

# 基于主成分分析法的国家工程技术研究中心运行评估

周琼琼<sup>1,2</sup> 曹煜中<sup>3</sup> 陈春阳<sup>2</sup>

(1. 国家科技基础条件平台中心, 北京 100862; 2. 西南交通大学经济管理学院, 四川成都 610031;  
3. 国家科学技术部发展计划司, 北京 100862)

**摘要:** 运行评价是国家工程技术研究中心过程管理的有效手段。文章应用主成分分析方法, 从工程中心规模、工程化能力和行业作用等方面选取了13个主要指标, 通过使用MATLAB软件对2003-2010年国家工程技术研究中心的总体运行效果进行综合评价。研究表明, 工程中心整体运行效果逐年变好, 表明经过多年建设国家工程中心已探索出行之有效的建设模式和发展路径。研究成果对促进工程中心稳定、持续发展具有一定的借鉴意义。

**关键词:** 国家工程技术研究中心; 主成分分析; 运行评价; 评价指标

中图分类号: G203

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2012.01.014

## Performance Evaluation of Chinese National Engineering Research Center Based on the Principal Component Analysis Method

Zhou Qionqiong<sup>1,2</sup>, Cao Yuzhong<sup>3</sup>, Chen Chunyang<sup>2</sup>

(1. National Science and Technology Infrastructure Center, Beijing 100862; 2. School of Economics and Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031; 3. Department of development planning, Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

**Abstract:** The performance evaluation of National Engineering Research Center (NERC) undertakes important work for the development and government decision. The analysis of performance evaluation of NERC has been the focus and people have paid close attention to it very much all the time. Based on principal component method, this paper has set up 13 indexes to evaluate the general performance of NERC from 2003 to 2010 with MATLAB software, and the research result shows that the general performance of NERC is better with each passing year attributed to the effective construction model and development path. The paper has an important significance to promote stable and sustainable development of NERC.

**Keywords:** Chinese National Engineering Research Center, principal component analysis, performance evaluation, evaluation index

## 1 引言

自1991年原国家科委启动组建国家工程中心以来, 经过20年的建设与发展, 工程中心经历了从无到有、从初建到蓬勃发展的过程, 在我国国民经济一些重要领域的整体布局已基本形成, 并建成

了一批有较大影响力的国家工程技术研究中心(以下简称工程中心)。工程中心作为联系科技与经济的重要纽带, 与国家实施的各项重大科技计划相互配合, 促进了科技与经济的有效结合, 推动了传统产业的技术进步, 加速战略性新兴产业的崛起, 已逐步发展成为国家创新体系的重要组成部分。

第一作者简介: 周琼琼(1981-), 女, 国家科技基础条件平台中心助研, 西南交通大学经济管理学院博士生, 研究方向: 科技平台管理、国家工程技术研究中心管理、科技型中小企业发展。

基金项目: 广东省科技计划项目“广东省科技服务业发展激励政策研究”(2010A040103006)。

收稿日期: 2011年12月8日。

国内外许多学者以工程中心为研究对象做了大量的研究工作，这些研究涉及工程中心组建、运行、管理的各个方面，例如，宋豪举<sup>[1]</sup>编译了美国工程研究中心计划的发展过程和资助模式；谭宗颖<sup>[2]</sup>编译了以问卷调查统计的方式探讨美国工程研究中心的实施效果；莫少群<sup>[3]</sup>介绍、研究了美国工程研究中心的建立、运行机制、成效、评估及意义等；许庆瑞等<sup>[4]</sup>从目标、管理模式、运行机制、技术定位等角度对中国、美国、澳大利亚的工程中心进行了比较研究，对工程中心运行管理的问题进行了探讨；汪涛、曹煜中、王发明<sup>[5-6]</sup>等对工程中心目标体系、运行模式及路径选择等进行了研究，这些研究工作主要集中在有关工程中心的政策环境及发展演进<sup>[7]</sup>、管理问题分析和建议<sup>[8]</sup>等方面。

工程中心运行评价是工程中心过程管理的有效手段，按照工程中心暂行管理办法规定，目前已经分批开展了4次总体运行评估工作，评估的对象为通过工程中心验收并运行两年以上的工程中心。在这4次运行评估中，虽然通过自评估、专家评审和现场考察等方式对每个中心的建设运行情况进行了较为全面的总结评价，但从工程中心管理决策角度，目前还缺少工程中心整体运行效果的对比分析，特别是按照时间序列的工程中心整体运行效果的定量比较分析。本文利用主成分分析法对2003—2010年工程中心的年度运行情况进行对比分析，分析影响工程中心在运行效果的主要因素和发展态势，以加强工程中心精细化管理，建立动态运行机制，促进工程中心稳定、持续发展，这对于制定工程中心未来发展目标、调整战略布局、优化管理模式、加强监督与指导具有一定的参考意义。

## 2 主成分分析法的基本思想

在多因素评价中，由于涉及指标多，各指标之间往往存在一定的相关关系，而且量纲差异大，不同指标难以进行直接比较，有必要从多个指标中构造出少数几个主要指标，使其既能综合反映原来指标的信息，又尽可能不含重复信息。主成分分析法<sup>[9]</sup>是将多个指标重新组合成一组相互独立的少数几个主要评价指标且反映原指标主要信息的方法。通过主成分分析方法来评价工程中心建设和运行成效具有一定的客观性和可操作性。主成分分析法的基本过程分为以下几个步骤：

(1) 选定指标和指标标准化处理

选择 $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$ 为一组评价工程中心运行情况的指标。

$$X'_i = \frac{X_i - E(X_i)}{\text{var}(X_i)}$$

其中， $E(X_i)$ 为 $X_i$ 期望值； $\text{var}(X_i)$ 为 $X_i$ 的方差。

(2) 计算 $X$ 的相关系数矩阵，求出特征方程和特征向量

设 $R_{ij}$ 为经过标准化处理后指标 $X_i$ 与 $X_j$ 之间的相关系数，则：

$$R_{ij} = \frac{\text{cov}(X_i, X_j)}{\text{var}(X_i) * \text{var}(X_j)} = E(X_i, X_j)$$

此公式中 $\text{cov}(X_i, X_j)$ 为 $X_i$ 与 $X_j$ 的协方差。

$$R = \frac{X * X^T}{n - 1}$$

$X^T$ 是 $X$ 的转秩矩阵。

由特征方程 $|R - \lambda_i I| = 0$  ( $I$ 为单位矩阵) 求出特征值和特征向量。

(3) 求主成分 $Z$ 及累计贡献率

通过计算可知主成分 $Z = BX'$ ，由特征值可求得各主成分的贡献率和累计贡献率。

(4) 选择主成分并构造综合评价函数 $F$

在构造影响力综合评价函数之前，先设定对主成分包含总体信息的程度，即累计贡献率。如希望主成分提供总体90%以上的信息，则对应的 $K_{\min} = S$ ，即 $TH_S$ ，将选择的 $S$ 个主成分构造影响力综合评价函数。

## 3 运行评价指标体系构建

国家工程技术研究中心运行评估工作立足于国家对工程中心的发展战略，紧密围绕工程中心的组建宗旨、目标定位，引导、鼓励各工程中心向规定建设目标发展，实现国家战略目标。国家工程中心运行评价的可行性和有效性，关键取决于建立一套科学、公正、客观并能在很大程度和范围内长期有效的评价指标体系。多年来，工程中心的运行评估多采用“目标—状态+效果”的技术路线，主要对工程中心的工程化能力、行业作用、开放服务、运行管理等方面的运行状况进行评价。为分析工程中心多年来建设和运行现状，研究在工程中心运行发展过程中的关键要素，以促进工程中心的优化调整和动态管理。本文借鉴工程中心已开展的4次工程

中心运行评估工作成果,从工程中心规模、工程化能力以及行业带动作用3方面选取了具有代表性的13个特征性指标,对工程中心的建设和运行情况运行主成分分析评价。具体指标说明如表1所示。

#### 4 工程中心运行评价实证分析

本文选取的2003-2010年工程中心13个指标数据均来自于《国家工程技术研究中心年度报告》<sup>[10]</sup>,分别将组建数量记为 $X_1$ 、总资产记为 $X_2$ 、总收入记为 $X_3$ 、实际投资额记为 $X_4$ 、R&D人员记为 $X_5$ 、

获得科技成果记为 $X_6$ 、申请专利记为 $X_7$ 、授予专利记为 $X_8$ 、承担科研项目记为 $X_9$ 、合作机构记为 $X_{10}$ 、转化科技成果记为 $X_{11}$ 、推广科技成果记为 $X_{12}$ 、培训人员记为 $X_{13}$ 。根据主成分分析模型,相关系数如表2所示。

从表3看出,前2个累计贡献率已经达到0.914761,因此可以选择2个主成分来代替原来的13个指标,前2个主成分对应的特征向量如表4所示。

从第一主成分特征值可以看出,在工程中心

表1 工程中心运行评价指标体系

一级指标	二级指标		指标说明
工程中心规模	组建数量		工程中心组建总数
	总资产		包括工程中心的固定资产原值、固定资产净值、流动资产、对外投资和其他资产等
	总收入		包括产品销售收入、技术转让收入、承包工程收入以及其他收入
	实际投资额		包括实际政府投资、实际社会投资、实际银行贷款、实际利用外资、实际自筹资金等
工程化能力	R&D人员		在工程中心总职工人数中,实际从事研发的人员数量
	获得科技成果		指通过吸收依托单位成果、引进国外技术、中心自身研发、吸收外单位成果等形成的科技成果
	申请专利		申请的各类专利(包括发明专利、实用新型等)
	授予专利		授予的各类专利(包括发明专利、实用新型等)
	承担科研项目		指包括承担的国家级、省部级、企事业单位委托、自主开发以及大型成套工程项目等
行业作用	合作机构		开展国内外大专院校、各类科研机构和企业
	转化科技成果		以技术入股方式转化项数+以技术转让方式转化项数+以技术承包方式转化项数+以技术服务方式转化项数
	推广科技成果		推广形成的新技术(新工艺)、新产品、新设备
	培训人员		为科研机构、企业等培训各类急需人才,包括管理人员、技术人员、工人、农民等

表2 2003-2010年工程中心运行指标相关系数阵

指标	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$
$X_1$	1	0.991106	0.893517	0.991277	0.984956	0.919757	0.985896	0.966094	0.956577	0.947092	0.762619	0.815547	0.572741
$X_2$		1	0.925476	0.989129	0.969365	0.94829	0.985026	0.971591	0.965904	0.961531	0.80515	0.817475	0.61613
$X_3$			1	0.932622	0.822494	0.995121	0.868696	0.830628	0.865168	0.8358	0.957657	0.76076	0.617801
$X_4$				1	0.959826	0.947525	0.974836	0.942284	0.958888	0.933822	0.816261	0.786581	0.581568
$X_5$					1	0.854854	0.982911	0.958591	0.945105	0.959027	0.661607	0.789779	0.622974
$X_6$						1	0.893059	0.870957	0.886807	0.859148	0.941938	0.79613	0.597286
$X_7$							1	0.974772	0.949068	0.96903	0.736375	0.828883	0.625692
$X_8$								1	0.938514	0.953989	0.701992	0.838107	0.509994
$X_9$									1	0.945181	0.694479	0.654935	0.595021
$X_{10}$										1	0.691085	0.744205	0.701585
$X_{11}$											1	0.757697	0.511993
$X_{12}$												1	0.431226
$X_{13}$													1

表3 主成份与特征值

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献/%
Z <sub>1</sub>	11.18578676	0.860445	0.860445
Z <sub>2</sub>	0.706105194	0.054316	0.914761
Z <sub>3</sub>	0.658338702	0.050641	0.965402
Z <sub>4</sub>	0.345736062	0.026595	0.991997
Z <sub>5</sub>	0.064120847	0.004932	0.99693
Z <sub>6</sub>	0.02678091	0.00206	0.99899

表4 前2个主成分对应的特征向量

指标	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
X <sub>1</sub>	0.294580	0.298130
X <sub>2</sub>	0.065994	0.032174
X <sub>3</sub>	0.157028	0.068265
X <sub>4</sub>	-0.05065	-0.06371
X <sub>5</sub>	-0.35718	0.038299
X <sub>6</sub>	-0.10107	0.120835
X <sub>7</sub>	0.226749	0.089958
X <sub>8</sub>	0.096023	-0.25392
X <sub>9</sub>	0.31066	0.247087
X <sub>10</sub>	-0.11056	0.17498
X <sub>11</sub>	-0.00807	-0.75737
X <sub>12</sub>	-0.71238	0.055053
X <sub>13</sub>	0.258722	-0.16219

规模建设评价方面，组建数量和总收入是工程中心运行效果的关键评价指标；在工程中心工程化能力评价方面，申请专利和承担科研项目是关键评价指标；在工程中心行业带动作用评价方面，培训人员是关键评价指标。从第二主成分特征值可以看出，除了组建数量和承担科技项目具有较高的正值外，获得科技成果和转化成果也是对工程中心的运行评价起到关键作用的指标。从统计学意义来讲，通过主成分分析法所得到的特征向量可以看出，组建数量、总收入、申请专利、承担科研项目和培训人员等5个指标可以在一定程度上更多地反映工程中心组建和运行所取得的成效。

根据以上分析，计算第一主成分和第二主成分的标准值，计算结果如表5所示。需要指出的是，由于主成分标准值的数据正负只是反映了各年度工程中心运行效果与平均水平的相对情况，将零点作为平均水平，得分为正表明处于平均水平之上，得分为负表示处于平均水平之下，按照第一主成分之值排序，结果显示从2003至2010年，工程中心的主成分值越来越高，2010年工程中心的运行效果评

表5 各主成分值与排名

年份	第一主成分	排名	第二主成分	排名
2003	-3.0977	7	-1.0252	7
2004	-3.1017	8	-0.6236	6
2005	-2.4885	6	-0.1602	5
2006	-1.5781	5	0.4723	3
2007	-0.0703	4	1.2415	1
2008	1.3243	3	0.6747	2
2009	2.5017	2	0.4484	4
2010	6.5103	1	-1.0278	8

价(PINZ<sub>1</sub>=6.5103)明显居于首位，远远超出其他几个年度，这说明不论是从工程中心建设规模、工程化和产业化水平及所发挥行业示范带动作用等方面，2010年都是工程中心快速发展、取得成效的关键一年。从主成分值可以看出，2008年以后，工程中心运行效果评价出现了较大的提高，随着工程中心组建规模的扩大，工程中心也逐步显现出其独特的价值，其联系科技与经济的重要纽带作用进一步彰显。本文所得出的主成分分析结果与工程中心的实际建设和运行情况较为符合，这说明采用主成分分析法来进行工程中心的运行评价具有一定的合理性和适用性。

## 5 研究结论

通过对工程中心的实证研究可以看出，2003至2010年工程中心的整体运行效果逐年变好，特别是从2008年开始，随着科研院所转制和创新型国家体系建设，企业逐渐成为自主创新主体，依托具有高成长性的行业龙头企业组建的企业类工程中心纳入国家工程中心组建序列，工程中心的整体建设水平有了显著提高。不论是公益类还是企业类的工程中心，都注重通过积极实施专利和标准战略，以及承担国家重大科研项目来提升行业关键技术研发能力和科技创新能力，以适用的高新技术、高附加值产品为突破口，积极探索工程化成果扩散、辐射机制，不断地向行业推广新技术、新产品和新工艺，对行业技术发展的引导、带动和示范作用逐步增强。此外，在运行服务方面，工程中心通过加强与国内外大专院校、科研机构、企业开展技术合作，举办各类技术培训班，培养了大批工程技术人员和具有管理能力的复合型人才队伍，取得了显著的经济效益和社会效益。

(下转第89页)

过程进行适应性的调整。如此反复循环,才能使产学研创新网络具有足够的弹性和科学适应能力,可以适应不断变化的技术及知识和市场等外部环境。

## 5 结 论

共生是自然界与人类社会的一种普遍现象,共生的本质就是协同与合作。区域产学研创新网络是一种以知识技术关联为基础,以地理靠近为特征,由相互作用、相互依存的创新组织有机构成的“生态群落”,与自然生态系统一样具有“共生”的行为特征。在区域产学研创新网络的运行中,存在着与自然界类似的生物依存链,彼此相关的创新主体将一损俱损,一荣俱荣。因此,为了长远生存和发展,网络内部产学研创新种群应该联合起来,营造并努力维护一个共生的创新生态环境。如何促进

区域产学研创新网络良性发展,用生态学“共生模式”去研究区域产学研创新系统的可持续性,既是亟待解决的现实问题,也具有重要的理论价值。

## 参考文献

- [1] Ron, Adner. Match Your Innovation Strategy to Your Innovation Ecosystem[J]. Harvard Business Review, 2006, 84(4):98-107.
  - [2] Kayano F, Chihiro W. Japanese and US Perspectives on the National Innovation Ecosystem[J]. Technology in Society, 2008, 30(1):49-63.
  - [3] 黄鲁成. 区域技术创新系统研究:生态学的思考[J]. 科学学研究, 2003, 21(2): 215-219.
  - [4] 刘友金, 易秋平. 区域技术创新生态经济系统失调及其实现平衡的途径[J]. 系统工程, 2005(10):97-98.
  - [5] 周青, 陈畴镛. 中国区域技术创新生态系统适宜度的实证研究[J]. 科学学研究, 2008(10):12-15.
- 
- (上接第 83 页)
- 综上所述,多年来工程中心秉承促进我国工程化、产业化能力,带动行业发展和技术进步的宗旨,探索出了一条行之有效的建设模式和发展路径,在人才培养、研发条件建设、提高工程化水平、推动行业技术进步、面向社会开放服务等方面取得了长足的进展,已经成为科技发展能力的重要标志之一。在未来新一轮国家创新体系建设中,工程中心应在坚持建设宗旨和定位基础上,进一步发挥促进经济、社会和民生发展,促进战略新兴产业崛起的重要作用,丰富系统功能和建设内容,展现出工程中心独特的战略地位和价值。
- ## 参考文献
- [1] 宋豪举. 美国国家自然科学基金会的工程研究中心计划(综合文摘)[J]. 世界科技研究与发展, 1990(6): 69-73.
  - [2] 谭宗颖. 美国工程研究中心计划的实施效果[J]. 研究与发展管理, 1993,5(4): 67-69.
  - [3] 莫少群. 工程研究中心:美国大学与工业关系的新模式[J]. 科学管理研究, 2001,19(4): 73-77.
  - [4] 许庆瑞, 郭斌, 陈劲. 中美澳工程研究中心比较研究[J]. 科研管理, 1996,17(3): 1-6.
  - [5] 汪涛, 张小珍, 汪樟发. 国家工程技术研究中心政策的历史演进及协调状况研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2010, 28(5): 697-703.
  - [6] 曹煜中, 王发明. 国家工程技术研究中心运行模式及路径选择研究[J]. 技术经济, 2008,27(2): 22-25.
  - [7] 王发明, 蔡宁. 国家工程技术研究中心理想运行目标体系研究[J]. 科技进步与对策, 2009,26(6): 26-28.
  - [8] 杨发明, 金鑫, 许庆瑞. 对我国工程研究中心存在问题的原因思考[J]. 科技管理研究, 1995(5): 14-18.
  - [9] 高惠璇. 应用多元统计分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005: 265-266.
  - [10] 曹煜中. 国家工程技术研究中心年度报告[R]. 中华人民共和国科学技术部发展计划司, 2003-2010.