

平衡计分卡在重大科技项目评价中的应用

朱孔国¹ 李书全¹ 李永辉¹ 李武² 符银丹² 马建勇³ (1.天津财经大学 商学院 天津 300222;
2.天津大学 科技处 天津 300072;3.中国汽车技术研究中心 科研处 天津 300162)

摘要: 重大科技项目的评价关系着国家科技计划的实施,然而由于重大科技项目的复杂性,欲对其进行绩效评估往往面临许多问题。采用平衡计分卡构建并完善了重大科技项目评价指标体系,并对指标之间的关系做了简要的说明。然后采用主成分分析法对评价指标进行因子分析,并得到主因子;随后通过 GA-BP 神经网络构建了评价模型。最后以天津市省级科技项目为背景进行了实例研究,验证了模型的科学性和实用性。

关键词: 科技项目评价;平衡计分卡;指标体系;神经网络;因子分析

Application of Balanced Scorecard to Major S&T Program Performance Evaluation

ZHU Kong-Guo¹, LI Shu-Quan¹, LI Yong-Hui¹, LI Wu², Fu Yin-Dan², MA Jian-Yong³

(1.Business School, Tianjin University of Finance and Economics, Tianjin 300222, China; 2.Department of Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 3.Department of Scientific Research, Research Center of China Auto Technology, Tianjin 300162, China)

Abstract: The evaluation of major S&T program is of significance for implementing the national S&T plans. However, with the complexity of major S&T program, the evaluation would be faced with a lot of problems. This paper structures and perfects evaluation index system based on balanced scorecard, and explains the relationship of evaluation index briefly. Then, the evaluation index carries out factor analysis with primary component analysis method. Thus, the primary components are obtained. Subsequently, the evaluation model is constructed via GA-BP neural network. Finally, taking provincial S&T program of Tianjin city as the case, the paper proves that the model is not only scientific but also practical.

Keywords: evaluation of S&T program; balanced scorecard; index system; neural network; factor analysis

重大科技项目是指科学研究计划中意义重大、规模庞大、耗资巨大、内容涉及广、研究周期较长的科技项目。其实施往往体现着政府发展的战略意图,实施的结果将对某一行业或国民经济产生广泛的影响。对重大科技项目进行评价并进一步完善是推动国家科学技术事业持续健康发展,促进科学技术资源优化配置,提高科学技术管理水平的重要手段和保障。通过评价可以提升重大科技项目的管理水平,高效地组织人力、物力和财力,更快更好地促进科技成果向现实生产力转化,提高重大科技项目实施的成功率。因此,

完善并改进对重大科技项目的评价就极为必要,并会在现实的管理实践中发挥重要作用。

1 当前的评价方法及其缺陷

经济评价是当前科技项目评价中最常用的,经济评价主要包括成本—效益分析、经济分析和决策树法等^[1]。但传统的经济效益绩效衡量过于重视财务性指标而忽视了非财务性指标的作用,这使得那些对企业战略贡献大的项目难以选出,从而评估的结果也有失全面性。传统的经济效益评价的局限性可以归纳为以

基金项目:天津市科技发展战略研究计划 (08ZLZLT02200)

收稿时间:2009-11-26;收到修改稿时间:2009-12-22

下几点:

首先,财务指标所衡量的往往是重大科技项目战略绩效的某一部分成果,亦即重大科技项目追求的某些重要财务结果。但产品市场占有能力、企业社会责任等内容不能清楚地表现在财务指标上。其次,财务绩效的好坏往往受到外界众多不可控因素的影响,若不视具体情况,仅根据财务指标评估项目,既不利于全面分析项目的影响因素,也不利于对重大科技项目进行组织与管理。而且在财务指标的引导下,企业往往只重视短期而具体的成果,忽略或牺牲项目对企业潜在的影响。再就是重大科技项目的实施需要庞大的投资,在实施中各种风险因素都会对项目的成功造成影响。根据美国学者曼斯菲尔德对美国某三大公司研究,科技创新项目的技术成功率、商业成功率和经济成功率分别只有60%、30%、12%,也就是说其失败率分别高达40%、70%和88%^[2]。所以除了大型企业以外,一般企业不能也不愿投资于期间长、风险高的重大研发项目,最终导致的结果便是企业科技创新的不足,而这大大影响了企业的行业竞争力和未来发展。因此如何设计适当的绩效评价指标以推动重大科技项目的发展就成为本文要研究的重要问题。为此这里采用国内外学者研究较多的平衡计分卡为架构,通过寻找适当的绩效指标来探讨重大科技项目的绩效评价问题。

2 平衡计分卡应用于重大科技项目时的调整

平衡计分卡首见于1992年Kaplan & Norton发表于哈佛商业评论的衡量驱动绩效一文^[3],他们提出的平衡计分卡(Balanced Score card,简称BSC)能帮助企业将其长期策略与创造价值的目标转换为组织内外具体活动的策略性绩效管理指标。BSC通过财务(financial)、顾客(customer)、企业内部流程(internal process)及学习与成长(learning & growth)四个不同却相互关联的层次与企业策略相互联结,使企业得以在短期和长期之间、预期结果和所需努力之间寻求平衡,平衡计分卡在帮助管理者理清企业内部活动的相互关系的同时有力促进了企业战略和愿景目标的实现^[4,5]。但BSC仅用于企业层次,而这里探讨的重大科技项目属于研发管理的范畴,所以在将BSC应用到重大科技项目的评价中时需要做以下几个方面的调整:

首先,项目的BSC要与企业的BSC保持一致。这要求BSC的角色必须从衡量企业战略的实施情况转变

到衡量项目目标的实现。这要求评价人员在项目层面对重大科技项目的价值有一个全面的了解,并且要搞清楚项目对于企业战略的预期影响。其次,BSC所收集的数据既要详细准确又要简单实用。许多企业对重大科技项目目标的衡量集中于“保质、准时、预算内”完成,但项目在很多方面的衡量是难以量化的。所以重大科技项目BSC可以综合考虑定性和定量指标。最后是评价指标应适量。如果指标太多,数据的可利用性降低,而且项目成员会认为这种衡量对于项目最终结果没有影响。所以必须调整绩效衡量的方法,制定适当的衡量项目的指标以更好地管理项目。

3 重大科技项目评价指标体系的构建

3.1 评价的四个层面

根据重大科技项目的特征,初步建立了一套基于BSC的评价指标体系,在此基础上,又采用访谈法,对政府相关部门人员和参加过重大科技项目的企业管理者进行了调研,并根据他们的意见对衡量指标进行了修改,最终确定了重大科技项目四个层面的评价指标。各层面的指标可以简述如下:

3.1.1 在财务层面上

重大科技项目由于周期长、投资大、参与主体多、组织关系复杂,在实施的过程中不确定因素很多,因而在实际的实施过程中,各个方面都有可能变化,这些变化会使原订的计划、方案受到干扰,使原订的目标不能实现,并最终导致项目的经济效益降低,所以在财务层面上应保证重大科技项目按照预期目标完成并确保项目能为企业创造价值。这里设置获得资金的可能性(U11),R&D成本(U12),项目利润率(U13),销售利润率(ROS)(U14),最大负现金流(U15)和盈亏平衡时间(U16)作为衡量指标。

3.1.2 在学习与成长层面上

重大科技项目一个突出的特点是风险因素多,风险后果严重;因此,许多企业即使有实力,在没有充分把握风险的情况下也不敢贸然进入。随着技术发展的日新月异,技术生命周期越来越短;如果不能通过提高研发团队的学习和创新能力以实现知识的累积与成长,就会给正在进行或即将进行的项目带来致命打击,并给企业的创新活动造成损失。因此,这里以新技术、新材料、新工艺的应用(U21),产品将来可能的发展(U22),研发团队的学习能力(U23)和研发团队的研发能力(U24)作为衡量指标。

3.1.3 在内部流程层面上

绩效指标的设计应该以能完善并改进对重大科技项目的组织与管理为原则，通过精心组织来满足现在和未来企业需要的完整的内部过程价值链。所以这里以原材料的可得性及成本(U31),生产成本及所需的附加设施(U32),项目与现有生产的相容性(U33),产品和生产过程的环保性(U34),产品市场占有率(或服务满意度)(U35)作为衡量指标。

3.1.4 在顾客层面上

企业必须明确认定出服务的对象及细分市场来衡量为顾客创造的价值，并要据此来带动企业的成长。此外还应考虑重大科技项目的实施对社会环境的影响，而良好的外部环境又可以促进项目的实施。这里将项目满足顾客需要(U41),项目满足现行和预计的法律要求(U42),公众的敏感性(对污染等)(U43),定价和销量估计(U44),对区域就业的影响(U45)以及企业的社会责任(U46)作为衡量指标。

3.2 评价指标之间的关系

对重大科技项目而言，上述四个层面既可以单独也可共同联系起来发挥作用，而采用 BSC 需要综合考虑财务、学习与成长、内部流程和顾客四个层面的影响，BSC 各个层面之间的关联如图 1 所示。其中财务层面是重大科技项目实施的基本要求，企业对利润的追求要求项目管理团队为达到目标必须进行学习与改进，只有通过学习与改进才能实现项目流程的卓越管理和顾客需求的满足。当然，重

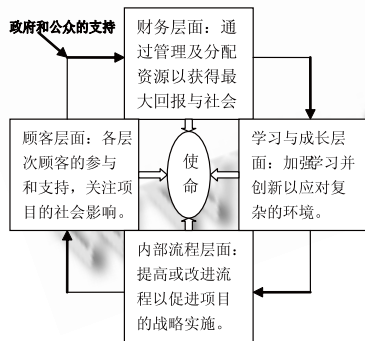


图 1 平衡计分卡应用于重大科技项目评价的框架图

大科技项目的实施离不开政府的推动和社会公众的支持，而政府的推动和社会公众的支持除能降低企业研发的高风险并提升企业的技术目标外，还能促进企业将相关的研发成果推广到更多领域，带动企业更好更快地成长。上述具有因果关系的几个层面环环相扣，共同促进了项目实施目

标及愿景的实现，并最终达成了企业的使命。使命是企业制定策略或采取行动时产生的共识，所以使命是重大科技项目的核心，我们可以其来衡量项目完成的状况。

4 基于 GA- BP神经网络的评价模型

4.1 方法简介

企业实施重大科技项目状况的评价可以看作是一类基于一系列变量基础上的分类问题；但企业实施状况的好坏与评价指标的关系是非线性的，评价指标变量之间是高度相关的，而且许多指标也可能不成正态分布。因此，必须采用适当的方法对企业实施重大科技项目的状况进行评估。

神经网络是由大量的处理单元(神经元)相互连接而成的，是对生物神经网络进行的某种抽象、简化和模拟。神经网络方法克服了传统分析过程的复杂性及选择适当模型函数形式的困难，给建模与分析带来极大的方便。BP 神经网络是神经网络中最精华、最完美的一种，三层 BP 神经网络可以实现任何的从 m 到 n 的非线性映射。但由于 BP 算法本质上为梯度下降法，是一种局部搜索的优化方法，但它要解决的问题为求解复杂非线性函数的全局极值，因此训练的过程往往过长。为此，这里采用遗传算法(简称 GA)来优化 BP 神经网络的初始权值，从而提高训练的速度和准确性。

4.2 数据的获得与预处理

对天津市实施科技项目的 24 家企业进行了调查。根据企业财务报表确定定量指标，并通过行业内专家打分的加权平均来实现归一化输入。对于定性指标则采用德尔菲法邀请本行业内的专家确定(分五个等级：高(1)、较高(0.75)、一般(0.5)、较低(0.25)、低(0)。最后用德尔菲法对这 24 个项目的总体情况进行评价(1 表示好，2 表示较好，3 表示一般，4 表示差)。如表 1 所示(只截取部分数据)：

表 1 项目评价指标值

1	2	3	4	5	6
1. 2831	1. 5167	0. 0575	-0. 8154	1. 0584	0. 3046
0. 3025	0. 5141	-0. 3670	-1. 2206	1. 5246	0. 7758
7	8	9	10	11	12
0. 5812	-1. 2697	1. 4137	0. 0822	-1. 4637	-0. 8300
0. 9637	-0. 6432	1. 1403	-0. 9124	-1. 2887	-1. 1538
13	14	15	16	17	18
0. 0875	-1. 2695	0. 7601	-0. 7203	0. 4915	-0. 6355
1. 3832	-1. 3911	1. 4859	-0. 4052	0. 6147	-0. 4568
19	20	21	22	23	24
0. 3328	-1. 1675	1. 6919	0. 6319	-1. 1986	-0. 9230
1. 1833	-1. 1166	0. 3291	0. 5706	-0. 7438	-1. 0886

由于有些指标之间可能存在着相关性，这种相关性会导致被评价对象信息的重复使用，降低评价结果的有效性。故采用 SPSS 软件对指标进行因子分析，同时也降低了训练数据的位数并减小训练负担。通过检验 21 个指标间的 KMO 值为 0.664 > 0.6，Bartlett's 球形检验的结果为 0，这说明指标间共同因素较多，适合做因子分析。为了使得到的主因子对指标的解释更加容易，采用 promax 斜交转轴法对指标模型进行旋转变化，并最终得到两组主因子，如表 2 和 3 所示：

表 2 因子分析结果

U11	U12	U13	U14	U15	U16	U21
0.874	0.925	0.701	0.889	0.889	0.925	0.928
U22	U23	U24	U31	U32	U33	U34
0.958	0.788	0.640	0.690	0.665	0.944	0.659
U35	U41	U42	U43	U44	U45	U46
0.671	0.779	0.727	0.944	0.605	0.645	0.622

表 3 各个指标与主因子间的相关性

序号 数据	第 4	第 9	第 13	第 23
输入数据	-0.8154, -1.2206	1.4137, 1.1403	0.0875, 1.3832	-1.1986, -0.7438
实际输出	(0.0006, 0.0006, 1.0607, -0.0619)	(1.0175, -0.0159, -0.0018, 0.0002)	(-0.0194, 1.0361, -0.0092, -0.0074)	(-0.0001, -0.0011, -0.0695, 1.0708)
期望输出	(0,0,1,0)	(1,0,0,0)	(0,1,0,0)	(0,0,0,1)

由表 2 和 3 可知，每个指标与主因子间的相关性均大于 0.6，所以不需要剔除指标重新进行因子分析。由 SPSS 统计分析可知 两个主因子的累积解释变异量为 78.416%，符合计算要求。

4.3 GA-BP 神经网络的训练

这里采用典型的三层 BP 神经网络。输入层的神经元个数 m 等于输入数据的维数。输出层的神经元个数为 n=4。隐含层的神经元数目选择是一个十分复杂的问题^[6]，在这里，因为数据量不是很大，可以用试错法来确定 n 的值，这里取 n=4。训练函数选用 traingdx。隐含层传递函数选用 tansig()函数，输出层的传递函数选用 purelin()线性函数。训练显示间隔赋值为 50，网络学习速率赋值为 0.05，动量系数赋值为 0.9，网络最大迭代次数赋值为 10000，训练目标误差赋值为 0.001。

对于遗传算法的设计部分。种群中个体个数设为 30，变量精度设为 0.000001，选用二进制编码，终止函数选用 maxGenTerm，选择函数选用

normGeomSelect，交叉函数选用 arithXover，变异函数选用 nonUnifMutation，遗传代数赋值为 300，最后通过 matlab 编程实现计算。

随机找出 4 个项目(4、9、13 和 23)的数据作为测试数据，剩下的 20 个数据作为训练数据来训练 GA 优化的 BP 神经网络，网络在训练 5916 次后满足设计精度，停止训练。从而得到一个评价模型，可以对待评价项目进行筛选。

5 评价模型的应用

把随机选出的(4、9、13 和 23)的数据：(-0.8154, -1.2206)、(1.4137, 1.1403)、(0.0875, 1.3832)、(-1.1986, -0.7438)代入已建立的评价模型进行模拟，可得下列结果：

表 4 实际输出与期望输出的比较

序号 数据	第 4	第 9	第 13	第 23
输入数据	-0.8154, -1.2206	1.4137, 1.1403	0.0875, 1.3832	-1.1986, -0.7438
实际输出	(0.0006, 0.0006, 1.0607, -0.0619)	(1.0175, -0.0159, -0.0018, 0.0002)	(-0.0194, 1.0361, -0.0092, -0.0074)	(-0.0001, -0.0011, -0.0695, 1.0708)
期望输出	(0,0,1,0)	(1,0,0,0)	(0,1,0,0)	(0,0,0,1)

由表 4 可知，评价模型的评价结果与专家评价结果相一致，可见评价模型具有较强的实用性，能准确地鉴别出项目的状况。

6 结论

确立重大科技项目评价的指标体系并构建评价框架是企业对其进行组织管理，有效发现并规避风险的重要途径。对重大科技项目而言，除了企业的财务因素外，企业市场占有率，顾客获得及保持情况，研发投入状况以及员工素质等因素，也都越来越成为企业在重大科技项目风险防范中要着重考虑的关键因素。这些因素也正是 BSC 评价指标体系所包含的内容。因此，BSC 为企业组织重大科技项目提供了一个全新的思路。

BSC 是一个全面的平衡系统。文章用 BSC 建立评价体系后，选取了 GA-BP 神经网络对项目的状况进行了分类，并通过实例证明了评价模型的合理性和准确性，从而为政府相关部门评价项目提供了科学和有效的参考。

(下接第 36 页)

参考文献

- 1 Pol K L, Ang BW, Bai F. A Comparative Analysis of R&D Project Evaluation Methods. R&D Management, 2001,31(1):63 - 75.
- 2 吴运建,周良毅. 企业技术创新风险分析. 科研管理, 1996,3:34 - 38.
- 3 Kaplan RS, Norton DP. The balanced scorecard-measures that drive performance. Harvard Business, 1992,70(1):61 - 70.
- 4 Kaplan RS, Norton DP. Using the balanced scorecard as a strategic management system. Harvard Business, 1996,74(1):75 - 85.
- 5 Kaplan RS, Norton DP. Transforming the balanced scorecard from performance measurement to strategic management: Part, Accounting Horizons, 2001,15(1):87 - 104.
- 6 冯楠. 基于人工神经网络的 IT 项目风险评价模型. 计算机工程与应用, 2006,(6):24 - 26.