

A Study on the Operational Efficiency Evaluation of Key Laboratories in A Province

Yali Lu, Ling Zhang, Fangyu Liu

School of Management and Economics, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou Henan
Email: ZHANGling198883@163.com

Received: Dec. 5th, 2017; accepted: Dec. 17th, 2017; published: Dec. 26th, 2017

Abstract

This paper expounds the importance of the analysis of the key laboratories' efficiency in colleges and universities. Based on the theory of data envelopment analysis (DEA) and cost-benefit analysis, this paper constructs the evaluation system of 44 key laboratories in A province. The efficiency of the 44 laboratories in A province was calculated by using the VRS model in the DEAP2.1 software, and the data was analyzed. The results show that 11 laboratories are effective for DEA, as well scale and technical efficiency are best. For non-DEA effective laboratories to adjust the input and output, there are 33 laboratories in researchers, three years of actual funds, the laboratory area, the original value of equipment are redundant. Finally the result of the research will help the key laboratory standardized operation and scientific management in the future.

Keywords

Data Envelopment Analysis (DEA), Cost-Benefit Analysis, Operational Efficiency Index Evaluation

A省高校重点实验室运行效率评价研究

卢亚丽, 张 玲, 刘芳宇

华北水利水电大学, 管理与经济学院, 河南 郑州
Email: ZHANGling198883@163.com

收稿日期: 2017年12月5日; 录用日期: 2017年12月17日; 发布日期: 2017年12月26日

摘 要

本文阐述了高校重点实验室运行效率分析的重要性, 在数据包络分析法(DEA)和成本效益分析的理论基

基础上, 构建A省44家高校重点实验室运行效率指标评价体系。应用DEAP2.1软件中面向投入的VRS模型计算A省这44家实验室的效率, 并对数据进行分析。结果表明其中11家实验室为DEA有效, 规模效率、技术效率最佳。对非DEA有效实验室进行投入产出调整, 有33家实验室中研究人员总人数、三年实到全部经费、实验用房面积、仪器设备原值方面均有冗余。该研究成果有助于今后高校重点实验室规范运行和科学管理。

关键词

数据包络分析法(DEA), 成本效益分析, 运行效率指标评价体系

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高校重点实验室作为出成果、出人才的重要基地, 促进了基础和应用基础的研究, 为解决社会发展中的重大科学技术问题打下良好的基础, 也为培养新型人才、科技成果的转化和对外科技合作提供了条件[1]。省级高校重点实验室建设和运行经费投入的主渠道是省财政专项拨款, 为使高校重点实验室不断保持研究活力, 保证财政投入效应发挥最大化作用, 有必要对高校重点实验室运行效率进行评价, 为高校重点实验室的规范管理提供科学、合理的依据。从国内外关于基础研究创新平台的评估和科技投入、产出效率等方面的研究情况看, 有以下三个问题值得我们注意。1) 从研究对象和内容来看, 国外对基础研究创新平台的评价起步早, 制度较为健全, 评价指标体系能充分切合基础研究工作的特性。国内方面目前对基础研究创新平台的评价研究更多的还局限于对以往成绩或绝对存量的考察, 较少考虑投入因素[2]。2) 在指标选取和评价方法选择角度; 相关文献研究涉及的基础研究创新平台国家重点实验室评估指标在标准上存在较大的模糊空间, 多数研究都建立了“一揽子”的输入指标和输出指标, 评价体系层次不清、主次不分, 随意性较大, 评价结果特别容易受到个别指标的影响, 导致评价结果精确度差[3]。3) 有些评估要素很难量化, 人为等影响因素过多, 可操作性不强[4], 甚至有些还需要进行指标的无量纲转换, 增加了评估过程的复杂性[5]。

如何更好地对基础研究创新平台运行效率评价, 本文首先在认识高校重点实验室运行效率评价的内涵的基础上, 从成本效益分析原理基础上进行评价指标的筛选。最后, 运用经典效率评价方法 DEA 对 A 省 44 家重点实验室进行实证研究。

2. 高校重点实验室运行效率评价指标体系的构建

2.1. 评价体系指标的选择

按照成本效益分析的原则, 在选择评价指标时必然要考虑与绩效相关的政府投入成本和衡量高校重点实验室对政府资源的使用效率。从系统的角度来看, 政府对重点实验室科研活动的投入包括有形投入和无形投入[6]。有形投入主要是人力、财力、物力和管理, 具体来讲, 人力投入, 以具有较高专业技能的科研人员为主, 财力投入则包括科学研究杂费, 包括调研费、资料费、复印和打印费、咨询费、差旅费、上机费、成果鉴定费、会务费等, 物力投入, 包括科学研究材料费, 如进行科学研究时用到的药品、水电、原材料费用, 以及其他低值的易耗品等; 用于科学研究活动的固定资产折旧费及维修费。无效的

投入就是管理投入，主要包括政策上的扶持和优惠，但由于此项投入难以量化，不作为指标选择的依据。从产出效益来讲，高校重点实验室产出效益形式多种多样，包括科技直接产出、经济效益、社会效益。

2.2. 投入指标的筛选

指标体系的初选方法主要有分析法、综合法、交叉法等多种方法[7]。在对国家重点实验室运行效率评价指标的选择方面，除参照科技部最新颁布的国家重点实验室评估指标，结合国内影响比较大的学者开展的相关研究[8]，作者还通过实地调查、专家访谈等形式，根据国家重点实验室建设目标和评价意义，结合指标制定的原则，对指标进行了优化和修正[9]。

最终，我们确定了 4 个输入变量指标，即固定科研人员数量、三年实际到账经费、实验室总面积和实验室设备原值作为输入指标。具体分析如表 1 所示。

2.3. 产出指标的筛选

对产出指标，首先从直接产出、经济效益和社会效益三方面初选了 9 个指标，然后按照投入指标筛选的方式对产出指标的重要性请专家进行打分确定，最后筛选出的产出指标。确定的产出指标分别为发表论文数量、通过鉴定或验收的科研项目(项)、获得专利(项)、成果转化获得横向课题(项)、开放课题数。具体分析如表 2 所示。

Table 1. The key laboratory operation efficiency evaluation index screening
表 1. 高校重点实验室运行效率评价投入指标筛选

指标类型	投入指标	专家打分均值	专家打分标准差	综合意见说明
人力	高职人员占固定人员比例	2.40	1.25	不能表示实验室人力资源投入总体情况
	固定科研人员数量	3.87	0.81	反映人力资源投入的总体情况
	中青年(35~49岁)人才占固定人员比例	2.40	1.20	不能表示实验室人力资源投入总体情况
	博士学历人员占固定人员比例	2.40	1.14	不能表示实验室人力资源投入总体情况
	学术带头人	2.67	1.07	标准不能统一，不具有代表性
	流动人员人数	1.93	0.93	在室时间普遍较短，难以统计
	流动人员来源单位数量	2.53	1.31	尚未很好的整合不同单位资源，不具有代表性
财力	三年实到全部经费	4.00	0.97	可反映资金投入，包括了政府经费、横向科研经费等，因此选取
	依托单位投入经费	2.93	1.65	各依托单位投入所占比例小，不具有代表性
物力	实验用房面积	3.73	0.93	由于实验室与学科类型关联，建议选择
	仪器设备原值	4.00	0.89	反映投入的固定设备价值，选取
管理	依托单位的支持	1.87	1.15	投入的主要因素，但是可以体现在人力、场地等指标中
	实验室内部规章制度建设	1.93	1.18	规章制度，不同学校不同学科差别较大，不具有可比性
	团队协作激励措施	2.60	0.88	不同学校环境，激励措施难以比较

Table 2. The key laboratory operation efficiency evaluation output index screening
表 2. 高校重点实验室运行效率评价产出指标筛选

指标类型	产出指标	专家 打分 均值	专家 打分 标准差	综合意见说明
直接产出	发表论文(篇)	4.00	0.82	反映重点实验室科技产出的贡献
	培养的硕士、博士以及博士后数量	2.47	1.41	不同重点实验室拥有的点不尽相同,不具有共性
	通过鉴定或验收的科研项目(项)	3.87	0.81	所有重点实验室都有成果鉴定,该指标可以反映全部重点实验室的共性特点
	国家、省部级获奖成果	2.67	1.53	可由优秀中青年数量概括体现
经济效益	技术转让额	2.07	1.06	从事纯基础研究的实验室没有此项,不能反映共性特点
	获得专利(项)	3.87	0.62	反映实验室获取知识产权专利
	成果转化获得横向课题(项)	4.13	0.72	反映重点实验室研究成果的实践意义
社会效益	主办国内外学术交流活动的数量	2.87	1.82	不同类型的重点实验室开展学术交流活动的层次或频率不一致,不具有可比性
	开放课题数	3.53	0.96	开放课题反映开放度,具有社会效益

3. 评价方法的确定

3.1. DEA 方法的特点

实际上“效率”或“相对有效性”的概念也是指产出与投入之比,不过是加权意义之下的产出投入比。DEA 作为一种效率评价工具,不断得到完善并在实际工作中被广泛运用,DEA 特别适用于具有多输入多输出的复杂系统[10],这主要体现在以下几点:

- 1) DEA 以决策单元各输入输出的权重为变量,从最有利于决策单元的角度进行评价,从而避免了确定各指标在优先意义下的权重;
- 2) 假定每个输入都关联到一个或者多个输出,而且输出输入之间确实存在某种关系,使用 DEA 方法则不必确定这种关系的显示表达式;
- 3) DEA 最突出的优点是无需任何权重假设,每一输入输出的权重不是根据评价者的主观认定,而是由决策单元的实际数据求得的最优权重。因此,DEA 方法排除了很多主观因素,具有很强的客观性。

3.2. DEA 效率评价的三个维度内涵

3.2.1. 基础概念

1) 生产前沿面:实际上是指由观察到的决策单元的输入数据和输出数据的包络面的有效部分,这也是称谓“数据包络分析”的原因所在。决策单元为 DEA 有效,也即相应于生产可能集而言,以投入最小、产出最大为目标的 Pareto 最优。因此,生产前沿面即为 Pareto 面(Pareto 最优点构成的面)。

2) 技术有效:输出相对输入而言已达最大,即该决策单元位于生产函数的曲线上。(其实这就是前面一直提到的相对有效性,注意,技术有效于纯技术有效是不同的,有文献指出,技术效率等于纯技术效率与规模效率的乘积)。

3) 规模有效:指投入量既不偏大,也不过小,是介于规模收入收益由递增到递减之间的状态,即处于规模收益不变的状态。

3.2.2. 三个维度-技术效率、技术纯效率和规模效率的关系

C2R 模型假定 DMU 的规模收益不变, 将用 C2R 模型求解的效率值称为技术效率(TE), 也可以称 DEA 效率。TE 是测度当规模报酬不变时, DMU 与生产前沿面的距离;

BC2 模型假定 DMU 的规模收益是变化的, 将用 BC2 模型求解的效率值称为纯技术效率(PTE)。PTE 是测度当规模报酬可变时, DMU 与生产前沿面的距离。

根据乘法原理, 从综合技术效率中剔除掉纯技术效率的影响, 即为规模效率(SE)。SE 是测度当规模报酬可变时的生产前沿面与规模报酬不变时的生产前沿面的距离。

即 $SE = TE/PTE$, 可以求出规模效率 SE。

4. A 省 44 家省级高校重点实验室评价分析

4.1. 数据准备

收集 A 省 44 家省级高校重点实验室的投入和产出数据, 指标基本情况说明如表 3 所示。

4.2. 效率分析

采用 DEAP2.1 软件中面向投入的 VRS 模型计算 A 省这 44 家实验室的效率, 结果如表 2 所示。求解结果如表 4。

如表 4 所示, 综合技术效率 = 纯技术效率 * 规模效率, 综合技术效率、纯技术效率和规模效率的值取值区间[0, 1]越接近 1 越好。根据表 4 可以发现, 编号 5、7、8、17、18、22、24、26、31、38、44 的规模效率、技术效率都为 1 表明实际生产规模已是最优, 综合技术效率值为 1, 说明这些决策单元综合有效(即 DEA 有效), 被评价单元在投入产出上处于最佳状态。在剩下的非 DEA 有效的 DMU 中编号 6、13、29、34、37、40、42 的实验室技术效率为 1, 规模效率 < 1, 处于规模收益上升阶段, 应该加大对该实验室的投入规模, 来提高实验室的综合效率。编号 21、43 的被测单元技术效率为 1, 但是规模收益处在递减趋势状态, 需减少对其的投入规模。剩余的非 DEA 有效且技术效率不为 1 的实验室中除了编号 12、23 两个实验室规模收益处在递减的趋势, 其余的全部处在递增的状态, 需提高实验室的管理技术水平, 同时加大对其规模投入来提高综合效率。

由表 4 可以看出, A 省 44 家实验室的综合技术效率平均值为 0.716, 根据综合效率值将实验室分为三类, 设 $\bar{\theta}$ 为综合技术效率平均值, 则相对有效类 $\theta = 1$, $0 < \bar{\theta} < \theta$ 为相对综合效率较低的单位, $\bar{\theta} < \theta < 1$ 的相对综合效率较高的单位。如表 5 所示。

Table 3. The input and output indexes of key laboratory in A provincial universities

表 3. A 省高校重点实验室的投入与产出指标

分类	变量	含义	单位
投入指标 X	X1	研究人员总人数	人
	X2	三年实到全部经费	万元
	X3	实验用房面积	平方米
	X4	仪器设备原值	万元
产出指标 Y	Y1	获得专利	项
	Y2	成果转化获得横向课题	项
	Y3	通过鉴定或验收的科研项目	项
	Y4	发表论文	篇
	Y5	设置开放课题数	项

Table 4. The results of the input VRS model are calculated
表 4. 面向投入的 VRS 模型计算结果

决策单元 firm	综合技术效率 crste	纯技术效率 vrste	规模效率 scale	规模效益状态	评定结论
1	0.732	0.996	0.735	irs	
2	0.398	0.399	0.998	irs	
3	0.701	0.824	0.85	irs	
4	0.388	0.746	0.521	irs	
5	1	1	1	-	决策单元综合有效
6	0.987	1	0.987	irs	纯技术有效
7	1	1	1	-	决策单元综合有效
8	1	1	1	-	决策单元综合有效
9	0.593	0.631	0.939	irs	
10	0.453	0.626	0.725	irs	
11	0.746	0.822	0.908	irs	
12	0.741	0.745	0.995	drs	
13	0.789	1	0.789	irs	纯技术有效
14	0.176	0.466	0.377	irs	
15	0.575	0.619	0.93	irs	
16	0.472	0.487	0.968	irs	
17	1	1	1	-	决策单元综合有效
18	1	1	1	-	决策单元综合有效
19	0.271	0.467	0.58	irs	
20	0.557	0.607	0.918	irs	
21	0.927	1	0.927	drs	纯技术有效
22	1	1	1	-	决策单元综合有效
23	0.696	0.714	0.975	irs	
24	1	1	1	-	决策单元综合有效
25	0.7	0.723	0.968	irs	
26	1	1	1	-	决策单元综合有效
27	0.579	0.62	0.933	irs	
28	0.582	0.586	0.993	irs	
29	0.549	1	0.549	irs	纯技术有效
30	0.684	0.725	0.943	irs	
31	1	1	1	-	决策单元综合有效
32	0.592	0.984	0.601	irs	
33	0.416	0.745	0.558	irs	
34	0.661	1	0.661	irs	纯技术有效
35	0.335	0.52	0.645	irs	
36	0.585	0.851	0.688	irs	
37	0.865	1	0.865	irs	纯技术有效
38	1	1	1	-	决策单元综合有效
39	0.693	0.956	0.725	irs	
40	0.942	1	0.942	irs	纯技术有效
41	0.421	0.441	0.955	irs	
42	0.757	1	0.757	irs	纯技术有效
43	0.951	1	0.951	drs	纯技术有效
44	1	1	1	-	决策单元综合有效

Table 5. A provincial key laboratory comprehensive technical efficiency classification
表 5. A 省高校重点实验室综合技术效率分类

	相对有效	相对高效	相对低效
实验室编号	5、7、8、17、18、22、 24、26、31、38、44	1、6、11、12、13、 21、37、40、42、43	2、3、4、9、10、14、15、16、 19、20、23、25、27、28、29、 30、32、33、34、35、36、39、41

其中相对有效的占 25%，相对高效的占 22.7%，相对低效的占 52.3%。数据表明相对效率较低的实验室数量占比较大，超过总体数量的一半以上。未来改进方案中应该重点改进相对效率较低的且规模收益处在递增的实验室综合技术效率，对于规模收益成下降趋势的实验室，应该减少投入规模已达到最佳综合技术效率。

4.3. 对非 DEA 有效的实验室进行投入产出调整

为了进一步挖掘非 DEA 有效单位的投入产出存在的问题，下面进行投入产出调整分析。分析结果如表 6 所示。

从表 6 可以看出，非 DEA 有效的 33 家实验室中研究人员总人数、三年实到全部经费、实验用房面积、仪器设备原值方面均有冗余。造成投入冗余的原因，一方面可能是实验室面积和全部的经费未发挥其累计作用。长期产能未计算在内；另一方面固定人员仅参与管理实验室，不参与实验室的产出。

从产出方面在获得专利、成果转化获得横向课题、通过鉴定或验收的科研项目、发表论文方面存在着严重不足。特别是 15、32、33 实验室在发表论文方面存在着严重不足。

为使非有效的单元转化为 DEA 有效的，还需考虑规模收益状态。以 2 号实验室为例在研究人员总人数、三年实到全部经费、实验用房面积、仪器设备原值方面冗余量分别是 37、1577、5800、6226。而该实验室在成果转化获得横向课题、发表论文方面需要提高 25 项和 68 篇，因为该实验室处在规模收益递增阶段，因此应该调整投入方向。对于表中的编号 13、21、29、34、37、40、42、43 的实验室由于投入、产出的调整量均为 0，仅需根据规模收益递增加大各投入指标的比例即可提高综合效率。

5. 结论与展望

通过本文基于成本效益分析，初步确定了包括人力、财力、物力和管理四个方面的投入指标和包括直接产出、经济效益和社会效益三个方面的产出指标。采用专家对各个指标重要性打分的方式筛选重要指标，最终确定了投入指标 4 个，分别为固定科研人员数量、三年实际到账经费、实验室总面积和实验室设备原值作为输入指标。产出指标 5 个，分别为发表论文数量、通过鉴定或验收的科研项目(项)、获得专利(项)、成果转化获得横向课题(项)、开放课题数。采用 DEAP2.1 软件中面向投入的 VRS 模型计算 A 省这 44 家实验室的效率，并对效率进行了分析，其中编号 5、7、8、17、18、22、24、26、31、38、44 的规模效率、技术效率都为 1 表明实际生产规模已是最优，综合技术效率值为 1，说明这些决策单元综合有效(即 DEA 有效)，被评价单元在投入产出上处于最佳状态。针对非 DEA 有效的实验室进行投入产出调整分析，发现非 DEA 有效的 33 家实验室中研究人员总人数、三年实到全部经费、实验用房面积、仪器设备原值方面均有冗余。造成投入冗余的原因，一方面可能是实验室面积和全部的经费未发挥其累计作用。

诚然，本文采用专家评分法筛选了重要指标，避免不了专家的主观性，今后可以进一步探索重要指标的筛选方法。

Table 6. The laboratory inputs the output adjustment analysis table
表 6. 实验室进行投入产出调整分析表

非 DEA 有效单位	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
1	0	-4	-5	-88	12	0	14	0	0
2	-37	-1577	-5800	-6226	0	25	0	68	0
3	-5	-255	-1082	-294	7	7	0	46	0
4	-5	-1624	-964	-1528	0	5	6	17	0
6	0	-1732	-111	-1049	0	47	13	96	0
9	-14	-1475	-2213	-1048	62	0	0	311	0
10	-34	-976	-1123	-562	10	11	0	0	3
11	0	-18	-6451	-618	0	40	26	195	0
12	-8	-928	-2271	-981	0	46	4	114	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	-46	-2592	-1089	-915	44	51	0	222	0
15	-20	-4791	-1040	-1490	72	69	0	405	0
16	-31	-663	-2756	-2916	0	0	1	33	0
19	-21	-1044	-1097	-1486	39	0	7	83	0
20	-19	-1241	-983	-1934	0	40	10	77	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	-22	-602	-745	-1470	0	39	0	89	8
25	-30	-206	-1541	-2156	0	0	2	0	0
27	-15	-1013	-1367	-1063	0	19	0	98	0
28	-28	-639	-3893	-3614	0	15	0	87	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	-7	-500	-1222	-1004	0	23	2	156	0
32	-4	-852	-19	-16	50	54	0	332	2.079
33	-8	-687	-332	-950	58	58	13	349	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	-40	-633	-2854	-736	21	0	4	0	2
36	-3	-834	-269	-1721	14	7	0	96	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	-1	-50	-1841	-41	1	0	0	60	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	-34	-2826	-1706	-2553	55	44	0	87	4
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0

基金项目

2017 年河南省高校重点科研项目(17050500072)。

参考文献 (References)

- [1] 樊华. 基于 DEA 的高校实验室效率评价[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(3): 154-157.
- [2] 周合兵, 杨美珠, 孙峰. 开放实验室绩效评估的实践与探索[J]. 中国现代教育装备, 2008(7): 106-107.
- [3] 刘洛娜. 利用关键绩效指标建立高校实验室管理评价体系[J]. 中州大学学报, 2006, 23(4): 94-95.
- [4] 师萍. 政府科技投入绩效评价与区域创新差异研究[M]. 北京: 中国经济出版社, 2013.
- [5] 张前荣. 基于 DEA 模型的区域科技投入相对效率的实证研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2009, 30(1): 79-82.
- [6] Reinharda, S. and Thijssen, G.J. (2000) Environmental Efficiency with Multiple Environmentally Detrimental Variables: Estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research*, **121**, 287-303.
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00218-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00218-0)
- [7] Thanassoulis, E., Kortelainen, M., Johnes, G., et al. (2011) Costs and Efficiency of Higher Education Institutions in England: A DEA Analysis. *Journal of the Operational Research Society*, **62**, 1282-1297.
<https://doi.org/10.1057/jors.2010.68>
- [8] Nazarko, J. and Šaparauskas, J. (2014) Application of DEA Method in Efficiency Evaluation of Public Higher Education Institutions. *Technological & Economic Development of Economy*, **20**, 25-44.
<https://doi.org/10.3846/20294913.2014.837116>
- [9] 谢焕瑛. 国家重点实验室评估体系研究[D]: [博士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2006.
- [10] 李美娟, 陈国宏. 数据包络分析法(DEA)的研究与应用[J]. 中国工程科学, 2003, 5(6): 88-94.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2167-664X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: mse@hanspub.org