

基于知识生产函数的国际科技合作计划 项目绩效评价研究

叶选挺, 刘云, 王文平

(北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081)

摘要: 将知识生产函数应用于国际科技合作计划项目绩效定量评价的研究, 构建了符合计划项目特点的绩效评价模型和指标体系。给出了不同类型项目的绩效基准, 并与实际水平进行了对比, 有利于解决由于投入和产出侧重不同所造成的评价结果片面性问题。实证分析结果表明, 所提出的定量评价模型较好的应用于分析不同类型项目的绩效水平, 从而为项目绩效的定量评价提供了科学的依据。

关键词: 知识生产函数; 国际科技合作计划; 项目绩效评价

中图分类号: G 301

文献标志码: A

文章编号: 1000-1093(2009)S-0051-05

A Study on Project Performance Evaluation of International S &T Cooperation Program Based on Knowledge Production Function

YE Xuan-ting, LIU Yun, WANG Wen-ping

(School of Management and Economics Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: A knowledge production function was introduced into the evaluation of the projects performance of international S &T cooperation program and a particular evaluation model and a criterion system for the program were established. Based on this, a set of evaluation standards for different types of the project was given and compared with the practical level, which is beneficial to solving the problem of imbalance in previous studies. The analyzed results by a practical example show that the model can be used for various types of the project and provide a scientific basis for quantitative evaluation.

Key words: knowledge production function; international S &T cooperation program; projects performance evaluation

近 20 年来, 科技计划作为我国政府促进科技经济发展的重要政策性工具之一, 计划种类不断增加, 投入力度不断扩大。如何利用有限的资源, 使其创造出更大的经济效益和社会效益, 成为政府和公众关注的焦点。通过开展行之有效的科技计划项目绩效评价活动, 将有利于转变管理和决策部门的管理方式与决策观念, 有利于丰富决策信息, 提高决策的

质量和水平, 减少决策的盲目性和随意性, 最大限度地提高科技计划和科技项目的经济和社会效益。

在实际绩效评价活动中, 科技计划项目的定量评价多为先构建评价指标体系, 再利用模糊评价、数据包络分析、灰色决策等方法对项目绩效进行评判, 评价内容过于注重产出或仅将投入和产出指标简单地加权综合, 使得评价结果无法衡量项目的整体绩

收稿日期: 2009-10-20

基金项目: 国际科技合作计划项目

作者简介: 叶选挺(1983—), 男, 博士研究生。E-mail: yexuan@bit.edu.cn;

刘云(1963—), 男, 教授, 博士生导师

效和反映投入与产出之间的内在联系。为此,文中建立了基于知识生产函数(KPF)的计划项目绩效评价模型,构建了符合计划项目特点并适用于 KPF 方法的绩效评价指标体系,以期在科技计划项目定量评价方面进行新的探索。

1 知识生产函数的研究进展

随着知识经济的兴起,围绕知识生产效率、知识溢出范围和创新效率等问题,众多学者应用 KPF 模型进行了广泛的研究。经过对模型的不断扩展和改进,KPF 已经发展成为衡量知识流动属性和检验其创新影响的一个强有力的经验模型工具。

1.1 Griliches 知识生产函数模型

Griliches^[1]在测度研究开发和知识溢出对经济增长影响的研究中提出了 KPF 的概念和方法模型。将创新过程的产出视为研发投入的函数,可表示为

$$Y = F(X, K, u), \quad (1)$$

式中: Y 为微观或宏观层次上的产出; X 为常规的投入指标,比如人力与资本; K 表示技术知识水平,部分由现在和先前的研发费用决定; u 为其他因素的作用或随机误差。按照这个思路,他给出了知识生产函数的 $C-D$ 函数形式为

$$Y = DC^\alpha L^\beta K^\gamma e^{\lambda t}, \quad (2)$$

式中: D 为常数项; C 为资本; L 为人力; e 为自然对数; t 为时间; $\alpha, \beta, \gamma, \lambda$ 为待估的参数。

1.2 知识生产函数模型的扩展及应用

在 Griliches 提出 KPF 的基本模型之后,众多学者在此基础上对模型进行了扩展和改进,并在论证知识对于经济的增长作用、知识的溢出效应、研究活动的生产效率、区域创新影响因素、测度研究部门的绩效等方面进行了广泛的应用。

Jaffe^[2]在研究大学科研对商业创新的溢出效应中地域因素的作用及影响时,构建了包含 2 种改进投入要素的 $C-D$ 模型。Romer^[3]在研究内生增长模型时提出了基于知识存量的模型, Jones^[4-5]修正了其模型存在的比例效应。2000 年后相关研究开始增多, Anselin^[6]、Fischer^[7]、Greunz^[8]、翟立新、韩伯棠^[9]、马健^[10]等人都在各自的研究中,改进和扩展了知识生产函数模型; Fritsch^[11]、Greunz^[12]、吕忠伟^[13]、袁卫、陶长琪^[14]、齐亚伟等人利用知识生产函数,开展了企业产出弹性测度、知识溢出、创新效率等多方面的应用研究工作。目前,将 KPF 模型应用于科技计划项目绩效评价的相关研究仍处于起步阶段,相关的研究文献较少。

2 基于知识生产函数的国际科技合作计划项目绩效评价模型

对于国际科技合作计划项目而言,其实质上是具有多种投入和产出要素的复杂投入产出系统,通过 R & D 过程的知识溢出将诸如科研人员、资本、设施等投入要素转化为论文、专利、工艺等产出要素。对其开展的绩效评价活动,就是评价这一投入产出系统的效率与效果,因而可以利用 KPF 模型对计划项目的执行绩效进行测度。

依据国际科技合作计划项目的投入和产出特点,其多种投入可以表示为

$$I = \sum_{i=1}^n I_i, \quad (3)$$

式中: I 为某个项目的总投入; I_i 为某个项目的第 i 类投入要素。

对于计划的多种产出,考虑权重因素可表示为

$$Q = \sum_{j=1}^n w_j Q_j, \quad (4)$$

式中: Q 为某个项目的总产出; Q_j 为某个项目的第 j 类产出要素; w_j 为第 j 类产出的权重。基于(3)~(4)式,可得国际科技合作计划的科研投入与科研产出之间的 KPF,其 $C-D$ 函数形式可表示为

$$Q = F(I) = A I_i^{b_i}, \quad (5)$$

式中: A 为常数; b_i 为第 i 类投入要素的产出弹性。根据国际科技合作计划项目投入的特点,其主要的投入要素为专项经费和科研人员,则(5)式可表示为

$$Q = A K^\alpha L^\beta \epsilon, \quad (6)$$

对(6)式两端取自然对数有

$$\ln Q = \alpha \ln K + \beta \ln L + c, \quad (7)$$

式中: K 为项目专项经费投入量; L 为科研人员投入量; Q 为项目的综合产出; ϵ 为残差; c 为常数项; α 表示专项经费投入要素的产出弹性,即专项经费投入要素单位变动所引起产出的变动量; β 为科研人员投入要素的产出弹性,即科研人员投入要素单位变动所引起产出的变动量; A 为常数项, A 的数值越大,既定投入数量所能得到的产出也越大,其大小受到知识存量等因素的影响。

根据(7)式,利用回归分析方法求得 α, β, c 的值,则可以得到计划项目的平均产出水平的经验公式:

$$\bar{Q} = A K^\alpha L^\beta. \quad (8)$$

因此,国际科技合作计划项目的绩效水平可表示为

$$P_\mu = \frac{Q_\mu}{\bar{Q}} = \frac{Q_\mu}{A K^\alpha L^\beta}, \quad (9)$$

式中: μ 代表第 μ 个项目。若绩效比值 $P_\mu > 1$, 说明

第 μ 个项目的绩效要好于一般情况下计划项目的平均绩效水平;若绩效比值 $P_{\mu} < 1$, 说明第 μ 个项目的绩效未达到一般水平。

3 国际科技合作计划项目绩效评价体系构建

一般而言,科技计划项目的投入要素包括科研人员、资本、设施、声誉等;产出要素可以有形的产品,也可以是无形的东西如知识、客户满意度等。在开展科技计划项目绩效评价活动中,评价指标并非越多越好,如何选择评价指标,关键要看其在评价过程中所起的作用的大小。在实际评价中,通常存在一些次要的甚至是无关紧要的指标,因而需要按照某种原则进行指标筛选,以分清主次,科学合理的构建相对优化评估指标集^[13]。本文采用因子分析法剔除对于评价产出重要度较低的指标,保留能够说明投入和产出关系的指标,以期使用尽量少的指标来反映投入要素与产出要素之间的关系。

为此,根据国际科技合作计划项目的特点和指标体系设置的基本原则,建立了符合实际评价需要的计划项目投入产出指标体系,如表 1~2 所示。

表 1 国际科技合作计划项目绩效评价投入指标体系

一级指标	二级指标	一级指标	二级指标
资助经费	专项经费	科研人员	高级职称
	其他财政经费		中级职称
	单位自有经费		初级职称
	外方经费		博士后

在人员投入指标中,考虑到专职研究人员是推进项目实施的主要力量,博士后的研究工作对项目有直接的贡献,所以我们加以着重考虑,而博士和硕士对项目的直接贡献相对较小,因此未纳入人员投入指标。

由于科技计划项目的产出与其投入不同,其形式既可以是定量测度的论文、专利、经济效益等,也可以是难以定量分析的经济、社会效益,如突破某领域的技术瓶颈、降低成本、提升生产效率等。在实际评价中,本文采用了易于采集和进行定量分析的指标。

根据上述投入产出指标体系,通过确定结构化权重得到对应KPF的综合指标值。对于指标等级可以确定的二级指标,采用专家评定法确定权重值;对于无法人为确定权重的一级指标,采用基于熵的综合赋权法确定权重值。

该法具体步骤如下: 1)基于熵权法得到一级指标的熵权向量 $V=(v_1, v_2, \dots, v_m)^T$; 2)根据专家评

表 2 国际科技合作计划项目绩效评价产出指标体系

一级指标	二级指标	一级指标	二级指标
论文	国内论文	科技奖励	国家级奖励
	国际论文		省部级奖励
	SCI 收录		国际奖励
专利	国内发明专利申请	引进技术、设备	引进技术
	国外发明专利申请		引进设备
	国内发明专利授权	成果应用	创造产值
	国外发明专利授权		创造利润
标准	国际标准	人才培养	博士后
	国家标准		博士
	行业标准		硕士
其他知识 产权	计算机软件登记	人才引进	博士后
	集成电路布图设计		博士
	生物新品种登记		硕士

定法得到一级指标权重矢量为 $W=(w_1, w_2, \dots, w_m)^T$; 3)最后所得的综合权值为 $xV+(1-x)W$, $x \in (0, 1)$, x 表示偏好系数,需预先设定。

4 实证分析

本文以已完成结题验收的“十五”期间国际科技合作计划项目(截至 2007 年 10 月底)为研究对象,主要开展 61 项基础研究和 131 项应用研究 2 类项目的绩效评价研究。根据国际科技合作计划项目特点,以及两类项目产出的不同侧重,所建立的绩效评价投入产出指标体系需进行相应的调整。

评价的关键问题是找出最具有排序能力的指标,并合理分配权重,通过指标分析和观察研究对象数据剔除非关键性和差异很大的指标。因此,从项目的投入指标来看,由于无法保证资助经费投入指标中的“其他财政经费”、“单位自有经费”、“外方经费”3 个二级指标的数据准确性,所以在实际评价中只保留“专项经费”作为资助经费投入指标。从项目的产出指标来看,经过数据分析发现,不同项目在“标准”、“其他知识产权”、“科技奖励”3 项指标上数据差异非常大,这些指标无法表征各个项目的真实水平,无法达到排序的目的;“成果应用”指标是衡量项目经济效益的有效指标之一,但由于国际科技合作计划在“十五”期间不支持商业化运作项目,所以该指标无法表征项目的优劣。由于 2 类项目的特点和预期成果的偏好不同,故在进行指标权重确定和回归分析时予以分别考虑。综上则可得出,适用于实际项目绩效评价的投入产出指标体系,并利用前文所述的指标权重确定方法给出了各项指标权重,如表 3 所示(其中专家给出的偏好系数 x 为 0.3)。

通过分析国际科技合作计划项目归一化的产出

表 3 基础研究和应用研究类项目投入产出指标体系

	一级指标	基础研究 类权重	应用研究 类权重	二级指标	权重
投入指标	资助经费	1. 00	1. 00	专项经费	1. 00
				高级职称	0. 38
				中级职称	0. 28
	科研人员	1. 00	1. 00	初级职称	0. 12
				博士后	0. 22
				国内论文	0. 35
产出指标	论文	0. 25	0. 11	国际论文	0. 65
				专利申请	0. 30
	专利	0. 17	0. 29	专利授权	0. 70
				博士后	0. 60
	人才培养	0. 16	0. 14	博士	0. 30
				硕士	0. 10
				博士后	0. 60
	人才引进	0. 26	0. 25	博士	0. 30
				硕士	0. 10
	引进技术、 设备	0. 16	0. 21	引进技术	0. 55
				引进设备	0. 45

数据,其取对数以后接近正态分布,可有效改善回归的效果。利用 SPSS 软件对基础研究类和应用研究类项目进行回归分析,得出各项参数检验结果如表 4 所示。

表 4 计划项目回归方程参数检验表

模型	非标准化系数		标准化系数	T 值	Sig 值
	B 值	标准差	Beta 值		
基础研究	常数	-1. 246	0. 494	-2. 520	0. 015
	lnK	0. 235	0. 187	1. 260	0. 213
	lnL	0. 077	0. 246	0. 313	0. 756
应用研究	常数	-0. 150	0. 313	-0. 478	0. 633
	lnK	0. 214	0. 124	1. 728	0. 086
	lnL	0. 486	0. 140	3. 481	0. 001

因变量: lnQ

则可得到基础研究类项目的对数方程为 $\ln Q' = 0. 235\ln K + 0. 077\ln L - 1. 246$, 应用研究类项目的对数方程为 $\ln Q' = 0. 214\ln K + 0. 486\ln L - 0. 15$ 。通过观察回归系数可见, $\alpha, \beta > 0$, 即增加资助经费或科研人员投入量, 知识产出都会相应地增加。当然, 产出的增加需要经费与科研人员的合理配比, 如果比例失衡则会影响产出的效率。

根据样本数据求出 $\ln Q'$ 的值, 再利用公式 $Q' =$

$\exp(\ln Q')$, 可求出理想化的平均科技产出值。将实际的产出与理想产出相比较, 则可得到每个项目的绩效水平, 两类项目的绩效水平的分布情况如表 5 所示。从该表中可知基础研究类和应用研究类项目的绩效水平, 达到和高于平均科技产出的项目比例超过了半数, 分别为 52. 5%和 53. 4%。

表 5 计划项目的绩效水平分布

绩效水平区间	基础研究类		应用研究	
	项数	比例/%	项数	比例/%
[2, -)	14	23. 0	29	22. 1
[1. 5, 2)	7	11. 5	18	13. 7
[1, 1. 5)	11	18. 0	23	17. 6
[0. 5, 1)	23	37. 7	45	34. 4
(0, 0. 5)	6	9. 8	16	12. 2
合计	61	100. 0	131	100. 0

理想化的平均科技产出的对数与资助经费的对数和科研人员投入的对数之间呈线性关系, 这种正向的数量化关系反映了它们之间的本质规律。基于此, 以基础研究类项目为例, 给出了该类项目平均科技产出的绩效基准, 如图 1 所示。实际的科技产出水平总是高于或者低于这个平面, 从而反映了项目实际绩效的高低。基础研究类项目的实际产出受资助经费和科研人员两种投入要素的影响, 它们之间并非简单的线性关系, 人员的增加初期将促进产出的增加, 但是在人员投入产生冗余时, 反而会削弱项目的执行效率, 影响项目的产出; 经费对项目产出的贡献理论上应是线性增加的, 但在实际中, 经费的增长对产出的贡献并非如此, 在本例中, 经费对产出的贡献呈 S 型分布, 如图 2 所示。同理, 可得应用研究类项目的绩效基准和实际绩效水平。

通过构建的 KPF 模型和国际科技合作计划项目投入产出指标体系, 可对每个项目绩效的实际水

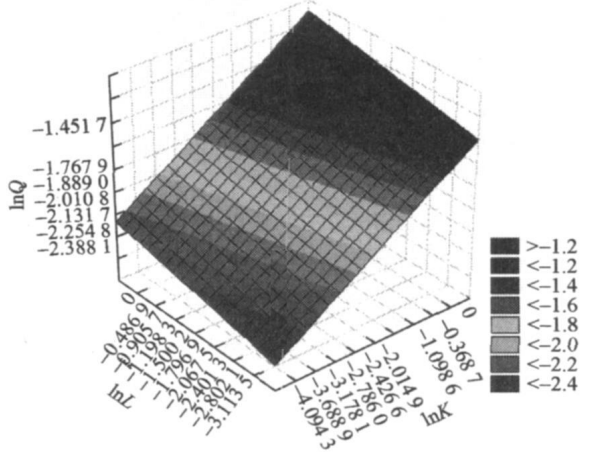


图 1 基础研究类项目绩效基准水平

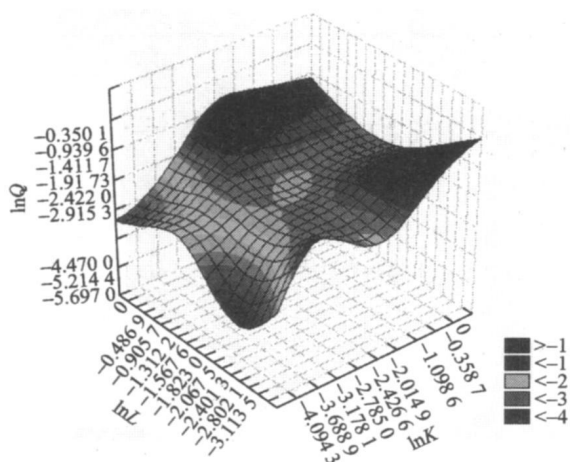


图2 基础研究类项目绩效实际水平

平进行定量的测度,得到不同类型项目的产出弹性、项目绩效基准水平等,计划管理和决策部门可以据此调整项目经费投入,对于绩效水平较高的项目承担单位再次申请计划项目的时候可给予一些政策照顾。另外,结合案例分析、问卷调查和专家讨论等定性分析方法,可对受关注的项目或项目群进行进一步的评价。

5 结束语

科技计划项目的绩效评价,关键是要找到可以有效评价项目绩效的投入产出要素。在此方面,KPF可以很好地说明在知识生产中投入要素和产出要素的函数关系,从而测度项目的实际绩效。本文在分析国际科技计划项目特点的基础上,建立了基于KPF的科技计划项目绩效评价模型和指标体系,并应用该模型给出了不同类型项目的绩效基准和实际水平,项目的绩效评价结果可作为计划管理和决策部门调整经费投入的依据。实证分析结果表明,高于平均绩效水平的项目达到了半数以上,这与国际科技合作计划项目结题意见书中专家给出的评价结论基本相符,说明该绩效评价模型具有较强的解释力。

但是,由于方法和评价指标的局限性,该模型对于某些具体的项目可能会出现误判的情况。因此,为提高这一评价方法的应用价值和效果,使得该方法成为评价科技计划项目绩效水平的强有力工具,可进一步结合同行评议、案例研究等方法,以期对项目进行全面、科学的评价。

参考文献(References)

[1] Griliches Z. Issues in assessing the contribution of R&D to pro-

ductivity growth[J]. Bell Journal of Economics 1979, (10): 92—116.

- [2] Jaffe A B. Real effects of academic research[J]. American Economic Review, 1989, 79(5): 957—970.
- [3] Romer P. Endogenous technological change[J]. Journal of Political Economy, 1990, 98(5): 71—102.
- [4] Charles J. Time series tests of endogenous growth models[J]. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 494—525.
- [5] Charles J. R&D-based models of economic growth[J]. Journal of Political Economy, 1995, 103(4): 759—840.
- [6] Anselin L, Varga A, Acs Z. Local geographic spillovers between university research and high technology innovation[J]. Journal of Urban Economics, 1997, 42(3): 422—448.
- [7] Fischer M M, Varga A. Production of knowledge and geographically mediated spillovers from universities[J]. The Annals of Regional Science, 2003, 37(2): 303—323.
- [8] Greunz L. Geographically and technologically mediated knowledge spillovers between European regions[J]. The Annals of Regional Science, 2003, 37(4): 657—680.
- [9] 翟立新, 韩伯棠, 李晓轩. 基于知识生产函数的公共科研机构绩效评估[J]. 中国软科学, 2005, (8): 76—80.
ZHAI Li-xin, HAN Bo-tang, LI Xiao-xuan. A study of performance evaluation model of public R&D institutes based on knowledge production function[J]. China Soft Science Magazine, 2005, (8): 76—80. (in Chinese)
- [10] 马健. 科学知识的生产函数—基于科学社会学与知识社会学视角的研究[J]. 科学学研究, 2007, 25(5): 812—817.
MA Jian. The production function of scientific knowledge the sociology of science and sociology of knowledge approach[J]. Studies in Science of Science, 2007, 25(5): 812—817. (in Chinese)
- [11] Fritsch M. Cooperation and the efficiency of regional R&D activities[J]. Cambridge Journal of Economics, 2004, 28(6): 829—846.
- [12] Greunz L. Intra and inter regional knowledge spillovers across European regions[R]. Association De Science Regionale De Langue Francaise. University Libre De Bruxelles, 2004.
- [13] 吕忠伟, 袁卫. 中国知识生产函数的协整分析[J]. 统计与决策, 2006, (12): 68—70.
LV Zhong-wei, YUAN Wei. Co-integration analysis of Chinese knowledge production function[J]. Statistics and Decision, 2006, (12): 68—70. (in Chinese)
- [14] 陶长琪, 齐亚伟. R&D投入的影响因素与知识生产函数的应用研究—基于中国区域的面板数据分析[J]. 科技管理研究, 2008, (7): 155—158.
TAO Chang-qi, QI Ya-wei. An application study of R&D investment and knowledge production function: based on China's regional panel data analysis[J]. Science and technology management research, 2008, (7): 155—158. (in Chinese)
- [15] Bakera E L, Neil H F. Evaluation and research for technology: not just playing around[J]. Evaluation and Program Planning, 2003, 26(2): 159—166.

(本文责编 刘莉)