

# 基于三阶段 DEA 模型的 江苏高等学校人文社会科学科研效率研究<sup>1</sup>

陈露，凌端新，孙雨亭

(东南大学经济管理学院，南京 211189)

**【摘要】**：采用三阶段 DEA 模型，以江苏省 35 所本科高等学校为评价单元，对各高校 2014 年哲学社会科学科研效率进行分析评价，研究结论表明：环境变量和随机因素对本科高校人文社科科研创新效率存在显著影响，其中地区经济水平、政府资金投入对科研创新效率的提升是正向的，而地区教育水平、非政府资金投入以及学术交流情况等对科研创新效率的提升是负向的；在剔除影响后，高校平均综合创新效率、纯技术创新效率和规模效率分别是 0.700、0.803、0.872，存在显著的提升趋势；纯技术创新效率低下是造成综合效率不高的主要因素；南京大学等 6 所高校在调整后处于 DEA 前沿，是其他高校的科研创新的标杆。

**【关键词】**：三阶段 DEA 模型；江苏省高校；人文社会科学；科研效率

自然科学与社会科学是社会进步的“两架马车”，自然科学创造了这个世界的骨架，社会科学则丰富了这个骨架的血肉。近年来，关于自然科学与社会科学孰轻孰重的争论甚嚣尘上，从经济基础与上层建筑的格局来看，社会科学更似上层建筑，是社会发展的不可忽视的重要推动力量。建国以后，我国经历了一段时间的“重理轻文”浪潮，随着社会经济的不断发展，哲学社会科学已经得到了越来越广泛的关注。江苏自古以来是“文人墨客”的集中地，哲学社会科学有良好的发展基础。进入 21 世纪以来，江苏的哲学社科发展走在了全国的前列。据统计截至 2016 年底，江苏省共有人文社科在研课题 28636 个，科研总人数 43779 人，当年投入经费 5.72 亿元<sup>[1]</sup>。但是与此同时，由于哲学社科研究产出的经济效果难以度量，如此巨大的投入是否能带来高效的产出呢？这是一直困扰各地主管部门的难题，也是本文拟解决的核心问题。通过对哲学社科科研效率的综合评价，进而探究提高效率的有效途径，这具有深刻的理论意义与现实意义。

## 1、文献综述

关于投入产出创新效率的研究方法主要集中在参数方法的 SFA 方法和非参数方法的 DEA 方法，目前国内外关于高校科研效率评价的研究也主要集中采用上述两个方法解决效率评价问题。关于 SFA 的方法的应用，Lzadi 采用 SFA 模型评估了英国近百所高等学校的科研效率和成本效率<sup>[2]</sup>。徐超运用 SFA 模型分析了中国高校人文社会科学科研创新效率，结果表明，各类型高校人文社科科研效率存在差异但整体呈稳步提升态势；科研活动中存在成本无效率的现象；科研投入增加带来的更多是课题的增长而论文和报告的增长相对较弱<sup>[3]</sup>。关于 DEA 方法的应用，Johnes J 和 Li Yu 运用 DEA 模型分析了中闰 109 所高等学校科研创新效率，发现中国高校的平均科研效率超过 0.9，综合性大学的科研效率高于专业性大学<sup>[4]</sup>。胡咏梅和范文凤基于 DEA 方法研究了“211”

<sup>1</sup>**【基金项目】**：国家自然科学基金面上项目——“新型城镇化约束与引导下的产业转移的模式、路径与组织研究”（项目编号：71473037；项目负责人：胡汉辉）成果之一；国家自然科学基金青年基金项目——“基于卡尔曼滤波的制药企业财务困境预警研究”（项目编号：71602188；项目负责人：庄倩）成果之一。

**【作者简介】**：陈露，东南大学经济管理学院博士研究生，研究方向：产业经济；凌端新，东南大学经济管理学院硕士研究生，研究方向：产业经济；孙雨亭，东南大学经济管理学院博士研究生，研究方向：产业经济。

高校科研生产效率，结果表明“211工程”高校中人文社科科研效率水平较低，理工农医学科科研效率水平相对较高<sup>[5]</sup>。

在国内外高校科研创新效率评价问题上，考虑到人文社会科学的科学研究，不同学校所处的所在地区的经济环境、所在地教育文化氛围、高校的资金支持以及高校的学术交流环境等形成的“科研环境”不尽相同，因此剥离环境和其他不可控因素的影响来衡量和评价其实际创新效率很有必要且更有意义。本文尝试采用非参数方法的三阶段DEA模型，通过剔除环境变量和随机因素的影响来更加真实地评价江苏省2014年本科高校人文社会科学的科研创新效率，以期找出非效率高校的创新无效率来源，寻求提高人文社科科研效率地路径，为相关决策机构的决策提高科学的依据。

## 2、模型构建

三阶段DEA模型是将DEA模型和SFA模型相结合，在第一次DEA测算结果基础上运用SFA方法剔除外部环境和随机误差的影响后再次运用DEA模型进行效率测度的方法。这一模型最初由Fried等于2002年提出，现已广泛应用于各类存在外部环境影响的投入产出效率测算<sup>[6]</sup>。

考虑到投入可控以及规模效率的影响，在第一阶段本文选取投入导向的BBC模型，随后第二阶段在第一阶段的测算结果上展开调整运算。Fried等认为传统DEA模型求出的松弛值受外部环境、随机误差和管理无效率三点的影响，不能区分出技术无效率的来源，从而使得决策单元不能在公平的运营环境和统计误差下进行比较<sup>[6]</sup>。故该阶段构建各投入松弛变量与环境因素的SFA模型，剥离出环境因素和统计误差对技术效率的干扰。具体模型如下：

$$s_{ij} = z_{ij}\beta^i + v_{ij} + u_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中 $z$ 表示环境变量，代表各DMU技术无效率的环境解释变量的观察值， $v_{ij}$ 和 $u_{ij}$ 分别是第 $j$ 个DMU在第 $i$ 个投入时，其生产过程的统计噪音和管理无效率。首先，要从SFA模型的混合误差中把随机误差从管理无效率中分离出来，采用如下公式估计随机误差：

$$\hat{E}[v_{ij} | v_{ij} + u_{ij}] = s_{ij} - z_{ij}\hat{\beta}^i - \hat{E}[u_{ij} | v_{ij} + u_{ij}], i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

其中， $\hat{E}[u_{ij} | v_{ij} + u_{ij}]$ 的计算使用罗登跃的方法<sup>[7]</sup>：

$$E(u_i | v_i) = \frac{\lambda\sigma}{1 + \lambda^2} \left[ \frac{\phi(\lambda v_i / \sigma)}{\phi(\lambda v_i / \sigma) + \frac{\lambda v_i}{\sigma}} \right] \quad (3)$$

接着，利用SFA模型的回归结果调整各DMU的投入指标，使其处于相同的环境条件下。在此，本文对于那些所处环境较好的决策单元，通过增加其相应的投入量使得所有决策单元处于相同的外部环境，调整公式如下：

$$\hat{x}_{ij} = x_{ij} + [\max_j \{z_{ij}\hat{\beta}^i\} - z_{ij}\hat{\beta}^i] + [\max_j \{\hat{v}_{ij}\} - \hat{v}_{ij}], i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

其中,  $\hat{x}_{ij}$  和  $x_{ij}$  分别是调整后和所观察到的投入数量。为了使每个 DMU 均面对相同的运营环境, 式 (4) 右边的第一步调整用来  $\max_j |z\beta^j|$  表示所有决策单元中松弛量最大的决策单元 (最没有效率的决策单元), 从而达到使所有决策单元均处于相同运营环境的目的。第二步调整通过  $\max_j |\hat{v}_j - v_j|$  使所有决策单元处于最不幸的状态, 从而使每个决策单元面临相同的运气。

第三阶段运用经第二阶段调整后的投入指标值  $\hat{x}_{ij}$ , 再次使用 BCC 模型对这些评价单元进行效率评估。由于经 SFA 调整后的数据很好地消除了外部环境因素和随机误差带来的影响, 因此第三阶段求得的 DMU 效率更能客观和准确地反映现实情况。

### 3、指标体系设计及数据来源

构建合适的指标体系是使研究结果真实有效的前提。在综合前人研究基础上, 考虑到本文数据来源所统计数据的限制, 最后确定的指标体系如表 1 所示。

表 1 高校人文社科科研效率评价指标体系及说明

| 指标体系 | 一级指标   | 二级指标                      | 指标说明                   |
|------|--------|---------------------------|------------------------|
| 投入指标 | 人力投入   | R&D 人员数量 ( $X_1$ )        | 全时人员+非全时人员折合全时人员当量     |
|      | 财力投入   | 当年 R&D 经费支出 ( $X_2$ )     | 实际值 (单位: 百元)           |
| 产出指标 | 专著     | 2014 年专著出版数量 ( $Y_1$ )    | 实际值                    |
|      | 译文     | 2014 年发表译文篇数 ( $Y_2$ )    | 实际值                    |
|      | 论文     | 20M 年发表论文折合数量 ( $Y_3$ )   | 国内刊+国外刊×3              |
|      | 获奖     | 2014 年获得省级及以上奖数 ( $Y_4$ ) | 实际数量                   |
| 环境指标 | 宏观经济环境 | 学校所在地经济水平 ( $Z_1$ )       | 学校所在地人均 GDP (单位: 元)    |
|      | 宏观教育环境 | 学校所在地受教育水平 ( $Z_2$ )      | “第六次人口普查”学校所在地大学学历人口比例 |
|      | 政府政策环境 | 2014 年政府资金投入 ( $Z_3$ )    | 来自政府的资金投入              |
|      | 非政府支持  | 2014 年非政府资金投入 ( $Z_4$ )   | 来自非政府的资金投入             |
|      | 学术交流环境 | 2014 年学术交流人次 ( $Z_5$ )    | 国内外学术交流人次之和            |

投入指标, 在人力资源方面, 选择研究与发展人员全时当量来体现科研的人力资源投入; 在财力方面, 主要考虑高校当年的 R&D 经费支出而非总体 R&D 经费, 用来衡量该高校当年实际用于科研项目的金额。

产出指标, 高校的科研效率评价的产出主要体现其科研成果上。本文用当年出版著作、发表译文数、发表论文数以及获奖成果数来展现高校人文社会科学的科研成果。其中出版著作包括专著、编著教材和工具书参考书三类, 为方便我们取其和值来衡量; 发表论文分为国内刊物发表和国外刊物发表两类, 两者质量差异较大, 本文在参考相关文献后选取两者 1: 3 的重要性进行加权求和。

环境指标, 高校人文社科科研效率受其所面临的环境的影响。我们选择了如下几个变量作为环境变量。一是学校所面临的经济环境, 本文选择学校所在地区人均 GDP 来衡量地区经济环境; 二是学校所面临的教育环境, 本文选取学校所在地区的大学学历 (含大专) 人口所在比例来衡量; 三是学校的政府资金支持, 高校的政策环境, 显示出学校的综合实力; 四是高校的非政府资金支持, 以企业资金为主的非政府资金支持凸显校企合作环境, 综合实力较好的学校更有机会与企业之间进行合作。考虑到统计数据的局限性以及排除相关指标数值为 0 的高校, 最后选取了江苏省的 35 所本科高校进行实证研究。

## 4、实证结果

根据 DEA 模型变量的同向性要求，即投入和产出之间必须呈现正向相关性，本文应用 SPSS17.0 软件采用 Pearson 相关性检验方法对所选投入和产出指标的数据进行检验，结果如表 2 所示。

表 2 投入产出变量 Pearson 相关性分析

| 投入       | 产出                |                   |                   |                   |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|          | 专著出版数量            | 译文发表数量            | 论文发表折合数量          | 省级及以上获奖数          |
| R&D 人员数量 | 0.549***<br>0.001 | 0.727***<br>0.000 | 0.639***<br>0.000 | 0.409**<br>0.015  |
| R&D 经费支出 | 0.744***<br>0.000 | 0.927***<br>0.000 | 0.829***<br>0.000 | 0.470***<br>0.004 |

注：\*\*\*、\*\*分别在 0.01、0.05 水平（双侧）上显著相关

由表 2 可知，本文所建立的指标体系中投入与产出指标的 Pearson 相关系数均为正，且几乎都在 1%水平下通过双侧检验，这表明本文建立的指标体系合理，满足 DEA 模型的适用要求。

### 4.1 第一阶段 DEA 分析

第一阶段 DEA 分析采用 Deap2.1 对这 35 所高校的投入产出数据进行效率测算。结果发现在未剔除环境变量和随机误差的影响下，2014 年江苏省该 35 所高校人文社会科学科研上的平均综合效率值为 0.608，平均创技术创新效率值为 0.713，平均规模效率值为 0.856，这表明出江苏省本科高校的人文社科科研效率水平不高，且不高的主要原因是纯技术效率不高。但此次评价是在未考虑环境变量和随机误差影响的情况下进行的，并不能反映其真实水平，因此在第二阶段将剔除它们的影响以更加准确地进行效率评价。

### 4.2 第二阶段 SFA 调整

本阶段主要针对第一阶段效率评价时受环境变量和随机误差影响而不能真实反映待评价单元的真实水平而进行的调整性工作。本阶段以投入变量松弛为因变量，以环境变量为自变量，通过建立投入松弛与环境变量的多元回归方程来探究环境变量对投入松弛的影响，结果如表 3 所示。

表 3 第二阶段 SFA 分析结果

| 投入松弛变量                 | R&D 人员松弛                    | R&D 经费松弛                    |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 常数项                    | -6.68E+00<br>(-4.25E+00***) | -2.73E+02<br>(-2.73E+02***) |
| 学校所在地经济水平 ( $Z_1$ )    | 3.72E-03<br>(3.40E+00***)   | -7.80E+00<br>(-1.96E+00***) |
| 学校所在地受教育水平 ( $Z_2$ )   | 1.02E+01<br>(9.17E+00***)   | 3.15E+04<br>(3.15E+04***)   |
| 2014 年政府资金投入 ( $Z_3$ ) | -2.43E-08                   | -6.39E-02                   |

|                         |                           |                           |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                         | (-1.89E-02)               | (-3.50E+00***)            |
| 2014 年非政府资金投入 ( $Z_4$ ) | 2.61E-08<br>(1.26E-02)    | 4.71E-02<br>(1.72E+00**)  |
| 2014 年学术交流人次 ( $Z_5$ )  | 4.73E-06<br>(1.16E-02)    | 3.43E+00<br>(1.54E+00*)   |
| $\sigma^2$              | 6.69E+01<br>(6.72E+01***) | 4.06E+08<br>(4.06E+08***) |
| $\gamma$                | 1.00E+00<br>(2.76E+07***) | 1.00E+00<br>(6.40E+04***) |
| Log likelihood function | -0.92E+02                 | -0.37E+03                 |
| Lp 单边误差                 | 0.29E+02                  | 0.24E+02                  |

注：（）中为 t 检验统计量值；\*、\*\*、\*\*\*分别表示在在 10%、5%、1%水平下通过检验

由表 3 可知环境变量的回归系数大多数都在 5%和 1%的水平下通过显著性检验，这表明外部环境因素对各高校的投入冗余存在显著影响。

环境变量 ( $Z_1$ ) 对人员松弛变量，环境变量 ( $Z_2$ )、( $Z_4$ ) 以及 ( $Z_5$ ) 对人员松弛变量和经费松弛变量的回归系数均为正。其中 ( $Z_1$ ) 对人员松弛变量、( $Z_2$ ) 对两个投入变量均通过在 1%水平下显著。环境变量 ( $Z_1$ ) 对经费松弛变量、环境变量，( $Z_3$ ) 对人员松弛变量和经费松弛变量的回归系数均为负。其中 ( $Z_1$ ) 对经费投入松弛变量、( $Z_3$ ) 对人员投入变量在 1%水平下通过显著性检验。可见，环境变量对高校科研效率评价产生重要影响，应用 SFA 剥离是有必要的。

#### 4.3 第三阶段用调整后的投入进行 DEA 分析

第三阶段 DEA 分析将运用第二段 SFA 分析结果，根据式 (4) 对两个投入变量初始数据进行调整，之后再次运用 BCC-DEA 模型进行技术创新效率测算。在去除环境变量的影响下，江苏省 35 所本科高校的创新效率结果如表 4 所示。

表 4 江苏省 35 所本科高校人文社会科学科研效率值（调整后）

| 学校名称   | crste | vrste | scale | RTS | 学校名称     | crste | vrste | scale | RTS |
|--------|-------|-------|-------|-----|----------|-------|-------|-------|-----|
| 南京大学   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   | 南京财经大学   | 0.402 | 0.434 | 0.926 | irs |
| 江南大学   | 0.707 | 1.000 | 0.707 | drs | 苏州科技大学   | 0.608 | 0.668 | 0.910 | irs |
| 南京师范大学 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   | 南京工业大学   | 0.784 | 0.875 | 0.896 | irs |
| 南京农业大学 | 0.603 | 0.608 | 0.992 | irs | 淮阴师范大学   | 0.655 | 0.779 | 0.840 | irs |
| 苏州大学   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   | 盐城工学院    | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 中国矿业大学 | 0.471 | 0.477 | 0.986 | irs | 江苏科技大学   | 0.321 | 0.543 | 0.590 | irs |
| 江苏师范大学 | 0.475 | 0.645 | 0.736 | drs | 盐城师范大学   | 0.716 | 0.725 | 0.988 | irs |
| 东南大学   | 0.580 | 0.631 | 0.919 | drs | 南京航空航天大学 | 0.678 | 0.682 | 0.993 | irs |
| 江苏大学   | 0.349 | 0.388 | 0.901 | irs | 南京林业大学   | 0.544 | 0.895 | 0.608 | irs |
| 河海大学   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   | 常州大学     | 0.463 | 0.647 | 0.716 | irs |
| 扬州大学   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   | 常州工学院    | 0.945 | 1.000 | 0.945 | irs |
| 南通大学   | 0.967 | 1.000 | 0.967 | drs | 常熟理工学院   | 0.836 | 0.992 | 0.843 | irs |

|          |       |       |       |     |          |       |       |       |     |
|----------|-------|-------|-------|-----|----------|-------|-------|-------|-----|
| 徐州工程学院   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   | 金陵科技学院   | 0.868 | 0.938 | 0.926 | irs |
| 江苏理工学院   | 0.760 | 0.768 | 0.990 | irs | 淮海工学院    | 0.602 | 1.000 | 0.602 | irs |
| 南京理工大学   | 0.454 | 0.498 | 0.912 | drs | 南京体育学院   | 0.283 | 0.921 | 0.307 | irs |
| 南京信息工程大学 | 0.871 | 0.878 | 0.992 | irs | 南京晓庄学院   | 1.000 | 1.000 | 1.000 | -   |
| 南京邮电大学   | 0.533 | 0.719 | 0.741 | irs | 江苏第二师范学院 | 0.647 | 0.960 | 0.674 | irs |
| 南京审计学院   | 0.382 | 0.420 | 0.909 | irs | 平均       | 0.700 | 0.803 | 0.872 |     |

注：crste 表示综合效率值，vrste 表示纯技术效率值，scale 表示规模效率值，RTS 表示规模报酬（irs 递增，drs 递减，-不变）

总体来看，经 SFA 调整后 2014 年江苏省这 35 所本科高校人文社会科学的科研平均综合创新效率为 0.700，平均纯技术创新效率为 0.803，平均规模效率为 0.872。相比第一阶段相对应的 0.608、0.731 和 0.856，三者的值均有所上升，并且平均纯技术创新效率的提升幅度大于平均规模效率的提升幅度，可见其是综合效率提升的主导因素。这表明就总体而言，在调节环境变量和随机误差影响后，江苏省本科高校人文社科科研效率整体有所提升，环境因素和随机因素在一定程度上掩盖了其创新效率较高的事实，但调整后平均综合效率仍有 0.3 的改善空间。此外，调整前后的平均规模效率值均大于平均纯技术创新效率值，表明致使这 35 所本科高校人文社科科研效率不高的主导因素是纯技术创新效率相对较低，即高校对 R&D 人员和经费的配置不够合理，利用效率不高。再者，结合多数高校的规模效率处于规模报酬递增状态，表明高校可以通过进一步发展规模提高规模报酬来提高综合创新效率。

调整后，南京大学、南京师范大学、苏州大学、河海大学、徐州工程学院、盐城工学院、南京晓庄学院 7 所高校位于 DEA 有效前沿上，相对调整前多了 1 所。其中，河海大学、徐州工程学院和南京晓庄学院三所高校调整前后均处于创新效率前沿上，表明这三所高校在人文社会科学的科研效率确实好；扬州大学、常州工程学院和淮海工学院三所高校在调整后退出效率前沿面，表明其之前的高效是环境因素和随机误差使然；南京大学、南京师范大学、苏州大学、盐城工程学院在第三阶段新增到效率前沿上，表明这些高校在剔除环境因素和随机误差后在人文社科上的科研效率较好，是其他高校的学习榜样。此外，相对第一阶段，绝大部分高校（除南京邮电大学等 6 所高校）在第三阶段的综合创新效率得到提升，所有高校的纯技术创新效率在第三阶段得到提升，这再次证明了剥离环境因素和随机误差对效率评价的必要性。

## 5、结论与启示

通过前文采用三阶段 DEA 模型对江苏省 35 所本科高校 2014 年人文社会科学科研创新效率进行测算研究，可以得出以下结论和建议。

随机因素及环境变量对这 35 所本科高校人文社会科学科研效率存在显著影响。其中，环境变量中的地区经济水平以及政府资金投入对高校人文社科科研创新效率提升是正向的，而环境变量中地区教育水平、非政府资金投入以及学术交流情况等对科研创新效率的提升是负向的。这一结论启示我们，各市要注重提升整体经济发展水平，利用较好的经济环境来促进所在地高校人文社科科研创新效率的提升；其次，政府也要加大对高校人文社科科研经费支持，给高校创造良好的科研“经济环境”，力促其科研创新效率和水平的提升；此外，高校在学术交流方面要严把质量关，控制交流人次，避免科研人员的“学术交流”成为“学术旅游”。

经过第二阶段对环境因素和随机误差进行调整后，江苏省 35 所本科高校的人文社科科研创新效率发生显著变化，表明进行三阶段 DEA 的合理性和必要性。在剔除环境变量和随机误差的影响后，35 所高校的平均综合技术效率从 0.608 提升到 0.700，平均纯技术创新效率从 0.731 提升到 0.803，平均规模效率由 0.856 提升 0.872，调整前后纯技术创新效率均低于规模效率，并且在进行调整后，大部分高校规模报酬由递减变成递增。上述结论表明，一是所取环境变量和随机误差对创新效率评价时的影响很大，环境和随机因素在一定程度上拉低了总体平均创新效率；二是造成综合创新效率不高的主要因素是纯技术创新效率的

---

低下，高校应该在合理、有效配置人员和经费投入方面下功夫，努力提升科研纯效率。

**[参考文献]:**

[1]胡汉辉, 陈露. 2016 年江苏省高等学校社科统计资料汇编[M]. 南京: 东南大学出版社, 2018.

[2]LZADI H, JOHNES G, OSKROCHI R. CROUCHLEY. Stochastic frontier estimation of a CES cost function: The case of higher education in Britain[J]. Economics of Education Review, 2002, 21: 63-71.

[3]徐超. 基于 SFA 模型的中国高校人文社科科研效率评价研究[J]. 科技与经济, 2015, 28 (165) : 16-19.

[4]JOHNES J, LI Y. Measuring the research performance of Chinese higher education institutions using data envelopment analysis[J]. China Economic Review, 2008, 19: 679~696.

[5]胡咏梅, 范文凤. “211 工程” 高校科研生产效率评估: 基于 DEA 方法的经验研究[J]. 重庆高教研究, 2014, 2 (3) : 144.

[6]FRIED H, LOVELL C, SCHMIDT S, YAISAWRNG S. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis[J]. Journal of Productivity Analysis, 2002, 33 (17) : 157-174.

[7]罗登跃. 三阶段 DEA 模型管理无效率估计注记[J]. 统计研究, 2012 (4) : 104-107.