

基于 AHP 和群组决策 DEA 模型的高校科研管理效率评价

王恒昕¹, 孙倩², 吴冲²

(1. 哈尔滨音乐学院 研究生部, 黑龙江 哈尔滨 150025; 2. 哈尔滨工业大学 管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 高校科研是提高我国自主创新能力、实现创新驱动的重要途径之一。文章在考虑科研投入产出滞后因素的基础上, 构建基于层次分析法(AHP)和群组决策数据包络分析(DEA)的二次相对评价模型, 对我国高校科研管理效率动态评价进行有益的探索。

关键词: 二次相对评价; AHP; 群组决策 DEA 模型; 科研管理效率

中图分类号: G647

文献标志码: A

文章编号: 1003-2614(2018)03-0050-04

习近平 2014 年在亚太经合组织工商领导人峰会上, 首次系统阐述“中国经济呈现新常态”, 强调经济动力从要素驱动、投资驱动转向创新驱动。在党的十九大报告中, “创新”一词出现五十余次, 习近平总书记再次强调“创新是推动经济发展的第一动力, 是建立创新型国家的战略选择”, 创新已经成为我国开展经济建设的“灵魂”。由于大学是我国培养高层次创新人才的重要基地, 是我国基础研究和高新技术领域原始创新的主力军之一, 是解决国民经济重大科技问题、实现技术转移、成果转化的生力军^[1]。因此, 高校科研在我国科技创新体系中居于特殊地位。加强我国高校的科研能力建设, 是提高我国自主创新能力、实现创新驱动的重要途径之一。由于我国目前的高校科研管理评价多以传统的静态评价模式为主, 因此, 科学合理地高校科研效率进行动态评价, 具有理论意义和实践意义。本文将在借鉴国内外有关研究成果的基础上, 构建基于 AHP 和群组决策 DEA 模型的二次相对评价方法的高校科研管理效率评价模型, 将进一步丰富现有高校科研管理效率评价理论与方法, 有利于提高我国高校科研管理效率水平, 为中国经济提供更多创新驱动。

一、文献回顾

在国外科研管理评价起步较早, 从 20 世纪 50 年代至今大体经历三个发展过程: 1980 年前为决策时间阶段, 1980-1990 年为决策过程阶段, 1991 年至今为综合评价阶段。早在 1983 年, 美国就推出世界上第一个大学排行榜, 科学研究效率就成为对各所大学进行排名的重要指标之一。随后, 澳

大利亚、加拿大、欧盟和日本等国家或地区也在科研管理方面进行大量的实证研究, 其中, 绝大多数的研究都是基于传统 DEA 模型进行的静态分析, 而基于 DEA 的动态分析的研究成果非常少^[2]。

相对于国外的科研管理评价, 中国的科研评价从 1985 年才刚刚开始, 起步较晚。我国一些研究机构和学者开展了区域科技创新能力和科学研究效率综合评价的研究工作。近期的研究如于丹丹等人(2017)^[3]利用因子分析方法从医学生创新能力的角度分析高校科研管理影响因素; 刘占波等人(2017)^[4]利用数据挖掘技术对大数据环境下的高校科研管理系统进行设计; 莫绍强和刘江林(2017)^[5]利用分层结构对高校科研管理信息系统进行架构设计等。目前, 我国运用 DEA 模型对高校科研管理效率评价综述如下。从评价对象来看, 张大伟(2009)^[6]利用西北工业大学 13 个工科学院科研管理效率数据; 李晓斌(2013)^[7]利用河南省高校二级院系科研效率数据从高校的微观层面进行研究; 陈浩(2014)^[8]利用我国各省高校 2003-2009 年科研效率数据; 姜彤彤(2014)^[9]利用我国各省高校 2001-2011 年人文社科科研效率数据; 王惠等人(2015)^[10]根据江苏省各高校 2007-2012 年科研效率数据从省市的宏观层面进行研究。从评价内容来看, 戚涌等人(2008)^[11]、苏为华等人(2015)^[12]利用 BCC-DEA 和 Malmquist-DEA 模型评价高校的科研效率; 刘海燕(2007)^[13]运用 DEA 聚类分析评价中国各地区高等教育资源配置效率; 侯光明和晋琳琳(2005)^[14]运用 DEA 模型评价研究型大学建设绩效; 张垒等人(2005)^[15]评价高校知识产权投入产出效率; 赵强强等人(2009)^[16]利用我国

收稿日期: 2018-01-13

基金项目: 黑龙江省 2017 年度高等教育教学改革项目“音乐类学术型硕士研究生学习倦怠成因分析与对策研究——以黑龙江地区为例”和省属高校基本科研业务费科研项目“基于二次相对评价的我国音乐类院校科研管理效率评价研究”的阶段性成果。

作者简介: 王恒昕, 哈尔滨音乐学院研究生部副教授, 研究方向: 科研管理; 孙倩, 黑龙江科技大学讲师, 哈尔滨工业大学管理学院博士研究生, 研究方向: 管理决策、金融系统工程; 吴冲, 哈尔滨工业大学管理学院教授, 博士后, 博士研究生导师, 研究方向: 管理决策、金融系统工程。

中西部 18 个省主要高校的数据、陈洪转等人(2011)^[17] 利用我国 31 所主要高校的数据,运用 DEA 模型评价高校科研经费使用效率。

综上所述,国内外学者将 DEA 模型应用于高校科研管理方面的研究不少,但多以传统 DEA 模型或其改进模型为主,毕克新等人(2000)^[18] 提出将 AHP 和 DEA 相结合的二次相对评价,有效地剔除由于客观基础条件优劣对绩效评价的影响;但该方法也存在由于有效单元过多而使评价方法失效的可能。因此,本文通过改进数据包络 DEA 模型,来构建基于 AHP 和群组决策 DEA 模型的二次相对评价模型,并以此对高校的科研管理效率进行动态评价。

二、高校科研管理效率评价指标体系

本文采用的二次相对评价是在层次分析(AHP)基础上进一步采用群组决策约束锥 DAE 方法进行相对评价,分两个阶段进行^[19],下面给出指标体系的构建过程。

(一) 指标选取原则

一是所有指标及其数据都必须在中国国家机关主办的信息中心可以公开检索;二是指标数据必须覆盖要测算的全部高校;三是指标数据的发布必须连续和稳定。

(二) 指标选取数据源

中国知网中《研究型大学目录》包含 36 所研究型大学,其中,33 所“985 工程”大学,3 所“211 工程”大学。在 36 所大学中,研究型工科大学共 12 所,都属于“985”高校,在科研上具有很大的可比性,基本满足 DEA 方法对决策单元同类型的要求。因此,本文选取清华大学等 12 所研究型工科大学为决策单元。数据源为中华人民共和国教育部社会科学司编写,高等教育出版社出版的 2013-2016 年的《全国高等学校科技统计资料汇编》。由于目前能查到的最新版本《2016 年全国高等学校科技统计资料汇编》^[20] 于 2016 年 6 月编写,12 月出版,详细记录了 2015 年全国 1497 所高等学校科技活动投入和产出情况。因此,本文采用高校(t-2)年的科研数据作为参考指数,t 年的科研数据作为当前指数,即 2012、2013 年度的综合评价为群组决策 DEA 模型的两个输入,2014、2015 年度的综合评价为 DEA 模型的两个输出,依此类推。

(三) 指标体系构建

根据指标选取原则和参考文献的指标选择,并且基于论文主要偏向于研究型工科大学的科研管理效率,而物力所涉及的高校资产、占地面积以及图书藏量等对科技活动的产出影响相对较小,本文选取全时科技人员、科研经费作为科研投入指标,科技奖励、科研成果和科技交流作为科研产出指标。

三、评价方法

(一) C²R 模型

本文在用 C²R 模型评价高校科研管理效率的综合评价价值时,由于高校科研投入与产出存在一定的滞后性,输入为 2012、2013 年度数据处理后的 AHP 综合评价价值,输出为 2014、2015 年度数据处理后的 AHP 综合评价价值,包括 12 所研究型工科大学,即 12 个决策单元(DMU)。建立 C²R 模型如下:

$$\begin{aligned} \max &= \frac{u_{10}Y_{10} + u_{20}Y_{20}}{v_{10}X_{10} + v_{20}X_{20}} \\ \text{s.t.} &\begin{cases} \frac{u_{1j}Y_{1j} + u_{2j}Y_{2j}}{v_{1j}X_{1j} + v_{2j}X_{2j}} \leq 1 \\ u_1, u_2, v_1, v_2 \geq 0 \\ j = 1, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

其中, y_{1j} 和 y_{2j} 表示第j所高校科研效率的两个输出, x_{1j} 和 x_{2j} 为两个输入; u_{1j} 和 u_{2j} 表示第j所高校科研效率的两个输出权重, v_{1j} 和 v_{2j} 表示两个输入的权重。根据公式(1)计算得出的12所高校科研效率的综合评价价值 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_{12}$ 和各个权重的值,评价价值和权重如以下矩阵所示:

$$\begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} & \dots & u_{1j} \\ u_{21} & u_{22} & u_{23} & \dots & u_{2j} \\ v_{11} & v_{12} & v_{13} & \dots & v_{1j} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & \dots & v_{2j} \\ \theta_1 & \theta_2 & \theta_3 & \dots & \theta_j \end{pmatrix}_{5 \times 12} \quad j = 12 \quad (2)$$

(二) 群组决策约束锥

1. 令 $u_1, u_2, v_1, v_2 \geq 0$,用C²R模型求解每个决策单元的相对效率和相对应的权重向量u和v

$$u = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} & \dots & u_{1j} \\ u_{21} & u_{22} & u_{23} & \dots & u_{2j} \end{pmatrix}_{2 \times 12} \quad j = 12 \quad (3)$$

$$v = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & \dots & v_{1j} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & \dots & v_{2j} \end{pmatrix}_{2 \times 12} \quad j = 12 \quad (4)$$

2. 在求出输入、输出各个分量权重向量u和v的基础上,求出输入(输出)各个分量权重系数两两比较的结果,可用权重系数比较矩阵表示^[21]

$$U_k = \begin{pmatrix} 1 & u_{1k}/u_{2k} \\ u_{2k}/u_{1k} & 1 \end{pmatrix} \quad k = 1, 2, 3, \dots, 12 \quad (5)$$

$$v_k = \begin{pmatrix} 1 & v_{1k}/v_{2k} \\ v_{2k}/v_{1k} & 1 \end{pmatrix} \quad k = 1, 2, 3, \dots, 12 \quad (6)$$

其中, u_{1j}/u_{2j} 表示第j所高校科研效率第一个和第二个输入指标间相对重要程度的比值; v_{1j}/v_{2j} 表示第j所高校科研效率第一个和第二个输出指标相对重要程度的比值。

3. 计算得出群组综合判断矩阵

这里,我们如果令12所研究型工科大学科研管理效率的判断矩阵分别为 $A_k = U_k = a_{ijk}, B_k = V_k = b_{ijk}, k = 1, 2, \dots, 12$,那么则 $A = a_{ij} = \prod_{k=1}^{12} a_{ijk}^{1/12}$ 和 $B = b_{ij} = \prod_{k=1}^{12} b_{ijk}^{1/12}$ 分别为群组综合判断矩阵。

如果设 $a_{ijk}, k=1, 2, \dots, 12, a_{ijk} (k=1, 2, \dots, k-1) \geq a_{ij}$, $a_{ijk} (k=k+1, \dots, 12) \leq a_{ij}$, 则 u_1 和 u_2 取值范围如下:

$$U = \left[a_{ij} - \rho \cdot \frac{\sum_{k=k+1}^{15} (a_{ij} - a_{ijk})}{12-1}, a_{ij} + \rho \cdot \frac{\sum_{k=1}^{k-1} (a_{ijk} - a_{ij})}{12-1} \right] \quad (7)$$

如果设 $b_{ijk}, k=1, 2, \dots, 12, b_{ijk} (k=1, 2, \dots, k-1) \geq b_{ij}$, $b_{ijk} (k=k+1, \dots, 12) \leq b_{ij}$, 则 v_1 和 v_2 取值范围如下:

$$V = \left[b_{ij} - \rho \cdot \frac{\sum_{k=k+1}^{15} (b_{ij} - b_{ijk})}{12-1}, b_{ij} + \rho \cdot \frac{\sum_{k=1}^{k-1} (b_{ijk} - b_{ij})}{12-1} \right] \quad (8)$$

其中, $0 < \rho \leq 1$ 。可以通过调整系数 ρ 来控制取值范围。由以上步骤, 计算得到群组决策约束锥。

(三) 群组决策约束锥 DEA 模型

在群组决策 DEA 约束锥以及群组效率极大化假设的基础上, 则可建立群组决策 DEA 模型^[22]:

$$\begin{cases} \max = \frac{u_{10}Y_{10} + u_{20}Y_{20}}{v_{10}X_{10} + v_{20}X_{20}} \\ s.t. \begin{cases} \frac{u_{1j}Y_{1j} + u_{2j}Y_{2j}}{v_{1j}X_{1j} + v_{2j}X_{2j}} \leq 1 \\ u_1 \in U, u_2 \in U, v_1 \in V, v_2 \in V \\ j = 1, \dots, n \end{cases} \end{cases} \quad (9)$$

根据上述公式可以得出 12 所高校科研效率的综合评价价值 $\theta_1^*, \theta_2^*, \theta_3^*, \dots, \theta_{12}^*$; 评价价值和各个权重的权重比值如以下矩阵所示:

$$\begin{vmatrix} u_{11}/u_{21} & u_{12}/u_{22} & u_{13}/u_{23} & \dots & u_{1j}/u_{2j} \\ v_{11}/v_{21} & v_{12}/v_{22} & v_{13}/v_{23} & \dots & v_{1j}/v_{2j} \\ \theta_1^* & \theta_2^* & \theta_3^* & \dots & \theta_{15}^* \end{vmatrix}_{3 \times 15} \quad j = 12 \quad (10)$$

四、实证研究

(一) 样本数据的预处理

对原始数据进行标准化处理, 数据共包括 12 所研究型工科高校的科研管理效率评价的 16 个指标。

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_j} \quad (11)$$

其中, \bar{X}_j 为样本均值, S_j 为样本标准差。

$$\bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (12)$$

$$S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \quad (13)$$

(二) AHP 调查问卷设计

为了确定指标权重, 以高校 40 位专家为调查对象, 通过电子邮件的形式发放问卷, 通过实际收回的 23 份问卷对 12 所高校科研管理效率评价指标体系进行评估。

(三) AHP 权重的确定

1. 一级指标权重计算过程

根据有效问卷的 23 位专家调查评价结果, 构造各一级指标模糊互补判断矩阵并进行一致性检验, 这里我们取临界值 $\varepsilon = 0.1$, 计算结果如表 1 所示。

表 1 各一级指标判断矩阵及权重

一级指标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	权重
X_1	1	2	4	3	1	0.3156
X_2	1/2	1	3	5	2	0.2873
X_3	1/4	1/3	1	2	1/3	0.0938
X_4	1/3	1/5	1/2	1	1/4	0.0642
X_5	1	1/2	3	4	1	0.2392
一致检验	CI = 0.056, RI = 1.12, CR = CI/RI = 0.05 < 0.1, 因此通过一致性检验					

2. 二级指标的判断矩阵计算过程

由于计算过程同上, 相关数据从略, 直接给出各二级指标在评价模型中的最终权重: (0.1935, 0.1000, 100221, 0.0967, 0.0038, 0.0424, 0.0277, 0.1167, 0.0453, 0.0335, 0.0150, 0.0420, 0.0222, 0.1025, 0.0723, 0.0643)。

(四) 二次相对评价结果

首先, 应用传统的 C^2R 模型计算 12 所研究型工科高校科研管理效率相对效率的测算结果及权重; 其次, 按照群组决策 DEA 模型计算步骤进行计算, 得出高校科研管理效率二次相对效率评价价值以及权重, 如表 2 所示; 最后, 根据 θ^* 的大小对各高校的科研管理效率进行排序。

表 2 12 所高校科研管理效率二次相对评价效率值及排名

评价单元	θ (C^2R 模型计算的效率值)	u_1/u_2 (两个输出指标的权重比值)	v_1/v_2 (两个输入的权重比值)	θ^* (群组决策计算的效率值)	排名
清华大学	1.000	1.315	1.355	1.000	1
北京航空航天大学	0.826	1.326	1.357	0.793	6
北京理工大学	0.675	1.275	0.715	0.642	8
天津大学	0.523	1.298	0.724	0.526	10
大连理工大学	0.731	1.324	1.732	0.658	7
东北大学	0.846	1.302	1.003	0.815	5
哈尔滨工业大学	1.000	1.377	1.725	0.964	2
同济大学	0.806	1.254	0.404	0.876	4

中国科学技术大学	0.477	0.689	0.474	0.483	12
华中科技大学	0.936	1.278	0.910	0.921	3
西北工业大学	0.519	1.305	1.000	0.514	11
华南理工大学	0.543	1.361	1.632	0.532	9

五、结论

由表 2 中的数据我们可以看出,测算结果定义为 12 所研究型工科高校科研管理的相对效率评价价值,也可看作高校从 2012 年到 2015 年的努力程度。传统 C²R 模型存在有效单元过多的问题,例如,清华大学和哈尔滨工业大学的值都等于 1,都成为标杆高校,这样不利于排序,不能测算出各个高校间的差距。相对而言,在采用群组决策 DEA 模型计算时,有效单元降为只有清华大学,也就是说,只有清华大学成为标杆高校,才能有效地对各高校科研管理主观努力程度进行排序。由此可见,本文构建基于 AHP 和群组决策 DEA 模型的二次相对评价方法来评价高校科研管理效率,转变传统的静态评价模式,刻画高校科研管理效率相对变化程度。该评价方法具有很强的优越性,评价结果也基本反映了我国研究型工科高校科研管理的实际情况,进一步完善了科研管理的评价体系和模型。

参考文献:

- [1] [2] [8] 陈浩. 基于理想窗宽的 DEA 视窗分析模型的我国高校科研评价[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学博士学位论文, 2012: 24-25.
- [3] 于丹丹, 等. 基于因子分析的医学生创新能力的高校科研管理影响因素研究[J]. 中国高等医学教育, 2017(10): 11-12.
- [4] 刘占波, 王立伟, 王晓丽. 大数据环境下基于数据挖掘技术的高校科研管理系统的设计[J]. 电子测试, 2017(2): 44-45.
- [5] 莫绍强, 刘江林. 基于分层结构的高校科研管理信息系统架构设计[J]. 现代电子技术, 2017(40): 173-175.
- [6] 张大伟. 基于 DEA 方法的高校学院科研管理效率评价研究[J]. 科技管理研究, 2009(3): 134-136.
- [7] 李晓斌. 基于 DEA 的高校二级院系科研效率评价研究[J]. 科技管理研究, 2013(6): 55-58.
- [9] 姜彤彤. 我国各省高校人文社科科研效率评价及区域差异研究[J]. 科技管理研究, 2014(15): 92-96.
- [10] 王惠, 王树乔, 李小聪. 基于 DEA 方法的江苏省高校科研效率评价研究[J]. 科技管理研究, 2015(7): 92-96.
- [11] 戚涌, 李千目, 王艳. 一种基于 DEA 的高校科研绩效评价方法[J]. 科学学与科学技术管理, 2008(12): 178-182.
- [12] 苏为华, 罗刚飞, 曾守楨. 高等学校科研效率评价研究——以浙江省为例[J]. 科研管理, 2015(9): 141-148.
- [13] 刘海燕. 中国各地区高等教育资源配置的 DEA 聚类分析研究[J]. 求索, 2007(8): 117-119.
- [14] 侯光明, 晋琳琳. DEA 方法在研究型大学建设绩效评价中的应用[J]. 高教发展与评估, 2005(5): 25-29.
- [15] 张垒, 等. 基于 DEA 的高校知识产权投入产出效率评析[J]. 高等教育研究: 成都, 2010(1): 1-5.
- [16] 赵强强, 陈洪转, 俞斌. 利用截面数据对地域高校科研经费使用效率评价[J]. 科学学与科学技术管理, 2009(9): 119-123.
- [17] [22] 陈洪转, 等. 基于滞后 DEA 的我国高校科研经费使用效率评价[J]. 管理评论, 2011(8): 72-77.
- [18] 毕克新, 吴勃英, 冯英俊. 测算高校 R&D 综合实力的二次相对评价方法[J]. 管理科学学报, 2000(3): 89-94.
- [19] 李有全. 基于扩展的 BRE 模型的国内航空公司竞争力评价研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学硕士学位论文, 2010: 55-56.
- [20] 中华人民共和国教育部科学技术司. 2016 年高等学校科技统计资料汇编[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016: 12.
- [21] 王宇, 冯英俊, 庄思勇. 群组决策 DEA 模式研究[J]. 中国软科学, 2004(10): 55-60.

Management Efficiency Evaluation of Scientific Research in University Based on AHP and Group Decision DEA model

WANG Heng-xin¹, SUN Qian², WU Chong²

(1. Harbin Conservatory of Music, Harbin 150025, China;

2. School of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: Scientific research in universities is one of the important ways to improve our country's capacity for independent innovation and to achieve innovation driven. Due to lag factors in the input and output of scientific research, this paper builds a secondary relative evaluation model based on Analytic Hierarchy Process (AHP) and Group Decision Data Envelopment Analysis (DEA), in order to improve dynamic evaluation of the management efficiency of university's scientific research.

Key words: secondary relative evaluation; AHP; Group Decision DEA; management efficiency of scientific research