

基于知识生产函数的科学基金重大项目绩效测度研究

刘云¹, 杨雨², 郑永和³, 王任飞⁴

(1. 北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081; 2 中央财经大学 管理科学与工程学院, 北京 100081; 3 国家自然科学基金委员会 计划局, 北京 100085; 4 国家财政部 预算司, 北京 100820)

摘要: 本文分析了知识生产函数应用于绩效评估的特点, 首次研究建立了基于知识生产函数的科学基金重大项目绩效测度的指标和模型, 采用科学基金重大项目投入产出数据, 实证测算出每个科学基金重大项目的绩效水平, 使不同科学部之间的重大项目绩效水平横向可比, 不同时期的重大项目绩效水平纵向可测, 为科学基金重大项目的绩效管理提供了有效的定量测度工具, 同时, 也为科学基金改进预算与分配提供了重要参考。

关键词: 知识生产函数; 科学基金重大项目; 绩效测度模型

中图分类号: G 311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-5192(2011)01-0030-05

Performance Measurement of Principal Projects of National Natural Science Fund of China Based on Knowledge Production Function

LIU Yun¹, YANG Yu², ZHEN Yong-he³, WANG Ren-fei⁴

(1. Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 2 Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China; 3 National Natural Scientific Foundation of China, Beijing 100085, China; 4 Ministry of Finance People's Republic of China, Beijing 100820, China)

Abstract This research has established model of science foundation performance evaluation based knowledge production function, and supplied the method of modeling. Build the performance evaluation model based knowledge production function by adopting data of Principal Projects of National Natural Science Fund of China and calculate performance of each project. It can be realized that estimate the level of performance in different period science parts. Furthermore it can strongly supply quantitative model and tool for administer the performance of science foundation.

Key words knowledge production function; principal projects of NSFC; performance measurement model

1 引言

国家自然科学基金委员会作为我国政府资助基础研究的重要机构, 是国家创新体系的重要组成部分, 在推进我国创新型国家建设中发挥着独特的功能。科学基金绩效管理既是我国政府绩效管理的重要组成部分, 也是引导科技管理部门绩效管理和绩效管理的关键。通过开展科学基金绩效评估与管理, 一方面可以向公众展示国家支持科学研究的成果, 提高公众对科学研究的理解与支持, 另一方面可以有效地促进我国基础研究的发展和创新型国家的建设^[1, 2]。

国家自然科学基金重大项目定位于面向国民经济建设、社会可持续发展和科技发展的重大需

求, 汇聚创新力量, 开展多学科综合研究和学科交叉研究, 解决具有战略意义的关键科学问题, 充分发挥导向和带动作用, 进一步提升我国基础研究源头创新能力。国家自然科学基金重大项目对于引领我国基础研究重要前沿方向和解决经济社会发展中的重大科学问题具有战略性的意义, 因此针对科学基金重大项目的绩效评估与分析对于改进科学基金项目, 优化科学基金预算与分配, 提高科学基金的使用效益具有重要的决策支持作用。

迄今, 科学基金的绩效评估尚处于探索阶段, 针对不同类型资助项目的整体性评估存在空白, 特别是科学基金重大、重点项目还主要是通过专家对单个项目的结题验收评审来进行绩效管理的, 难以对项目的整体绩效管理提供决策支持。本文通过

收稿日期: 2009-06-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (10941001)

对科学基金重大项目的绩效研究,试图建立一种以提高重大项目的产出绩效为导向、综合考虑在知识生产下的科研投入和产出的要素,建立科学基金重大项目量化的绩效测度指标与模型,为科学基金重大项目的绩效管理提供有效的评估工具^[3,4]。

2 知识生产函数在绩效评估中的应用

关于绩效(Performance)的内涵界定一直存在着不同的观点,分别从结果、过程、绩效反映出来的能力、内容等角度对绩效进行研究和总结,绩效是一个组织或机构的相关活动和行为及其产出和结果,并以此表现出该组织机构所拥有的特定能力的效率、质量和效益。美国《政府绩效与结果法案》(Government Performance Results Act: GPRA)关于绩效的界定与此基本类似^[5,6]。

创新过程中知识向下游流动,连续转化为直接产出、中间产出、后续产出和最终产出。科学基金重大项目投入资源包括人力资源、资本、设施及不可见的资源如声誉等,包括参与科研活动的人员的能力和经历,以及特定学科的前沿水平。产出可以是有形的物体或者物质性的其他内容(如产品、工艺或报告等),或者组织性、社会性、经济性的现象(如成本的降低或生产率的提高),也可以是无形的东西如知识、客户满意度以及由科技带来的其他益处或有害的影响。科学基金重大项目的产出可以使用科研绩效指标来表征,包括论文、专利、获奖、人才培养等等^[7-9]。

基础研究绩效评价主要有三类评价方法,即:定性评价法、定量评价法、定性与定量相结合的综合评价法。其中,定性评价法主要依靠专家的分析与判断,按照一定的标准对被评价对象给出非量化的评价结论,该方法是历史最长、适用范围广、使用最为普遍的科技评价方法。主要包括:同行评议、回溯与案例分析法。定量评价法主要运用数学模型对科学研究活动的投入、产出等相关数据进行计算,得出定量的评价结论。主要包括:文献计量方法和经济计量方法。综合评价法是一类将定性与定量评价手段相结合的评价方法。主要包括:定标比超方法和多指标综合评价方法^[10]。本研究采用基于知识生产函数的投入产出测度方法。

知识生产函数(Knowledge Production Function: KPF)最初是 Griliches在利用生产函数估算R&D对于经济增长的贡献时提出来的^[11]。后来经过 Jaffe完善后形成了 Griliches-Jaffe知识生产函

数模型^[12]。在构建内生增长模型时,Romer提出了自己的KPF模型,但存在一些缺陷,经过 Jones修正后形成了 Romer-Jones知识生产函数模型^[13]。迈克尔·弗兰迪茨认为知识生产函数提供了一个评价创新活动效率的简单而实用的方法,并完全可以运用于不同创新系统间质量的比较^[14]。莱迪亚·格罗恩日用知识生产函数从两个维度考察欧洲地区的知识溢出^[15]。亚瑟和弗兰德瑞克在对 Romer-Jones知识生产函数增长之间的关系进行进一步理论分析的基础上,通过引入专利申请、专利存量、投入研发的科学家和工程师总量以及全要素生产率四个变量,采用美国1948~1997年的经济发展数据进行了实证研究^[16]。

国内学者吴延兵运用知识生产函数模型研究了知识生产的性质及其影响因素^[17],翟立新等学者把知识生产函数用于对于中国科学院不同类型研究所的绩效评估,并取得了较好的结果^[18]。

3 国家自然科学基金重大项目绩效测度模型构建

基于知识生产函数的投入产出模型,参照 Jaffe的模型和柯布道格拉斯函数形式,将知识生产的投入要素简化为资本投入和劳动的投入,知识产出要素简化为科研成果和人才的培养。两种投入要素的和配比影响着知识生产的产出水平。采用简化的知识生产函数来表达知识生产过程中科技投入和科技产出的关系。

$$Q = AK^{\alpha}L^{\beta}\varepsilon$$

其中变量 K 表示重大项目资本的投入量,变量 L 表示重大项目科技人力资源投入量, Q 为重大项目的综合产出, ε 为残差。 A 、 α 、 β 为参数。两边取对数,得到

$$\ln Q = \alpha \ln K + \beta \ln L + C$$

其中 $\ln K$ 表示资本投入要素的对数, $\ln L$ 表示劳动投入要素的对数, α 的经济学含义是资本投入要素的产出弹性,即资本投入要素的单位变动所引起产出的变动量; β 为科技人力投入要素的产出弹性,即人力资源投入要素的单位变动所引起产出的变动量; C 为常数项,可以看成为一个系数, C 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。

利用最小二乘法估计上式中 α 、 β 和 C 的值,给出回归方程。计算实际产出 $\ln Q^*$ 和理论产出 Q^* 的值。

$$\ln Q^* = \alpha \ln K + \beta \ln L + C$$

$$Q^* = \exp(\ln Q^*)$$

求出理想的科技综合产出值 Q^* 。将实际的产

出与理想产出相比,得到每个重大项目的绩效水平

$$performance = \frac{Q}{Q^*}$$

4 数据选取及绩效测算

4.1 数据选取

自 1986 年国家自然科学基金委员会成立以来,科学基金在择优支持量大面广的自由申请项目、青年科学基金、地区科学基金等面上项目的同时,设立了重点和重大项目。本研究以国家“七五”、“八五”和“九五”期间的已经结题的重大项目为研究对象。采集了包括 7 个科学部(数学学部、化学学部、生命学部、地球学部、工程与材料学部、信息学部、管理学部)的 178 个重大项目的样本数

据(见表 1)。采集的字段包括:项目编号、项目名称;资助总额、联合资助金额;参与项目人员的职称和学历水平(高级、中级、初级;博士后、博士生、硕士生),项目发表的论文级别(国际刊物、国内核心期刊、国内一般期刊),发表的专著类型(中文专著、外文专著),项目获得的奖励(国家级奖、省部级奖、国际奖),通过重大项目实施培养的人才(博士后、博士、硕士)。研究的样本数据跨越 15 年,因此数据的基本特征可能会发生变化。考虑投入和产出要素,虽然 15 年间的资金投入转换成购买力有所增长,但是产出要素的核心价值也在增长,相对当时的购买力并没有明显增加,因此资金投入暂不需要考虑其价值的变动。

表 1 各时期科学基金重大项目资助情况

时期	项目数 (项)	课题数 (个)	资助经费 (万元)	单项平均资助强度		参加项目 研究总人数	单项平均 参加人数
				项目 (万元/项)	课题 (万元/课题)		
合计	188	1128	56681	302	50	21741	116
七五	87	579	12849	148	22	10288	118
八五	38	218	10992	289	50	5543	146
九五	63	331	32840	521	99	5910	94

资料来源:国际自然科学基金委数据库。其中“九五”项目只统计了结题项目。

4.2 筛选关键性的指标

采用结构化的指标来构建指标体系。虽然研究表明非结构化的指标能够更好地表达目标特性,但是本研究采用投入产出模型作为绩效评价的基础模型,因此首先要建立投入产出的结构化的指标体系。

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数据剔出了非关键性指标和差异很大的指标。最终我们得到 4 个一级指标和 10 个二级指标。一级指标的投入类指标由资金投入和研究人员投入构成,产出类指标由论文产出和人才培养构成。其中,资金投入包括科学基金资助总额加上联合资助金额;研究人员包括高级、中级、初级以及博士后的数量。论文指标主要选择国际刊物论文;人才培养包括博士后、博士和硕士数量。

4.3 数据的标准化和指标权重

为了便于计算,采用每个指标的最大值作为标准,对应的指标值除以这个值,保证指标值都在 [0, 1] 之间。

对于可以明确判定等级的指标可以采用专家调查法来进行。对于不能明确判断其等级的性质不同的指标类别采用熵权法测定其权重。对于 4 个一级指标和 10 个二级指标来说专家调查法比较适用。在研究人员构成中高级、中级、初级研究人员和博士后的科研贡献排序比较明确,因此可以采用专家调查法确定其权重。同样人才培养中的博士后、博士和硕士人员在等级上比较明确,可以采用专家调查法来确定权重(见表 2)。

表 2 基于知识生产函数的投入产出指标权重

	一级指标	二级指标	权重
投入	资金投入 (K)	资助总额 + 联合资助金额	1.00
		高级	0.38
	研究人员构成 (L)	中级	0.30
		初级	0.08
产出 (Q)	论文 0.48	国际刊物	1.00
		博士后	0.60
	人才培养 0.52	博士	0.30
		硕士	0.10

4.4 科技产出和项目绩效

标准化后的数据按照以上权重计算每个重大项目的投入产出的综合指标。再利用最小二乘法估算 α 、 β 和 C 的值。回归计算的结果见表 3。

表 3 回归系数

模型		非标准化系数		标准化系数	T 值	显著性水平
		B 值	标准差	Beta 值		
1	常数项 C	-1.1783	0.1815		-6.4910	0.0000
	α	0.1551	0.1112	0.1380	1.3945	0.1650
	β	0.1303	0.0920	0.1400	1.4156	0.1587

计算科学基金重大项目实际科技产出的回归方程如下

$$\ln Q^* = 0.1551 \times \ln K + 0.1303 \times \ln L - 1.1783$$

那么, 实际产出 $\ln Q^*$ 和理想产出 Q^* 的函数关系如下

$$Q^* = \exp(\ln Q^*)$$

科学基金重大项目实际科技投入与产出关系可以作为绩效评估的基准, 其实际绩效与基准绩效相比较, 可以求出其相对的绩效水平。上面的函数构成了一个平面, 所有项目都投影在这一平面上, 投影所对应的产出值就是项目的产出标准。

每个重大项目都在这个平面上投影出一个绩效点, 这个点的坐标 $\ln Q^*$ 的值代表着在既定的资金投入和人力投入下的理想科技产出。那么使用实际的科技产出指标比上理想的科技产出就可以得到每个科学基金重大项目的绩效水平。

运用上述方法, 分别计算 178 个科学基金重大项目的绩效水平。绩效大于 1 说明该项目的绩效大于全体项目的标准水平; 绩效小于 1 说明该项目的绩效小于全体项目的标准水平。两个项目相比绩效值较大的体现了较高的绩效水平。

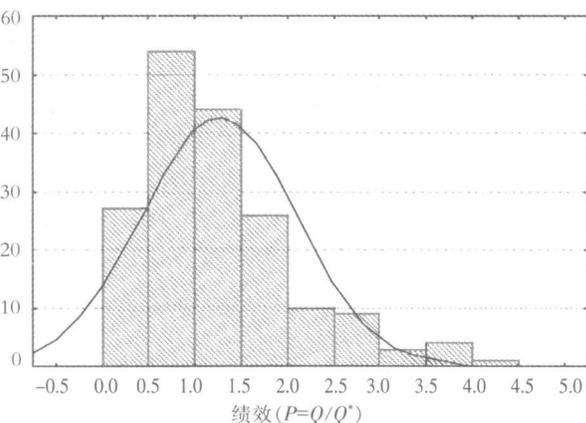


图 1 178 项科学基金重大项目绩效水平分布

图 1 显示绩效水平较低的项目集中度较高, 绩效水平较高的项目集中度较低。使用这种方法计算的绩效水平与结题验收专家的评估结果进行一致性检验, 两种方法得出结果的一致性较高。表明本方法应用于测度科学基金重大项目的绩效水平具有可行性和合理性。

5 小结及启示

针对 178 项科学基金重大项目绩效水平的实证测度, 科学基金重大项目经费投入、人员投入以及实际产出绩效的三维空间分布呈马鞍型。研究发现: 科学基金重大项目科研经费投入量和科研人员投入量与科技产出总体上呈现正相关关系。在不同的科研经费投入水平下, 科研人员投入量越多, 科技产出越高。但是在科研人员数量保持在中等水平以下时, 起初随着科研经费的投入量增加, 科技产出绩效相应增长, 但是随着科研经费投入量增加到一定程度时, 科技产出绩效反而有所下降, 表明科学基金重大项目经费投入量过大, 反而会降低了经费的使用效率, 导致科研产出绩效水平下降。

从科学基金的资助政策层面看, 目前, 科学基金按照“稳基分增”的原则进行经费的分配, 随着科学基金总量的快速增长, 各类项目的资助数量和资助经费都有了较大幅度的增加, 对于面上项目而言, 增加资助项目数量和提高单项资助强度具有较大的合理性, 可以吸引和稳定支持一大批科研人员从事基础研究, 营造有利于原始创新和人才成长的环境, 推动中国基础研究可持续发展。但是, 对于重大项目而言, 各学部确定统一的资助强度标准 (如每个项目 500 万元) 就不尽合理了, 由于其资助强度较大, 一方面需要做好深入细致的科研预算和审核, 另一方面, 要根据各学科领域的实际情况和项目的实际需求, 确定各学部的经费切块比例和单项资助强度的标准。本研究结果除了定量表征科学基金重大项目的绩效水平外, 还为调整科学基金重大项目的资助强度提供了参考依据。今后, 科学基金应加强针对重大研究计划、重大项目、重点项目等资助强度较高的项目类型的整体性绩效评估, 以提高科学基金重大项目的绩效水平为导向, 调整和改进科学基金的预算分配, 优化科学基金的资源配置, 提高科学基金的使用效益。

基于知识生产函数的绩效评价方法引入了科

研投入和产出的数量上的对应关系,通过计算剔出了非关键因素的影响,建立了基于知识生产函数的科学基金重大项目绩效测度模型,使不同的科学部间的重大项目绩效水平横向可比,不同时期的重大项目的绩效水平纵向可测,为科学基金项目绩效管理提供了有效的定量化测度工具。随着这一测度工具在实际工作中的应用,将有助于改进科学基金绩效管理模式,提高科学基金绩效管理效率,为科学基金项目经费的优化配置提供依据。

此外,我们应该注意,基于知识生产函数的绩效评价方法并不能代替专家评议等传统的评估方法。不同计划的绩效目标和表现不同,不同科学部以及各学科间的绩效表现也存在很大差异。未来值得关注的是国家自然科学基金的整体绩效,不同计划的绩效和科学部的绩效如何进行评估。基于知识生产函数的绩效评价方法需要与其他方法相结合才能更好地发挥作用。总之,基于知识生产函数的绩效评价方法为科学基金项目的绩效评价以及科学基金的项目经费预算分配提供了可行的辅助决策支持工具。

参 考 文 献:

- [1] 黄海军,李若筠,冯芷艳,等. 2003年度管理科学部基金评审工作综述 [J]. 中国科学基金, 2004 (1): 33-35
- [2] 杨列勋,李若筠. 管理科学基金项目绩效评估问题研究 [J]. 中国科学基金, 2001, (3): 183-186
- [3] 王任飞,郑永和,刘云,等. 关于我国科学基金绩效评估的若干思考 [J]. 中国基础科学, 2007, 12(6): 51-55.
- [4] 刘云,郑永和,张琳,等. 科学基金国际合作战略提升的需求分析与对策 [J]. 科学学研究, 2002, 20 (6): 598-603
- [5] 孟华. 政府绩效评估-美国的经验和中国的实践 [M]. 上海: 上海人民出版社, 2006
- [6] Holbrook A D. Why measure science[J]. Science and Public Policy, 1992, 19(5): 36-48.
- [7] Anselin L, Varga A, Acs Z. Local geographic spillovers between university research and high technology innovations[J]. Journal of Urban Economics, 1997, (42): 422-448.
- [8] Varga A. Local academic knowledge spillovers and concentration of economic activity[J]. Journal of Regional Science, 2000, (40): 289-309
- [9] Fischer W, Varga A. Production of knowledge and geographically mediated spillovers from universities internationally[J]. Journal of Technology Management, 2001, 22 (4): 23-34.
- [10] 葛朝阳,郑刚,陈劲. 基础研究的经济回报率测度与评价: 国外研究述评 [J]. 科研管理, 2003, (1): 44-50
- [11] Griliches Z. Issues in assessing the contribution of R&D to productivity growth[J]. Journal of Economics, 1979 (10): 92-116
- [12] Jaffe A B. Real effects of academic research[J]. American Economic Review, 1989, 79 (5): 957-970
- [13] Romer P M. Endogenous technological change[J]. Journal of Political Economy, 1990, 98(5): 71-102
- [14] Fritsch M. Cooperation and the efficiency of regional R&D activities[J]. Cambridge Journal of Economics, 2004, 28(6): 829-840
- [15] Greunz L. Intra and inter regional knowledge spillovers across european regions[R]. Association de Science Régionale de Langue Française, Université Libre de Bruxelles, 2004.
- [16] Abidin Y, Joutz F. Relating the knowledge production function to total factor productivity: an endogenous growth puzzle[R]. MFW Working Paper, 2005, 5(74): 1-39
- [17] 吴延兵. R&D 存量、知识函数与生产效率 [J]. 经济学, 2006 (7): 1129-1155
- [18] 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