

我国省际知识存量、知识生产与 知识空间溢出

邓 明 钱争鸣

(厦门大学经济学院)

【摘要】 考虑到知识存量在知识生产中的作用, 本文对传统的知识生产函数进行了修正, 并对我国省际知识存量进行了估算。在分析省际知识生产的空间自相关性的基础上, 本文利用空间面板数据模型对省际知识生产进行了实证研究, 分析了知识生产活动中投入要素的产出弹性、知识生产的规模报酬以及知识生产的空间溢出问题。

关键词 知识存量 知识生产 空间溢出 空间面板数据模型
中图分类号 F224.0 **文献标识码** A

China's Provincial Knowledge Stock, Knowledge Production and Knowledge Spatial Spillover

Abstract: Considering the effect of knowledge stock in the production of knowledge, this paper modifies the traditional knowledge production function, and estimates the provincial knowledge stock. On the base of the analysis of the spatial autocorrelation of provincial knowledge production, this paper uses spatial panel data model to do empirical analysis on provincial knowledge production, and analyzes the knowledge production elasticity of each input factors, discusses the problem about the returns of scale and the spatial spillover in knowledge production.

Key words: Knowledge Stock; Knowledge Production; Spatial Spillover; Spatial Panel Data Model

引 言

从广义角度看, 知识是人类在观察、感受客观世界的基础上思辨、推理的结果, 任何观察及观察基础上的思索都可以认为是知识的生产活动; 而从狭义角度看, 知识生产过程的实质就是知识创新, 也就是科学发现和技术发明, 知识生产活动构成了一个国家或区域保持创新性和竞争力以及经济持续增长的基础。最早将知识生产同经济发展联系起来的是熊彼特在1912年出版的《经济发展理论》一书。在该书中, 熊彼特首次提出了“创新”概念, 并论述了技术创新在经济发展中的重要作用, 但是熊彼特并没有专门讨论知识生产本身的性质以及知识的积累和传播; Nelson (1959) 则首次比较全面地论述了知识生产和消费的基本特

征, 比如知识生产过程中的资源配置如何以及是否达到最优; Romer (1990) 提出的内生经济增长理论是宏观经济学领域中的一个重要里程碑, 该理论将技术进步看作是范围范围的经济增长的核心因素, 并把技术创新当作一个内生变量来处理, 而用来描述技术进步的知识生产是内生经济增长理论的核心模块。由此可见, 知识生产在经济发展中扮演着重要的角色, 但这些研究中, 知识生产活动本身并没有得到充分研究。Diamond (1996) 则认为应该建立科学经济学, 从经济学角度对知识活动的参与因素进行研究, 比如知识生产中劳动的供需关系、投入产出关系和知识生产中的报酬系统和激励机制。Dasgupta 和 David (1994) 提出要在原有的关于知识生产与消费、科技创新的作用、企业研发行为研究等研究领域的基础上, 对科学和技术进行研究。本文研究基于知识生产的过程本身, 同时研究对象为狭义的知识生产过程。

作为社会生产的重要方面, 知识生产既与物质生产紧密联系, 但又具有不同于物质生产的特点与规律。在物质生产方面, 有逻辑严密的成本函数、产出函数对其生产过程及投入产出进行量化分析; 而知识生产的生产函数、生产的投入与产出都难以确定。为了解决这个问题, Griliches (1979) 在度量研发和知识溢出对生产率增长的影响时, 首次提出了知识生产函数的概念, 从而为知识生产的量化研究以及创新活动的经验分析提供了一个有效的分析工具。在其生产函数的基础上, 研究者发展了许多其他的知识生产函数并进行了大量的应用研究, 但这些研究中的一个突出问题是在知识生产的投入中, 没有考虑现有知识存量的作用, 因此本文利用我国省际面板数据, 以知识存量、科技活动经费投入以及科技活动人员投入为知识生产的投入要素建立知识生产函数, 对我国省际知识生产过程的性质以及影响知识生产效率的因素进行了实证分析; 同时, 考虑到知识生产的空间自相关性, 本文建立了空间面板数据模型, 分析知识在省际间的空间溢出。

一、知识生产函数及其投入与产出

1. 知识生产的投入与产出

要分析知识生产过程的性质, 必须首先有效地测度知识生产过程中的投入和产出, 因而要对知识生产的投入和产出的衡量指标做出界定, 而这实际上是关于知识生产的研究中争议最大的地方。一般来说, 知识的生产需要主观要素的投入, 这个主观要素就是研发人员的智力投入, 此外, 知识生产还需要客观要素的投入也就是研究资源的投入。因而, 在知识投入方面, 研究者一般用 R&D 活动的资本投入或者 R&D 活动的科研人员投入来衡量。而知识生产的产出形式很多, 即使是狭义的知识生产过程, 知识生产的产出形式也包括降低生产成本的工艺创新、产品设计和质量的改善、新方法和新产品的创新等, 但由于数据获取上的困难, 研究者一般以授权的专利数、能检索到的科研论文或者新产品销售收入来代表知识生产的产出。

2 知识生产函数的理论发展^①

知识生产过程的性质即知识的投入产出关系, 可以通过知识生产函数体现出来。Griliches (1979) 在分析高等院校科研活动和知识溢出对区域生产率增长的影响中最早提出了知识生产函数, 其基本假设是创新过程的产出是研发活动所投入的资本或人员投入的函数, 如果用柯布-道格拉斯函数形式来描述其生产过程, 则知识生产函数可表述为:

^① 对知识生产函数的综述性文献可参见李强、韩伯棠、李晓轩 (2006) 以及任志安、王立平 (2006)。

$$R\&D_{output} = \alpha (R\&D_{input})^\beta \tag{1}$$

Jaffe (1989) 在 Griliches 的基础上对知识生产函数进行了改进, 其在对区域知识溢出属性分析和检验知识溢出对区域创新影响的经验研究中提出了知识生产函数, Jaffe 认为新的经济知识 (new economic knowledge) 是知识生产中的重要产出, 企业追求新经济知识并将其投入到物质产品的生产过程中; 同时, 知识生产的投入应包括研发经费投入和研发人员投入。因此, 其所扩展的两个投入要素的柯布-道格拉斯形式的知识生产函数为:

$$\log (P_{ikt}) = \beta_{1k} \log (I_{ikt}) + \beta_{2k} \log (U_{ikt}) + \beta_{3k} [\log (U_{ikt}) \cdot \log (C_{ikt})] + \varepsilon_{kt} \tag{2}$$

Romer (1990) 在其关于内生经济增长模型的文献中分析了知识生产函数的构建以及现有知识存量对创新知识的流动性的影响。Romer 的内生经济增长模型包括两个部门和四个变量, 两个部门分别为工业部门和研发部门, 各自的产出分别为工业品和新知识, 四个变量分别为工业品产出 (Y)、资本 (K)、劳动力 (L) 和知识 (A), L_Y 和 L_A 分别为投入在工业品部门和研发部门的劳动投入, K_Y 和 K_A 分别为投入在工业品部门和研发部门的资本投入, 要素投入在两个部门中的比例都设定为外生的。因而整个经济活动的模型可表述为:

$$\begin{aligned} Y &= K_Y^\alpha (A L_Y)^{1-\alpha} \\ \dot{A} &= B K_A^\beta L_A^\gamma A^\theta \end{aligned} \tag{3}$$

其中, $B > 0$ 为转移参数, $0 < \alpha < 1$, $\beta \geq 0$, $\gamma \geq 0$ 。从 Romer 的模型中可以直观地看出, 创新知识对现有知识存量的依赖在于未来的研究者获得了现有知识存量在时间上的溢出, 即过去所形成的知识为当前的研发提供了便利。

Greunz (2003) 将区域的地理媒介与技术媒介溢出相结合提出了混合知识生产函数模型, 其模型为:

$$"home" R\&D_{output} = f ("home" R\&D_{input}, R\&D_{input} \text{ of technological neighbors})$$

其中, 技术邻近 (technological neighbors) 由 Jaffe 所提出的技术相邻指数来度量。Fritsch (2004) 提出的精练知识生产函数, 将区域内与区域间的溢出效应完全分离, 并且考虑了知识生产的时滞:

$$K_{i,t} = f (U_{i,t-q}, S_{i,t-q}^U, R_{i,t-q}, S_{i,t-q}^R, Z_{i,t}) \quad i = 1, 2, \dots, N \tag{4}$$

其中, i 和 t 分别表示区域和时间, q 表示研究投入与产出的滞后期, Z 表示影响知识产出的机构管理等环境因素, U 和 R 分别表示高等院校的科研投入和企业 R&D 投入, 并且:

$$U'_{t-q} = (U_{1,t-q}, \dots, U_{N,t-q}) \quad R'_{t-q} = (R_{1,t-q}, \dots, R_{N,t-q}) \tag{5}$$

$$D_{ij} = (d_{i1}^{-\gamma}, \dots, d_{i,i-1}^{-\gamma}, 0, d_{i,i+1}^{-\gamma}, \dots, d_{iN}^{-\gamma}) \tag{6}$$

其中 D_{ij} 表示溢出区域的平均地理距离, $\gamma > 0$ 是距离衰减参数, 可以得到如下关系:

$$S_{i,t-q}^U = D_i \cdot U_{t-q} \quad S_{i,t-q}^R = D_i \cdot R_{t-q} \tag{7}$$

在具体的知识函数的形式上, Fitcher 采用了柯布-道格拉斯形式的生产函数, 于是式 (4) 可具体表述为如下形式的知识生产函数:

$$\log K_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \log U_{i,t-q} + \alpha_2 \log S_{i,t-q}^U + \alpha_3 \log R_{i,t-q} + \alpha_4 \log S_{i,t-q}^R + \alpha_5 \log Z_{i,t} + \varepsilon_i \quad (8)$$

纵观这些研究者所提出的生产函数,存在如下几个问题:首先,当期的知识生产投入和知识生产的产出直接对应,而实际上知识生产存在时间滞后期,也就是说从研究开发到获得新的技术知识需要经过一定的时间,从投入知识生产的要素到获取知识的时间滞后即称为知识生产的周期,此前的研究很少在知识生产函数中考虑到知识生产的周期;其次,知识生产的投入没有将 R&D 活动中的资本投入和人员投入两个要素都包括进去,同时没有考虑到现有的知识存量对新知识产出的影响。Romer (1990) 认为现有知识存量对研发活动有重要影响,一方面,过去的发现可能提供思想和工具,从而使得将来的新发现更为容易;另一方面,最先得到的发现可能是最容易的,因此知识存量越大,得到新发现越难。实际上, Romer 的内生经济增长模型中的知识积累方程考虑到了用于知识生产的资本投入、人员投入和知识存量的影响,但 Romer 没单独对知识生产过程进行研究,只是分析了知识积累对经济增长的影响。因此,本文的知识生产函数将沿着 Romer 的知识积累模式来分析知识生产本身的性质。

二、基于省际知识生产函数的空间面板数据模型的构造

1. 省际知识生产函数的构造

基于 Romer (1990) 关于知识积累的思想,本文建立如下的柯布-道格拉斯形式的省际知识生产函数:

$$P_{i,t+\theta} = e^{\alpha_0} K_{i,t}^{\alpha_1} L_{i,t}^{\alpha_2} A_{i,t}^{\alpha_3} e^{\varepsilon_{i,t}} \quad (9)$$

其中, $i = 1, \dots, I$ 表示省份, $t = 1, \dots, T$ 表示年份。知识生产的产出用各省份所授权的专利来表示^①, 考虑到知识生产的周期,把第 t 年的知识生产的产出(即所授予的专利)看做是第 $t - \theta$ 年的 R&D 活动产出。根据我国专利法的规定,从专利申请到授予专利的平均时间大约为两年,因此在此取 $\theta = 2$ 。而在知识生产的投入方面, K 表示资本投入,用各省份的 R&D 经费来表示; L 表示所投入的科研人员,用各省份的科技活动人员来表示; A_t 是第 t 年的知识存量,但目前没有知识存量的统计数据,因此需要对知识存量进行估算。对式 (9) 两边取对数可以得到如下线性形式的知识生产函数:

$$\ln P_{i,t+2} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln K_{i,t} + \alpha_2 \ln L_{i,t} + \alpha_3 \ln A_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (10)$$

2. 空间面板数据模型的建立

根据空间计量经济学理论 (Anselin, 1988), 一个地区空间单元上的某种经济地理现象或某一属性值与邻近地区空间单元上同一现象或属性值是相关的,这种空间相关性的存在打破了大多数经典计量分析中的一些基本假设。空间计量经济方法是在继承和发展完善经典计量方法的基础上,将经典计量方法应用于与地理位置及空间交互作用相关的地理空间数据,通过地理位置与空间联系建立计量关系,以计量方法识别和度量空间变动的规律与空间模式的决定因素。空间计量方法的主要分析工具有空间自相关性的判断、空间回归等。

^① 利用授权的专利数来表示知识仅仅是一种技术处理,科技论文发表数量以及产品销售中新产品的比重均体现了知识生产,但通常取其中的一个来代表知识,本文的实证分析均取授权的专利数作为知识的代表。

式 (10) 中存在的一个问题是没有考虑到知识产出的空间自相关性。知识的空间溢出是客观存在的, Greunz (2003) 的知识生产函数就考虑到了知识的地理媒介溢出, 而 Anselin (2000) 则建立了空间计量模型来分析高等院校的科研产出的地理溢出, 吴玉鸣 (2006) 通过空间计量模型分析了我国省域研发与创新活动, 并基于 2002 年的统计数据发现我国省域研发与创新活动的产出存在显著的空间自相关性。因此, 沿着这一思路, 本文利用空间计量方法, 建立空间面板数据模型来分析知识生产函数。

(1) 空间自相关性的判断。检验区域变量是否存在空间自相关性的方法有: Moran's I 指数检验、极大似然 LM-Error 检验以及极大似然 LM-Lag 检验等一系列检验方法 (Anselin, 1988)。其中, 最常用的是 Moran (1950) 所提出的 Moran's I 检验, Moran's I 的表达式为:

$$Moran's I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (Y_i - \bar{Y}) (Y_j - \bar{Y})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (11)$$

其中, $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$, $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$, Y_i 代表第 i 个地区的观测值, W_{ij} 为二进制的邻接空间权重矩阵。Moran's I 指数在 $(-1, 1)$ 之间, 大于 0 表示各地区间为空间正相关, 数值较大, 正相关的程度越强; 小于 0 表明空间负相关; 等于 0 表示各地区之间无关联。Moran 进一步指出 Moran's I 值近似服从均值为 $E(I)$ 和方差为 $V(I)$ 的正态分布, 根据空间数据的分布特征可以得到:

$$E(I) = -\frac{1}{n-1} \quad V(I) = \frac{n^2 w_1 + n w_2 + 3 w_0^2}{w_0^2 (n^2 - 1)} - E^2(I) \quad (12)$$

其中, $w_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$, $w_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (w_{ij} + w_{ji})^2$, $w_2 = \sum_{i=1}^n (w_{i \cdot} + w_{\cdot j})$ 。 $w_{i \cdot}$ 和 $w_{\cdot j}$ 分别表示空间权重矩阵第 i 行之和与第 j 列之和。因而, 近似服从标准正态分布的 Moran's I 形式为:

$$z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{V(I)}} \sim N(0, 1) \quad (13)$$

在此基础上, 利用样本数据得到 z 值后即可判断空间自相关性的显著性。

(2) 空间面板数据模型。Anselin (1988) 指出有两种方法研究空间自相关, 即在普通的回归模型中引入内生变量或者引入剩余项。引入加权的内生变量的模型即空间滞后模型 (SAR):

$$Y = \rho WY + \beta X + \varepsilon \quad (14)$$

引入剩余项的是空间误差模型 (SEM), 该模型假定地区间的相互关系通过外生冲击发生作用, 模型形式如下:

$$Y = \beta X + \varepsilon \quad \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \mu \quad (15)$$

其中, Y 代表因变量, X 代表自变量, β 为变量系数, ρ , λ 分别为空间滞后回归系数和空间误差回归系数。因为 λ 不仅包括了未观察到的空间异质性因素, 还包含了遗漏掉的空间

滞后自变量 ρ 的影响, 所以, 一般情况下, λ 的数值要大于 ρ 。 ε 和 μ 为随机误差项。 W 为 $N \times N$ 的空间权重矩阵 (N 为地区数), 在空间权重的选择^①上, 有两种方式: 一种是地理空间权重, 一种是经济空间权重。地理空间权重矩阵的构造如下所示:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{当区域 } i \text{ 和 } j \text{ 相邻} \\ 0 & i = j \text{ 或不相邻} \end{cases} \quad (16)$$

经济空间权重矩阵的构造如下所示:

$$w_{ij} = \frac{1/|Y_i - Y_j|}{S_i} \quad (17)$$

其中, $S_i = \sum_j |Y_i - Y_j|$, Y_i 为区域经济变量在第 i 个地区的取值。因此, 在实际研究中每年的地理间权重矩阵和经济空间权重矩阵都是相同的。

根据本文的研究目的, 建立如下的基于省际知识生产函数的空间面板数据模型。

知识生产函数的空间滞后模型 (SAR):

$$\ln P_{i,t+2} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln K_{i,t} + \alpha_2 \ln L_{i,t} + \alpha_3 \ln A_{i,t} + \rho W \ln P_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \\ \varepsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma^2 I) \quad (18)$$

知识生产函数的空间误差模型 (SEM):

$$\ln P_{i,t+2} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln K_{i,t} + \alpha_2 \ln L_{i,t} + \alpha_3 \ln A_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \\ \varepsilon_{i,t} = \lambda W \varepsilon_{i,t} + \mu_{i,t} \\ \mu_{i,t} \sim N(0, \sigma^2 I)$$

其中, $\varepsilon_{i,t}$ 、 $\mu_{i,t}$ 为随机误差项。若 α_0 为固定常数, 则以上两个模型是固定效应模型; 若 α_0 是随机变量, 且与其他自变量不相关, 则是随机效应模型。由于本文是对中国内地所有省份进行分析, 所考察的截面单位是总体的所有单位, 因此采用固定效应模型更加合适。

(3) 空间面板数据模型的估计方法。由于空间效应的存在, 用 OLS 方法来估计空间误差模型虽然是无偏的, 但不具有有效性; 而用 OLS 方法来估计空间滞后模型不仅是有偏的, 而且是不一致的, 因此, 普通最小二乘法不能用于空间计量模型的估计, 而极大似然估计法能够克服以上问题, 所以本文对模型 (18)、(19) 利用极大似然估计法进行估计。

根据 Elhorst (2003), 模型 (18) 的对数极大似然函数为:

$$\ln L = -\frac{NT}{2} \ln(2\pi\sigma^2) + T \sum_{i=1}^N \ln(1 - \rho w_i) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^T \varepsilon_i \varepsilon_i' \quad (20)$$

其中:

$$\varepsilon = (1 - \rho W) [(P_{t+2} - \bar{P}) - \alpha (X_t - \bar{X})] \quad (21)$$

$$P_{t+2} = [P_{1,t+2}, P_{2,t+2}, \dots, P_{N,t+2}]' \quad (22)$$

$$P = [P_3, P_4, \dots, P_{T+2}]' \quad (23)$$

^① 关于空间权重的进一步分析, 可参见 Anselin (1988)、Cliff 和 Ord (1981)、Upton 和 Fingleton (1985)。
©1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

$$X_t = \begin{bmatrix} K_{1t} & L_{1t} & A_{1t} \\ K_{2t} & L_{2t} & A_{2t} \\ \dots & \dots & \dots \\ K_{ht} & L_{ht} & A_{ht} \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_T]' \quad (25)$$

$$\alpha = [\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3]' \quad (26)$$

根据 Elhorst (2003), 模型 (19) 的对数极大似然函数为:

$$\ln L = -\frac{NT}{2} \ln(2\pi\sigma^2) + T \sum_{i=1}^N \ln(1 - \lambda w_i) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^T \varepsilon_i' \varepsilon_i \quad (27)$$

其中, $\varepsilon = (1 - \lambda W) [(P_{t+2} - \bar{P}) - \alpha (X_t - \bar{X})]$; X 、 X_t 、 P 、 P_{t+2} 的定义与上面一样; w_i 为空间矩阵 W 的特征值; ε 为随机误差。

三、省际知识存量的估计

前文分析了基于知识生产函数的空间面板数据模型的构造以及估计方法, 但模型 (18)、(19) 还存在的另一个问题是知识存量 A 的估计, 由于没有现成的统计数据, 因此需要对我国省际知识存量进行估计。

由于知识生产过程可分为广义的知识生产过程和狭义的知识生产过程, 因此知识存量也有广义和狭义的定义。从广义来看, 知识存量是指某阶段内一个组织或经济系统对知识资源的占有总量, 是依附于组织或系统内部人员、设备和组织结构中的所有知识的总和, 是人们在生产和生活实践中知识的积累, 是“学习”的结果, 它反映了组织系统生产知识的能力和潜力, 体现了组织系统的竞争能力 (李顺才、邹珊刚、苏子仪, 2003); 狭义的知识生产过程指的是科学发现和技术发明, 因此狭义的知识存量指的是企业或区域在以往研究开发所产生的知识积累, 也称为技术知识存量或 R & D 知识存量。本文所估计的知识存量是狭义的知识存量, 并且以授权专利作为知识的代表性指标进行实证分析。

研究者对知识存量进行了大量研究 (李顺才、邹珊刚、苏子仪, 2003; 李长玲, 2004; 杜静, 2004; 蔡虹、许晓雯, 2005; 蔡虹、张永林, 2008; 杨鹏, 2007), 但这些研究很少对我国省际知识存量进行估算, 因此下面对我国各省份的狭义知识存量即科技知识存量进行估算。根据 Griliches (1980、1998) 的观点, 由于知识的推陈出新, 使得知识像其他生产要素一样有一个折旧率 τ , 因此第 t 年的知识存量 A_t 的估算公式可表示为:

$$A_t = (1 - \tau) A_{t-1} + P_{t-1} = \dots = (1 - \tau)^t A_1 + \sum_{i=1}^{t-1} (1 - \tau)^{t-i} P_{t-i} \quad (28)$$

其中, A_1 为第一年 (基年) 的知识存量。根据 Goto 和 Suzuki (1989) 的思想, 可对 A_1 作如下设定:

$$A_1 = P_1 / (g + \tau) \quad (29)$$

其中, g 为 P_t 的各年份的年增长率的算术平均, 可以根据统计数据计算得到, 而知识折旧率 τ 的取值, 根据我国技术的平均使用年限为 14 年, 取倒数得到 τ 的取值为 0.0714。由此, 根据式 (28)、式 (29) 以及各省份的统计数据, 即可得到我国各个省份的知识存量

的估计。本文使用 1987~2008 年的《中国统计年鉴》以及《中国科技统计年鉴》的统计数据,得到了 1986~2007 年我国各省份的知识存量的估计^①。选取其中几个代表性省份的知识存量估计值绘制成折线图(见图 1)。从图 1 中可以看出,东部省份不但在知识存量上远远高于中西部地区,而且其知识存量的增长速度也远远高于中西部地区,由此也可以看出我国区域科技知识的生产存在非常严重的不平衡性,与区域物质生产过程的“收敛性”不同,区域知识生产过程显示出“发散”的特征。

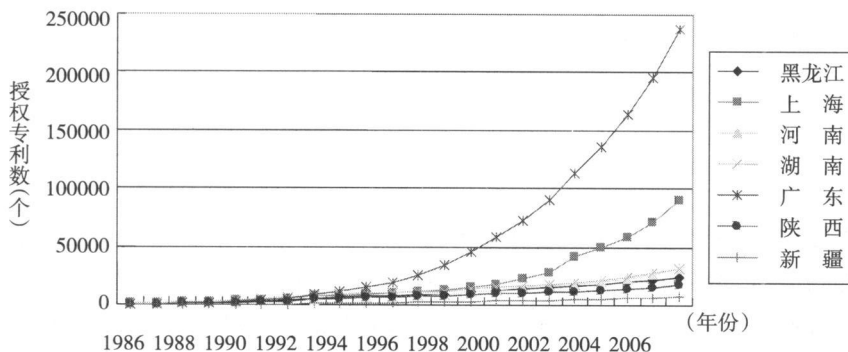


图 1 我国代表性省份知识存量(以授权专利为代表)曲线图(1986~2007年)

四、知识生产函数的空间面板模型的实证分析

1. 模型的变量说明与数据来源

在对式(18)、式(19)进行实证分析时,变量 $K_{i,t}$ 为各省的年度科技经费支出(单位为万元); $L_{i,t}$ 为各省各年度的科技活动人员个数,是指在报告期内从事科技活动的时间占全年工作时间 10% 及以上的人员,包括参与科技项目的管理人员、研发人员及其他人员; $P_{i,t}$ 为各省所授权的专利的年度数据,由《中国统计年鉴》得到; $K_{i,t}$ 和 $L_{i,t}$ 的数据由《中国科技统计年鉴》得到; $A_{i,t}$ 为各省的科技知识存量,数据由本文的估计得到。在对知识生产函数的估计中,本文所取的时间跨度为 2000~2007 年。

2. 知识生产的空间自相关性的分析

根据 1986~2007 年我国各省份知识生产的数据(授权专利数),利用式(17)可计算得到其 Moran's I 指数(见表 1)。由表 1 可以看出,我国省际知识产出(授权专利数)在大多数年份在空间分布上具有显著的正自相关关系(临界值为 1.96),说明我国省际知识生产的空间分布并非表现出完全随机状态,而是表现出一种空间集群(Clustering)形态。也就是说,具有较高知识产出的省份相对趋于和较高知识产出的省域相邻,而较低知识产出的省份相对趋于和较低知识产出的省份相邻,这个研究结果与吴玉鸣(2006)的结论是基本一致的。同时,由表 1 可以看出,我国省际知识生产的自相关性有增强的趋势,说明区域间知识生产的相互渗透作用在增加,区域间科技合作在不断增强。

鉴于省际知识生产显著的空间自相关性,在估计省际知识生产函数时必须将这种空间自相关性考虑进去,通过模型(18)、(19)的空间面板数据模型可以做到这一点。下面对这两

^① 由于篇幅限制,具体估计结果略。

个模型进行估计。

表 1 1986~ 2007 年中国省际知识生产的 Moran's I 指数 (标准化后)

年份	Moran's I	年份	Moran's I	年份	Moran's I
1986	0.073	1994	0.243	2002	0.358
1987	0.105	1995	0.221	2003	0.326
1988	0.113	1996	0.193	2004	0.371
1989	0.128	1997	0.201	2005	0.379
1990	0.114	1998	0.205	2006	0.398
1991	0.205	1999	0.279	2007	0.363
1992	0.227	2000	0.207		
1993	0.319	2001	0.232		

3 知识生产函数的空间面板数据模型的实证分析

在估计过程中, 本文选择的权重为地理空间权重, 由于海南省是一个岛, 在地理上没有与之相邻的省份, 但考虑到海南与广东、广西仅相隔一个海峡, 而且与两省之间有非常频繁的经济活动, 因此本文将海南省的地理空间处理为与广东、广西相邻, 同时为了保持数据的一致性, 将四川和重庆作为一个区域单位处理。根据本文所选择的样本尺度可知道, $N = 30, T = 8$ ^①。根据 MATLAB 软件所估计得到的结果如表 2 所示^②, 为了与空间面板数据模型比较, 本文还计算了普通的固定效应的面板数据模型的估计结果。

表 2 固定效应的空间 Panel Data 模型估计结果

模型参数	固定效应 面板数据 模型	SAR 模型			SEM 模型		
		地区固定	时间固定	地区、时间固定	地区固定	时间固定	地区、时间固定
α_1	0.318** (4.747)	0.301*** (4.742)	0.331*** (3.929)	0.289*** (8.693)	0.235*** (3.336)	0.276** (6.350)	0.321** (8.810)
α_2	0.134* (1.718)	0.103 (0.741)	0.098 (0.813)	0.117 (1.042)	0.061 (0.809)	0.501 (1.132)	0.454 (0.965)
α_3	0.766** (4.237)	0.646*** (4.719)	0.657** (4.512)	0.728** (5.693)	0.653*** (4.838)	0.589** (2.867)	-11.127** (4.469)
ρ		0.247*** (3.791)	0.319*** (4.395)	0.269*** (4.528)			
λ					0.619*** (8.470)	0.538** (7.657)	0.479** (5.381)
R^2	0.817	0.764	0.719	0.652	0.744	0.705	0.737
LOG-L	121.304	134.332	98.075	84.315	128.362	98.743	105.296

注: *、**、*** 分别代表在 10%、5%、1% 显著性水平下显著, 括号里为 T 统计量。

① 考虑到因变量的滞后, 在模型估计中, 真正使用的数据只有 6 期。

② MATLAB 程序来自于 LeSage 的网站, 参见 <http://www.spatial-econometrics.com>。

4 知识生产效率的影响因素分析

从估计结果看,虽然一般的固定效应面板数据模型拟合得到的 R^2 最大,但地区固定的 SAR 模型和 SEM 模型的对数似然值最高,同时,所有 6 个空间面板数据模型的拟合度都在 60% 以上,说明空间面板数据模型较好地拟合了省际知识生产活动。空间 SAR 模型的 ρ 和 SEM 模型的 λ 都是显著地大于 0,说明省际间的知识生产存在显著的的正的空间自相关,也就是说知识生产在省际间存在溢出效应,一个区域的高知识生产能力对邻近区域的知识生产能产生正的溢出。

根据表 2 的估计结果,在 6 个空间面板数据模型中,地区固定的 SAR 模型的对数似然值最高,因此选取该模型对影响知识生产效率的因素进行分析。

由地区固定的 SAR 模型可知,科技活动经费投入对知识生产能产生正的影响,而且这种影响在 1% 的显著性水平下仍然是显著的;科技人员的投入对知识生产也能产生正的影响,但科技人员投入的知识产出弹性要远远小于科技活动经费投入的知识产出弹性,而且科技人员投入对产出的影响在 10% 的显著性水平下仍然是不显著的。这说明我国科技人员投入的增加并不能显著提高专利的产出水平,科技活动人员的生产效率还有待提高,正如郎咸平所指出的那样:“中国的研发人员层次很高,研发效率较低,科研产品较少;中国高新技术企业每万人的专利产出数量居于世界末位。”^① 因此,一方面,我国应该特别注重加大科技活动经费投入,2006 年我国全社会研究与试验发展 (R&D) 经费总支出达到 3003 亿元,占当年国内生产总值的比重为 1.42%,而一般而言,研发经费支出占国内生产总值的比例为 1.5% 是各国研发投入的转折点,因此还需要进一步增加科技经费投入;另一方面,虽然我国科技活动人员的数量居世界前列,但其对科技知识的产出影响并不显著,这是因为我国科技活动人员的激励机制欠缺灵活,减弱了科技活动人员的知识生产的积极性,同时,由于科技投入经费比较低且科技投入经费的不合理配置,使得人均科技经费非常低,降低了科技活动人员的产出效率。

此外,从科技经费投入和科技活动人员的产出弹性来看,本文所估计得到的产出弹性低于朱有为和徐康宁 (2006)、吴延兵 (2006)、Zhang 等 (2003) 的研究所得到的产出弹性,这说明影响知识生产效率的不仅有传统的资本和人力这两个投入要素,知识生产的正的溢出效应也能对区域知识生产有一定推动作用,如果不考虑这种空间溢出效应,则会高估科技活动人员和科技活动经费的产出弹性。从知识存量的作用看,知识存量对知识生产过程有正的显著影响,这说明过去的知识生产可能提供了某种思想和工具,从而使得将来的新的知识生产更为容易。

根据表 2 的估计结果,由于 $\alpha_1 + \alpha < 1$, 因此空间面板数据模型的实证研究得到的另一个重要结论是知识生产的规模报酬递减,这与朱有为和徐康宁 (2006)、吴延兵 (2006)、Zhang 等 (2003) 的研究结果^② 是基本一致的。造成知识生产的规模报酬递减的因素可能是受到稀缺生产要素的限制,虽然我国的科技活动人员数量比较大,但自主研发的能力相对较弱,特别是研发活动中的一些关键技术仍然掌握在发达国家手中,因此知识生产中的一些核心技术或核心的高科技研发人才仍然相对匮乏,这使得知识生产的投入要素不能按比例增

① 参见郎咸平 2006 年在东莞所作的题为“思维误区之战:中国高科技产业突围策略”的演讲。

② 他们所研究的是中国的行业或企业数据,因而没有考虑知识生产的空间自相关性,但实证结果基本都支持知识生产是规模报酬递减的结论。

加,从而导致了知识生产的规模报酬递减。此外,导致知识生产规模报酬递减的另一个原因可能来自于知识生产的自身特点,知识生产过程的复杂程度远远高于普通物质的生产过程,“知识生产过程与其他生产过程相比一个最显著的特点是,其生产函数所描述的投入-产出关系只能是一种随机概率关系,即知识生产过程中的投入-产出关系是不确定的,谁也不能保证投入多少科学家,投入多少研究资源,就一定能产生多少知识创新,一定能转化为多少经济价值”(袁志刚,1996)。

五、结束语

本文利用我国省际面板数据,对知识生产、知识存量以及知识的空间溢出进行研究,并以授权的专利数作为知识的代表性指标进行了实证分析。

首先,传统的知识生产函数没有考虑到知识存量的影响,而根据 Romer (1990) 的内生经济增长模型,知识存量对知识积累过程能够产生影响,因而本文对知识生产函数进行了修正,把知识存量纳入到知识生产的影响因素中,构造了柯布-道格拉斯形式的知识生产函数。由于目前没有省际知识存量的数据,因此本文对知识存量进行了估算,估算结果显示我国知识存量的空间分布是极不均衡的,而且在增长速度上也是知识存量高的地区高于存量低的地区,这说明知识生产区域发散。然后本文对省际知识生产过程的空间自相关性进行了判断,发现我国省际知识生产在所考察的绝大部分年份存在空间自相关,而且这种空间自相关性有不断加强的趋势,说明我国省际间的科技交流活动日趋频繁。最后,本文利用空间面板数据模型对修正后的知识生产函数进行了实证分析,实证结果表明我国区域知识生产中投入要素的生产效率较低,特别是科技活动人员的产出弹性很低。分析结果还显示了知识生产活动中的正的空间溢出效应,如果不考虑这种空间溢出效应,则会在实证研究中高估知识生产中的资本和人力投入的产出弹性。同时,实证结果还表明,知识生产存在规模报酬递减的现象,这与大多数学者的研究结果保持一致。

当然,由于本文取授权的专利数作为知识的代表性指标,可能会存在片面性。本文所研究的是狭义的知识生产,一般以专利、科技论文和新产品的销售收入来衡量,如果综合考虑这三个指标,很难用一个合理的权重将它们合成一个指标。因此,出于数据获取完整性的考虑,本文选取授权专利数作为代表性指标进行实证分析。

参考文献

- [1] Anselin, L., 1988, *Spatial Econometrics: Methods and Models* [M], Dordrecht: Kluwer Academic
- [2] Anselin, L., 2000, *Geographical Spillovers and University Research: A Spatial Econometric Perspective* [J], *Growth and Change*, 31 (4), 501~ 515
- [3] Cliff, A. D., and J. K. Ord, 1981, *Spatial Processes: Models and Applications* [M], London: Pion
- [4] Dasgupta, P., David, P. A., 1994, *Towards a New Economics of Science* [J], *Research Policy*, 23 (5), 487~ 521
- [5] Diamond, A. M., Jr., 1996, *The Economics of Science* [J], *Knowledge and Policy*, 9, nos 2/3 (Summer/Fall), 6~ 49
- [6] Elhorst, J. P., 2003, *Specification and Estimation of Spatial Panel Data Models* [J], *Internationa-*

tional Regional Science Review, 26 (3), 244~ 268

[7] Fritsch, M , 2004, *Cooperation and the Efficiency of Regional R&D Activities* [J], Cambridge Journal of Economics, 28 (6), 829~ 846

[8] Goto A , and Suzuki K , 1989, *R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industry* [J], The Review of Economics and Statistics, 61 (4), 555~ 564

[9] Greunz, L , 2003, *Geographically and Technologically Mediated Knowledge Spillovers between European Regions* [J], The Annals of Regional Science, 37 (4), 657~ 680

[10] Griliches, Z , 1979, *Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth* [J], Bell Journal of Economics, 10 (1), 92~ 116

[11] Griliches, Z , 1980, *R&D and the Productivity Slowdown* [J], American Economic Review, 70 (1), 343~ 348

[12] Griliches, Z , 1998, *R&D and the Productivity* [M], Chicago: University of Chicago Press

[13] Jaffe, A B , 1989, *Real Effects of Academic Research* [J], American Economic Review, 79 (5), 957~ 970

[14] Moran, P. A P , 1950, *Notes on Continuous Stochastic Phenomena* [J], Biometrika, 37, 17~ 23

[15] Nelson, R C , 1959, *The Simple Economics of Basic Research* [J], Journal of Political Economy, 67 (3), 297~ 306

[16] Romer, P. M. , 1990, *Endogenous Technological Change* [J], Journal of Political Economy, 98 (5), S71~ S102

[17] Upton, G. J. , and B Fingleton, 1985, *Spatial Data Analysis by Example. Volume 1: Point Pattern and Quantitative Data* [M], New York: Wiley

[18] Zhang Anming, Zhang Yimin and Zhao, Ronald, 2003, *A Study of the R&D Efficiency and Productivity of Chinese Firms* [J], Journal of Comparative Economics, 31 (3), 444~ 464.

[19] 蔡虹、许晓雯:《我国技术知识存量的构成与国际比较研究》[J],《研究与发展管理》2005年第4期。

[20] 蔡虹、张永林:《我国区域间外溢技术知识存量的测度及其经济效果研究》[J],《管理学报》2008年第4期。

[21] 杜静:《知识存量的增长机理分析》[J],《科学学与科学技术管理》2004年第1期。

[22] 李长玲:《知识存量及其测度》[J],《情报杂志》2004年第7期。

[23] 李强、韩伯棠、李晓轩:《知识生产函数研究与时间评述》[J],《经济问题探索》2006年第1期。

[24] 李顺才、邹珊刚、苏子仪:《一种基于永续盘存的知识存量测度改进模型》[J],《科学学与科学技术管理》2003年第9期。

[25] 任志安、王立平:《知识生产函数研究的演进与发展》[J],《经济理论与经济管理》2006年第6期。

[26] 吴延兵:《R&D 存量、知识函数与生产效率》[J],《经济学(季刊)》2006年第4期。

[27] 吴玉鸣:《空间计量模型在省域研发与创新中的应用研究》[J],《数量经济技术经济研究》2006年第5期。

[28] 杨鹏:《我国区域 R&D 知识存量的计量研究》[J],《科学学研究》2007年第3期。

[29] 袁志刚:《论知识的生产和消费》[J],《经济研究》1996年第6期。

[30] 朱有为、徐康宁:《中国高技术产业研发效率的实证研究》[J],《中国工业经济》2006年第11期。

(责任编辑:王静;校对:曹宇)