良性资金循环。

图1显示了资金链的各方根据科技创新在其生命周期各阶段(种子期、初创期、成长期、扩张期、成熟期和衰退期)的不同特点,基于从基础研究、应用研究、中试、商品化到产业化这一创新链链条,将高校、科研院所和企业连成一个整体,全方位地为创新链条上的各个参与主体提供金融支持,促进科技创新和科技成果转化,促进产业链的成型和优化升级,并从其产出中获得相应的资金回报,最终实现“三链”的协同发展、合作共赢和良性循环。

三、“三链”协同度模型的构建及评价指标体系设计

本文的研究对象是北京、上海和广东各地科技金融“三链”的协同程度。由于科技金融“三链”可

^①苗军^[8]文中“三链”指产业链、创新链和服务链,而资金链本质上也是一种服务链。

^②关于产业链、创新链和资金链定义的一些综述和评论,详见袁继新等^[23]、郭红兵和苏国强^[2]、付欣然^[9]、鲁洁和秦远建^[17]等。

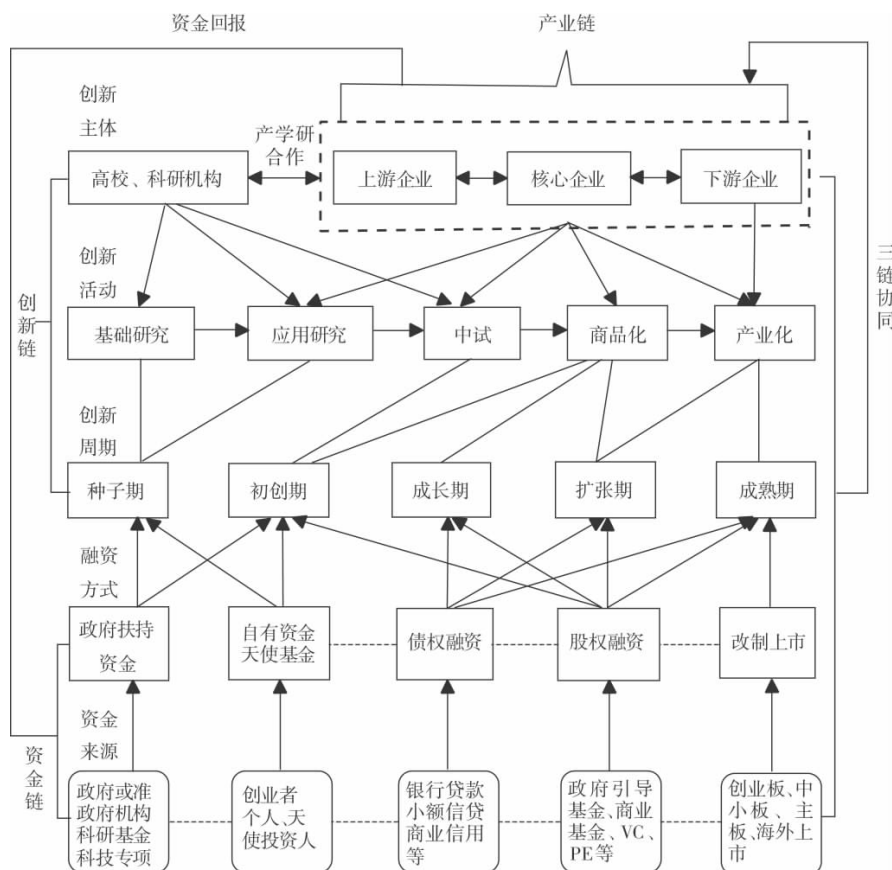


图1 科技金融“三链协同”

被视为一个复合系统^①，系统内部又包含若干相互影响的子系统，因此，在评价模型的选择上，我们参考刘和东^[14]、鲁洁和秦远建^[17]等人的研究，采用了孟庆松和韩文秀^[24]提出的复合系统协同度模型。复合系统协同度模型是以协同学^②为基础，可以实际计算复合系统协同度的一类模型，协同是指复合系统各子系统之间的相互作用、有序化状态及演化趋势所表现出的共生协调性，而协同度是这种共生协调性的最佳度量，协同度高低取决于各子系统自身的有序度高低以及子系统之间匹配程度的高低。

(一) 复合系统协同度模型构建

参考上述文献，并结合本文的研究主题，我们首先建立科技金融“三链”复合系统 $S = \{S_1, S_2, S_3\}$ ，其中 S_k 是复合系统 S 的第 k 个子系统 ($k = 1, 2, 3$)，这里，三个子系统分别是产业链 (S_1)、创新链 (S_2) 和资金链 (S_3)。更进一步， $S_k = \{S_{k1}, S_{k2}, \dots, S_{kn}\}$ ，即 S_k 由若干序参量组成(详见表2)。复合系统 S 的复合协同机制是由 S_k 相互影响及相互协作形成的，数学表达式为：

$$S = f(S_1, S_2, S_3) \tag{1}$$

定义1: $S = f(S_1, S_2, S_3)$ 中的 f 为复合因子。

对复合系统施加协同作用的实质在于寻找一种外部作用 F ，使得在 F 的作用影响下，按照某一评价准则，复合系统的总体效能 $E(S)$ 大于各子系统的效能之和 $\sum_{k=1}^3 E(S_k)$ ，即

①复合系统具有自然系统与人造系统的双重特点。作为自然系统，系统具有内部的自组织现象；作为人造系统，外界可以对其实施遵从一定准则的、有目的的调节管理活动，即该类系统具有他组织的特征。复合系统良性运行的条件是其各个组成子系统之间的协调发展。详见孟庆松和韩文秀^[24]。

②作为一种理论体系，系统协同学由德国理论物理学家 Hermann Haken 于 20 世纪 70 年代创立^[25]。

$$E^g(S) = E\{F[f(S_1, S_2, S_3)]\} = E[g(S_1, S_2, S_3)] > \sum_{k=1}^3 E^f(S_k) \quad (2)$$

定义2: 称满足(2)式的 F 为科技金融“三链”复合系统 S 的协同效应,用 T 表示复合系统 S 的协同效应集合,称之为复合系统的协同机制。在协同机制中,一般情况下,协同效果取决于协同作用,不同的协同作用其效果一般也不相同,因此规定下述定义:

$$\text{定义3: 假设 } \exists F^0 \in T, \text{ 在一定的评价准则下,使得 } g = F^0 f, F \in T, \\ E\{F^0[f(S_1, S_2, S_3)]\} = E[g^0(S_1, S_2, S_3)] = \text{opt}E^g(S) \quad (3)$$

称 F^0 为最优协同作用,式中的 opt 是系统协同的含义。

对于科技金融“三链”的子系统 $S_k, k = 1, 2, 3$,设 $e_k = (e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{kj})$ 为系统演变进程中的序参量,其中 $j \geq 1, \beta_{ki} \leq e_{ki} \leq \alpha_{ki}, i \in [1, j]$ 。其中, α_{ki}, β_{ki} 分别为系统稳定状态下序参量分量 e_{ki} 的上限和下限。不失一般性,假定序参量分量 $e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{kl_1}$ 的取值与系统的有序程度呈正相关关系,即 $e_{k1}, e_{k2}, \dots, e_{kl_1}$ 的取值越大,系统的有序程度越高,其取值越小,系统的有序程度越低;同理,假定序参量分量 $e_{kl_1+1}, e_{kl_1+2}, \dots, e_{kj}$ 的取值与系统的有序程度负相关,即 $e_{kl_1+1}, e_{kl_1+2}, \dots, e_{kj}$ 的取值越大,系统的有序程度越低,其取值越小,系统的有序程度越高。因此有下述定义:

定义4: 用 $u_k(e_{ki})$ 表示序参量分量 e_{ki} 的系统有序度,即序参量 e_k 的有序度:

$$u_k(e_{ki}) = \begin{cases} \frac{e_{ki} - \beta_{ki}}{\alpha_{ki} - \beta_{ki}}, & i \in [1, l_1] \\ \frac{\alpha_{ki} - e_{ki}}{\alpha_{ki} - \beta_{ki}}, & i \in [l_1 + 1, j] \end{cases} \quad (4)$$

由公式(4)可知, $u_k(e_{ki}) \in [0, 1]$,其值越大, e_{ki} 对序参量 e_k 有序度的贡献就越大。在实际系统中,总可以通过调整 e_{ki} 的取值区间 $[\beta_{ki}, \alpha_{ki}]$ 使其有序度定义满足公式(4)。

从总体上看,序参量变量 e_k 对子系统 S_k 的有序效应可以通过 $u_k(e_{ki})$ 的集成来实现。从理论上讲,子系统的有序度不仅取决于各序参量数值的大小,更取决于各序参量之间的组合形式,组合形式还决定了集成法则。一般有两种集成法则:几何平均法和线性加权求和法。根据本文的数据特点,这里我们采用线性加权求和法。

定义5: 称 $u_k(e_k)$ 是序参量 e_k 的系统有序度,即子系统 S_k 的有序度:

$$u_k(e_k) = \sum_{i=1}^j w_i u_i(e_{ki}) \geq 0, w_i \geq 0, \sum_{i=1}^j w_i = 1 \quad (5)$$

由定义5可知, $u_k(e_k) \in [0, 1]$,其值越大, e_k 对子系统 S_k 有序度的贡献就越大,反之,则越小。在线性加权求和法中,权系数 w_i 的取值应考虑到一定时期内系统的运行状态和发展目标,这反映 e_{ki} 在促进系统有序运行方面所起的作用或所处的地位。

定义6: 假定科技金融“三链”复合系统从初始时刻 t_0 演变到时刻 t_1 ,各序参量的系统有序度分别为 $u_k^0(e_k), u_k^1(e_k)$,其中 $k = 1, 2, 3$,则定义 $t_0 - t_1$ 时间段的复合系统整体协同度(Degree of General Synergy,简称DGS)为:

$$DGS = \theta \sum_{k=1}^3 \eta_k [|u_k^1(e_k) - u_k^0(e_k)|] \quad (6)$$

$$\text{式中: } \theta = \frac{\min_k [u_k^1(e_k) - u_k^0(e_k) \neq 0]}{|\min_k [u_k^1(e_k) - u_k^0(e_k) \neq 0]|}, \eta_k \geq 0, \sum_{k=1}^3 \eta_k = 1, k = 1, 2, 3$$

复合系统整体协同度 $DGS \in [-1, 1]$,其值越大,表明复合系统整体协同度越高,反之则其协同度就越低。参数 θ 的作用在于,当且仅当 $u_k^1(e_k) - u_k^0(e_k) > 0, \forall k \in [1, 3]$,复合系统才有正的协同度。复合系统协同度的特征与变化趋势,主要是相对于基期进行考察。

为方便下文对科技金融“三链”协同度进行合理地评价,本文参考冯锋和汪良兵^[26]、刘和东^[14]等

文献的做法,按照协同度值的大小,依次将复合系统划分为协同一致、高度协同、一般协同、低度协同和不协同五个等级,如表 1 所示。

表 1 复合系统协同度的等级划分

DGS 的值	$[-1,0]$	$(0,0.3]$	$(0.3,0.7]$	$(0.7,1)$	1
系统状态	不协同	低度协同	一般协同	高度协同	协同一致

(二) 评价指标体系的设计

本文立足于北京、上海和广东区域科技金融发展的实际,基于协同发展的视角,参考和借鉴典型的科技金融评价体系^①,通过产业链、创新链和资金链等 3 个子系统来构建科技金融“三链”协同度评价指标体系。在指标选取上坚持科学性、权威性、系统性和数据可得性等原则,通过优化和筛选,得到合理的二级指标(序参量),详见表 2。

表 2 科技金融“三链”协同度评价指标体系

总系统	子系统	序号	序参量	符号
科技金融“三链”复合系统	产业链(S1)	1	高新技术企业数量(家)	e11
		2	规模以上制造业中的高新技术企业数比重	e12
		3	第二产业增加值与第三产业增加值之和与 GDP 的比值	e13
		4	高技术产业主营业务收入/规上工业企业主营业务收入	e14
		5	高新技术产品产值占规模以上工业总产值比重	e15
		6	第三产业增加值与第二产业增加值的比率	e16
	创新链(S2)	7	R&D 经费投入强度(R&D/GDP)	e21
		8	规上制造业企业 R&D 投入占规上制造业总产值比重	e22
		9	每万人 R&D 人员全时当量(人年)	e23
		10	万人拥有的科技服务机构数	e24
		11	知识密集型服务业增加值占 GDP 比例(%)	e25
		12	科技企业孵化器数量(个)	e26
		13	每万人发明专利拥有量(件)	e27
		14	PCT 国际专利受理量(件)	e28
		15	技术交易额(亿元)	e29
	资金链(S3)	16	财政科技拨款/财政支出	e31
		17	万人拥有的金融服务机构数	e32
		18	金融机构科技贷款占科技经费支出比	e33
		19	创业风险投资的投资强度(万元/项)	e34
		20	风险投资机构数/高新技术企业数	e35
		21	风险投资金额(亿元)/高新技术企业收入	e36
		22	上市高新技术企业数/高新技术企业总数	e37
		23	中小板与创业板融资额/股市融资总额	e38

四、科技金融“三链”复合系统协同度的测算与评价

考虑数据的可得性,本文选取北京、上海、广东 2008—2016 年间的数于表 2 中列出 23 个指标。本文收集的数据来自《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》《中国高技术产业发展年鉴》《中国火炬统计年鉴》《中国创业风险投资发展报告》《中国风险投资年鉴》及三地的统计年鉴和科技年鉴^②。由于原始数据计量单位不一致,为消除量纲影响,根据所用模型的特点,我们选用 min-max 标准化方法对原始数据进行了标准化处理。

^①主要是基于广东省社会科学院课题组^[27]构建的指标体系,然后根据《国务院关于印发“十三五”国家科技创新规划的通知》(国发〔2016〕43号)、《2012 首都科技创新发展报告》^[28]、《2016 上海科技创新中心指数报告》^[29]和《“十三五”广东省科技创新规划》对其进行优化和扩展。

^②个别数据来自色诺芬定制。

(一) 指标权重的确定

在表2的指标体系中,各个指标对整个系统所起到的作用各不相同,因此在评价复合系统的协同度时,每个指标需要赋予不同的权重。本文参考金浩和李娜^[30],选择按照熵值法计算指标权重^①,熵值法有较强的数学理论依据,计算步骤如下:

1. 构造评价指标的数据矩阵

令 ϕ_{ij} 表示在第*i*年($i = 1, 2, \dots, m$),第*j*个指标的取值($j = 1, 2, \dots, n$),共有*m*个评价样本,*n*个评价指标,则系统标准化数据构成了一个 $m \times n$ 的矩阵 $\Phi' = (\phi'_{ij})_{m \times n}$ 。

$$\Phi' = \begin{bmatrix} \phi'_{11} & \phi'_{12} & \cdots & \phi'_{1n} \\ \phi'_{21} & \phi'_{22} & \cdots & \phi'_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \phi'_{m1} & \phi'_{m2} & \cdots & \phi'_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

2. 计算各指标的熵值

记第*j*个指标的熵值为 k_j ,则:

$$k_j = -c \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij}, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

其中 $c = (lnm)^{-1}$, $f_{ij} = \frac{\phi_{ij}}{\sum_{i=1}^m \phi_{ij}}$,当 $f_{ij} = 0$ 时,定义 $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。

3. 计算各指标的熵权

$$w_j = \frac{1 - k_j}{\sum_{j=1}^n 1 - k_j}, 0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (9)$$

按照上述3个步骤采用Excel和MATLAB软件对各指标的权重进行计算。

比较北京、上海和广东这三地的三个子系统,发现有如下几个较突出的方面:①产业链子系统方面,北京的“高新技术产品产值占规模以上工业总产值比重(*e15*)”和“第三产业增加值与第二产业增加值的比率(*e16*)”相对更加突出^②;上海的*e11*相对更加突出;广东省则在*e12*、*e13*和*e14*三个指标上相对更加突出。②创新链子系统方面,北京的*e22*、*e25*和*e28*相对更加突出;上海的*e21*、*e24*和*e27*相对更加突出;广东省则在*e23*、*e26*和*e29*三个指标上相对更加突出。③资金链子系统方面,北京的*e32*和*e35*相对更加突出;上海的*e34*和*e36*相对更加突出;广东省则在*e31*、*e33*、*e37*和*e38*四个指标上相对更加突出。

(二) 科技金融“三链”之序参量有序度测算

为了测算有序度,首先将序参量分量标准化数据的最大值与最小值分别乘以100%,得到序参量分量标准化数据的上限值和下限值,然后将序参量分量的标准化数据及其上限值和下限值代入(4)式,得到“三链”序参量分量 e_{ki} 的系统有序度,即序参量 e_k 的有序度。

如前所述,序参量有序度取值越大,说明该序参量对子系统有序度的贡献就越大。分析序参量的平均值,为便于比较,我们取23个序参量的“有序度平均值”的平均值作为比较基准,大于这个平均值的称为“高有序度”,小于这个平均值的称为“低有序度”。北京、上海和广东三地序参量“有序度平均值”的平均值分别是0.1770、0.1600和0.1620。可以看出:①就北京而言,产业链中“有序度高”的序参量是*e15*,创新链中“有序度高”的序参量是*e22*、*e26*、*e27*、*e28*和*e29*,资金链中“有序度高”的序参量是*e31*、*e34*、*e36*和*e38*。②就上海而言,产业链中“有序度高”的序参量是*e12*、*e13*和*e15*,创新链中“有序度高”的序参量是*e21*、*e22*、*e25*、*e27*和*e29*,资金链中“有序度高”的序参量是*e31*、*e34*、*e35*、*e36*和

①(5)式中的 w_i 和(6)式中的 η_k 也采用相同方法确定。

②为节省篇幅,下文类似论述只给出指标符号,对应的指标或序参量名称详见表2。

e38。③就广东而言,产业链中“有序度高”的序参量是 e12、e15 和 e16,创新链中“有序度高”的序参量是 e21、e26、e27、e28 和 e29,资金链中“有序度高”的序参量是 e31、e32、e34、e35、e36 和 e38。

(三) 科技金融“三链”之单链有序度测算

单链有序度取值越大,说明其对“三链”复合系统整体协同度的贡献就越大,反之则越低。将序参量有序度 $u_k(e_{ki})$ 熵值法确定的权重数据代入(5)式,得到“三链”之单链有序度,如表3所示。

由表3来看:①就北京而言,北京创新链的有序度高于其产业链和资金链的有序度,均值差异显著,其走势特别是2011—2014年的走势差异较为明显;但2014年以后,北京产业链和创新链的有序度都呈下降趋势,其资金链的有序度则趋于上升;相比之下,产业链和资金链有序度较为稳定,方差都是0.000,创新链则出现大起大落,方差为0.003,较不稳定;②就上海而言,2008—2016年其资金链有序度的平均值略高于产业链和创新链,历史上资金链和创新链相比二者有序度互有高低,但在近期都显著下降,而产业链的有序度近期则有上升趋势;在样本区间内创新链和资金链的有序度都有显著波动,方差为0.001,产业链则相对稳定,方差为0.000;③就广东而言,2008—2016年广东创新链有序度的平均值在其三链中最高,但只是略高于资金链,且2014年以后一致呈下降状态,而资金链的有序度近期则呈上升趋势;创新链波动性相对较大,方差为0.001;在样本区间三链走势差异明显,缺乏规律性。

表3 各地科技金融“三链”之单链有序度

年份	北京			上海			广东		
	产业链 (S11)	创新链 (S12)	资金链 (S13)	产业链 (S21)	创新链 (S22)	资金链 (S23)	产业链 (S31)	创新链 (S32)	资金链 (S33)
2008	0.0377	0.0164	0.0444	0.0389	0.0000	0.0667	0.0102	0.0023	0.0667
2009	0.0675	0.0392	0.0671	0.0386	0.0449	0.0369	0.0212	0.0668	0.0702
2010	0.0230	0.0503	0.0669	0.0170	0.0602	0.0412	0.0062	0.0637	0.0679
2011	0.0419	0.1842	0.0398	0.0376	0.0639	0.0959	0.0310	0.0742	0.0450
2012	0.0558	0.0803	0.0546	0.0632	0.0773	0.0880	0.0504	0.0726	0.0885
2013	0.0579	0.1035	0.0443	0.0465	0.1042	0.0905	0.0545	0.0880	0.0524
2014	0.0560	0.1064	0.0587	0.0441	0.0875	0.0352	0.0307	0.0936	0.0346
2015	0.0269	0.0411	0.0373	0.0264	0.0405	0.0411	0.0393	0.0505	0.0360
2016	0.0236	0.0122	0.0922	0.0380	0.0091	0.0240	0.0301	0.0060	0.0501
均值	0.0434	0.0704	0.0561	0.0389	0.0542	0.0577	0.0304	0.0575	0.0568
方差	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000

比较三地单链有序度,由图2可直观看出:①就产业链而言,2010年以前京沪粤三地差异明显,其中北京产业链有序度最高,上海次之,广东最低,2010年以后三地产业链有序度差异显著缩小;②再看创新链,除了个别年份(如2011年)北京创新链的有序度异常之高,其他年份三地差异很小,甚至表现出同升同降的趋势;③资金链有序度的表现则有些混乱,三地走势差异明显,但从2008—2016年的平均值来看三地却非常接近,都在0.057上下,只是近期北京上升明显,上海则呈下降趋势。另外,单从平均值来看,北京的产业链和创新链有序度都是三地最高的,上海的资金链有序度为三地最高,广东的创新链和资金链有序度在三地中都排第二,产业链有序度则是三地最低。

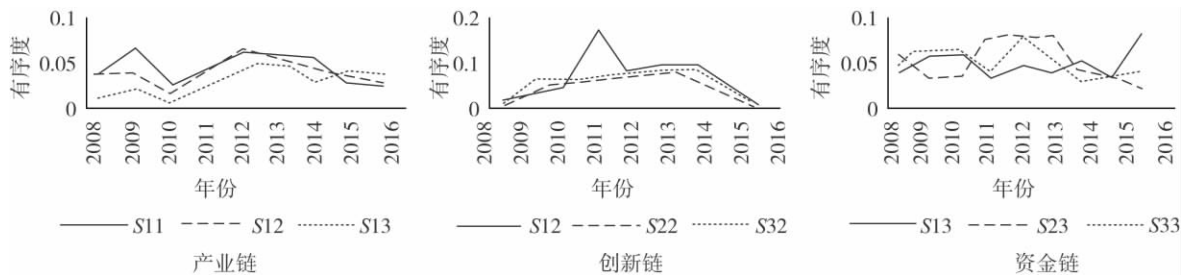


图2 各地科技金融“三链”之单链有序度比较

(四) 科技金融“三链”之整体协同度测算

综合运用 Excel 和 MATLAB 软件,基于(6)式,以2008年为基期,我们进一步计算出2008—2016年间北京、上海和广东三地科技金融“三链”的整体协同度,如表4和图3所示。

由表4和图3可见,北京、上海和广东三地的“三链”协同度均值都是负的,即平均来说,三地的科技金融“三链”缺乏协同性。但具体到某个年份,则某些年份又表现出一定的低度协同,如北京在2009年、2012年、2014年和2016年,上海在2012年、2013年和2016年,广东低度协同的年份最少,只有2009年和2012年两个年份。从波动性来看,北京“三链”协同度的波动性相对最大,其方差为0.04,上海和广东的方差都是0.02。

总之,平均来看,各地“三链”都处于不协同状态,各地“三链”协同度的波动程度都比较大,且不存在直观上易于判断的规律性,这说明各地“三链”的协同状况都不稳定,需要大力发展和改进。这些结果都表明了“围绕产业链部署创新链、围绕创新链完善资金链”的紧迫性和必要性。令人欣慰的是,近年来各地“三链”的协同度都呈现出上升的趋势,显然各地都在积极践行“围绕产业链部署创新链、围绕创新链完善资金链”的政策。

(五) 科技金融“三链”之两两协同度测算

同理,为了更加深入地探析科技金融“三链”的协同状况,我们以

2008年为基年,借鉴(6)式进一步计算出“三链”各单链两两之间的协同度,结果如表5和图4所示。

表5 各地科技金融“三链”之两两协同度

年份	北京			上海			广东		
	T12	T13	T23	T12	T13	T23	T12	T13	T23
2008	null	null	null	null	null	null	null	null	null
2009	0.026 1	0.026 0	0.022 7	-0.004 1	-0.003 3	-0.036 6	0.026 6	0.006 1	0.014 8
2010	-0.022 3	-0.018 2	0.027 6	-0.036 3	-0.023 6	-0.039 2	-0.015 7	-0.002 2	0.008 6
2011	0.026 4	-0.004 4	-0.027 7	-0.009 2	-0.006 2	0.043 2	0.038 6	-0.021 2	-0.039 5
2012	0.034 0	0.013 6	0.025 6	0.043 3	0.022 7	0.040 6	0.053 2	0.029 6	0.039 2
2013	0.041 9	-0.001 5	-0.003 1	0.028 1	0.013 4	0.049 8	0.061 6	-0.025 2	-0.035 1
2014	0.040 5	0.016 1	0.035 8	0.021 3	-0.012 8	-0.052 5	0.043 3	-0.025 7	-0.054 2
2015	-0.016 4	-0.008 8	-0.013 3	-0.022 5	-0.017 9	-0.032 2	0.037 4	-0.029 8	-0.038 5
2016	-0.007 6	-0.026 0	-0.014 1	-0.002 9	-0.006 3	-0.019 7	0.008 6	-0.018 2	-0.007 9
均值	0.015 3	-0.000 4	0.006 7	0.002 2	-0.004 3	-0.005 8	0.031 7	-0.010 8	-0.014 1
方差	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001

注: T12 表示产业链和创新链之间的协同度, T13 表示产业链和资金链之间的协同度, T23 表示创新链和资金链之间的协同度。

表4 三地科技金融“三链”整体协同度

年份	北京 DGS1	上海 DGS2	广东 DGS3
2008	null	null	null
2009	0.024 1	-0.019 7	0.038 3
2010	-0.023 7	-0.027 5	-0.031 0
2011	-0.118 6	-0.046 6	-0.043 0
2012	0.049 5	0.056 0	0.054 0
2013	-0.065 1	0.071 0	-0.059 6
2014	0.068 4	-0.046 1	-0.052 0
2015	-0.014 7	-0.016 6	-0.032 6
2016	0.000 2	0.005 7	-0.007 3
均值	-0.010 0	-0.003 0	-0.016 7
方差	0.004	0.002	0.002

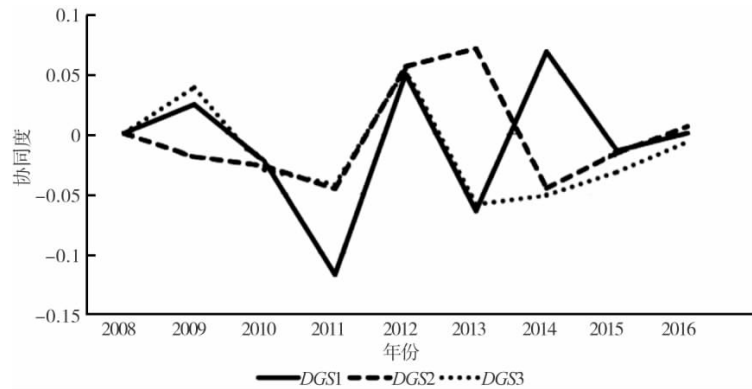


图3 三地科技金融“三链”之整体协同度比较

注: DGS_1 、 DGS_2 、 DGS_3 分别表示北京、上海、广东的科技金融“三链”整体协同度。

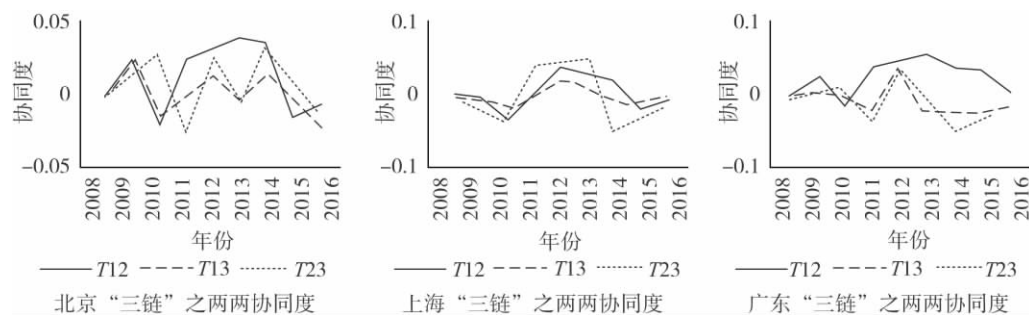


图4 各地“三链”之两两协同度

注: T12 表示产业链和创新链之间的协同度, T13 表示产业链和资金链之间的协同度, T23 表示创新链和资金链之间的协同度。

两两而言: ① 北京产业链与创新链的协同度 $T12$ 总体较高, 均值为 0.0153, 远高于产业链与资金链的 -0.0004 和创新链与资金链的 0.0067, $T12$ 在 2014—2015 年下降明显, 但 2015 年后有回升趋势; 相比之下, 北京产业链和资金链的协同度 $T13$ 相对最低, 2014 年以来更是一直在下降, 但其波动性最小, 方差为 0.000。在样本区间内 $T12$ 、 $T13$ 和 $T23$ 都出现多次负值, 表明“三链”两两之间的协同发展机制尚未形成。② 类似于北京, 上海产业链与创新链的协同度 $T12$ 总体较高, 均值为 0.0022, 而产业链与资金链的协同度和创新链与资金链的协同度都是负值, 分别为 -0.0043 和 -0.0058 , 但 2015 年后 $T12$ 、 $T13$ 和 $T23$ 三者都有回升趋势。另外, $T23$ 均值最低, 方差却最大, 说明在上海, 产业链和资金链之间的协同性相对最差。在样本区间内 $T12$ 、 $T13$ 和 $T23$ 都出现多次负值, 表明上海“三链”之两两之间的协同发展机制也尚未形成。③ 广东产业链与创新链的协同度 $T12$ 均值为 0.0317, 远高于产业链与资金链的 -0.0108 和创新链与资金链的 -0.0141 , 但 $T12$ 自 2013 年以来一致趋于下降, 而 $T13$ 和 $T23$ 近期则有回升趋势。在样本区间内 $T12$ 仅在 2010 年出现一次负值, 说明在广东产业链和创新链之间已呈现低度协同, 而 $T13$ 和 $T23$ 则出现多次负值, 表明广东产业链与资金链之间以及创新链与资金链之间都尚未形成协同发展机制。

(六) 实证结果进一步分析

首先, 由上述分析可知, 2008—2016 年北京、上海和广东三地科技金融“三链”整体协同度平均值都是负值, 即处于不协同状态。尽管系统整体协同度在一定程度上取决于某些子系统有序度的“短板”, 即所谓的“木桶效应”^[14], 但由于 2008—2016 年各地科技金融“三链”之单链有序度均值普遍不高(详见表 3), 都在 $(0, 0.3]$ 范围内, 都属于低度协同水平, 似乎都应对“三链”整体不协同负责。但相对而言, 北京、上海和广东都是产业链平均有序度在“三链”中最低, 因此, 产业链应该对“三链”整体不协同负更多的责任。

其次, 根据序参量有序度的平均值, 北京、上海和广东“产业链”有序度的共同制约因素是 $e11$ 和 $e14$ 。关于 $e11$ 有序度的平均值, 北京、上海和广东分别是: 0.1084、0.0951、0.1346; 关于 $e14$ 有序度的平均值, 北京、上海和广东分别是: 0.1029、0.1017、0.0555。另外, $e14$ 同时也是北京“产业链”最大的制约因素; 上海“产业链”最大的制约因素则是 $e11$; 广东“产业链”最大的制约因素却是 $e13$, 其有序度平均值仅为 0.0417。

再次, 就“创新链”有序度而言, 北京、上海和广东共同制约因素是 $e23$ 和 $e24$ 。关于 $e23$ 有序度的平均值, 北京、上海和广东分别是: 0.1207、0.0412、0.1098; 关于 $e24$ 有序度的平均值, 北京、上海和广东分别是: 0.1275、0.0366、0.1081。有序度 $e24$ 同时也是上海“创新链”最大的制约因素; 北京“创新链”最大的制约因素则是 $e21$, 其有序度平均值为 0.0690; 广东“创新链”最大的制约因素却是 $e25$, 其有序度平均值仅为 0.0496。

最后, 就“资金链”有序度而言, 北京、上海和广东共同制约因素是 $e33$ 和 $e37$ 。关于 $e33$ 有序度的平均值, 北京、上海和广东分别是: 0.0981、0.1590、0.0698; 关于 $e37$ 有序度的平均值, 北京、上海和广东分别是: 0.1190、0.0697、0.1136。值得注意的是, $e33$ 同时也是北京和广东“资金链”最大的制约因素,

e_{37} 则同时是上海“资金链”最大的制约因素。

五、结论与对策建议

本文基于 2008—2019 年北京、上海和广东三地的时间序列数据,利用复合系统协同度模型,实证考察了科技金融“三链”的序参量有序度、单链有序度、整体协同度和单链两两协同度,得到一些新颖的结论,概述如下:

(1) 在样本区间,北京、上海和广东三地在科技金融“三链”协同方面表现并不理想,平均来说,三地的科技金融“三链”都处于不协同状态。

(2) 尽管产业链、创新链和资金链的单链有序度都不高,但产业链表现最差,应该对科技金融“三链”整体不协同负更多的责任。

(3) 制约“三链”之单链有序度的主要因素,在各地不尽相同,这些因素凸显其在“三链”协同中的重要性。

基于上述结论和前面的实证结果,我们提出以下对策建议:

(1) 统筹产业链、创新链和资金链的协同发展。各地相关部门要深刻领会“围绕产业链部署创新链、围绕创新链完善资金链”的迫切性和必要性,自觉学习和运用系统学和协同学的知识原理,不断提高科技金融“三链”的协同度。

(2) 高度重视产业结构升级和高科技企业发展的有序性。科学制定产业政策,既要努力弥补供给侧短板,也要坚决防止出现产能过剩和低水平重复建设,争取尽快消除产业链对“三链”协同的制约作用。

(3) 序参量层面上,针对共同的制约因素,三地都应:着力提高 e_{11} 和 e_{14} 的有序性,以提高“产业链”的有序度;着力提高 e_{23} 和 e_{24} 的有序性,以提高“创新链”的有序度;着力提高 e_{33} 和 e_{37} 的有序性,以提高“资金链”的有序度。

(4) 就各地不同短板来说:北京还应着力提高 e_{21} 的有序性,广东则还应着力提高 e_{13} 和 e_{25} 的有序性。

参考文献:

- [1]任海峰,何颖.“三链协同”下创新驱动[J].装备制造,2014(6):82-85.
- [2]郭红兵,苏国强.从产业链金融到科技链金融——论科技链金融的概念、模式和意义[J].南方金融,2017(5):10-17.
- [3]赵昌文,陈春发,唐英凯.科技金融[M].北京:科学出版社,2009:24-31.
- [4]洪银兴.科技金融及其培育[J].经济学家,2011(6):22-27.
- [5]李心丹,束兰根.科技金融——理论与实践[M].南京:南京大学出版社,2013:29-37.
- [6]HANSEN M T, BIRKINSHAW J. The innovation value chain[J]. Harvard business review, 2008, 85(6): 121-130.
- [7]ROPER S, DU J, LOVE J H. Modelling the innovation value chain[J]. Research policy, 2008, 37(6): 961-977.
- [8]苗军.产业链、创新链、服务链“三链”协同发展策略研究——以河南省为例[J].科技广场,2018(2):16-24.
- [9]付欣然.中国工业机器人“产业链-创新链-资金链”的三链协同研究[D].大连:大连理工大学,2017.
- [10]王宏起,徐玉莲.科技创新与科技金融协同度模型及其应用研究[J].中国软科学,2012(6):129-138.
- [11]汪良兵,洪进,赵定涛,等.中国高技术产业创新系统协同度[J].系统工程,2014(3):1-7.
- [12]刘英基.高技术产业技术创新、制度创新与产业高端化协同发展研究——基于复合系统协同度模型的实证分析[J].科技进步与对策,2015(2):66-72.
- [13]郑慧,李雪慧.基于协同模型的科技创新、金融创新与科技金融动态关系研究[J].海南金融,2015(12):70-76.
- [14]刘和东.高新技术产业创新系统的协同度研究——以大中型企业为对象的实证分析[J].科技管理研究,2016(4):133-137+161.
- [15]周海鹏,李媛媛.区域金融协同创新测度与分析——以京津冀为例[J].天津大学学报(社会科学版),2016(3):

237 - 242.

- [16] 李玉琼, 李杨, 阎媛, 等. 产业创新链系统协同度测度研究 [J]. 价值工程, 2017(12): 84 - 86.
- [17] 鲁洁, 秦远建. 创新链的构建与协同治理研究 [J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2017(1): 585 - 588 + 593.
- [18] 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.
- [19] 夏业领, 何刚, 李恕洲. 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 [J]. 石家庄铁道大学学报(社会科学版), 2018(1): 1 - 8.
- [20] 潘娟, 张玉喜. 科技创新与科技金融制度协同度实证研究 [J]. 金融理论与教学, 2018(5): 43 - 49.
- [21] 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(21): 29 - 34.
- [22] 崔志新, 陈耀. 基于复杂系统的区域科技创新系统协同度测评研究——以京津冀区域为例 [J]. 城市, 2019(2): 3 - 13.
- [23] 袁继新, 王小勇, 林志坚, 等. 产业链、创新链、资金链“三链融合”的实证研究——以浙江智慧健康产业为例 [J]. 科技管理研究, 2016(14): 31 - 36 + 44.
- [24] 孟庆松, 韩文秀. 复合系统协调度模型研究 [J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2000(4): 444 - 446.
- [25] 魏丽华. 国内两大城市群市场协同的比较与分析——京津冀与沪苏浙 [J]. 软科学, 2016(9): 46 - 50.
- [26] 冯锋, 汪良兵. 技术创新链视角下我国区域科技创新系统协调发展度研究 [J]. 中国科技论坛, 2012(3): 36 - 42.
- [27] 万陆, 刘炜, 谷雨. 广东城市创新能力比较研究 [J]. 南方经济, 2016(8): 94 - 104.
- [28] 首都科技发展战略研究院. 2012 首都科技创新发展报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2012: 15 - 19.
- [29] 《上海科技创新中心指数》研究编制组, 上海市科学学研究所. 2016 上海科技创新中心指数报告 [M]. 上海: 上海教育出版社, 2017: 4 - 9.
- [30] 金浩, 李娜. 京津冀区域经济系统的协同度分析 [J]. 天津商业大学学报, 2016(4): 50 - 56.

(责任编辑: 刘淑浩; 英文校对: 葛秋颖)

A Study on “Three-chain Synergy” of Science and Technology Finance Based on Synergy Degree Model of Composite System: A Comparative Empirical Analysis of Beijing, Shanghai and Guangdong GUO Hongbing^{1,2}, XU Shuyi^{1,2}, ZENG Yuye^{1,2}

(1. School of Finance, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou 510320, China;

2. Collaborative Innovation Development Center of Pearl River Delta's Sci-Tech Finance Industry, Guangzhou 510320, China)

Abstract: Based on sample data from 2008 to 2016, this paper makes an empirical measurement of the Degree of General Synergy (DGS) and subsystem order degree of the “three chains” of science and technology finance in Beijing, Shanghai and Guangdong respectively, and makes a comparative analysis of the empirical results. The research findings are as follows. (1) The “three chains” of science and technology finance in the three regions are all in an uncoordinated state on the whole. (2) The order degree of the industrial chain is the worst, so it should take more responsibility for the overall non-coordination of the “three chains” of science and technology finance. (3) The main factors restricting the order degree of single chain of the “three chains” vary from place to place. On this basis, this paper puts forward the following countermeasures and suggestions: (1) To coordinate development of industrial chain, innovation chain and capital chain. (2) To attach great importance to the upgrading of industrial structure and the orderly development of high-tech enterprises. (3) Each region should focus on improving the degree of order of the corresponding order parameters according to its own weaknesses.

Key words: science and technology finance; three-chain synergy; synergy degree model of composite system; order degree; synergy degree