

# 基于效率与公平视角的研发补贴分配 DEA 模型

杨 剑<sup>1</sup>, 李勇军<sup>2</sup>, 梁 樑<sup>2</sup>

(1. 安徽大学 管理学院, 安徽 合肥 230039; 2. 中国科技大学 管理学院, 安徽 合肥 230026)

**摘 要:**运用数据包络分析(DEA)方法对固定预算的政府研发补贴分配问题进行了研究,通过改进现有的CCR效率模型,将补贴作为一种新的投入要素,充分考虑各项目获得一定补贴后的相对效率和全部补贴的整体效率,结合公平原则构建了政府研发补贴分配的DEA模型,算例分析表明,该分配模型具有有效性和合理性。

**关键词:**研发补贴;补贴分配;数据包络分析;创新效率

**DOI:**10.6049/kjbydc.2011110045

**中图分类号:**G311

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7348(2013)03-0018-04

## 0 引言

随着知识经济的发展,技术创新被认为是促进经济发展的重要推动力。然而,创新活动具有外部性,会影响企业技术创新投入的积极性与有效性。因此,Arrow<sup>[1]</sup>认为政府应对创新活动进行干预。事实上很多国家都通过一些财政政策对创新进行干预,激励创新活动的发展。政府的创新激励财政政策包括多种方式,如财政补贴、税收优惠政策、政府购买、公共投资与合作等,所有的经合组织国家都通过各种方式投入巨额的公共资金促进创新活动。其中,政府财政补贴是政府对创新进行激励的重要政策之一,这种方式意图明确、操作灵活,已经成为发达国家支持产业发展的一种重要政策。政府对创新的补贴政策虽然是一种常用政策,但由于存在较为浓厚的政府行为色彩,因而成为众多学者关注的热点。目前的理论研究主要围绕以下几个方面展开:

(1)政府补贴对创新活动的影响。这方面的研究成果很多,大多数研究表明,补贴政策对于创新活动有正向激励作用。Busom<sup>[2]</sup>考察了补贴政策与研发活动之间的相关关系,发现补贴政策对技术创新活动具有十分显著的激励作用。Paromasanyal<sup>[3]</sup>研究发现尽管政府补贴投入的直接效应或者溢出效应可能产生负面影响,但总体上看,其能够显著促进企业研发产出的增加。Lach<sup>[4]</sup>对以色列制造业, Gonzalez<sup>[5]</sup>对西班牙制造

业, Lee<sup>[6]</sup>对韩国制造业,朱平芳和徐伟民<sup>[7]</sup>对上海市大中型企业,牛君和韩民春<sup>[8]</sup>对我国高科技行业,都进行了实证研究,发现补贴对创新具有正向激励作用。然而,也有一些研究成果表明补贴对技术创新的影响有限,程华等<sup>[9]</sup>基于1999—2005年我国29个省市大中型工业企业的面板数据进行了实证研究,从全国角度来看,政府科技补贴对企业研发产出的影响不明显。

(2)政府补贴策略的选择。Qiu<sup>[10]</sup>对企业研发竞争时的政府补贴政策进行了研究; Santamaria<sup>[11]</sup>对政府的补贴方式进行了比较研究;生延超<sup>[12]</sup>比较了创新投入补贴和创新产品补贴的效果,认为应该采用创新产品补贴;孟卫军<sup>[13]</sup>认为政府只有灵活运用补贴政策,促使企业形成紧密合作,才能使补贴发挥良好的作用;刘楠<sup>[14]</sup>和陈莞<sup>[15]</sup>比较了事前补贴和事后补贴的影响,认为事后补贴的方式较佳。

(3)补贴对象的选择以及补贴分配。Blum<sup>[16]</sup>提出用类似拍卖机制的方法来解决分配固定预算补贴的问题; Giebe<sup>[17]</sup>在分析补贴低效率原因的基础上,建议用拍卖机制来分配补贴。

本文主要针对第3类问题进行研究,与目前在政府研发补贴研究中常用的实证研究和博弈分析方法不同,采用数据包络分析(DEA)对固定预算的政府研发补贴分配问题进行研究,通过改进经典的CCR效率模型,解决实际操作中由于政府行为色彩浓厚而导致的补贴分配的随意性、垄断性和低效率问题。

收稿日期:2012-02-08

基金项目:国家自然科学基金项目(70901070);安徽省教育厅人文社科重点项目(SK2012A013)

作者简介:杨剑(1979—),男,安徽芜湖人,博士,安徽大学管理学院副教授,研究方向为绩效评估、科技政策;李勇军(1982—),男,安徽无为,博士,中国科技大学管理学院副教授,研究方向为数据包络分析;梁樑(1962—),男,安徽合肥人,博士,中国科技大学管理学院教授、博士生导师,研究方向为绩效评估、供应链管理。

## 1 政府研发补贴分配问题分析

本文的研究对象是直接性的研发补贴,由于很多研究成果表明事前补贴的无效率性,本文将补贴的方式假定为在研发中期或晚期进行补贴,企业申报处于研发中期或晚期的研发项目,由政府选择其中有效率的项目,并根据一定的原则分配总额固定的政府研发补贴。政府在分配补贴的过程中需要兼顾两个原则,一是效率原则,二是公平原则。

关于效率原则,固定补贴总额约束要求充分考虑各项目之间的竞争关系。任意两个企业申报的项目,在等量投入的前提下;产出量多的项目分配的补贴就多,在等量产出的前提下,投入量少的项目分配的补贴多。在补贴分配问题中,项目效率的评价有两个难点:①项目获得补贴并将补贴作为一种新的投入要素后,由于投入变量发生改变,项目的相对效率也会改变,因此,在分配补贴时需要考虑什么样的分配方案才能使得补贴后项目的相对效率达到最优;②政府需要考虑补贴的整体效率,补贴的目的是为了提高本地区的整体创新水平,因此决策者最关心的问题是什么样的分配方案才能使补贴分配后所有项目整体上的相对效率达到最优。这两个难点是本文主要解决的问题。

关于公平原则,由于补贴总额受限,各项目之间必然存在对于补贴争夺的竞争,但这种竞争背后的政府行为色彩浓厚,难以转变为市场行为,因此需要考虑公平分配问题。公平分配可以解决补贴数额悬殊过大的问题,有利于政府将有限的资金投入更多的项目,以增强本地区企业的创新动力,营造良好的创新氛围,提升地区内的整体创新能力。

基于以上分析,政府研发补贴分配问题可以转化为如下问题:政府针对某行业的固定数额的研发补贴,由多个同行业企业以正在研发的项目来申请,专家根据评价标准对每个项目的进展程度和项目价值进行评价,并将其作为项目的产出要素,结合各项目的投入情况,根据各项目获得一定补贴后的效率和全部补贴的整体效率以及尽量公平的原则,确定各项目应获得的补贴数额。

## 2 政府研发补贴分配模型构建

为了解决政府研发补贴分配的问题,本文引入数据包络分析(DEA)方法,并对其进行改进来构建模型。数据包络分析(DEA)是在相对效率评价概念基础上发展起来的一种系统分析方法,其本质是用数学规划模型比较决策单元(DMU)之间的相对效率,从而对决策单元的绩效作出评价,特别适用于多指标投入和多指标产出决策单元的相对有效性评价。

### 2.1 单个项目的效率评价

假设有  $n$  个正在研发的项目申请补贴,将一个项目视为一个决策单元(DMU),每个项目组织  $m$  种资源投入创新研发工作,项目的进展程度和项目价值的评价格标准共有  $s$  种,则投入和产出向量分别记为:

$$X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$$

$$Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$$

在不考虑研发补贴的情况下,每个项目的 CCR 效率为下列模型的目标最优值:

$$E_d^- = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rd}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{id}}$$

$$s. t. \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \forall j \quad (1)$$

$$u_r, v_i \geq 0, \forall r, i, j$$

其中,  $v_i, u_r$  分别为  $x_{ij}, y_{rj}$  的权重,  $E_d^-$  是  $DMU_d$  在不考虑固定成本因素条件下的最优 CCR 效率值。

假设需要分配的研发补贴总额为  $R$ , 每个项目的配额为  $R_j, j = 1, 2, \dots, n$ , 则必然存在  $\sum_{j=1}^n R_j = R$ 。如果将分配的补贴作为一种新投入要素,则每个项目的相对效率值可由以下 CCR 模型求得:

$$\text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rd}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{id} + R_d} = E_d$$

$$s. t. \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + R_j} \leq 1, \forall j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n R_j = R$$

$$u_r, v_i, R_i \geq 0, \forall r, i, j$$

$R_j$  的权重一定是个正数,否则补贴因素对研发项目的效率没有任何影响。本文参考 Beasley<sup>[18]</sup> 的处理方法,在模型(2)中,  $R_j$  的权重设为 1。

### 2.2 所有项目的整体效率评价

政府研发补贴的最终目的是提高本区域的创新能力,因此,决策者最关心的是如何分配补贴才能激励区域内的创新行为,使补贴分配之后所有项目的整体效率达到最优。为此,对模型(2)改进如下:

$$E_{dt}^* = \text{Max} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_j$$

$$\begin{aligned}
 s. t. \quad E_j &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + R_j} \leq 1, \forall j \quad (3) \\
 \sum_{j=1}^n R_j &= R \\
 u_r, v_i, R_i &\geq 0, \forall r, i, j
 \end{aligned}$$

为了满足在补贴分配之后所有项目整体上的相对效率达到最优的目标,模型(3)对模型(2)的目标函数进行了改进,如果所有项目的效率之和最高,则整体上的效率最高,所以模型(3)中的目标函数是最大化所有项目效率的加权平均。此外,模型(3)在优化所有项目的整体效率时,为了公平起见,对所有项目都采用了一组相同的权重( $u, v$ )。

### 2.3 研发补贴分配方案集的性质

根据以上分析,补贴方案的分配集应是能够同时满足单个项目效率和所有项目整体效率均为最优的集合,因此,  $E_j^* = 1, E_{all}^* = 1$ , 即:

$$E_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + R_j} = 1$$

显然有:

$$R_j = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}, \forall j$$

记分配方案集的权重向量为  $U = (u_1, u_2, \dots, u_s)^T, V = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T$ , 则对应的分配成本公式可表述为:  $R_j = U^T Y_j - V^T X_j, \forall j$ 。补贴分配方案集具有以下性质:

性质 1: 对于任意两个项目,在等量投入的前提下,产出量多的项目分配的补贴较多。

证明: 对于任意两个项目 ( $DMU_1, DMU_2$ ), 若存在关系  $X_1 = X_2, Y_1 > Y_2$ , 那么, 显然有  $R_1 = U^T Y_1 - V^T X_1 > U^T Y_2 - V^T X_2 = R_2$ 。

性质 2: 对于任意两个项目,在等量产出的前提下,投入量少的项目分配的补贴较多。

证明: 对于任意两个项目 ( $DMU_1, DMU_2$ ), 若存在关系  $X_1 < X_2, Y_1 = Y_2$ , 那么, 显然有  $R_1 = U^T Y_1 - V^T X_1 > U^T Y_2 - V^T X_2 = R_2$ 。

性质 1 和性质 2 说明了创新效率在研发补贴分配过程中的重要性,可以在项目评价中确立一种效率导向,从而提升本区域的整体创新能力。

### 2.4 政府研发补贴分配模型

研发补贴分配要考虑公平原则,在上文分析的基础上,对补贴分配的目标函数进行改进,引入绝对值的方法,将目标函数变为最小化所有项目的分配额与平均分配额的差距总和,从而达到最大化均摊的目标。

此外,所有项目共同选择一组权重向量。结合上文分析的分配方案集,建立模型如下:

$$\begin{aligned}
 Min_{u,v} \quad & \sum_{j=1}^n |R_j - \bar{R}| \\
 s. t. \quad & R_j = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}, \forall j \quad (4) \\
 & \sum_{j=1}^n R_j = R \\
 & u_r, v_i, R_i \geq 0, \forall r, i, j
 \end{aligned}$$

其中,  $\bar{R} = \sum_{j=1}^n R_j / n = R / n, R_j$  为各项目的分配补贴数额。由于目标函数含有绝对值运算,因此模型(4)是一个非线性模型。为了得到最优解,令  $a_j = [|R_j - \bar{R}| + R_j - \bar{R}] / 2, b_j = [|R_j - \bar{R}| - R_j + \bar{R}] / 2$ 。代入模型(4)整理后,可得如下线性等价模型:

$$\begin{aligned}
 Min_{u,v} \quad & \sum_{j=1}^n (a_j + b_j) \\
 s. t. \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - a_j + b_j = \bar{R}, \forall j \\
 & \sum_{j=1}^n (a_j - b_j) = 0 \quad (5) \\
 & a_j - b_j + \bar{R} \geq 0 \\
 & u_r, v_i, a_j, b_j \geq 0, \forall r, i, j
 \end{aligned}$$

记模型(5)的最优解是  $u_r^*, v_i^*, a_j^*, b_j^*$ , 则最优分配方案为  $R_j^* = a_j^* - b_j^* + \bar{R}$ 。

## 3 算例分析

假设某地政府财政对某行业预算 100 万元创新研发补贴,对进行到中期的企业研发项目进行补贴,共有 15 个项目申请补贴,即有 15 个 DMU。每个项目(DMU)有两种投入要素,分别是已投入研发经费(万元)、已投入研发人员数(个)。产出的评价标准有项目进展程度、经济价值、社会价值(包括对技术发展的贡献),按照这些标准由相关专家组对项目进行分项评价打分,3 项指标都采用 10 分制,分值越高说明项目越接近完成或价值越高。全部的投入产出情况如表 1 所示。

运用 Matlab7.0 编程,通过计算得到结果,如表 2 所示。表 2 中第 2 列是根据补贴分配模型(5)计算所得的各项项目补贴分配额,比较第 12 和第 13 两个项目,可以看出两个项目的产出量相同,但投入不同,投入少的第 13 个项目获得的补贴较多。再比较第 14 和第 15 两个项目,两者的投入相同,但产出不同,产出较多的第 14 个项目获得的补贴较多。显然,本文提出的补贴分配模型能够有效地反映项目的创新效率,根据效率的高低分配补贴额。

表 2 中的第 3 列表示的是未将补贴作为一种新投

入时每个项目的 CCR 效率,可以看出,只有第 1、2、8、9、11、13 这 6 个项目是 DEA 有效的,其它项目都有改进的空间。第 4 列表示的是将补贴作为一种新投入后每个项目的 CCR 效率,可见,在对补贴总额进行分配并将补贴作为各项目的一种投入要素后,几乎所有的项目都达到了 DEA 有效。显然,本文的补贴分配方式有利于改进企业的创新效率,能够发挥政府补贴的作用,通过政府行为提升整个地区的创新水平。

表 1 项目的相关指标数据

项目	投入		产出		
	已投入 研发经费	已投入 研发人员数	项目 进展程度	经济 价值	社会 价值
1	84.2	28	4.8	6.7	4.5
2	90.0	25	6.2	5.8	4.2
3	50.2	17	3.8	2.2	1.1
4	67.5	21	6.7	4.7	2.1
5	75.4	22	6.1	4.9	3.3
6	90.0	30	7.0	5.8	2.9
7	87.4	21	7.2	5.0	3.2
8	88.8	19	5.0	4.7	3.6
9	95.9	16	7.5	5.5	2.9
10	77.5	15	5.3	5.2	2.0
11	35.4	10	3.2	3.9	1.6
12	46.7	18	4.6	4.1	1.0
13	28.0	15	4.6	4.1	1.0
14	65.0	20	6.4	6.1	2.0
15	65.0	20	5.9	5.7	1.6

表 2 算例计算结果

项目	补贴分配 数额(万元)	不考虑补贴投入 的 CCR 效率	考虑补贴投入 的 CCR 效率
1	8.3	1.000 0	1.000 0
2	7.3	1.000 0	1.000 0
3	2.7	0.646 6	1.000 0
4	6.8	0.905 2	1.000 0
5	6.6	0.943 3	1.000 0
6	7.6	0.742 5	0.999 8
7	6.7	0.945 9	1.000 0
8	5.3	1.000 0	1.000 0
9	7.2	1.000 0	1.000 0
10	6.6	0.932 6	1.000 0
11	5.5	1.000 0	1.000 0
12	5.9	0.774 0	1.000 0
13	6.7	1.000 0	1.000 0
14	8.8	0.932 7	0.999 7
15	8.0	0.864 0	1.000 0

## 4 结语

目前的政府研发补贴研究采用的基本上是实证研究或博弈分析,多是宏观层面的研究,现有的研究成果无法对政府的研发补贴进行有效分配。本文采用数据包络分析(DEA)方法,依据各申请项目的投入产出情况,充分考虑各项目获得一定补贴后的相对效率和全部补贴的整体效率,以尽量公平的原则确定各项目应

获得的补贴数额。算例分析表明本文构建的分配模型可以解决补贴分配过程中存在的随意性、垄断性和低效率问题。此外,本文的模型具有扩展性和普遍适用性,可以用于多种补贴和资金的分配,为决策者提供有效的决策支持。本文中获得补贴的主体(DMU)之间具有同质性,即处于同一行业,未来的研究可考虑不同行业企业间的补贴分配问题。

## 参考文献:

- [1] ARROW, K J. The economic implications of learning by doing[J]. *Review of Economic Studies*, 1962(29): 155-173.
- [2] KLETTE, T. J, MOEN, J, GRILICHES, Z. Do subsidies to commercial R&D reduce market failures? microeconomic evaluation studies[J]. *Research Policy*, 2000(29): 471-495.
- [3] NEZU, R. Trends and patterns of public support to industry in the OECD area[J]. *STI Review*, 1997(21): 13-24.
- [4] LACH, S. Do R&D subsidies stimulate or displace private R&D, evidence from Israel[J]. *The Journal of Industrial Economics*, 2002(4): 369-390.
- [5] GONZALEZ, X, PAZA, C. Do public subsidies stimulate private R&D spending? [J]. *Research Policy*, 2008(37): 371-389.
- [6] LEE, E. Y, CIN, B. C. The effect of risk-sharing government subsidy on corporate R&D investment: empirical evidence from Korea[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2010(77): 881-890.
- [7] 朱平芳,徐伟民. 政府的科技激励政策对大中型工业企业 R&D 投入及其专利产出的影响[J]. *经济研究*, 2003(6): 45-53.
- [8] 牛君,韩民春. WTO 背景下实施战略性自主创新政策的实证分析——以我国高新技术产业为例[J]. *国际贸易问题*, 2008, 302(2): 21-25.
- [9] 程华,赵祥,杨华,等. 政府科技资助对我国大中型工业 R&D 产出的影响[J]. *科技政策与管理*, 2008(2): 22-27.
- [10] QIU L. D, TAO Z. Policy on international R&D cooperation: subsidy or tax[J]. *European Economic Review*, 1998, 42(9): 1 727-1 750.
- [11] SANTAMARIA L, BARGE-GIL A. Public selection and financing of R&D cooperative projects: credit versus subsidy funding[J]. *Research Policy*, 2010, 39(4): 549-563.
- [12] 生延超. 创新投入补贴还是创新产品补贴: 技术联盟的政府策略选择[J]. *中国管理科学*, 2008, 16(6): 184-192.
- [13] 孟卫军,张子健. 供应链企业间产品创新合作下的政府补贴策略[J]. *系统工程学报*, 2010, 25(3): 359-364.
- [14] 刘楠,杜跃平. 政府补贴方式选择对企业研发创新的激励效应研究[J]. *科技进步与对策*, 2005, 22(11): 18-19.
- [15] 陈莞,谢富纪. 创新的直接性政府补贴设计与运用[J]. *科技管理研究*, 2009, 29(5): 6-7.
- [16] BLUM, U, KALUS, F. Auctioning public financial support incentives[J]. *International Journal of Technology Management*, 2003, 26(2/3/4): 270-276.
- [17] GIEBE T, GREBE T, WOLFSTETTER E. How to allocate R&D(and other) subsidies; an experimentally tested policy recommendation[J]. *Research Policy*, 2006(35): 1 261-1 272.
- [18] BEASLEY J E. Allocating fixed costs and resources via data envelopment analysis[J]. *European Journal of Operational Research*, 2003, 147(1): 198-216.