

文章编号:1000-5862(2020)02-0111-09

# 知识复杂度对产业结构升级的作用机制研究

陶长琪,郭彦廷

(江西财经大学统计学院,江西 南昌 330013)

**摘要:**具有高价值且难以被复制的复杂知识被作为技术进步的关键因素,它越来越成为产业结构升级的核心动力。借鉴 P. A. Balland 等的做法,利用行业专利数据,测度了 2007—2016 年中国区域知识复杂度,在此基础上从集聚效应与吸收效应双重路径剖析知识复杂度对产业结构升级的内在作用机制。研究结果表明:各地区知识复杂度在空间上呈现东、中、西部依次递减格局,在时间上呈递增趋势且具有累积效应;区域拥有的核心知识越复杂,产业结构发展水平越高;知识复杂程度的提升可以借助集聚效应和吸收效应等方式间接地促进产业结构升级,且集聚效应的作用更为明显。

**关键词:**知识复杂度;产业结构升级;中介效应

**中图分类号:**F 224.0;F 121.3

**文献标志码:**A

**DOI:**10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2020.02.01

## 0 引言

随着我国经济全面转向高质量发展阶段,加速转换经济增长动力、推动产业结构转型升级成为实现经济长足发展所面临的重大挑战。当前我国,尤其是中西部地区产业发展仍存在自主创新能力较弱、产业结构水平较低等问题,创新驱动无疑是推动我国区域经济增长的重要策略,所以知识尤其是复杂知识作为创新投入的关键因素之一,对于产业结构升级变得日益重要。一方面,对于许多工业化区域而言,技术进步的核心动力来源于高价值、非遍在性、复杂隐性的知识,在这种情况下,具有空间粘性,并难以在其他区域中被创造和复制的核心知识成为推动技术进步与产业升级的主要动力。另一方面,知识生产和扩散的非匀质性是导致技术水平区域差异的主要原因,知识的区域差异表明创新是累积性的,这种累积性来源于现有知识技术的重组和深化<sup>[1]</sup>。因此,有些学者提出用知识复杂度来衡量不同区域的知识异质性。然而,从知识异质性的角度如何分析创新对产业结构的影响,复杂知识又如何作用于产业结构升级,这些是当前应该思考的重要问题。

由于知识的复杂度难以测度,国内外学者尚未形成一个统一的准确定义。C. A. Hidalgo 等<sup>[2]</sup>认为

知识的复杂性就是不可模仿性,这一特性对于区域获得竞争优势具有重要影响。P. A. Balland<sup>[3]</sup>等提出了知识复杂度指数(Knowledge Complex Index, KCI)的概念,用以衡量某一区域生产知识的质量,并认为知识复杂度越高,越难以被其他区域模仿,越有利于形成竞争优势。借鉴这一思想,马双<sup>[4]</sup>提出知识复杂程度不仅意味着知识含量的大小,而且还可以用来反映区域生产不同类型知识的难度,它是涵盖知识丰度与知识质量的综合概念。

基于对概念的分析,部分研究者对知识复杂度的测算与实证研究做了有益探索。大批学者认为专利数据在衡量知识生产和技术创新方面具备可靠性,并利用专利数据对知识生产函数进行了研究,证实区域知识基础与经济增长之间的正相关性<sup>[5-6]</sup>。在此基础上,张翼鸥等<sup>[7]</sup>利用专利数据系统测度了 1986—2015 年间中国城市的知识复杂度,发现知识复杂度在中国内的分布并不均衡,且复杂知识中心呈现逐渐南移趋势;徐宜青等<sup>[8]</sup>借助知识复杂度测算论述了长三角城市群协同创新的发展过程,分析了不同区域在协同创新过程中的技术知识差异。

虽然现有研究没有直接从知识异质性角度分析对产业结构的影响,但国内外学者针对知识创新与技术创新对产业结构的作用做了大量积极地探索。P. Aghion<sup>[9]</sup>较早提出了研发推动的创新和知识积

收稿日期:2019-12-15

基金项目:国家自然科学基金(71473109,71773041,71973055),国家社会科学基金(18BJY001,19ZDA121),江西省社会科学基金(19YJ15)和江西省教育厅科技课题(GJJ190248)资助项目。

作者简介:陶长琪(1967-),男,江西临川人,教授,博士,博士生导师,主要从事数量经济研究。E-mail:tcq\_822@163.com

累对促进技术进步和经济增长有着重要的积极作用;李平等<sup>[10]</sup>利用跨国智力流动理论,指出国际智力回流与中国产业结构升级具有明显正向关系,且促进效应呈递增趋势;齐亚伟<sup>[11]</sup>测度了创新能力与创新效率的协调性与关联性,发现产学研合作创新能力与区域创新效率的关联性最大;王立新等<sup>[12]</sup>利用门槛回归模型验证了知识创新对产业结构升级的正向影响。

通过对目前文献的梳理可知,现有研究大多数利用专利数量来表征区域技术创新能力的空间结构及其对产业结构的作用机制,将不同领域知识创新视为同质内容,忽视了知识异质性对产业结构的影响。然而最近研究表明,地区间的知识核心有所不同,并不是所有的知识都持有相同的价值<sup>[3,7]</sup>。因此,对于知识复杂度的着重研究有助于明确知识异质性对产业结构的作用差异。此外,以往研究主要关注创新对产业结构升级的直接影响,缺乏对影响产业结构升级理论机制的深入探讨。基于此,本文利用行业专利数据对各省 2007—2016 年知识复杂程度进行测算,借以量化不同区域存在的知识异质性,从集聚效应与吸收效应双重路径剖析知识复杂度对产业结构的内在影响机制,并运用中介效应模型加以检验。

## 1 知识复杂度测算

### 1.1 测算方法

要实证研究复杂知识对产业结构的影响,首先需要系统测算中国各省份的知识复杂度。现有关于知识复杂度测度的核心分析方法,是将不同区域与其生产的技术知识联系在一起,构成技术知识网络加以分析。本文借鉴 P. A. Balland 等<sup>[3]</sup>的做法,利用专利数据构建一个  $n \times k$  的省域技术知识网络,在网络结构中  $n$  表示省域,  $k$  表示技术类别,并通过该网络计算不同省域的知识复杂度。

在利用专利数据测算知识复杂度之前,需确定技术分类标准。本文借鉴已有研究方法<sup>[13]</sup>,利用 incoPat 科技创新情报平台提供的专利数据库,得到 30 个省级行政单位(西藏和港澳台地区因数据缺失太多而被剔除)共 42 个主要行业的专利面板数据,涵盖了与技术创新密切相关的主要行业,包括制造业(29 个子行业)、采掘业、建筑业和信息服务业等。

为了计算知识复杂度,需要考虑生产特定技术的重要省域是否拥有相对技术优势(RTA),用  $M_{c,i}$  表示。若技术  $i$  在省域  $c$  的所有技术组合中所占份额高于该技术在个国家所占的份额,则省域  $c$  在技术知识  $i$  上便拥有相对技术优势。其判断表达式为

$$\frac{P_{atents_{c,i}} / \sum_i P_{atents_{c,i}}}{\sum_c P_{atents_{c,i}} / \sum_c \sum_i P_{atents_{c,i}}} \geq 1, \quad (1)$$

当满足(1)式时,  $M_{c,i}$  取值为 1, 否则为 0。知识复杂度包括省域多样性和技术遍在性 2 个变量,这 2 个变量与省域技术知识网络中所有节点的中心性有关。省域的中心性( $K_{c,0}$ )表示某个区域拥有相对技术优势的技术数量,这里  $K_{c,0} = \sum_i M_{c,i}$ 。

技术的中心性( $K_{i,0}$ )表示在应用某项技术时拥有相对技术优势的区域数量,这里  $K_{i,0} = \sum_c M_{c,i}$ 。

对于省域和技术知识复杂度,可用经过  $n$  次迭代的多样性和遍在性表示,其公式为

$$K_{c,n} = \frac{1}{K_{c,0}} \sum_i M_{c,i} K_{i,n-1}, K_{i,n} = \frac{1}{K_{i,0}} \sum_c M_{c,i} K_{c,n-1}.$$

当  $n = 1$  时,  $K_{c,1}$  表示拥有相对技术优势的省域  $c$  的技术遍在值的平均值,  $K_{i,1}$  表示对技术  $i$  拥有相对技术优势的区域的平均多样性。为进一步使估计细化,需要对  $K_{c,n}$  进行多次迭代,直至趋于稳定。

### 1.2 测算结果

本文利用 R 软件进行了迭代估计,对结果利用 Min-Max 方法进行标准化处理,最终得到中国 30 个省、直辖市、自治区(不包括西藏和港澳台地区)2007—2016 年知识复杂度(见表 1)<sup>①</sup>。

从表 1 可知,在 10 年均值方面,少数地区知识复杂度水平较高,位居前 5 位的分别为广东(0.867)、上海(0.518)、北京(0.409)、浙江(0.280)和江苏(0.268),这些省、市得益于雄厚的科技实力、优秀的研发人才及优惠的政府扶持政策,在技术的专业性与前沿技术的多样性方面具有较强优势。尤其是广东省,作为我国创新强省,拥有发达的经济基础与资源禀赋、齐全的产业门类以及远高于其他省(市)的各行业专利数,这为其复杂知识的形成提供了强有力的支撑。而大多数省(市)的知识复杂度水平却较低且波动较小,这表明这些区域在知识生产的广度和深度方面有所欠缺,未来有进一步改善和提升的空间。

① 值得说明的是,本文所衡量的知识复杂度更多依托不同区域行业的专利数据,由于不可能完全表征一个地区显性科学知识和隐性知识的复杂程度。且不同地区、不同行业之间专注的知识生产领域可能存在差异,空间距离、人才结构、生产经验等不同都会进一步对地区的产业复杂程度产生影响,这些都是后续努力的方向。

比较分析 3 大经济区可发现我国各地区的知识复杂度存在显著差异,整体呈现东部、中部、西部依次递减格局,且东部地区知识复杂度远高于中西部地区,这说明后者生产的技术知识缺乏粘性,更容易被学习和复制.究其原因可知,东部地区依托良好的经济基础,吸引了大量人才、资金、技术要素的集聚,形成了知识创新的良性循环;而对于中西部地区而

言,经济环境的差异导致对创新要素的吸引能力不足,后发优势受到严重抑制,致使自身创新活动滞后.值得注意的是,近年来中西部少数省份(如中部湖北(0.207)、西部陕西(0.240)、西部四川(0.230)等省份)凭借国家的政策支持和自身的资源供给,它们的知识复杂度明显高于同地区其他省份,技术创新优势较明显.

表 1 2007—2016 年各地区知识复杂度描述性统计

地区	均值	最小值	最大值	地区	均值	最小值	最大值
北京	0.409	0.202	0.631	河南	0.143	0.091	0.244
天津	0.175	0.123	0.302	湖北	0.207	0.102	0.426
河北	0.148	0.090	0.292	湖南	0.152	0.088	0.254
辽宁	0.158	0.088	0.313	上海	0.518	0.308	0.709
内蒙古	0.113	0.081	0.173	江苏	0.268	0.149	0.420
广西	0.113	0.080	0.177	浙江	0.280	0.138	0.417
重庆	0.155	0.090	0.274	福建	0.160	0.087	0.280
四川	0.230	0.129	0.420	山东	0.219	0.118	0.357
贵州	0.117	0.088	0.141	广东	0.867	0.800	1.000
云南	0.120	0.088	0.157	海南	0.122	0.083	0.211
陕西	0.240	0.107	0.426	甘肃	0.123	0.092	0.177
山西	0.140	0.088	0.230	宁夏	0.119	0.090	0.147
吉林	0.140	0.091	0.243	青海	0.107	0.081	0.136
黑龙江	0.128	0.090	0.178	新疆	0.132	0.082	0.240
安徽	0.135	0.081	0.186	江西	0.142	0.106	0.260
中部平均	0.148	0.097	0.243	东部平均	0.302	0.206	0.423
西部平均	0.143	0.103	0.205	全国平均	0.202	0.131	0.312

从纵向来看,我国东、中、西部 3 大区域的知识复杂度整体呈递增趋势(见图 1(a)),但变化存在波动,在 2008 年均出现了不同幅度的回落,究其原因,可能是受到全球金融危机的影响,高技术产业与各研发机构创新产出受到一定制约.进入 2010 年以后,伴随着自主创新能力的不断提高,复杂知识的生产能力得到持续提升.考虑到用均值衡量 3 大地区知识复杂度可能受到极值的影响,绘制了各区域知

识复杂度中位数变化趋势图(见图 1(b)).由图 1(b)可看出,3 大区域知识复杂度表现出不同走势,2006—2011 年,各区域知识复杂走势基本一致,但随着时间推移,东、中、西部 3 大地区的复杂知识生产水平差距开始逐步拉大.值得注意的是,在“中部崛起”战略的推动下,中部地区知识复杂度表现出递增的趋势,这说明在创新发展战略的推动下,复杂知识存在集聚和累积效应.

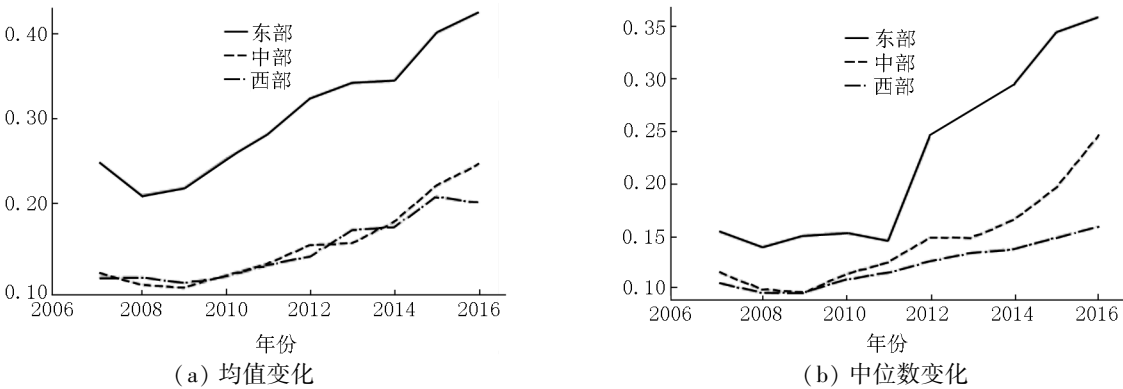


图 1 2007—2016 年 3 大区域知识复杂度变化



## 2 知识复杂度对产业结构的作用路径

产业结构转变是衡量地区经济发展的核心元素,随着经济进入不同的发展阶段,其产业结构也会产生相应地更迭<sup>[14]</sup>. 同时,产业结构的变动往往基于技术创新的演变与积累,复杂知识生产作为技术创新的核心,不仅可直接推动产业结构升级,而且还可能通过吸引创新要素集聚和吸收前沿技术成果实现知识的积聚和创新,对产业结构产生提升效应(见图2).

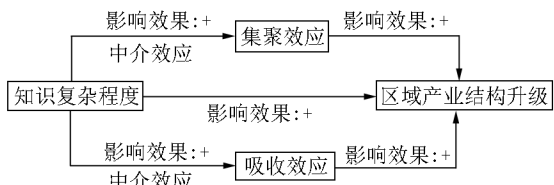


图2 知识复杂度对产业结构升级的作用机制

### 2.1 直接路径

知识复杂度对产业结构优化升级具有直接效应,即以复杂知识为基础的技术创新直接作用于产业结构与生产要素.

技术进步的核心动力来源于高价值且复杂的知识. 一方面,具有创新能力的高技术产业和研发机构作为复杂知识的主要承载者,可以通过大量研发活动提升区域技术水平,扩大技术使用范围,催生新兴产业;同时,又可以通过加速淘汰落后产业、改造升级部分传统产业调整产业结构,促进产业结构优化升级. 另一方面,复杂知识可以促进创新要素的流动与配置. 不同产业或行业原有的知识基础不同,以复杂知识为基础的创新对各产业或行业劳动生产率的作用也不同,对创新要素的迫切需求会引发要素不同行业间的流动,促成生产要素流向高生产率部门. 这样,拥有复杂知识的高技术产业可能会吸引更多的要素资源,使要素分配趋于完善,产业结构与要素结构的耦合度得以提高,最终促进产业结构升级<sup>[15]</sup>. 据此,本文提出:

**假设1** 知识复杂度对本地区产业结构升级具有正向促进作用.

### 2.2 间接路径

通过归纳现有相关文献,并考虑到知识复杂度与产业结构优化升级的空间相关性,从集聚效应与吸收效应双重路径来剖析复杂知识对产业结构升级的影响.

**2.2.1 集聚效应** 区域复杂知识可以通过吸引区

际创新要素集聚从而推动产业结构升级. 复杂知识往往伴随着先进技术和更为优越的创新环境,知识的异质性会影响区域技术环境,由区域知识势差演变为环境势差,而环境差异又构成了人力、资本等要素区际流动的重要前提,从而形成基于复杂知识的创新要素集聚<sup>[16]</sup>. 创新要素的流入,一方面能够提高流入地创新要素存量,通过要素的整合,为整个技术创新活动提供人力和资金支持;另一方面,以复杂知识为核心的区域创新中心,有利于增加对要素的吸引力,提高创新要素增量,为创新活动积蓄储备力量. 同时,要素的跨区域流动能够整合、重组空间上相互分散的经济资源,提高利用与转化效率,从而优化区域资源配置,推动产业结构调整升级<sup>[17]</sup>. 此外,基于复杂知识的创新要素集聚,可以充分发挥创新生产中的规模效应,具有相关多样性的技术组合有利于开展更高质量的创新活动,激发创新活力. 而技术创新活动的开展,有利于区域核心技术水平的提高,并有可能带动上下游产业技术的相应变动,最终实现产业结构升级. 据此,本文提出:

**假设2** 知识复杂度提升可以通过吸引创新要素集聚来推动本地区产业结构升级.

**2.2.2 吸收效应** 区域复杂知识可以通过吸收和消化外来技术成果来推动产业结构升级. 产业结构的发展是多元因素协同作用的结果,区域知识复杂度越高,自身技术水平越高,产业间的竞争就会愈演愈烈,就越倾向于引进外来优势技术来提升自主创新能力. 对于一些区域而言,获得前沿技术的同时也对技术吸收能力提出更高的要求. 而自身拥有的知识越复杂,对于外来技术的吸收和消化能力就越强,掌握并模仿的速度也越快,可以极大地推动区域技术进步<sup>[18]</sup>. 在通过吸收机制引进和消化区际扩散技术的基础上实现知识的积累,可以巩固和完善本地产业的自主创新体系,从而推动产业结构升级<sup>[19]</sup>. 另外,产业结构升级不仅要求产业的高端化,而且还要求产业分工的合理化与多样化,主动吸收外来上下游产业技术,延长产业价值链也可以促进产业结构优化. 据此,本文提出:

**假设3** 知识复杂度提升可以通过提高技术成果吸收转化能力来推动本地区产业结构升级.

## 3 模型设定与变量选择

### 3.1 模型构建

基于以上理论分析,为了更好地阐释知识复杂

度对产业结构升级的作用路径,本文采用中介效应模型<sup>[20]</sup>,验证知识复杂度是否会通过集聚效应和吸收效应来推动产业结构升级。

在图3中,用 $k_{ci}$ 表示知识复杂度,用 $s_{structure}$ 表示产业结构升级指标,用 $W$ 表示中介变量(要素集聚水平和吸收转化水平)。系数 $c$ 的估计量用来描述自变量 $k_{ci}$ 对因变量 $s_{structure}$ 的总效应, $c'$ 的估计量描述自变量 $k_{ci}$ 对因变量 $s_{structure}$ 的直接效应。系数 $a$ 的估计量表示解释变量 $k_{ci}$ 对中介变量的作用强度,而 $b$ 表示中介变量对因变量的直接作用强度。

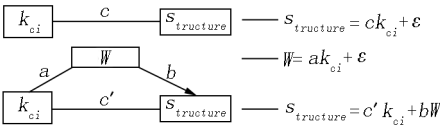


图3 中介效应模型简图

基于上述分析,本文构建如下基准回归模型来考察知识复杂度的产业结构升级效应:

$$s_{structure_{it}} = \mu_0 + \gamma_1 k_{ci_{it}} + \sum_{j=2}^5 \gamma_j c_{control_{it}} + \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad (2)$$

其中 $i$ 表示地区, $t$ 表示年份, $k_{ci}$ 表示知识复杂度, $s_{structure}$ 表示产业结构升级水平, $c_{control}$ 表示控制变量, $\varepsilon$ 表示随机扰动项。

在方程(2)的系数 $\gamma_1$ 显著的前提下,检验间接效应方程:

$$W_{it} = \tau_0 + \theta_1 k_{ci_{it}} + \sum_{j=2}^5 \theta_j c_{control_{it}} + \tau_i + v_{it}, \quad (3)$$

其中 $W$ 表示中介变量,包括集聚效应(com-effect)和吸收效应(abs-effect)。

在方程(2)的系数 $\gamma_1$ 和方程(3)的系数 $\theta_1$ 显著的情况下,检验直接效应方程

$$s_{structure_{it}} = \xi_0 + \varphi_1 k_{ci_{it}} + \omega W_{it} + \sum_{j=2}^5 \varphi_j c_{control_{it}} + \xi_i + \rho_{it} \quad (4)$$

的系数 $\varphi_1$ 和 $\omega$ 的系数,进而判断属于部分中介效应还是遮掩效应。

本文采用依次检验回归系数法(R. M. Baron等,1986)判断中介效应是否显著。(2)式主要检验自变量 $k_{ci}$ 对因变量 $s_{structure}$ 之间的关系。系数 $\gamma_1$ 表示自变量对因变量的总效应,若通过检验的第1步则可以进行后续的检验,否则不符合中介检验的前提条件。(3)式检验的是自变量 $k_{ci}$ 与中介变量 $W$ 的相关关系,若系数 $\theta_1$ 显著则中介变量 $W$ 对自变量有正向引导作用或者负向挤出效应,否则不存在中介效应。(4)式主要检验的是自变量 $k_{ci}$ 对因变量 $s_{structure}$ 的直接效应 $\varphi_1$ 是否显著,若当在(2)式中 $\gamma_1$ 显著、在(3)式中 $\theta_1$ 显著时, $\varphi_1$ 仍然显著,则存在部分中介效应;若在此种情况下 $\varphi_1$ 不显著,则存在完全中介效应。

3.2 变量界定

3.2.1 被解释变量 产业结构升级主要是指产业结构的高级化,即产业结构通过生产技术提升而从一个较低水平转化为一个较高水平的过程。本文借鉴徐敏等<sup>[21]</sup>的做法,以产业结构层次系数来反映产业结构升级水平,其计算公式为

$$s_{structure} = \sum_{n=1}^3 ns_n, 1 \leq s_{structure} \leq 3,$$

其中 $s_n$ 表示第 $n$ 产业占3大产业的比例,若产业结构层次系数越接近3,则产业结构升级指数越高,产业在第3产业中的集中度越高。

3.2.2 中介变量 (i) 集聚效应(com-effect)。复杂知识会推动创新要素集聚,而资本投入对产业集聚的形成有着重要推动作用,故现有研究多采用永续盘存法来对区域资本存量进行估计,借助资本存量来衡量要素的集聚<sup>[14,16]</sup>,本文借鉴已有做法,利用区域地均资本存量来近似表征要素的集聚水平,其公式为

$$e_{effect_{it}} = \sum_{i \neq j} R_{D_{it}} R_{D_{jt}} / D_{ij},$$

其中 $e_{effect_{it}}$ 表示在 $t$ 时期内 $i$ 地区流入的研发资金量; $R_{D_{it}}$ 和 $R_{D_{jt}}$ 分别表示第 $t$ 年 $i$ 地区和 $j$ 地区的研发资本存量; $D_{ij}$ 表示 $i$ 、 $j$ 两地区的中心位置的地理距离。

(ii) 吸收效应(abs-effect)。吸收效应是指对外来技术成果的吸收。借鉴孙早等<sup>[22]</sup>的处理方法,用规模以上工业企业技术获取与技术改造经费之和占主营业务收入的比例来表示。

3.2.3 控制变量 结合目前产业结构的相关研究成果,本文添加了如下控制变量:

(i) 对外开放程度( $f_{di}$ )。外商直接投资可以通过增加资本积累和溢出国外先进技术来直接促进产业结构升级。本文以贸易进出口总额占地区GDP的百分比(%)来衡量对外开放程度。

(ii) 金融发展水平( $f_{inance}$ )。金融行业的高速发展会为区域产业结构升级带来资金支持。本文采用存贷款总额占GDP的百分比(%)来衡量金融发展水平。

(iii) 人力资本水平( $l_{abor}$ )。人力资本尤其是高质量人才是区域创新能力提升与产业结构升级的基础与保障。本文采用大专以上学历人口占地区总人口的百分比(%)来衡量。

(iv) 基础设施水平( $b_{ase}$ )。交通基础设施建设有利于提高区域间交流效率,进而产生空间溢出效应以推动产业结构升级<sup>[14]</sup>。本文采用各地公路里程占该区域面积的百分比(%)来反映基础设施水平。

表 2 区域产业结构升级影响因素的控制变量描述 %

	变量名称	符号	变量说明
控制变量	对外开放程度	$f_{di}$	进出口总额/地区 GDP
	金融发展水平	$f_{inace}$	金融机构存贷款总额/地区 GDP
	人力资本水平	$l_{abor}$	大专以上学历人口/地区总人口
	基础设施水平	$b_{ase}$	公路里程/地区面积

考虑到数据的可获得性和一致性,本文样本涵盖 2007—2016 年共 10 年数据. 鉴于大量的数据缺失,没有涉及西藏自治区和港、澳、台地区,样本共 30 个省级行政单位. 知识复杂度测算数据来自 inco-Pat 专利数据库,其余数据均来源于 EPS 数据库中的《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》与《中国金融统计年鉴》.

4 实证分析

4.1 知识复杂度对产业结构升级的基准回归结果分析

在面板回归分析以前,本文已分别对面板数据进行了单位根检验与协整检验,避免出现伪回归. 考虑到模型可能存在的内生性问题,本文采用系统 GMM 方法,检验知识复杂度对产业结构升级的直接影响,基准回归结果如表 3 所示. 在加入一系列控制

变量后,知识复杂度对产业结构升级的估计系数较为稳健,且至少在 1% 的显著水平上显著,只是在数值大小上存在波动. 模型(i)显示区域知识复杂水平对产业结构升级存在明显的正向促进作用,且估计系数至少在 1% 的显著水平上显著,与假设 1 一致,这说明区域复杂知识驱动了产业结构升级.

在其他控制变量中,金融发展水平( $f_{inace}$ )和基础设施水平( $b_{ase}$ )对产业结构升级作用为正效应,而人力资本( $l_{abor}$ )对产业结构升级存在负效应,可能存在的原因是:虽然复杂知识较多的高技术产业对高素质人才有着迫切的需求,但目前大多数从业者仍集中在劳动密集型产业,并不能对产业结构升级产生显著影响<sup>[14]</sup>;此外,外商直接投资( $f_{di}$ )对产业结构升级具有微弱的负效应,这表明外商进入虽然可以提高本地技术水平,但一定程度上也会抑制区域企业的创新偏好,进而阻碍产业结构的升级与发展<sup>[18]</sup>.

表 3 知识复杂度对产业结构升级的影响(基准回归结果)

变量	$s_{structure}$				
	(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)
$s_{structure}(-1)$	0.831 6*** (0.000)	0.880 2*** (0.000)	0.898 4*** (0.000)	0.633 2*** (0.000)	0.598 1*** (0.000)
$k_{ci}$	0.186 4*** (0.000)	0.138 7*** (0.000)	0.138 0*** (0.000)	0.153 5*** (0.000)	0.126 3*** (0.000)
$f_{di}$		-0.061 1*** (0.000)	-0.063 0*** (0.000)	-0.036 3*** (0.000)	-0.053 2** (0.000)
$l_{abor}$			-0.033 7*** (0.000)	-0.129 8*** (0.000)	-0.126 6** (0.000)
$f_{inace}$				0.035 4*** (0.000)	0.034 8*** (0.000)
$b_{ase}$					0.066 7*** (0.000)
常量	0.363 5*** (0.000)	0.278 9*** (0.000)	0.241 7*** (0.000)	0.750 8*** (0.000)	0.792 0*** (0.000)
N	270	270	270	270	270

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的显著水平下通过了系数显著性检验. 下同.

4.2 知识复杂度影响产业结构升级的中介效应估计

根据前文的理论机制分析,知识复杂度通过集聚效应和吸收效应 2 个途径来促进产业结构升级. 本文进一步检验 2 种中介效应是否存在,即验证假

设 2 和假设 3. 表 4 报告了中介效应检验的间接效应与直接效应,即运用 SYS-GMM 方法估计(3)式和(4)式.

表 4 中模型(vi)表示知识复杂程度对要素集聚程度在 1% 的显著水平上显著为正,这表明区域知



识复杂程度的提升会促进创新要素集聚,这间接验证了 A. Isaksen 等<sup>[1]</sup>的观点. 模型(vii)表明知识复杂度和要素集聚水平(中介变量  $W$ )对产业结构升级的估计系数都在 1% 的显著水平上显著为正,而且知识复杂度系数  $\varphi_1$ (值为 0.088 6)小于基准回归模型(见表 3,模型 v)中的估计系数  $\gamma_1$ (值为 0.126 3),验证了假设 2. 这说明区域知识复杂度可以通过吸引创新要素集聚这一传导机制来提高,对本地产业结构升级产生提升效应. 省级层面的情况也印证了

这个结论,如宁夏和青海等西部省份主要以农业和低端制造业为主,表现出来的知识复杂程度远远落后于广东和北京等发达地区,这就导致在人才和资金的吸引程度上处于劣势,形成发达地区创新要素越来越集中,而欠发达地区创新要素流失严重的“两极化”局面. 然而,对于宁夏等西部省份而言,创新增长具有巨大的潜力,通过承接发达地区产业转移来促使自身技术水平提升,有望成为吸引创新要素集聚的重要途径.

表 4 知识复杂度对产业结构升级的影响(中介效应检验结果)

变量	集聚效应		吸收效应	
	(vi)	(vii)	(viii)	(ix)
	$W$	$s_{structure}$	$W$	$s_{structure}$
被解释变量滞后一期	0.771 2*** (0.000)	0.572 5*** (0.000)	0.738 9*** (0.000)	0.570 6*** (0.000)
$k_{ci}$	0.656 3*** (0.000)	0.088 6*** (0.000)	0.145 4*** (0.000)	0.099 7*** (0.000)
$f_{di}$	-0.040 3*** (0.000)	-0.051 3*** (0.000)	0.036 8*** (0.000)	-0.059 2*** (0.000)
$l_{abor}$	-0.049 8** (0.000)	-0.117 5*** (0.000)	-0.274 5*** (0.000)	-0.032 9 (0.325)
$f_{in}$	0.005 2*** (0.001)	0.036 7*** (0.000)	-0.011 0*** (0.000)	0.037 1*** (0.000)
$b_{ase}$	0.140 8* (0.067)	0.061 5*** (0.000)	-0.009 8*** (0.005)	0.073 5*** (0.000)
$W$		0.051 1*** (0.010)		0.060 3*** (0.000)
常量	0.771 2*** (0.000)	0.842 6*** (0.000)	0.037 0*** (0.000)	0.826 5*** (0.000)
$N$	270	270	270	270
中介效应	显著		显著	
	占总效应 26.55%		占总效应 6.94%	

表 4 中模型(viii)显示知识复杂度的影响系数在 1% 的显著水平上显著为正(值为 0.145 4),这表明区域知识复杂程度的提升有助于提高对外来技术成果的吸收与转化能力,间接验证了各省市创新投入对技术成果吸收与转化的成效. 模型(ix)的结果显示:知识复杂度和技术吸收水平的估计系数都显著为正,知识复杂度系数  $\varphi_1$ (值为 0.099 7)小于基准估计模型中的估计系数  $\gamma_1$ (值为 0.126 3),验证了假设 3. 这说明区域知识水平提升可以通过提高技术成果吸收与转化促进产业结构升级. 随着各地区创新投入的不断增加,知识质量的提升有效地促进了技术成果的吸收与转化. 因此,知识复杂程度较低的省份可以利用创新政策激励高新技术产业的技术吸收,提高对外来技术的学习能力和转化效率,从

而促进区域创新能力提升与产业结构升级.

值得注意的是,吸收效应产生的中介效应仅占总效应的 6.94%,这表明技术成果吸收与转化作为知识复杂度的作用路径,对本地产业结构升级的影响较小,这与目前我国实际情况基本一致. 大量有关中国区域创新路径的研究指出:区域发展存在极化现象,先发地区创新极化过度,扩散不足,而后发地区因为先天创新要素禀赋不足,又缺乏核心技术知识,从而导致对人才与资本的吸引力不足,后发优势受到严重抑制,难以有效承接发达地区转移出的产业. 另外,集聚效应产生的中介作用占总效应的 26.55%,它是知识复杂度影响产业结构升级的主要路径. 技术创新离不开创新要素的集聚,以复杂技术为核心,通过要素的整合与再配置,可以充分发挥创

新生产中的规模效应,激发创新活力,并带动上下游产业技术的相应变动,最终实现产业结构升级.

4.3 稳健性检验

参照现有实证研究的做法,本文采取增减变量法对该模型的稳健性进行检验. 考虑到产业结构升

级的影响因素对稳健性的影响,本文将模型中控制变量地区基础设施水平( $b_{ase}$ )删除,并参照卓乘风等<sup>[16]</sup>的做法,加入了另一影响产业结构升级指标即城镇化水平( $u_{rban}$ ,用城镇人口占区域总人口比例来衡量),对模型重新进行估计,具体结果如表 5 所示.

表 5 稳健性检验

变量	基准回归	集聚效应		吸收效应	
	(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)
	$s_{structure}$	$W$	$s_{structure}$	$W$	$s_{structure}$
被解释变量滞后一期	0. 634 3 *** (0. 000)	0. 811 0 *** (0. 000)	0. 594 7 *** (0. 000)	0. 743 6 *** (0. 000)	0. 623 3 *** (0. 000)
$k_{ci}$	0. 159 5 *** (0. 000)	0. 704 9 *** (0. 000)	0. 139 1 *** (0. 000)	0. 133 2 *** (0. 000)	0. 143 4 *** (0. 000)
$f_{di}$	-0. 026 5 *** (0. 000)	-0. 032 4 *** (0. 000)	-0. 033 5 *** (0. 000)	0. 022 9 *** (0. 062)	-0. 023 9 *** (0. 007)
$l_{abor}$	-0. 116 0 *** (0. 000)	-0. 051 0 ** (0. 013)	-0. 093 1 *** (0. 000)	-0. 234 5 *** (0. 000)	-0. 047 4 * (0. 078)
$f_{in}$	0. 032 5 *** (0. 000)	0. 004 7 *** (0. 001)	0. 034 8 *** (0. 000)	-0. 011 1 *** (0. 000)	0. 036 4 *** (0. 000)
$u_{rban}$	-0. 018 8 *** (0. 000)	-0. 013 8 (0. 000)	-0. 015 3 *** (0. 003)	0. 007 1 *** (0. 071)	-0. 018 7 *** (0. 001)
$W$			0. 162 2 *** (0. 000)		0. 055 6 *** (0. 000)
常量	0. 762 3 *** (0. 000)	0. 042 6 *** (0. 000)	0. 829 9 *** (0. 000)	0. 024 4 *** (0. 000)	0. 765 1 *** (0. 000)
$N$	270	270	270	270	270
中介效应			显著		显著

将表 5 中的稳健性检验结果和前面 2 个中介模型估计值对比可以发现,知识复杂度等解释变量的系数显著性以及影响方向与已有估计结果整体一致,这说明模型结果是基本稳健的.

5 结论与建议

知识对于区域创新能力提升和产业结构升级的影响日益重要,区域间知识核心的异质性对产业结构的发展会产生不同的影响. 本文借鉴 P. A. Baland 等<sup>[3]</sup>的做法,测算了 2007—2016 年中国 30 个省、直辖市、自治区的知识复杂度,通过集聚效应和吸收效应等路径从理论和实证角度探讨了知识复杂度对产业结构升级的影响机制. 研究结果表明:(i)各地区知识复杂度在空间上呈现东、中、西部依次递减格局,在时间上整体呈递增趋势且具有累积效应;(ii)知识复杂度对产业结构升级存在明显的正向促进作用,区域拥有的核心知识越复杂,产业结构发展水平越高;(iii)知识复杂度对产业结构升级的中介

效应显著,即区域知识复杂程度的提升可以借助集聚效应和吸收效应等方式间接地促进产业结构升级,且集聚效应的作用更为明显.

上述结论具有重要实践启示:(i)实施创新发展战略,积极培育复杂知识. 产业结构升级离不开区域技术创新,在此背景下,不仅要支持潜在前沿领域的发展,而且还应鼓励开发比已有产业知识更复杂的技术. 从长远来看,通过增加研究和教育经费,加大特定科学技术领域战略投资,可以逐步提高区域知识的复杂程度,有助于激发创新活力,提升创新能力,形成新的路径创造;(ii)发挥复杂知识优势,推动创新要素集聚与技术成果吸收转化. 产业结构升级既要求技术水平的持续提高,又需要创新要素的不断集聚和技术成果吸收转化效率的提高. 地方政府应立足创新发展战略,大力提高人才、资本与新兴技术的引进力度,培育区域技术核心,强化复杂知识的集聚效应;破除制约高技术成果转化的体制障碍,激励高技术企业对前沿技术知识的消化、吸收、应用与再创新,深化技术成果的吸收效应.



6 参考文献

[1] Isaksen A, Trippel M. Exogenously led and policy-supported new path development in peripheral regions: analytical and synthetic routes [J]. *Economic Geography*, 2017, 93(5):436-457.

[2] Hidalgo C A, Hausmann R. The building blocks of economic complexity [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106(26):10570-10575.

[3] Balland P A, Rigby D. The geography of complex knowledge [J]. *Economic Geography*, 2017, 93(1):1-23.

[4] 马双. 城市知识复杂性空间分异与演化分析:以长江经济带为例 [J]. *科技进步与对策*, 2018, 35(19):140-146.

[5] Ejermo O. Regional innovation measured by patent data: does quality matter? [J]. *Industry and Innovation*, 2009, 16(2):141-165.

[6] Quatraro F. Knowledge coherence, variety and economic growth: manufacturing evidence from Italian regions [J]. *Research Policy*, 2010, 39(10):1289-1302.

[7] 张翼鸥, 谷人旭. 中国城市知识复杂性的空间特征及影响研究 [J]. *地理学报*, 2018, 73(8):1421-1432.

[8] 徐宜青, 曾刚, 王秋玉. 长三角城市群协同创新网络格局发展演变及优化策略 [J]. *经济地理*, 2018, 38(11):133-140.

[9] Aghion P, Howitt P. A model of growth through creative destruction [J]. *Econometrica*, 1992, 60(2):323-351.

[10] 李平, 张玉. 国际智力回流对中国产业结构升级影响的实证研究 [J]. *科学学与科学技术管理*, 2012, 33(12):160-166.

[11] 齐亚伟. 区域创新能力与创新效率的协调性分析 [J]. *江西师范大学学报:自然科学版*, 2015, 39(1):34-39.

[12] 王立新, 曹梅英. 技术创新与产业升级的互动机制 [J]. *系统工程*, 2018, 36(6):37-46.

[13] 丁焕峰, 邱梦圆. 技术创新的结构布局、专业化优势与经济增长:基于动态面板模型的实证分析 [J]. *江西财经大学学报*, 2018(3):11-22.

[14] 蔡海亚, 徐盈之. 贸易开放是否影响了中国产业结构升级? [J]. *数量经济技术经济研究*, 2017, 34(10):3-22.

[15] 高素英, 钦彦祥, 张烨. 创新投入影响产业结构优化升级路径分析:基于本地效应与多元空间溢出效应 [J]. *科技进步与对策*, 2017, 34(19):60-67.

[16] 卓乘风, 邓峰. 创新要素区际流动与产业结构升级 [J]. *经济问题探索*, 2018, 39(5):70-79.

[17] 白俊红, 蒋伏心. 协同创新、空间关联与区域创新绩效 [J]. *经济研究*, 2015, 50(7):174-187.

[18] 陈昭, 颜秋霞. 内源性技术创新和外源性技术获取对高技术产业技术进步的影响机理:基于中国省级动态面板数据系统 GMM 方法的实证分析 [J]. *财经理论研究*, 2018(3):15-25.

[19] 周璇, 陶长琪. 知识溢出下区域生态技术创新效率的测算及影响因素研究 [J]. *江西师范大学学报:自然科学版*, 2019, 43(3):268-276.

[20] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析:方法和模型发展 [J]. *心理科学进展*, 2014, 22(5):731-745.

[21] 徐敏, 姜勇. 中国产业结构升级能缩小城乡消费差距吗? [J]. *数量经济技术经济研究*, 2015, 32(3):3-21.

[22] 孙早, 许薛璐. 产业创新与消费升级:基于供给侧结构性改革视角的经验研究 [J]. *中国工业经济*, 2018, 364(7):98-116.

The Study on the Mechanism of Knowledge Complexity on Industrial Structure Upgrading

TAO Changqi, GUO Yanting

(School of Statistics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi 330013, China)

**Abstract:** Complex knowledge with high value and difficult to be copied as a key factor in technological progress has increasingly become the core driving force for industrial structure upgrading. Based on P. A. Balland's approach, using the industry patent data, the regional knowledge complexity of China from 2007 to 2016 is measured. On this basis, the internal mechanism of knowledge complexity for industrial structure upgrading is analyzed from the dual path of agglomeration effect and absorption effect. The study's results show that the knowledge complexity of each region appears from the spatially decreasing pattern in the east, middle and west, increasing in time and having cumulative effects. The more complex is the core knowledge of the region, the higher is the level of industrial structure development. The improvement of complexity degree can indirectly promote the upgrading of industrial structure by means of agglomeration effect and absorption effect, and the function of agglomeration effect is more obvious.

**Key words:** knowledge complexity; industrial structure upgrading; mediating effect

(责任编辑:曾剑锋)