DOI:10.13766/j.bhsk.1008-2204.2016.0250

大学生创新创业成果评价机制探究
——以北京航空航天大学为例

程　波[1], 纪一鹏[2], 李洋颀[3]

(1. 北京航空航天大学 经济管理学院, 北京 100083; 2. 北京航空航天大学 计算机学院, 北京 100083;
3. 北京航空航天大学 数学与系统科学学院, 北京 100083)

摘　要: 对大学生创新创业成果评价指标和机制进行了研究。通过文献法及访谈法,筛选出 20 个有效刻画成果水平的指标,经过问卷调查和主成分分析,提出了由实现、设计、转化、完成四方面组成的大学生创新创业成果评价指标体系。同时,针对该指标体系构造了一种基于模糊数学理论的评价机制,给出了成果评价的量化计算公式。实验结果表明,该方法能够得出合理的成果综合评价值,并能调整适应不同的学科和情况,为科学的评价大学生创新创业成果水平提供了有效参考。

关键词: 高校学生; 创新创业; 指标体系; 主成分分析; 模糊数学

中图分类号: G642　　**文献标志码:** A　　**文章编号:** 1008-2204(2017)06-0097-05

Evaluation Mechanism of University Students' Innovation & Entrepreneurship Achievements: A Case Study of Beihang University

CHENG Bo[1], *JI Yipeng*[2], *LI Yangqi*[3]

(1. School of Economics and Management, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China;
2. School of Computer Science and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China;
3. School of Mathematics and System Science, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the long-time exploration on innovation and entrepreneurship education system in Beihang university, this paper has screened some indexes through the literature and interview, which can describe the achievements effectively. Then this paper has provided an evaluation index system by questionnaire investigation and data analysis. For this index system, this paper has established an evaluation mechanism based on fuzzy mathematics. At last, this paper has validated the practicability and rationality by case study.

Keywords: university students; innovation and entrepreneurship; index system; principal component analysis; fuzzy mathematics

一、引言

"创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。"中共中央、国务院于 1995 年 5 月做出了"科教兴国"的战略部署[1],中国共产党的十七大、十八大多次强调高等教育对拔尖创新人才培养的核心作用。国家赋予了高校为国家培养、输送创新人才的光荣使命,高校学生创新创业能力直接关系到中国综合国力的发展。当前是一个知识密集型社会,创新和创业精神很大程度上影响着人们的思维和行动方式[2],因此,大学生创新创业教育已成为高等教育的一项重要内容。在实现高等教育跨越式发展的进程中,重视创新创业教育已成为一种世

收稿日期: 2016-06-27

作者简介: 程波(1981—),男,陕西西安人,副研究员,博士研究生,研究方向为高等教育管理.

界潮流,越来越受到国家、政府和社会的高度重视。[3]

北京航空航天大学非常重视学生的创新创业教育,鼓励学生参与创新创业活动,在搭建创新创业成果评价体系方面进行了一系列的尝试和探索。文章介绍了一种基于模糊数学的创新创业成果评价机制,形成了具有可操作性和推广意义的经验方法。

二、大学生创新创业成果综合评价指标体系

为了更好地评价学生创新创业成果,首先需要建立科学的评价指标体系。在长期的实践中可以发现,评价创新创业成果需要考虑诸多因素,因此,要筛选具有代表性和概括性的主导指标,以准确地反应实践成果的质量。[4]高明和李琳认为,大学生创新创业评价指标应从管理、实现、实施和投入四个方面考虑[5];刘沁玲提出,创造性、机会、产品、团队、时长、管理等是创新创业成果评价的必备要素[6];赵子玥指出,选题新颖、创新性强,目标明确、内容具体,方法可行、方案合理,难度适中,预研良好是重要的评价指标[7];刘丽玉和林江豪将评价指标分为内在因素和外在因素两类,内在因素包括个人、专业、团队、能力等,外在因素包括环境、行业等[8]。

(一)研究假设和问卷设计

根据上述文献研究和专家访谈,文章假设大学生创新创业成果评价主要包含以下 20 个指标,如表 1所示。

表 1 大学生创新创业成果评价指标

可行性	创新性	合理性	完整性	鲁棒性
开发路线	核心技术	时间安排	推进情况	实现难度
功能实现	文档数据	专利论文	同行评价	实用价值
经济潜力	团队分工	演示效果	学科交叉	成果演进

根据上述 20 个指标设计李克特 5 点量表(1 为对成果评价完全无影响,5 为对成果评价非常有影响),同时问卷包含被调查人的基本信息及背景资料,采用线上线下多种方式随机在北京航空航天大学教师、辅导员和学生中发放。共发放问卷 500 份,回收有效问卷 432 份,根据问卷统计结果可以初步判断,上述 20 个指标可以有效刻画每个团队在开展创新创业过程中不同阶段的表现情况。

(二)数据分析和指标筛选

笔者利用主成分分析,对上述 20 个指标进行筛选,抽取对成果评价产生影响最大的指标构成评估模型。

1. 信度分析

问卷针对 20 个数值型测量变量,经过 SPSS 软件测算,该量表的总体 α 系数为 0.792,是在可以接受的范围之内,说明问卷的调查结果具有较高的可信性。

2. 效度分析

同样采用 SPSS 软件考察量表的效度,其 KMO 值为 0.817,Bartlett 球度检验值为 4 129.774,相伴概率值为 0.01,在显著性水平为 0.05 的条件下,拒绝 Bartlett 球度检验值零假设,可以判定本次调查的结果较为适宜进行因子分析。

3. 因子分析

文章研究了全部 20 个数值型测量变量的相关关系,并以此作为依据进行了主成分分析。通过 SPSS 软件进行计算,发现特征根 λ 大于 1 的因子共有 4 个,累计方差载荷达到 86.768%,如表 2 所示。将载荷矩阵进行正交旋转处理,可以观察出第一主成分中,核心技术(0.931)、功能实现(0.852)、文档数据(0.673)、团队分工(0.544)、推进情况(0.537)等因素占有较大载荷,可将其定义为“实现”;第二主成分中,创新性(0.903)、合理性(0.774)、可行性(0.723)、时间安排(0.596)等因素占有较大载荷,可将其定义为“设计”;第三主成分中,实用价值(0.885)、经济潜力(0.732)、专利论文(0.641)等因素占有较大载荷,可将其定义为“转化”;第四种成分中,完整性(0.891)、演示效果(0.766)、同行评价(0.583)等因素占有较大载荷,可将其定义为“完成”。综上所述,可以认为大学生创新创业成果评价指标由实现、设计、转化、完成四个方面组成。

表 2 大学生创新创业成果评价指标主成分

成分	提取平方和载入		
	合计	方差/%	累计/%
1	5.236	33.781	33.781
2	4.113	26.535	60.316
3	2.976	19.200	79.516
4	1.124	7.252	86.768

三、构造大学生创新创业成果综合评价机制

（一）传统评价机制的缺憾

传统的实践成果评价机制主要包含两方面的内容：一是对评价指标的计分，二是指标权重的制订。[9] 评价的主体一般由业内专家、辅导员和学生三方担任，根据业内专家、辅导员和学生各自对创新创业活动的认识，将评价指标体系进行分解，设计出不同的评价指标和权重标准。但是，这种评价机制较为主观，而且对一些极端情况造成的扰动不能有效地进行过滤。[10] 这些问题的原因是由于传统实践成果评价机制是基于一种精确定量的数学模型，对科学的定性分析力不从心。[11]

（二）评价指标的选取

根据上述主成分分析结果，按照大学生创新创业开展的逻辑顺序，笔者选取了如图 1 所示的二级评价指标体系。

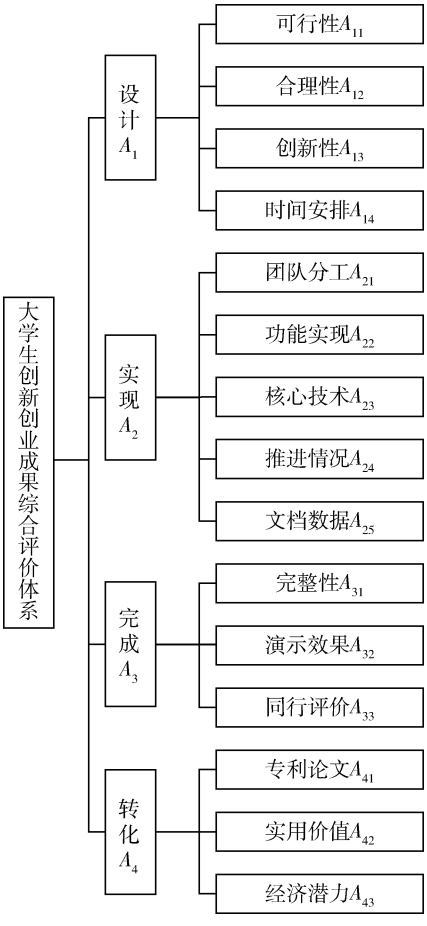

图 1　大学生创新创业成果综合评价指标

（三）基于模糊数学的评价机制

1. 判断矩阵的构造

为了科学地计算上述各项指标的权重，根据模糊数学理论，需要构造判断矩阵。

定义 1. 设$(A_1, A_2, \cdots, A_n)$为评价体系各项因素的集合，判断矩阵为

$$\boldsymbol{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \tag{1}$$

判断矩阵中元素 a_{ij}的物理意义如表 3 所示。

表 3　判断矩阵元素 a_{ij}的物理意义

a_{ij}值	含义
1	i 指标与 j 指标对成果质量的影响相同
2	i 指标比 j 指标对成果质量的影响稍强
3	i 指标比 j 指标对成果质量的影响强
4	i 指标比 j 指标对成果质量的影响很强
5	i 指标比 j 指标对成果质量的影响非常强

引理 1. 因各指标自身与自身相比对成果质量的影响是相同的，因此 $a_{ii} = 1$。

引理 2. 因各指标与其他指标对成果质量的影响是相互的，因此 $a_{ij} = 1/a_{ji}$。

通过一致性检验，可以保证判断矩阵的合理性和正确性。设判断矩阵的最大特征根为 $\lambda_{\max}$，其一致性指标 CI 如式(2)所示，可通过查表得到 n 阶矩阵平均随机一致性指标 RI，可通过式(3)求得其随机一致性比率 CR。如果 CR 小于 0.1，则表示该判断矩阵具有较满意的一致性，而其特征向量进行归一化后就得到权重向量 Q，否则说明判断矩阵的构造存在问题，应重新调整各元素的值，直至具有较满意的一致性。

$$\mathrm{CI} = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) \tag{2}$$

$$\mathrm{CR} = \mathrm{CI}/\mathrm{RI} \tag{3}$$

根据上述主成分分析中各二级指标的载荷占有值，并经过与多位业内专家的深入探讨和多次调整，文章针对上述评价指标体系构造的判断矩阵及权重向量如式(4)～式(8)所示。

$$\begin{cases} \boldsymbol{A} = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 3 & 2 \\ 3 & 1 & 5 & 4 \\ 1/3 & 1/5 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 1/4 & 2 & 1 \end{pmatrix} \\ \lambda_{\max} = 4.051\ 1 \\ \mathrm{CR} = 0.019 \\ \boldsymbol{Q} = \begin{pmatrix} 0.23 \\ 0.55 \\ 0.08 \\ 0.14 \end{pmatrix} \end{cases} \tag{4}$$

$$\begin{cases} \boldsymbol{A}_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1/2 & 3 \\ 1 & 1 & 1/2 & 3 \\ 2 & 2 & 1 & 5 \\ 1/2 & 1/2 & 1/5 & 1 \end{pmatrix} \\ \lambda_{\max} = 4.230\ 8 \\ \mathrm{CR} = 0.085 \\ \boldsymbol{Q}_1 = \begin{pmatrix} 0.23 \\ 0.23 \\ 0.44 \\ 0.10 \end{pmatrix} \end{cases} \tag{5}$$

$$\begin{cases} \boldsymbol{A}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1/4 & 1/5 & 1 & 1/2 \\ 4 & 1 & 1/2 & 4 & 2 \\ 5 & 2 & 1 & 5 & 3 \\ 1 & 1/4 & 1/5 & 1 & 1/2 \\ 2 & 1/2 & 1/3 & 2 & 1 \end{pmatrix} \\ \lambda_{\max} = 5.023\ 8 \\ \mathrm{CR} = 0.005 \\ Q_2 = \begin{pmatrix} 0.08 \\ 0.27 \\ 0.43 \\ 0.08 \\ 0.14 \end{pmatrix} \end{cases} \tag{6}$$

$$\begin{cases} \boldsymbol{A}_3 = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 3 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1/3 & 1/4 & 1 \end{pmatrix} \\ \lambda_{\max} = 3.018\ 3 \\ \mathrm{CR} = 0.016 \\ \boldsymbol{Q}_3 = \begin{pmatrix} 0.32 \\ 0.56 \\ 0.12 \end{pmatrix} \end{cases} \tag{7}$$

$$\begin{cases} \boldsymbol{A}_4 = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1 \end{pmatrix} \\ \lambda_{\max} = 3.009\ 2 \\ \mathrm{CR} = 0.008 \\ \boldsymbol{Q}_4 = \begin{pmatrix} 0.16 \\ 0.54 \\ 0.30 \end{pmatrix} \end{cases} \tag{8}$$

2. 合成算法

首先建立评价指标的评分集合:$K = \{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5\} = \{$优秀,良好,中等,通过,不通过$\}$,对每一个一级评价指标在该集合上进行评价,根据业内专家、辅导员、学生的评价结果确定评价矩阵$\boldsymbol{B}_i = (b_{xy})_{mn}$,$b_{xy} \in [0,1]$表示该一级评价指标的第 x 个二级评价指标在第 y 个评分 k_y 上的频率,可通过式(9)求得一级评价指标 A_i 的评价向量。

$$\boldsymbol{P}_i = \boldsymbol{Q}_i' \boldsymbol{B}_i \tag{9}$$

之后,将 A_i 作为单独的评价指标,可构成完整的模糊评价矩阵 $\boldsymbol{B} = (\boldsymbol{P}_1', \boldsymbol{P}_2', \cdots, \boldsymbol{P}_n')'$,根据判断矩阵 $\boldsymbol{A}$ 的特征向量 $\boldsymbol{Q}$,通过式(10)得出综合评价向量。

$$\boldsymbol{P} = \boldsymbol{Q}'\boldsymbol{B} \tag{10}$$

综合评价向量的排序,通常根据最大隶属度进行初步确定,但是这种方法不能将定性和定量的描述统一量化。在这里,记 $K = \{$优秀,良好,中等,通过,不通过$\} = \{8,6,4,2,0\}$,利用式(11)求出最终的量化分值,其中:k_j为评分集合 K 中第 j 个元素的值,p_j为该元素相对应的综合评价值,从而得出每一个创新创业成果的科学评价。

$$F = \sum_{j=1}^{5} k_j \times p_j \tag{11}$$

四、验证与结论

(一)案例验证

根据上述评价体系,文章对大量创新创业成果进行了评价,其中某信息类项目共邀请 20 位评委进行评价,各一级指标的评价矩阵如下所示:

$$\boldsymbol{B}_1 = \begin{pmatrix} 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \\ 0.65 & 0.3 & 0.05 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.25 & 0.15 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \tag{12}$$

$$\boldsymbol{B}_2=\begin{pmatrix}0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 & 0\\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 & 0\\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0\\ 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 & 0\\ 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0\end{pmatrix} \tag{13}$$

$$\boldsymbol{B}_3=\begin{pmatrix}0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0\\ 0.7 & 0.1 & 0.2 & 0 & 0\\ 0.5 & 0.35 & 0.1 & 0.05 & 0\end{pmatrix} \tag{14}$$

$$\boldsymbol{B}_4=\begin{pmatrix}0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0\\ 0.85 & 0.15 & 0 & 0 & 0\\ 0.6 & 0.35 & 0.05 & 0 & 0\end{pmatrix} \tag{15}$$

对应的评价向量分别为

$$\boldsymbol{P}_1'=(0.665\quad 0.258\quad 0.078\quad 0\quad 0) \tag{16}$$

$$\boldsymbol{P}_2'=(0.631\quad 0.254\quad 0.093\quad 0.022\quad 0) \tag{17}$$

$$\boldsymbol{P}_3'=(0.740\quad 0.130\quad 0.124\quad 0.006\quad 0) \tag{18}$$

$$\boldsymbol{P}_4'=(0.751\quad 0.234\quad 0.015\quad 0\quad 0) \tag{19}$$

根据判断矩阵 $\boldsymbol{A}$ 的特征向量 $\boldsymbol{Q}$，通过式(10)计算出该项目综合评价向量为

$$\boldsymbol{P}'=(0.660\quad 0.242\quad 0.080\quad 0.013\quad 0) \tag{20}$$

最终综合评价值 $F=2.236$，为所有参评项目中最佳。以此为依据，该项目被推荐参加第十四届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛，获得信息类作品一等奖。

（二）结论

经过案例检验，文章提出的大学生创新创业评价指标体系，具有广泛的实用性。首先，使用该体系评价的每一个成果都可以得到一个综合评价值，然后进行排序就可以判断成果的优劣和成果的数量无关；其次，如果有两个成果综合评价值相同，则还可以结合最大隶属度进行排序；最后，可以根据不同专业和不同情况，调整判断矩阵系数，可推广性极强。

创新创业育人体系作为开展学生学业指导和实践育人工作的有效载体，应与传统教学工作相得益彰，日常教学是创新创业的坚实基础，创新创业则成为日常教学的有效补充。北京航空航天大学的长期实践证明文章提出的大学生创新创业成果评价机制具有较强的可操作性，符合高校创新创业工作规律，并可以进一步推广到其他工作之中。

参考文献：

[1] 李晓明，吴万生，沈维政. 大学生创新创业体系的研究与实践[J]. 黑龙江教育学院学报，2014，33(3)：6—7.

[2] LANDSTRÖM H，ÖSTRÖM F，HARIRCHI G. Innovation and entrepreneurship studies one or two fields of research[J]. International Entrepreneurship & Management Journal，2015，11(3)：493—509.

[3] 门瑞雪. 构建大学生创新创业能力评估及评价模型的研究[J]. 吉林省教育学院学报，2015，10(31)：25—26.

[4] 刘象超. 基于 AHP 的信息技术课堂教学评价体系的数学模型构建研究[D]. 南京：南京师范大学，2009.

[5] 高明，李琳. 大学生创新创业能力评价指标体系及促进因素研究[J]. 赤峰学院学报(自然科学版)，2014，30(6)：183—184.

[6] 刘沁玲. 创新型创业能力评价指标体系的构建——基于中国大学生初次创业案例的调研[J]. 科技管理研究，2013(24)：65—69.

[7] 赵子玥. 大学生创新创业训练计划项目评价标准的探索[J]. 科技展望，2016(7)：344.

[8] 刘丽玉，林江豪. 大学生创业评价体系及评估模型构建研究[J]. 中国培训，2016(2)：16—17.

[9] 朱晖，刘超. 用模糊数学模型对教学过程质量进行创新评价[J]. 创新型人才培养的理论与实践，2006：519—523.

[10] 包东娥，张万琴，孙用明，等. 大学生科技创新基金项目评选的数学模型[J]. 河南科技学院学报(自然科学版)，2008(6)：128—131.

[11] 王道林. 层次分析法及模糊综合评判在高校网站评价中的应用[J]. 山东农业大学学报(自然科学版)，2005，36(2)：293—296.