

基于 DEA-Tobit 两阶段模型的基金绩效评价及影响因素研究

毛秀珍¹,章璐杰²,王友钊²,黄 静³

(1. 浙江省科技信息研究院,杭州 310006;2. 浙江大学生物医学工程和仪器科学学院,杭州 310007;
3. 浙江理工大学信息学院,杭州 310018)

摘 要:应用 DEA-Tobit 两阶段模型对基金绩效评价及影响因素研究,以分析基金实施的成效。利用 DEA 模型得到相对效率值对基金绩效进行评价,利用 Tobit 模型根据 DEA 效率值分析基金绩效的影响因素,进行实证研究,以验证 DEA-Tobit 两阶段模型的使用效果。研究结果显示,2006—2013 年期间创新基金项目绩效呈现增长趋势,创新基金对科技型中小企业具有促进作用。研究结果表明,DEA-Tobit 两阶段模型可以快速、高效地应用于基金的绩效评价及影响因素分析。

关键词:基金;绩效评价;DEA-Tobit 模型;实证研究

中图分类号:F224

文献标志码:A

文章编号:1673-3851(2017)03-0211-05

如何选取基金资助对象、如何提高基金利用效率是基金使用过程中的重要问题。基金绩效评价及影响因素分析是解决上述问题,合理、高效利用基金不可或缺的方法。基金绩效评价属于基金评价的验收后评价,是基金使用效果的一个重要指标。影响因素分析与基金绩效评价密切相关,能够显示哪些因素对基金绩效影响更大,从而找到提高基金利用效率的措施。现有文献中关于基金绩效评价研究的主要方法有两类。一类是通过建立基金绩效评价体系进行绩效评价。岳宝宏等^[1]对现有的基金绩效评价体系进行了改进,设置了资金落实与使用情况、技术质量指标完成情况、经济指标完成情况、项目市场潜力、企业发展能力、社会效益、日常监理和验收情况等七项一级指标以及若干项二级、三级指标。郭峰^[2]通过分析国内外有代表性的基金评价指标的构成优化了评价指标体系。本文作者也曾提出基金评价指标与评价标准,从资金带引作用、项目实施进展、项目经济效益、项目社会效益、项目提高创新能力、项目促进企业发展六个方面进行分析^[3]。另一类方法是引入数学模型与方法进行基金绩效评价,

采用层次分析法(AHP)、主成分分析法(PCA)、数据包络分析(DEA)等方法。罗思民^[4]利用 AHP 方法进行权重指标设计来构建基金项目绩效评价体系并制定评价步骤。梅建明等^[5]在建立基金项目输入输出指标体系的基础上利用 DEA/PCA 综合分析和多元线性回归模型进行绩效评价及影响因素研究。DEA-Tobit 两阶段模型结合了 DEA 和 Tobit 两种数学方法,是一个在绩效评价及影响因素研究方面经过多次验证的模型。Watcharasriroj 等^[6]将 DEA-Tobit 模型应用于公立非营利性医院的效率及影响因素研究;吉生保等^[7]将超效率 DEA-Tobit 模型应用于机械设备行业经营绩效及影响因素的研究;郭淡泊等^[8]将 DEA-Tobit 模型应用于国家创新体系效率及影响因素的研究;曹文彬等^[9]将 DEA-Tobit 模型应用于 IT 行业上市公司经营绩效及影响因素的研究。DEA-Tobit 两阶段模型在公司、行业经营绩效方面的研究比较成熟,基于 DEA-Tobit 两阶段模型的基金绩效评价及影响因素研究具有理论依据。

本文利用 DEA-Tobit 模型对基金绩效及影响

因素进行两阶段研究,通过对 DEA 模型计算出的相对效率值的研究进行绩效评价,将 DEA 效率值作为因变量通过 Tobit 模型研究基金绩效的影响因素,通过实证研究验证 DEA-Tobit 两阶段模型在基金绩效评价及影响因素分析方面的可行性。

一、绩效评价分析方法

(一)基于 DEA 模型的绩效评价

数据包络分析(data envelope analysis, DEA)是使用数学规划(包括线性规划、多目标规划等)方法具有输入输出的“单位”(称为决策单元, DMU)间的相对有效性,是一种非参数的评价相对效率的统计估计方法^[10]。著名运筹学家 Charnes、Cooper 和 Rhode 于 1978 年首次提出 DEA 的 CCR 模型^[11]并用于评价部门间相对有效性以来,DEA 方法得到了不断完善。基于 DEA 方法的模型有 CCR 模型、BBC 模型、FG 模型和 ST 模型等。对于任意一个决策单元 DMU₀ 来说,对偶形式的 BCC 模型(投入导向)可以表示为:

$$\begin{aligned} & \min \theta_0 \\ \text{s. t. } & \begin{cases} \sum_i^n X_{ir} \lambda_i \leq \theta X_{0ir} \\ \sum_i^n Y_{ir} \lambda_i \geq \theta Y_{0ir} \\ \sum_i^n \lambda_i = 1 \\ \lambda_i \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, s$; n, m 和 s 分别表示决策单元个数、输入变量个数和输出变量个数, X_{ir} 为投入要素, Y_{ir} 为产出要素, θ_0 为决策单元 DMU₀ 的效率值(θ_0 为 1 则 DEA 有效, $\theta_0 < 1$ 则 DEA 无效)。投入产出指标的选取对 DEA 模型的计算的准确性非常重要,指标选取需要遵守以下几个原则:

- 指标为非比率型指标;
- 不同时使用相关性高的指标;
- 指标值为非负;
- DMU 个数远大于投入产出指标数。

根据指标选取的原则,投入指标可以选择资金投入、人力资源投入以及固定资产投入等,产出指标可以选择经济效益、社会效益、科技效益、自身发展等。利用 DEA 模型计算相对效率值,一方面可以避免建立基金绩效评价体系方法存在的各项指标权重选取受主观因素影响的问题,另一方面可以避免评价体系中指标分类过细、数量较多导致的数据获取难度增加的问题。利用 DEA 模型进行绩效评价

也存在一定的问题。DEA 模型得出的效率值是相对效率值,可以通过相互比较分析绩效的优劣以及绩效的增减,但是不能像建立基金绩效评价体系方法那样分析什么因素导致的绩效优劣,需要另一个数学模型或方法弥补这一缺陷。

(二)基于 Tobit 模型的影响因素分析

Tobit 模型也称为样本选择模型、受限因变量模型,由 James Tobin 于 1958 年提出,是因变量满足某种约束条件下取值的模型。该模型可以表示为:

$$\begin{cases} y^* = \beta x + \epsilon \\ y_i = y_i^*, y_i^* \in (0, 1) \\ y_i = 0, y_i^* \notin (0, 1) \end{cases} \quad (2)$$

其中: $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$, β 为回归参数向量, x_i 为自变量向量, y_i^* 为因变量向量, y_i 为效率值向量。采用极大似然估计法对 Tobit 模型进行估计,能够得到 β 和 σ 的一致估计。将 Tobit 模型应用于影响因素分析,可能的影响因素设置为自变量,受影响的结果设置为因变量。在 Tobit 模型的定义中,因变量需要满足某种约束条件下取值,从式(2)中可以看出因变量需要在 0 到 1 的区间中,是受限因变量,而 DEA 计算得出的 DEA 值因其本身方法的定义使得 DEA 值严格位于 0 到 1 的区间,DEA 值作为 Tobit 模型的受限因变量十分合适。对方程进行回归后,可以认为在一定显著水平上显著的影响因素对结果有比较明显的影响。Tobit 模型使用的因变量往往采用类似效率值的数值型变量,需要通过其他数学方法得到,因而 Tobit 模型进行影响因素分析需要搭配其他的数学方法使用。

(三)DEA-Tobit 两阶段模型

为了建立完整的评价体系,以往研究基金评价体系的文献采用的指标种类很多,需要的数据项数量很多。一方面指标之间权重的选取容易受主观性的影响,另一方面会导致一些指标需要经过调研等方式获得,无形中增加了数据项获取的时间和经费成本。采用 DEA-Tobit 两阶段模型对基金绩效进行研究,不仅能对问题进行客观、完整的分析,而且所需指标种类不多,极大降低了数据项获取的难度。

研究过程主要分为两阶段。第一阶段通过 DEA 模型进行绩效评价。对于单个基金资助项目来说,投入是可控的,绩效受到项目自身规模的影响,因此采用投入导向的 BBC 模型。BBC 模型考虑可变规模报酬,在 CCR 模型的基础上把技术效率分解为纯技术效率和规模效率,其关系为:技术效率=纯技术效率×规模效率。第二阶段通过 Tobit 模型进行影响因素分析。DEA 方法计算得到的效率值

介于 0~1 之间,如果用普通的最小二乘法直接回归,参数估计值是有偏的、不一致的,采用 Tobit 模型对效率值进行处理可以避免这个问题。DEA 模型和 Tobit 模型的结合使用恰好能够对问题进行完整的分析,既能够得出结论,又能够得出导致结果的影响因素,选取 DEA-Tobit 两阶段模型应用于基金绩效评价及影响因素分析十分合适。

基于 DEA-Tobit 两阶段模型的基金绩效研究的具体步骤为:采用 BBC 模型对每项基金项目的效率进行计算,利用效率值进行绩效评价;将效率值作为因变量,以效率值的各种可能的影响因素作为自变量建立 Tobit 回归模型进行影响因素分析。

二、实证分析:效率评价与影响因素

(一)数据来源与指标选取

本文希望通过浙江省科技型中小企业创新基金绩效及影响因素的实证研究,验证 DEA-Tobit 两阶段模型是否可以快速、高效地应用于基金的绩效评价及影响因素分析。采用的样本来自于 2006—2013 年浙江省科技型中小企业创新基金(以下简称创新基金)项目的 1780 项验收信息。

根据本文提到的 DEA 模型指标选取原则,综合考虑创新基金项目特征、已有的数据指标以及数据的代表性,选取投入指标为实际总投资,产出指标为实际利润、实际交税额、总取得专利数、实际销售额。对这四项目标所包含意义的理解出发,它们可以分别代表创新基金项目在经济效益、社会效益、科技效益、企业发展四方面的产出,实际利润、实际交税额、总取得专利数、实际销售额虽然对于整体项目来说具有一定相关性,销售额越高往往对应利润、交税、专利数越高,但是对于一个项目来说,销售额越高并不对应利润、交税、专利数越高,而 DEA 模型是以一个一个项目为基本单位的,并且四个指标代表的项目的经济、社会、科技、企业发展效益是不同方面的效益,所以指标并不具有很强的相关性,符合指标选取原则。利用投入导向规模报酬可变的 BBC 模型能够分别计算出 1780 项创新基金项目的三个参数:综合技术效率(缩写 CRS)、纯技术效率(缩写 VRS)和规模效率(缩写 SE)。根据 DEA 理论,综合技术效率表示创新基金项目绩效,纯技术效率表示由技术、管理水平影响的绩效,规模效率表示由项目规模影响的绩效。

(二)创新基金项目实施绩效评价

本文采用 BBC 模型,利用 DEAP2.1 软件对

1780 项创新基金项目在同一个 BBC 模型中进行 DEA 计算,计算得出每个项目的综合技术效率、纯技术效率和规模效率,所有项目的以上三个值是在同一个评价体系中的,相互之间是存在比较意义的,因此可以通过对其进行运算得出进一步的结论。按不同年份统计分析 1780 项创新基金项目的效率值,根据结果对创新基金进行绩效评价及趋势分析。

将 1780 项创新基金项目的综合技术效率、纯技术效率和规模效率按时间整理为表 1。总体来看,平均综合技术效率、平均纯技术效率的值比较小。这些效率值是相对效率值而不是绝对效率值,比较小并不意味着创新基金绩效低。比较小的原因是由以下两方面造成的。一方面这是因为样本的数目非常大,DEA 理论中处于生产前沿面的创新基金项目数占样本数目 1780 项的比例就比较小,导致了平均效率比较小;另一方面,因为 DEA 效率值表示的是相对有效性,创新基金项目之间的效率存在一定的差异,处于生产前沿面的创新基金项目相对其他项目效率特别高,导致了平均效率值比较小。

表 1 2006—2013 年创新基金项目平均综合效率、纯技术效率、规模效率

| 年份 | CRS 均值 | VRS 均值 | SE 均值 |
|------|--------|--------|-------|
| 2013 | 0.199 | 0.242 | 0.775 |
| 2011 | 0.179 | 0.247 | 0.691 |
| 2010 | 0.164 | 0.220 | 0.711 |
| 2006 | 0.159 | 0.239 | 0.667 |
| 2012 | 0.159 | 0.224 | 0.680 |
| 2008 | 0.146 | 0.215 | 0.689 |
| 2009 | 0.146 | 0.228 | 0.643 |
| 2007 | 0.125 | 0.206 | 0.588 |
| 平均值 | 0.160 | 0.228 | 0.678 |

图 1 表示 2006—2013 年创新基金项目平均综合技术效率、平均纯技术效率和平均规模效率趋势图,从图中可以明显看出三项平均效率值总体呈增长趋势。

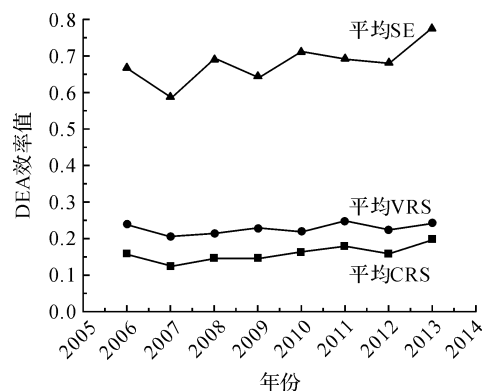


图 1 2006—2013 年创新基金项目平均综合效率、纯技术效率、规模效率折线

为了更直观地展示创新基金项目绩效的变化趋势,更好地了解最近几年创新基金项目实施企业的发展情况,对三项效率值随时间变化曲线进行曲线拟合。表2是创新基金项目效率随时间变化的拟合方程。

表2 2006—2013年创新基金项目平均综合技术效率、纯技术效率、规模效率拟合方程

| 参数 | 拟合方程 |
|--------|---------------------------|
| 平均 CRS | $y=0.00675(X-2006)+0.136$ |
| 平均 VRS | $y=0.00237(X-2006)+0.219$ |
| 平均 SE | $y=0.0154(X-2006)+0.627$ |

从趋势图以及拟合曲线中可以看出,平均综合技术效率、平均纯技术效率和平均规模效率均处于上升趋势。每年平均综合技术效率拟合曲线的斜率约为0.007,相对于初始值的年增长率约为4.9%;每年平均纯技术效率拟合曲线的斜率约为0.002,相对于初始值的年增长率约为1.1%;每年平均规模效率拟合曲线的斜率约为0.015,相对于初始值的年增长率约为2.5%。在创新基金的持续资助下,创新基金项目绩效(平均综合技术效率)稳步提高。平均纯技术效率和平均规模效率的增长表明,

创新基金项目绩效的提高,一方面是由基金资助引起的项目技术、管理水平的提高带来的,另一方面是由基金资助促进的项目规模的促进作用带来的。

(三)绩效影响因素分析

为了进一步研究创新基金绩效的影响因素,分别以第一阶段模型得到的综合技术效率值,纯技术效率值以及规模效率值为因变量,以可能的影响因素为自变量建立三个独立的Tobit模型。

其中影响因素的选择应遵循以下两个原则:

a)影响因素应选择已有文献中普遍采用的变量;

b)影响因素不应包含与DEA模型的投入、产出变量中。

基于以上原则,最后确定的可能的影响因素包括:基金资助额度、基金资助额度的平方、企业规模、地方配套资金、基金资助占项目投入的比例、实际预期投入资金比、资助形式。利用Stata12软件对确定的因变量和自变量进行Tobit回归计算,计算结果如表3所示。

表3 DEA影响因素的Tobit估计结果

| 影响因素 | Tobit _{CRS} 模型 | | Tobit _{VRS} 模型 | | Tobit _{SE} 模型 | |
|--------------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|
| | 系数 | P值 | 系数 | P值 | 系数 | P值 |
| 基金资助 | 0.003142** | 0.000 | -0.0044572** | 0.000 | 0.0204728** | 0.000 |
| 基金资助的平方 | -0.00028** | 0.000 | 0.0000207** | 0.000 | -0.0001221** | 0.000 |
| 企业规模 | 3.25×10^{-6} ** | 0.000 | 3.37×10^{-6} ** | 0.000 | 3.77×10^{-6} ** | 0.000 |
| 地方配套 | 0.0005347* | 0.010 | 0.000474** | 0.009 | 0.0004072 | 0.275 |
| 基金资助占项目投入的比例 | 0.1501665* | 0.014 | 1.177176** | 0.000 | -1.976936** | 0.000 |
| 实际预期投入资金比 | -0.0199433* | 0.021 | 0.0198664* | 0.009 | -0.0399312* | 0.010 |
| 资助形式 | 0.0373341** | 0.000 | 0.0686975** | 0.000 | 0.0691044** | 0.000 |
| 常数 | -0.012041 | 0.665 | 0.1222023** | 0.000 | 0.1687335** | 0.001 |

注:“**”、“*”分别表示在0.01、0.05的水平上显著;资助形式为1表示无偿资助,资助形式为2表示贷款贴息。

分析表中的Tobit回归结果,可以得出以下五点结论。

a)基金资助额度对创新基金项目绩效具有显著正影响。在Tobit_{CRS}模型中,基金资助额度一次项系数为正,二次项系数为负,且均通过0.01水平显著性检验,说明基金资助额度与创新基金项目绩效呈现倒U型曲线的关系。计算变量的边际效应,得到基金资助额度对创新基金项目绩效影响的临界值为62.7万元。总体上,基金资助额度越多对创新基金项目绩效的促进作用越明显,额度在60万元左右促进作用相对明显。

b)企业规模、地方配套资金对创新基金项目绩效具有显著正影响。企业发展越好、地方支持力度越大,对创新基金项目绩效的促进作用越明显。

c)基金资助额占项目投入的比例对创新基金项目绩效具有显著正影响。初创期企业的项目基金资

助额占项目投入的比例往往较大,即基金资助对初创期企业的促进作用更显著。

d)实际预期投入资金比对创新基金项目绩效具有显著负影响。这意味着如果在创新基金项目立项前,制定的计划越完善,验收时绩效越好。

e)资助形式对创新基金项目绩效具有显著影响。资助形式有无偿资助和贴息贷款两种,对创新基金项目根据资助形式不同分类,发现贴息贷款的项目绩效显著优于无偿资助,贴息贷款资助形式促进作用更明显。

三、研究结果分析与建议

本文基于DEA-Tobit两阶段模型对基金绩效评价及影响因素进行研究,并以2006—2013年浙江省科技型中小企业创新基金为例进行了实证研究。

研究结果显示,2006—2013 年期间创新基金项目绩效呈现增长趋势,创新基金对科技型中小型企业具有促进作用,尤其对初创期企业有更加显著的促进作用;基金资助额度、地方配套资金均对创新基金项目绩效有显著正影响;资助形式为贴息贷款相对于无偿资助对企业的促进作用更大。根据研究结果,为进一步提高创新基金使用绩效,可以采取以下措施:

a)进一步加大资助力度和资助范围。采取提高贴息贷款资助方式的比例,提高资金利用效率,进一步加大初创期企业的资助力度和资助范围等措施。

b)不断加大管理力度,提高创新基金的实施成效。为了促进科技型中小企业的健康发展,不断提高创新基金的利用效率,要进一步加强对各地科技主管部门的监督和检查,促进其加强对创新基金项目的监督管理,尤其是对已超合同期的创新基金项目,进行验收清理。

c)建立完善创新基金评价体系。除了进行严格的立项评价外,还可以考虑引入项目实施过程评价实现全程监控,重视中期和后期效率评价。

四、结 论

实证研究表明,DEA-Tobit 两阶段模型的 DEA 计算及 Tobit 回归结果,是进行创新基金绩效评价所需要的指标,可以在有限的数据的基础上,选择恰当的投入、产出指标,基于 DEA-Tobit 两阶段模型得出客观、完整的分析结论。本文认为 DEA-Tobit 两阶段模型可以快速、高效地应用于基金的绩效评价及影响因素分析。

参考文献:

- [1] 岳宝宏,粟国敏,李宏. 中小企业技术创新基金的绩效评价[J]. 科学学与科学技术管理,2008,29(2):28-32.
- [2] 郭峰. 武汉市中小企业科技创新基金绩效评价研究[C]//第九届中国科技政策与管理学术年会. 第九届中国科技政策与管理学术年会论文集. 济南:中国科学学与科技政策研究会,2013:1-10.
- [3] 毛秀珍,马学兴. 浙江省“十五”技术创新项目绩效评价初探[J]. 科技管理研究,2008,28(9):83-86.
- [4] 罗思民. 基于 AHP 的创新基金绩效评价体系研究[J]. 科技和产业,2014,14(8):98-167.
- [5] 梅建明,王琴. 我国创新基金绩效评价研究:以中部 D 市 W 区为例[J]. 中南财经政法大学学报,2012(3):68-73.
- [6] WATCHARASRIROJ B, Tang J C S. The effects of size and information technology on hospital efficiency[J]. Journal of High Technology Management Research,2004(15): 1-6.
- [7] 吉生保,小柯,赵海斌. 中国机械设备行业经营绩效评价及影响因素:基于超效率 DEA-Tobit 模型[J]. 山西财经大学学报,2011(1):64-71.
- [8] 郭淡泊,雷家骝,张俊芳,等. 国家创新体系效率及影响因素研究:基于 DEA-Tobit 两步法的分析[J]. 清华大学学报(哲学社会科学版),2012(2):142-150.
- [9] 曹文彬,付亨. 基于 DEA-Tobit 模型的 IT 行业上市公司经营绩效的实证研究[J]. 经济问题,2013(6):90-94.
- [10] 魏权龄. 数据包络分析(DEA)[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [11] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978,2(6): 429-444.

Research of Fund Performance Evaluation and Its Influencing Factors Based on DEA-Tobit Two-stage Model

MAO Xiuzhen¹, ZHANG Lujie², WANG Youzhao², HUANG Jing³

(1. Zhejiang Institute of Scientific and Technological Information, Hangzhou 310006, China;
2. College of Biomedical Engineering and Instrument Science, Zhejiang University, Hangzhou 310007, China;3. School of Information, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: DEA-Tobit two-stage model was applied to study the fund performance evaluation and its influencing factors so as to analyze the implementation effect of fund. The relative efficiency value was gained by DEA model to evaluate fund performance. Meanwhile, Tobit model was utilized to analyze the influencing factors of fund performance according to DEA efficiency value. An empirical research was made to verify the use effect of DEA-Tobit two-stage model. The research results show that creative fund project performance presents a rising trend in 2006-2013, and creative fund can promote small and medium enterprises based on science and technology. The results indicate that the DEA-Tobit two-stage model can be quickly and efficiently applied to the fund performance evaluation and analysis of its influencing factors.

Key words: fund; performance evaluation; DEA-Tobit model; empirical research

(责任编辑:钱一鹤)