

R&D项目影响因素的筛选及优化分析

王海霞,高平,刘家顺,初建宇

(河北理工大学,河北唐山 063009)

摘要:影响 R&D 项目成败的因素是多种多样的,来自于方方面面。在实证调研的基础上建立了影响因素初选集,之后针对不同类型的因素,分别运用 χ^2 检验、T 检验及因子分析的方法对初始因素集进行优化,为项目的评价工作建立、更为科学、有效的指标体系。

关键词:R&D 项目;影响因素; χ^2 检验;T 检验;因子分析

中图分类号:G311

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2005)07-0049-04

0 前言

国外最早对 R&D 项目影响因素进行研究的是 Buell^[1],他从理论角度概念性地提出 21 个影响因素;20 世纪 90 年代 R.Balachandra^[2]及 Jeffery K.Pinto^[3-5]分别提出 12 个、10 个影响因素并在概念性分析的基础上进行了实证性的统计分析,提出在 R&D 项目不同的阶段影响因素是不同的;20 世纪 90 年代 Vinod Kumar^[6]对 40 余项有关 R&D 项目的影响因素及中止评价的研究成果进行了比较研究,指出近 30 年的有关 R&D 项目中止评价的研究成果中,在项目周期的划分、项目成败的定义、影响因素的分类、定义及对项目成败的影响作用、中止评价的方法上均存在较大的差异,在此基础上,对 R&D 项目的阶段进行了重新划分及变量的选择,利用分步 Logistic 回归统计分析方法得出在 4 个阶段中,原有的 15 个变量共有 8 个变量对项目的结果有影响作用。同期,R.Balachandra^[6]检索了 60 多篇相关领域的研究文献,同样得出由于不同学者所采用的方法、模型、定义及标准不同,因而对 R&D 项目的影响因素不同且作用大小及方向也不尽相同的结论,它并没有对这些研究的共性因素进行提取,而是对这些因素进行了详细的列

表分析,在此基础上建立了与项目类型、特性有关的伴随模型,进而对此现象给出了较为合理的解释,指出处于创新程度、市场状态及技术类型不同组合状态的 R&D 项目的影响因素及其定义与作用方向应该是不同的,对上述现象给予了肯定。

我国对 R&D 项目的中止决策问题的研究起步较晚。早期的研究是从经济角度对项目中止决策提出了几种定量方法^[10]。之后,部分学者对影响 R&D 项目成败的因素进行了定性的分析^[11-13],近期对 R&D 项目中止评价的研究集中在评价模型的建立上^[14-22],主要有统计分析模型、模糊评价模型、神经网络以及 DEA 包络分析评价模型,其中只有 [20]、[21] 等少量文献对影响因素(指标)进行了系统研究。

指标集的建立是评价的基础。指标集就是寻找能表征项目未来成败的特征因素,或是对项目成败有影响力的关键原因。指标集的正确选择是评价有效的前提。R&D 项目是一个复杂的系统,不同国家、地区、不同类型的项目以及项目所处的不同阶段其影响因素存在较大的差异。因此,在对项目进行中止评价时,有针对性地建立适用性的指标体系是不可缺少的步骤。而在影响项目成败因素的研究中,由于因素是多种多样的,且来

自于方方面面,在国外的实证研究中有的就达 120 个之多,所以很难找到普遍适用的因素集;而一些学者只根据指标应用比例的高低来确定指标集的做法同样是不科学的。本文在初步建立影响因素集的基础上,经统计分析筛选具有针对自身特性的指标集,之后再建立模型进行评价与预测的方法会增强评价的科学性和有效性。

1 影响因素集的初选及量化

在遍访唐山市各行业从事 R&D 项目管理专家的基础上,结合 R&D 项目的管理理论,采用全面系统性、可比性、目标导向性、定性与定量相结合及静态与动态相结合原则,确定了 R&D 项目影响因素集,以全面系统地、科学地反映 R&D 项目的创造性、周期性特性及企业的经济目的性。因素集的具体内容见表 1。

表中共 44 项影响因素,其中 * 项为分类变量;其它为评分变量,采用 Likert-Type 将其分为 5 个级别,对很好、好、较好、一般、差 5 个等级,给予 5,4,3,2,1 分。为克服评价专家的主观偏向性及水平的差异性,对每个评分的具体内容给予了确定的内涵限定,以增强样本的有效性及其真实性。样本为近 5 年已有定论的 R&D 项目,对每一个项目都

收稿日期:2004-11-22

作者简介:王海霞(1967-),女,河北理工大学建筑工程学院教师,研究方向为技术经济、项目管理;高平(1965-),女,河北理工大学经济管理学院副教授,研究方向为技术经济与管理;高家顺(1957-),男,河北理工大学经济管理学院院长、教授、博士,研究方向为技术经济、产业经济。

表1 R&D项目影响因素初步选取表

类别	因素
外部因素	与国家政策的一致度 独创性
	申请专利的能力
市场能力	与用户需求的一致度 技术与需求的一致度 市场占有率
	市场竞争能力
	R&D人员比例
企业因素	R&D费用预算的确定 R&D费用占销售比例
	生产技术支持度
生产销售支持度	销售支持度 销售条件的支持能力
	盈亏平衡点
资金	截至目前资金到位率 关键技术专家的获得
	项目组织及监督
项目组织及监督	项目组织结构的积极性 项目的组织结构 项目的组织制度 项目进度的监督机制 公司领导的支持度
	项目类型
	市场目标
	全新度
	经费结构
项目	项目的提出 项目目标与公司战略目标的符合度 新产品的寿命周期
	经费
	项目费用
技术	项目组科技人员结构 项目的技术储备能力 技术路线的可靠度 阶段性成果完成率
	新技术的成长力 开发设备的支持能力 产品技术所处的生命周期
	技术效果
	科研能力
	组织管理能力
项目经理	组织管理能力 信息掌握能力 权利
	信息流畅度
信息流畅度	对竞争对手信息掌握能力 公司内部信息流畅度 项目组内部信息流畅度

给以成功或失败的判定结果,结果的判定由企业根据项目的实际情况自行做出,被判为成功的项目必须是在技术和商业上成功的,而判为失败的项目是由于种种原因最终没有取得技术或商业上的成功。

在影响因素集初步选取之后,编制了R&D项目调研表,对高新技术、煤炭、钢铁、机械、化工、陶瓷等在唐山市具有代表性行业的R&D项目进行了数据统计。具体思路为,在每个行业的重点企业选择4~6个近5

年已有定论的R&D项目,其中成功和失败的项目各一半,以增强比较分析的有效性。在实际调研中向R&D项目负责人、技术主管或部门经理具体说明每一项评价因素的具体内容、含义以及评分标准,以获得项目统一的信息资料。我们共收到46个项目,其中26个成功项目、20个失败项目。本文按照项目的成功和失败分为两个样本总体,并逐个对影响项目成败的因素进行假设检验分析以其得出满意的结果。

2 影响因素的筛选及优化

对初选的影响因素集进行筛选的目的是剔除那些对项目的成败没有鉴别能力的因素,以实现因素集的优化。因素的鉴别力是指该因素对项目成败的影响能力,如果某因素在成功和失败项目上的数值分布相同,说明该因素没有鉴别能力,即对项目的成败没有影响力,否则该因素就是具有鉴别力的因素,所有具有鉴别力的因素的集合就是我们预期的结果。

我们对因素进行筛选的思路是:将样本按成功和失败分为两组,运用两总体各变量的分布进行对比分析的方法对各因素进行研究。根据分类变量与评分变量各自的特点,分别应用不同的统计方法进行研究。

2.1 分类变量的筛选

分类变量的数据仅仅是一种标志,用以区分变量的值,并没有次序关系^[23]。如关键技术专家的获得就是分类变量,用数码1表示专家的存在,0表示专家的缺位。在初选因素集中共有12个分类变量,而项目结果也为成功和失败两类,因此可采用品质相关的判别方法对各分类变量对项目的成败进行鉴别力分析。品质相关分析主要用于处理分类变量间的相关问题,本质上是研究两个变量是否相互独立的检验。其基本模式可用表2来概括^[23]。

表中 n_{ij} 表示处于交叉位置的个体数。每个个体至少有2个特征(变量)。每个变量的取值,可以是顺序型(Ordinal),也可以是名义变量(Nominal)。

表2 品质相关模式概括

	状态1	...	状态s	合计
因素水平1	n_{11}	...	n_{1s}	$n_{1.}$
⋮	⋮	...	⋮	⋮
因素水平k	n_{k1}	...	n_{ks}	$n_{k.}$
合计	$n_{.1}$...	$n_{.s}$	n

对任何两个随机变量 X, Y ,如果 $F(x, y) = F_1(x)F_2(y)$ 对任何 $x, y \in R$ 成立则随机变量 X, Y 之间是相互独立的。

设得到一个二维总体 (X, Y) 的一组容量为 n 的样本 $(X_1, Y_1; X_2, Y_2; \dots; X_n, Y_n)$,将 X 的取值范围分为 k 个区间,将 Y 的取值范围分为 s 个区间。记 X 属于区间 i ,并且 Y 属于区间 j 的概率为 p_{ij} 。而 X 属于区间 i 的概率为 $p_{i.}$, Y 属于区间 j 的概率为 $p_{.j}$ 。于是随机变量 X, Y 之间是相互独立检验问题,就转化为检验: $H_0: p_{ij} = p_{i.}p_{.j}$ 是否成立的问题。

在 H_0 假设下,可以用极大似然法得出未知参数的估计值:

$$\hat{p}_{i.} = \frac{n_{i.}}{n}, \hat{p}_{.j} = \frac{n_{.j}}{n}$$

拟合优度 Pearson 的 χ^2 检验的问题就是:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^s \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^s \frac{(n_{ij} - np_{ij})^2}{np_{ij}}$$

自由度是“ $n-1$ —待估自由度的个数”。对于本问题就是:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^s \frac{(n_{ij} - n\hat{p}_{i.}\hat{p}_{.j})^2}{n\hat{p}_{i.}\hat{p}_{.j}}$$

$$\text{即 } \chi^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^s \frac{\left(\frac{n_{ij} - \frac{n_{i.}n_{.j}}{n}}{n}\right)^2}{\frac{n_{i.}n_{.j}}{n}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^s \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$$

式中, $\frac{n_{i.}n_{.j}}{n} = e_{ij}$ 就是各个交叉位置上的理想频数。上式服从 $\chi^2[(k-1)(s-1)]$ 分布。自由度 $= k \times s - (k+s-2) = (k-1)(s-1)$ 。对显著性水平 α ,若:

$\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$,则接受零假设 H_0 ,因素与状态相互独立(不相关)。

$\chi^2 \geq \chi_{\alpha}^2$,则拒绝零假设 H_0 ,接受备选假设 H_1 ,因素与状态显著相关。

利用SPSS11.5统计分析软件对上述分类变量鉴别力进行 χ^2 检验的结果见表3。

表3 分类变量对R&D项目影响的 χ^2 检验结果

	Value	Asymp. Sig. (2-sided)
项目关键技术专家的获得	5.695	0.017
项目的组织制度	6.674	0.036
项目类型	12.479	0.000
项目全新度	8.231	0.004
产品技术所处的生命周期	7.812	0.050

由表3分析可得,项目关键技术专家的获得、基金的组织管理、项目类型、项目的全新度以及产品技术所处的生命周期5个因素对R&D项目的成败有较显著的影响,显

著性水平为 95%。其余变量的 χ^2 值均在检验水平之内(表中未列出),对项目成败的影响不显著。

2.2 连续变量的筛选

连续变量的数据是具有实际测量值的变量,在影响因素初选集中,共有 32 个此类变量。由于将样本分为成功和失败两个总体,因此,这些变量对 R&D 项目的影响力可以用 T-Test 方法进行单变量分析。

两个正态总体的均值比较问题,样本数据模式为:

$$\begin{array}{l} \text{总体 1: } | X_1, X_2, \dots, X_n \\ \text{总体 2: } | Y_1, Y_2, \dots, Y_n \end{array}$$

两总体的均值 μ_1, μ_2 是否相同,其实就是检验 $\mu_1 - \mu_2 = 0$ 的问题。在大样本下,按照中心极限定理,每个总体的随机均值 \bar{X} 与 \bar{Y} 都近似地服从正态分布。

设相互独立地从两个总体中随机抽取样本。来自总体 1 年样本为 X_1, X_2, \dots, X_n , 来自总体 2 的样本为 Y_1, Y_2, \dots, Y_n 。则在未知 σ_1^2, σ_2^2 的情况下,分别用 S_1^2, S_2^2 代替 σ_1^2, σ_2^2 , 统计量检验 $H^0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ 。

$$Z = \frac{(\bar{X} - \bar{Y}) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \sim N(0, 1), \text{ 在大样本下近似成立。}$$

利用 SPSS11.5 统计分析软件对上述连续变量的影响力进行 T-Test 的结果见表 4。

表 4 连续变量分组 T-Test 表

变量	t	Sig. (2-sided)
与用户需求一致度	-2.284*	0.031*
市场占有率	-4.289*	0.000*
市场竞争能力	-3.458*	0.002*
生产技术支持力	-3.494	0.001
销售能力的支持度	-4.267	0.000
盈亏平衡点	-3.281*	0.003*
截至目前资金到位率	-2.428*	0.025*
项目组人员的积极性	-2.964*	0.007*
项目的技术储备力	-3.526	0.001
技术路线的可靠度	-3.581*	0.001*
阶段性成果完成率	-5.903*	0.000*
开发设备支持能力	-2.256*	0.032*
公司领导支持度	-3.334*	0.003*
项目经理科研能力	-2.002	0.050
项目经理信息获得能力	-3.215*	0.002*
项目经理的权利	-2.775*	0.008*
对竞争对手信息的把握能力	-2.156	0.037
项目内部信息的流畅度	-2.371*	0.025*
项目经费	2.237	0.030

* Equal variances not assumed

表 4 中只列出对项目成败有较为显著影响的变量,共 19 项,显著性水平为 95%。其余变量对项目的作用力较小。

由于因素集的选择主要来源于项目专家的管理经验,因此带有较强的主观性及相关性,因而会使观测样本所反映的信息发生重叠,且由于初始指标数量较多,在进行项目中止评判的预测中对预测失败的项目进行原因分析时,会增加分析的难度。因此,我们利用公因子分析法,将连续型因素再进行相关性分组。因子分析模型为:

$$\begin{cases} x_1 = l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1m}F_m \\ \dots \\ x_p = l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pm}F_m \end{cases}$$

因子分析是从变量相关矩阵的内部依赖性出发,将若干变量综合为少数几个公共因子,从而再现原观测变量与公共因子之间内在的关系。具体方法是根据变量的相关矩阵,选出第一个公共因子 F_1 ,使其在各变量的公共因子方差中所占总方差的贡献率最大,然后再从剩余的因子中选出与 F_1 不相关的因子方差贡献率次之的公共因子 F_2, \dots 这样依次分解直至各个变量公共因子方差被分解为止。按所选取主因子所含信息量之和占总体信息量的比例来选取主因子的个数,二者同向变化,比例值越大,因子的数目越多。因子载荷是因子分析模型中最重要的一个统计

量,它是连接观测变量和公共因子之间的纽带。因子载荷等于第 i 个因子之间的相关系数(记为 l_{ij}),它反映了变量和因子之间的相关程度, l_{ij} 的绝对值越大,表示公因子与

变量之间的关系越密切。通过公因子载荷来估计观测变量之间的相关系数,这样在因子模型中观测变量之间的关系可以通过因子进行描述。

另外,因子载荷构成因子载荷矩阵,初始因子并不满足“简单结构准则”,即每个变量在尽可能少的因子上有比较高的负载。大多数因子都和很多变量相关,很难对因子进行解释。对因子进行正交最大化旋转,重新分配各个因子所揭示的方差比例,从而使因子结构简单,更易于解释。

运用 SPSS11.5 统计分析软件的主轴因子分析法对 19 个连续变量进行分析的结果见表 5。当主因子取 9 个时, ($F_1 \sim F_9$) 载荷信息量之和占总体信息量的 88.66%, 这足以满足分析的要求。因此,可以将评分变量分组为资金设备支持力、市场能力、公司综合实力、项目经理、人员积极性、技术支持力、竞争对手、信息交流以及盈亏平衡点 9 项,对项目进行评分考核。

3 结论

(1) 经过对分类因素的 χ^2 检验和评分因素的 T-检验及因子分析,得出 14 项 R&D 项目的关键影响因素(指标)。汇总于表 6。

表中指标列为 R&D 项目评价指标集,而分枝因素列为相关因素组,在作失败项目

表 5 旋转后的因子载荷矩阵

	Factor								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
与用户需求倾向的一致度		0.848							
市场占有率		0.746							
市场竞争能力		0.825							
生产技术能力支持力				0.572					
销售能力支持度				0.822					
盈亏平衡点					0.478				0.546
资金的到位率	0.897								
项目组人员积极性					0.883				
项目的技术储备力					0.449	0.558			
技术路线可靠度						0.930			
阶段性成果完成率	0.468				0.533				
技术开发设备支持能力	0.698								
公司领导支持度	0.729		0.421						
项目经理的科研能力			0.675						
项目经理的信息获得能力			0.807						
项目经理的权利			0.631						
竞争对手信息的把握能力							0.631		
组内信息流畅度	0.513				0.400			0.642	
项目经费					-0.634				

Extraction Method: Principal Axis Factoring. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization. a. Suppress absolute values less than: 0.40

表6 R&D 项目的影响因素表

指标	分枝因素
项目类型	
项目的全新度	
项目的组织管理	
关键技术专家的存在	
产品技术的生命周期	
资金设备能力	资金的到位率 技术设备支持能力 阶段性成果完成率 公司领导支持度
项目经理	项目经理科研能力 项目经理信息获得能力 项目经理的权利
市场能力	与用户需求倾向的一致度 市场占有率 市场竞争能力
公司综合能力	生产技术能力支持度 销售能力支持度 项目经费
人员积极性	项目组人员积极性 阶段性成果完成率
技术能力	项目的技术储备力 技术路线可靠度
组内信息流畅度	
盈亏平衡点	
竞争对手信息的掌握能力	

的原因分析时,可对指标进行细分以提高管理的针对性及有效性。

(2)上述分析得出的14项关键因素与实际调研中因资金设备的不到位、技术专家的缺位、市场及竞争对手信息的把握不够等原因而失败的项目比例分别为20%、20%、15%、15%的实际情况相符。将此14项指标作为R&D项目中止评价的指标体系建立的评价模型,大大提高了评价模型的科学性、有效性,为R&D项目的管理及分析提供更加有效的侧重方向。

(3)影响R&D项目的因素是多种多样

的,来自企业内外的方方面面,同时有国家、地区、行业以及企业性质等特点,因此应根据项目的具体情况对影响因素进行筛选优化。本文建立了一个研究R&D项目影响因素的筛选及优化的方法,即在影响因素集的基础上建立有针对性的指标集,然后经统计检验对显著性因素进行筛选。不同的企业或行业可建立自己的R&D项目数据库,根据自身R&D项目的特点有针对性地进行指标集的确定,可更好地为R&D项目的管理实践提供侧重方向,提高项目管理效率,使R&D项目更好地为企业服务。

参考文献:

- [1] C.K. Buell, When to Terminate a Research and Development Project, *Research Management*, vol. x, number 4, 275-283, 1967.
- [2] R. Balachandra, When to Kill that R&D Project, *Research Management*, July-August, 30-33, 1984.
- [3] Jeffrey K. Pinto, Critical Factors in Successful Project Implementation. *IEEE Transaction on Engineering Management*, Vol. EM_34, No. 1, 22-27, February 1987.
- [4] Jeffrey K. Pinto, Critical Factors in R&D Project. *R.M.* January-February, 31-35, 1989.
- [5] Jeffrey K. Pinto, Causes of Project Failure, *IEEE Transaction on E.M.* Vol. 37, No. 4, 269-275, May 1990.
- [6] Norman R. Baker, Why R&D Project succeed or Fail, *R.M.* nov-dec, 29-34, 1986.
- [7] Josep A. Realin, R&D project Termination in High-Technology Industry. *IEEE Transaction on Engineering Management*, Vol. 32, No. 1, 16-23, February 1985.
- [8] Vinod Kumar, To Terminate or Not an Ongoing R&D Project: A Managerial Dilemma, *IEEE Transaction on Engineering Management*, Vol. 43, No. 3, 273-284, August 1996.
- [9] R. Balachandra, Factors for Success in R&D Projects and New Product Innovation: A Contextual Framework. *IEEE Transaction on Engineering Management*, Vol. 44, No. 3, 276-286, August, 1997.
- [10] 王守荣, 研究与开发项目中止的经济分析[J]. *科学学研究*, 1994, 12, (2).
- [11] 谢科范, 科研开发项目成败差别体系初探[J]. *科研管理*, 1994, 15, (1): 22-26.
- [12] 官建成, 屈交胜, 试论R&D预研项目的中止决策[J]. *中外科技政策与管理*, 1995, (10): 33-36.
- [13] 屈交胜, 官建成, R&D项目诊断和中止决策[J]. *科研管理*, 1996, 17, (2): 46-52.
- [14] 屈交胜, 官建成, R&D项目中止决策的Fuzzy态综合评判[J]. *科研管理*, 1996, (5): 36-42.
- [15] 陈国宏, R&D项目中止决策的Fuzzy模式识别[J]. *科学学研究*, 1998, (1): 68-74.
- [16] 董景荣, 杨秀苔, R&D项目中止决策有效性分析[J]. *重庆大学学报*, 2000, (1): 88-92.
- [17] 董景荣, 杨秀苔, 基于人工神经网络的R&D项目中止决策诊断[J]. *科研管理*, 2001, (1): 128-132.
- [18] 刘权, 官建成, 企业R&D项目最佳组合及中止决策系统[J]. *工程理论与实践* 2001, (2): 47-52.
- [19] 董景荣, R&D项目中止决策的小波网络模式识别[J]. *管理科学学报*, 2001, (4): 67-73.
- [20] 刘权, 官建成, 国防R&D项目的评价与中止决策[J]. *北京航空航天大学学报*, 2001, (6): 361-364.
- [21] 官建成, 刘权, 综合统计方法在R&D项目中止决策中的应用[J]. *系统工程学报*, 2001, (12): 450-455.
- [22] 刘权, 官建成, 基于Hamming神经网络的R&D项目中止决策方法[J]. *自动化学报*, 2002, (3): 279-283.
- [23] 马庆国, 管理统计—数据获取、统计原理、SPSS工具与应用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

(责任编辑: 曙 光)

Selection and Optimization of Factors in R&D Projects

Abstract: There are lots of factors leading to success or fail in R&D projects. This study, based upon extensive investigation, produced an initiative aggregation of factors. χ^2 -test, T-test, Factor Analysis were used to search for the critical factors that influence project success according to the type of them. On these factors, Evaluating and accurately monitoring R&D projects across their life cycle is more effective.

Key words: R&D project; factors; χ^2 -test; T-test; factor analysis