

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2015.01.009

基于 AHP 与逻辑模型的科技项目 绩效评价方法

于晓辉¹, 石一丁², 孙红霞³

(1. 中国船级社质量认证公司 北京 100007; 2. 英国劳氏船级社 北京 100013; 3. 北京工商大学商学院 北京 100048)

摘要: 基于层次分析法 (AHP) 与逻辑模型, 提出了科技项目绩效评价的定量方法。以医学卫生领域科技项目为例, 梳理了科技项目绩效管理的框架和思路, 并为相关的科技项目管理者提供了科技项目绩效评价的方法和决策依据。

关键词: 科技项目, 绩效评价, 层次分析法, 医学卫生

The Performance Evaluation of Science and Technology Projects based on AHP

YU Xiao-hui¹, SHI Yiding², SUN Hongxia³

(1 China Classification Society Certification Company, Beijing 100007; 2 Lloyd's Register of Shipping, Beijing 100013; 3 Business School, Beijing Technology and Business University, Beijing, 100048)

Abstract: The performance evaluation of science and technology projects in Beijing medical health field is put forward based on the analytic hierarchy process (AHP) and logic model. Taking science and technology projects in medical health as an example, it is supposed to provide an effective management framework and solution for the performance evaluation of science and technology projects. Also, a performance evaluation way is given to relative project managers for them to make decision.

Keywords: Science and technology project; performance evaluation; the analytic hierarchy process; medical health

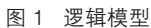
中图分类号: F204

基金项目: 国家自然科学基金资助 (71401003) ; 教育部人文社会科学青年项目资助 (14YJC630114)

作者简介: 于晓辉 (1982-), 女, 辽宁丹东人, 博士, 研究方向: 科技项目评价、合作博弈、风险管理、集团管控、企业人力资源管理, yuxiaohui513@163.com; 石一丁 (1981-), 男, 辽宁沈阳人, 博士, 研究方向: 定量风险分析等; 孙红霞 (1980-), 女, 山东德州人, 博士, 研究方向: 合作博弈理论及应用。

为了进一步科学地、定量化的评价科技项目的绩效,我们有必要构建科技项目的绩效评价体系,为以后的科技项目管理工作提供支撑。本文通过采用逻辑模型选定绩效指标,并利用运筹学中的层次分析法(AHP)设定指标权重,然后以医学卫生领域科技项目为例,构建了科技项目的绩效评价体系,为科技项目管理提供了新的思路与方法。

本文以逻辑模型为依据,从科技项目管理者角度,构建科技项目的绩效评价指标。一个科技项目从投入到产出结构,通常需要经历投入(资源)、活动、产出、效果等四个过程,本文将在科技项目结题时可以直接衡量的“效果”称为“结



①产出：科技项目投入所带来的活动以及活

动过程中所涉及的对象;

②结果:科技项目所产生的直接效果,即项目的直接效果,例如产生的SCI论文数量;

③影响:科技项目所产生的间接效果或作用,即项目结题时比较难以衡量的间接成果,例如科技项目对本学科发展的贡献;

④管理:科技项目负责人在项目实施过程中的管理情况,例如是否配合、以及项目是否出现审计问题等。

3 绩效指标的权重设定方法及流程

层次分析法^[10](The Analytic Hierarchy Process, 简称AHP)是美国运筹学家T.L.Satty教授在20世纪70年代初提出的,主要用于处理一

些复杂的决策问题,例如企业需要购买那些设备、学校中优秀学生的评选、人事部门决定如何从若干求职者中选取录用人员,等等。AHP通过分析复杂系统所包含的因素及相关关系,将问题条理化、层次化,构造一个层次分析结构模型,将每一层次的各要素两两比较,按照一定的标度理论,得到相对重要程度的比较标度并建立判断矩阵,计算判断矩阵的最大特征值及其特征向量,得到各层次要素对上层次各要素的重要次序,从而计算出权重,一般要经历四个步骤:

①建立系统的递阶层次结构,即建立指标间的层次关系;

②利用表1中的9标度法构造两两两两比较判断矩阵,例如

表1 9标度

相对重要程度	定义	说明
1	同等重要	两个指标同样重要
3	略微重要	由经验或判断,认为一个指标/方案略微重要
5	相当重要	由经验或判断,认为一个指标/方案比另一个重要
7	明显重要	深感一个目标/方案比另一个重要,且这种重要性已有实践证明
9	绝对重要	强烈的感到一个目标/方案比另一个重要得多
2, 4, 6, 8	两个相邻判断的中间值	需要折衷时采用

以A表示绩效目标, u_i 、 u_j ($i, j = 1, 2, \dots, n$)表示评价指标,则 u_{ij} 表示 u_i 对 u_j 的相对重要性数值,具体取值参照表1。由 u_{ij} 组成的判断矩阵E如下:

$$E = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & u_{nn} \end{pmatrix}$$

③根据判断矩阵,确定同一层次指标的相对权重,求出其最大特征值 $\lambda_{\max}$ 所对应的特征w,方程如下:

$$Ew = \lambda_{\max} w$$

所求特征w向量经归一化,即为各评价因素的重要性排序,也就是权重分配。一般采取方根法或者求和法计算最大特征值和特征向量的近似值,本文采用求和法来计算:

第一步：将矩阵按列归一化得到 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ，其中

$$a_{ij} = u_{ij} / \sum_{k=1}^n u_{kj}, i, j=1, 2, \dots, n.$$

第二步：计算权重 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ ，其中 $w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad i=1, 2, \dots, n.$

第三步：计算最大特征值 $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{(Aw)_j}{w_j}$ ，其中 $(Aw)_j$ 为 Aw 的第 j 个分量。

第四步：一致性检验。以上得到的权重分配是否合理。还需要对判断矩阵进行一致性检验。检验使用公式：

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

式中， CR 为判断矩阵的随机一致性比率； CI 为判断矩阵的一般一致性指标， RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标，1-10 阶的判断矩阵的 RI 值参见表 2。

表 2 平均随机一致性指标 RI 的值

阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

当判断矩阵 E 的 $CR < 0.1$ 时或 $\lambda_{\max} = n, CI = 0$ 时，认为 E 具有满意的一致性，

否则需调整 E 中的元素以使其具有满意的一致性。

④ 计算当前一层指标关于上一级指标的排序权重。

4 医疗卫生领域科技项目的绩效评价

科技项目绩效是指科技项目在获得立项批准到应用期间，根据事先设定的计划，所达到的阶段目标完成程度以及项目对社会、经济进度所产生的影响。下面我们以医疗卫生领域科技项目绩效为例，通过逻辑模型设定绩效评价指标，并采用层次分析法设定指标权重，给出医疗卫生领域科技项目绩效评价的实施过程。

4.1 设定绩效评价指标

通过召开专家咨询会，邀请医疗卫生领域专家共同讨论医疗卫生领域科技项目的评价指标及权重问题，咨询专家均具有正高技术职称，都在相关领域从事工作 10 年以上，分别来自于研究所、高校、医院等。

根据逻辑模型^[11,12]，选取的一级评价指标为产出、结果、影响、管理；通过专家研讨，在相应的一级指标下面设立了二级指标，其中“产出”有 10 个二级指标支撑，“结果”有 6 个二级指标支撑，“影响”、“管理”分别有 4 个二级指标支撑，具体指标见图 2：

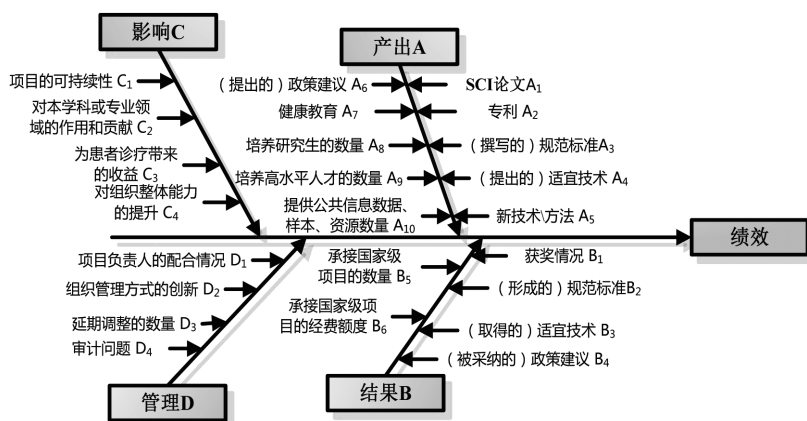


图 2 绩效评价指标体系

4.2 设定绩效指标的权重

在设定绩效指标方面,由于直接让专家给出指标的权重会让专家有些措手不及,因此我们选取层次分析法(AHP)设计调查问卷,即利用根据表1的9标度法让专家两两对比二级指标的重要性,然后将二级指标的重要性转化为二级指标的权重,再通过二级指标的权重计算出各个一级指标的权重。具体过程如下:

a) 将项目进行分类

由于“产出”、“结果”受项目创新性影响较大,因此针对项目的特点,我们将项目分成两类:前沿类项目,指创新性较强的项目;应用类项目,指强调应用的项目。并在评价“产出”、“结果”指标的权重时,分别按照“前沿类项目”、“应用类项目”进行权衡。

b) 按照项目的分类进行专家调研

根据表1的9标度法设计调查问卷,通过召开专家咨询会来收集专家对二级指标的重要程度的认识,共邀请了11位专家,11份调查问卷均回收且有效。

c) 分析专家调研结果,建立对比矩阵、计算权重

对于每一位专家的意见,逐一分析专家对指

标重要性的认识,分别建立两两对比矩阵,例如,根据专家1对于一级指标的重要性认识,构造一级指标之间的两两对比矩阵为:

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 3 & 5 \\ 1 & 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/5 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

采用求和法,计算可得权重和最大特征值的近似值分别为:

$$W=(0.394, 0.394, 0.138, 0.074); \lambda_{\max}=4.0034;$$

然后,计算一致性比率为: $CI=0.0011$, $CR=0.0013$,可见 $CR<0.1$,矩阵 E 满足一致性。由此可知,专家1对于一级指标之间的权重关系为: $w=(0.394, 0.394, 0.138, 0.074)$,类似可得其他专家对于一级指标的权重,具体过程略。将所有专家对于一级指标之间的权重关系进行加权求和,求得一级指标之前的权重为:

$$\text{产出 A: 结果 B: 影响 C: 管理 D} = 0.186:0.444:0.236:0.134$$

类似,计算可得二级指标占整体目标的权重关系,见表3。

表3 评价指标及其权重

一级指标 (权重)	二级指标	二级指标权重	
		前沿类项目	应用类项目
产出 A (权重: 0.186)	SCI 论文 A_1	0.028	0.009
	专利 A_2	0.021	0.020
	(撰写的) 规范标准 A_3	0.014	0.021
	(提出的) 适宜技术 A_4	0.014	0.022
	新技术\方法 A_5	0.022	0.027
	(提出的) 政策建议 A_6	0.006	0.021
	健康教育 A_7	0.005	0.012
	培养研究生的数量 A_8	0.004	0.006
	培养高水平人才的数量 A_9	0.046	0.028
	提供公共信息数据、样本、资源数量 A_{10}	0.026	0.020

结果 B (权重: 0.444)	获奖情况 B ₁	0.101	0.105
	(形成的) 规范标准 B ₂	0.051	0.079
	(取得的) 适宜技术 B ₃	0.041	0.079
	(被采纳的) 政策建议 B ₄	0.110	0.131
	承接国家级项目的数量 B ₅	0.073	0.026
	承接国家级项目的经费额度 B ₆	0.068	0.024
影响 C (权重: 0.236)	项目的可持续性 C ₁	0.055	
	对本学科或专业领域的作用和贡献 C ₂	0.055	
	为患者诊疗带来的收益 C ₃	0.074	
	对组织整体能力的提升 C ₄	0.053	
管理 D (权重: 0.134)	项目负责人的配合情况 D ₁	0.031	
	组织管理方式的创新 D ₂	0.042	
	延期调整的数量 D ₃	0.016	
	审计问题 D ₄	0.044	

4.3 科技项目绩效评价的全流程

对于即将结题的项目，可以根据已经建立的绩效评价指标和权重对项目的研究成果进行综合的评价，大概的绩效评价流程分为以下四个阶段：设立考核指标、审查考核指标、结题评价、社会效益评价，参见图 3。以上四个阶段组成一个完整的绩效评价流程，着眼点涵盖了短期、中期、以及长期，并且四个阶段的工作各有侧重点，下面我们分别进行叙述。

1) 制定考核指标

项目申报阶段，项目申请者按照规定填写项目申报书，同时按照绩效评价的一级指标（产出、结果、影响、管理），制定清晰的考核目标。

3) 审查考核指标

项目立项阶段，召开专家评审会，对项目申请者填报的指标进行审核，专家参照图 2 中的考核指标作为审批方向，进行立项审批工作：

- a) 如果之前有项目没有达到项目的考核目标，可以考虑不批准项目；
- b) 评价拟资助项目的价值大小，主要从预期“产出”方面进行衡量，具体指标为：SCI 论文（数

量）；专利，即授权的专利数量；（撰写的）规范标准，即撰写国家级、市级等规范标准的数量；（提出的）适宜技术（数量）；新技术\方法，即提出的新技术\方法的数量；（提出的）政策建议，即提出国家级、北京市级等建议数量；健康教育，即开展健康教育所惠及的总人数；培养研究生的数量，即在项目实施过程中，培养研究生的数量；培养高水平人才的数量，即在项目实

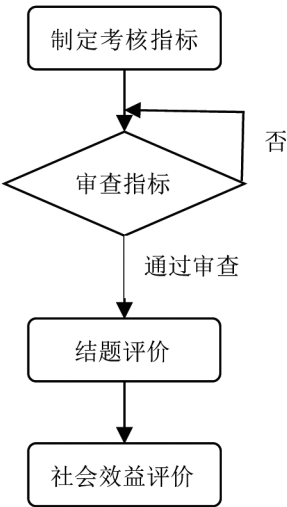


图 3 绩效评价的流程

施过程中,培养国家人才、教育部、卫生部人才、北京市级人才等的数量;提供公共信息数据、样本、资源数量。

如果项目审批通过,则进入“结题评价”程序,否则转回“制定考核指标”阶段。

4) 结题评价

项目结题时,组织专家对项目的成果进行实施验收,主要参考的内容是项目立项时设立的考核目标:

a) 项目申请者以立项时设立的考核指标作为梳理成果的参考依据,撰写总结报告。

b) 专家评价资助项目的价值,主要从“产出”进行评价。

c) 专家评价项目是否有必要继续研究以对探索性研究或者新技术的继续研究提供依据。

5) 社会效益评价

项目结题之后的5年左右,对于咨询项目进行跟踪评价,主要评价已结题项目的社会“产出”、“结果”、“影响”,主要从以下几个方面评价:(形成的)规范标准,即级等规范标准的数量;(取得的)适宜技术(数量);(被采纳的)政策建议,即采纳的国家级、北京市级等建议数量;承接国家级项目的数量、经费额度,即依托此项目所承接的国家级项目(包括“973”、“863”、国家自然科学基金重要项目等)的数量;获奖情况,即获得国家科技进步奖、北京市科技进步奖、中华医学会科技进步奖的奖项的数量;对本学科或专业领域的作用和贡献,即取得学术成就,对本学科或专业领域的作用和共享;为患者诊疗带来的收益,即从诊出率、治愈率、复发率、致残率、住院时间和医疗费用等方面评价;对组织整体能力的提升,即从此项目对组织整体能力提升方面进行评价;项目的可持续性,即此项目是否可持续申请国家级项目以及成果是否应用领域推广等方面进行评价。

5 结论

本文将层次分析法与逻辑模型运用到科技项目绩效评价中,并以医学卫生领域科技项目为例,设定了绩效评价的指标、权重,并论述了绩效评价的整体流程及相关流程节点的考核重点。本文的研究对于科技项目的绩效管理工作提供了一个全新的思路,并对医学卫生领域的项目评价提供了一个有效的管理框架和思路。

参考文献

- [1] 肖利. 试论国家科技项目的分类评价[J]. 科学学与科学技术管理,2004,25(3):12-15.
- [2] 陈华志,李明惠. 科技项目过程绩效综合评价体系研究[J]. 科技管理研究,2010,30(12):37-38.
- [3] 尤建新,曹颖,郑海鳌. 国内外科技项目绩效管理理论研究述评[J]. 科技与管理,2009,11(5):43-45.
- [4] 黄木. 基于动态过程的科研项目评价体系研究[J]. 中外企业家,2011(18):225-226.
- [5] 马健. 科研项目评价制度的缺陷及其完善[J]. 自然辩证法研究,2010(10):120-124.
- [6] 潘友仙,黄文强. 农业科研项目评价指标体系的探讨[J]. 热带农业科学,2008(4):42-45.
- [7] 章建良. 逻辑分析法及其在政府绩效管理中的应用研究[D]. 上海:上海财经大学,2005.
- [8] Millar A, Simeone R S, Carnevale J T. Logic Model: A System Tool for Performance Management[J]. Evaluation and Program Planning,2001,24(1):73-81.
- [9] Julian A. The Utilization of the Logic Model as a System Level Planning and Evaluation Device[J]. Evaluation and Program Planning, 1997,20(3):251-257.
- [10] 吴祈宗. 运筹学与最优化方法[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [11] 杨道建. 地方科技计划项目绩效评估研究[D]. 镇江:江苏大学,2006.
- [12] 潘杰义,刘西林. 科研项目评价指标体系及模糊优选决策模型研究[J]. 科学学与科学技术管理,2004(11).