

理工科研究生科研创新能力评价指标体系的构建及应用

金立, 史建君, 张晓波, 李小云, 董文钧

(浙江理工大学理学院, 杭州 310018)

摘要: 针对目前高校理工科研究生的特点,采用问卷调查法并对调查结果进行分析,应用 SPSS 构造了研究生科研创新能力评价体系,计算了相关因素的权重,并采用 AHP 方法建立了科研创新能力的综合评价模型,在此基础上实现了研究生科研创新能力的模糊综合评判。该方法可以为高校实现研究生科研能力的合理评价提供参考。

关键词: 研究生; 科研创新能力; 层次分析法; 评价; 模糊综合评判

中图分类号: G643 **文献标志码:** A

0 前言

研究生科研能力即研究生在各学科领域进行旨在探索真理的普遍理智创造活动所需的能力,作为科研能力的核心部分,科研创新能力主要指对未知世界的探究能力和发明新事物的能力,以及应用新技术、新手段的能力^[1-2]。一般表现为:用不同方法和观点解决和探索问题的能力;把常规方法转用在新情况的能力;想象力的丰富性、思路的新颖性及发明才能。采用问卷法调查研究浙江理工大学部分理工科专业研究生的科研创新能力,应用 SPSS 进行因素分析,并基于 AHP 构建了科研创新能力的综合评价模型。

1 评价表(问卷)设计

通过对硕士研究生的调研,从研究生的特点给出创新能力评价指标,形成了 25 项评价指标。

评分方法:采用 Likert 5 级计分,用 1~5 分表示很不重要、不太重要、一般、比较重要、非常重要,共 5 个等级。

评价人员组成:浙江理工大学 510 名硕士研究生(如机械设计、材料、应用化学、计算机、信号与信息处理等专业)参与此次问卷调查,总共发出评价表

510 份,回收有效表 486 份。

问卷分析方法:以 SPSS13.0 进行统计分析,采用因子分析法^[3],将众多的原有变量综合成较少的几个综合指标。这里采用巴特利特球度检验(Bartlett Test)和 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)检验。检验结果显示:KMO0.855, Bartlett's Test of Sphericity, Approx. Chi-Square 5946.539, Sig 0.000,该结果表示比较适合于做因子分析。

因子分析:采用 PCA(主成分分析法),因子旋转方法选择 Varimax(方差最大法),统计结果如下所示。由因素矩阵可见应用 PCA 方法后最后析出的主因素共有 6 个,总共的解释量达到 63.537% (见表 1),这说明研究生科研创新能力取 6 个公共因子比较合适。而通过旋转后的因子载荷矩阵如表 2 所示。

由表 2 可见,旋转后的主因素矩阵共有 6 个主因子,可分别定义为:科研创新 U_1 , 学术情况 U_2 , 创新思维 U_3 , 创新能力 U_4 , 科研素质 U_5 , 科研环境 U_6 。其中 U_1 包括 9 个因子(科研成果奖 u_{11} , 专利 u_{12} , 论文获奖情况 u_{13} , 论文数 u_{14} , 著作与教材数量 u_{15} , 出版级别 u_{16} , 论文所在期刊平均影响因子 u_{17} , 论文被引用次数 u_{18} , 项目级别数 u_{19}), U_2 包括 3 个因子(学术交流情况 u_{21} , 学术交流级别 u_{22} , 师资力量

u_{23}), U_3 包括 4 个因子(联想思维 u_{31} , 灵活思维 u_{32} , 形象思维 u_{33} , 逻辑思维 u_{34}), U_4 包括 4 个因子(组织协调能力 u_{41} , 表达能力 u_{42} , 分析论证能力 u_{43} , 动手

操作能力 u_{44}), U_5 包括 3 个因子(信息综合处理能力 u_{51} , 文献阅读与综合能力 u_{52} , 选择科研课题的能力 u_{53}), U_6 包括 2 个因子(学术环境 u_{61} , 教学设备 u_{62})。

表 1 研究生创新能力指标分析变异解释量

因子	初始特征值			提取公共因子			旋转后的公共因子		
	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
1	7.608	30.432	30.432	7.608	30.432	30.432	5.656	22.623	22.623
2	2.654	10.618	41.050	2.654	10.618	41.050	2.227	8.909	31.533
3	1.955	7.818	48.868	1.955	7.818	48.868	2.191	8.764	40.297
4	1.422	5.686	54.555	1.422	5.686	54.555	2.073	8.294	48.591
5	1.202	4.807	59.361	1.202	4.807	59.361	2.068	8.271	56.862
6	1.044	4.176	63.537	1.044	4.176	63.537	1.669	6.675	63.537

表 2 研究生创新能力指标旋转矩阵

项目	因子					
	1	2	3	4	5	6
科研成果奖	0.858					
专利	0.857					
论文获奖情况	0.817					
论文数	0.793					
著作与教材数量	0.758					
出版级别	0.666					
论文所在期刊平均影响因子	0.650					
论文被引用次数	0.613					
项目级别数	0.581					
学术交流情况		0.693				
学术交流级别		0.688				
师资力量		0.521				
联想思维			0.764			
灵活思维			0.740			
形象思维			0.724			
逻辑思维			0.558			
组织协调能力				0.747		
表达能力				0.706		
分析论证能力				0.618		
动手操作能力				0.409		
信息综合处理能力					0.711	
文献阅读与综合能力					0.694	
选择科研课题的能力					0.486	
学术环境						0.756
教学设备						0.750

2 研究生科研创新能力评价指标体系权重设计

AHP(analytic hierarchy process) 方法是美国运筹学家匹茨堡大学教授萨蒂于 20 世纪 70 年代初提出的一种层次权重决策分析方法^[4], 它通过结合定量分析与定性分析的方式, 将复杂的问题分解成

若干层次, 按照各因素间的相互关联影响以及隶属关系按不同层次聚集组合, 在简单的层次上逐步分析。

本研究工作中运用 AHP 法建立研究生科研能力评价体系时借鉴 SPSS 主因子矩阵^[5], 分为 3 个步骤: a) 根据 Saaty 提出的 1~9 标度法, 把问题分解组合, 建立递阶层次结构; b) 应用专家评价法, 对一

级指标 6 个主因子:科研创新,学术情况,创新思维,创新能力,科研素质,创新环境,通过两两比较的方法,按规定的比例尺度,构造两两比较判断矩阵,并计算出相应的权重。c) 构建研究生科研创新能力的数学模型,得出整个递阶结构所有判断的总的一致性指标,相应的层次结构见图 1 所示。

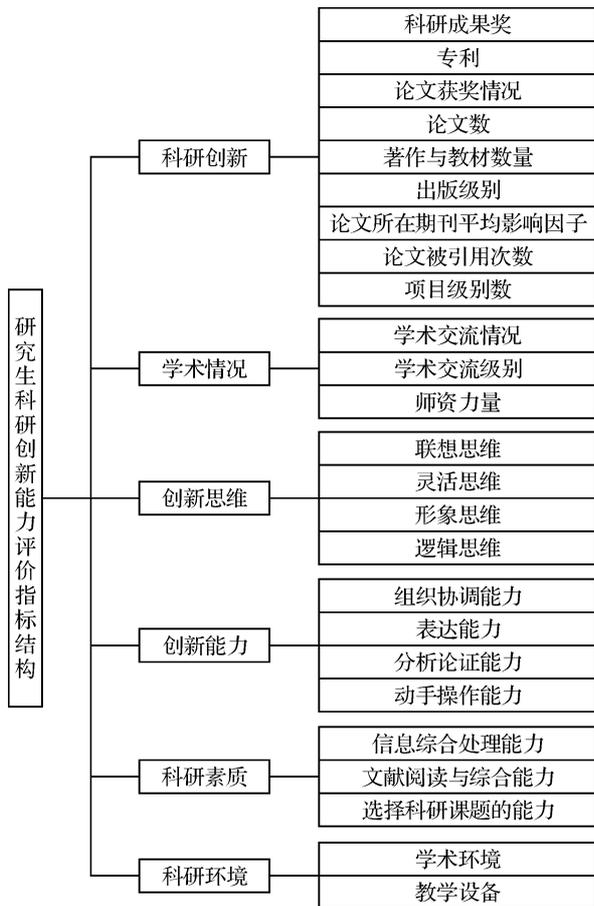


图 1 研究生科研创新能力评价指标结构

首先,进行层次单排序和一致性检验,计算相应的排序向量,根据专家评价法,6 个一级指标的判断矩阵和计算结果如表 3 所示。

表 3 判断矩阵 $A \rightarrow B$

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	权重向量 W
B ₁	1	3	4	5	7	8	0.42
B ₂	1/3	1	3	5	4	6	0.243
B ₃	1/4	1/3	1	3	5	6	0.16
B ₄	1/5	1/5	1/3	1	3	5	0.094
B ₅	1/7	1/4	1/5	1/3	1	3	0.053
B ₆	1/8	1/6	1/6	1/5	1/3	1	0.03

其次,计算研究生科研创新能力二级指标的权重,借鉴 SPSS 的主因子旋转矩阵。笔者提出的研究生科研创新能力评价指标(图 1 所示 25 个二级指标)作归一化处理权重系数分别为 $W_1(0.13,0.13,0.124,0.12,0.115,0.101,0.099,0.093,0.088),W_2(0.364,0.362,0.274),W_3(0.274,0.266,0.26,0.2),W_4(0.301,0.285,0.249,0.165),W_5(0.376,0.367,0.257),W_6(0.502,0.498)$ 。

每一层作出的权重向量还需要计算相容性检验,如果一致,所得结果可以接受,如果不一致,需要重新构造判断矩阵,重新计算。整体权重向量的数据可以用来指导专家对各指标进行合理的估测,并由此参加模糊综合评判的数值计算。

3 研究生科研创新能力的模糊综合评判

参照图 1 构建的评价体系,采用模糊数学的加权平均型模型^[6]来进行模糊综合评判,计算公式如下:

$$\tilde{B} = \sum_{i=1}^n \tilde{W}_i \tilde{R}_i \quad (1)$$

式中: \tilde{B} 为研究生科研创新能力评价分值, n 为影响因素的个数, \tilde{W}_i 为各个影响因素的归一化权重值, \tilde{R}_i 为各个影响因素的模糊后果评判值, $0.1 \leq \tilde{R}_i \leq 1.0$,可参考表 4 所示的评语集。

表 4 分层体系综合性能评价指标得分表

状态类别	\tilde{R}_1 (优)	\tilde{R}_2 (良)	\tilde{R}_3 (一般)	\tilde{R}_4 (较差)	\tilde{R}_5 (差)
分数	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5

借鉴该评语集,可以对研究生的科研创新能力做出大致的评定,通过对 25 项指标分别打分,得到不同的评判矩阵 R_i 。计算时从底向顶,逐层进行,最后归结为具体的得分。

以某研究生为例,6 位专家的评分结果如下:

科研创新评判矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.9 & 0.9 & 0.9 & 0.9 & 0.9 \\ 0.9 & 0.7 & 0.9 & 0.9 & 0.9 & 0.8 \\ 0.7 & 0.7 & 0.9 & 0.7 & 0.5 & 0.7 \\ 0.7 & 0.9 & 0.7 & 0.9 & 0.9 & 0.5 \\ 0.5 & 0.9 & 0.7 & 0.9 & 0.7 & 0.9 \\ 0.7 & 0.9 & 0.7 & 0.8 & 0.6 & 0.9 \\ 0.8 & 0.7 & 0.7 & 0.8 & 0.6 & 0.9 \\ 0.9 & 0.7 & 0.8 & 0.5 & 0.7 & 0.7 \\ 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.5 & 0.6 & 0.7 \end{bmatrix}$$

权重 W_1 为 $(0.13,0.13,0.124,0.12,0.115,0.101,0.099,0.093,0.088)$,

评判结果 $B_1 = W_1 \cdot R_1 = [0.775,0.864,0.781,$

0.83, 0.786, 0.85]。

同理可得, 学术情况 $B_2 = W_2 \circ R_2 = [0.802, 0.80, 0.793, 0.762, 0.762, 0.9]$ 。

创新思维 $B_3 = W_3 \circ R_3 = [0.786, 0.764, 0.793, 0.711, 0.812, 0.8]$ 。

创新能力 $B_4 = W_4 \circ R_4 = [0.783, 0.9, 0.9, 0.811, 0.912, 0.75]$ 。

科研素质 $B_5 = W_5 \circ R_5 = [0.731, 0.809, 0.8, 0.841, 0.8, 0.85]$ 。

创新环境 $B_6 = W_6 \circ R_6 = [0.778, 0.8, 0.847, 0.728, 0.8, 0.8]$ 。

研究生科研创新能力评判矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} 0.775 & 0.802 & 0.786 & 0.783 & 0.731 & 0.778 \\ 0.864 & 0.8 & 0.764 & 0.9 & 0.809 & 0.8 \\ 0.781 & 0.793 & 0.739 & 0.9 & 0.8 & 0.847 \\ 0.83 & 0.762 & 0.711 & 0.811 & 0.841 & 0.728 \\ 0.786 & 0.762 & 0.812 & 0.9 & 0.8 & 0.8 \\ 0.85 & 0.9 & 0.8 & 0.75 & 0.85 & 0.8 \end{bmatrix},$$

权重为 $W = (0.42, 0.243, 0.16, 0.094, 0.053, 0.03)$, 则研究生科研创新能力的评价结果为 $B = [0.811, 0.795, 0.768, 0.84, 0.777, 0.789]$ 。将这 6 位专家的评价结果取平均值, 该研究生的科研创新能力得分是 0.797 分。

模糊综合评判的方法同样适用于对不同专业的硕士研究生的科研创新能力进行计算, 一般都用 Matlab 编程序来计算分析, 如图 2 所示。

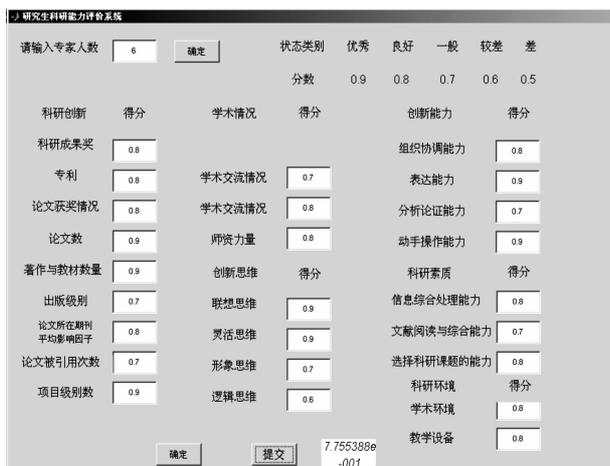


图 2 Matlab 程序运行界面

4 结 语

对硕士研究生科研创新能力的合理评估是一项很重要的工作, 这关系到对研究生实际科研能力的评价。从目前掌握的情况看, 要全面完成对研究生的测评比较麻烦, 不同的专业、学科(文、理)对于学生的要求不一样, 不能混为一谈。

笔者以理工科研究生为例, 采用问卷调查法进行数据统计, 将 SPSS 和层次分析法结合进行研究生科研创新能力的评估, 首先基于 SPSS 统计分析结果构建模型, 然后应用层次分析法完成权重计算, 并据此完成了对研究生科研创新能力的模糊综合评判。从结果看, 针对 SPSS 统计分析的模型计算对应权重比单纯构建层次模型要更直观, 方便理解。如果将影响科研创新能力的因素细分多项, 则需要重新构建评价指标体系, 那么结果更加精确。

如何采用理论或实验的方法给出适合的指标体系, 并对研究生科研创新能力进行合理的评价, 将有助于保证选定适合研究生培养的设计方案和对研究生的实际科研能力作出综合评价。

参考文献:

- [1] 张 军, 万星火. 研究生综合素质培养的影响因素调查与探析: 以河北省部分高校研究生调查为例[J]. 学位与研究生教育, 2011(2): 57-60.
- [2] 陈淑妮, 裴瑞芳, 陈贵壹. 研究生学术行为规范认知的实证研究及其影响因素与对策分析[J]. 学位与研究生教育, 2010(7): 32-38.
- [3] 邱皓政. 量化研究与统计分析: SPSS 中文视窗版数据分析范例解析[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2009: 323-341.
- [4] 金 立, 郝绍瑞, 刘从军, 等. 舰船人机系统行为的模糊综合评判[J]. 浙江理工大学学报, 2007, 24(1): 62-66.
- [5] 阎 英, 刘伯红. 理工科研究生科研创新能力评价体系研究与实现[J]. 计算机与数字工程, 2009, 37(8): 83-86.
- [6] 谢志坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 2 版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2000: 240-249.

Establishment and Application of Scientific Research Innovation Capability Evaluation Index System for Postgraduates of Science and Engineering in Colleges and Universities

JIN Li, SHI Jian-jun, ZHANG Xiao-bo, LI Xiao-yun, DONG Wen-jun

(School of Science, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In allusion to characteristics of postgraduates of science and engineering in colleges and universities currently, this paper conducts a result analysis with questionnaire method; establishes scientific research innovation capability evaluation system for postgraduates by using SPSS; calculates the weight of related factors; establishes a comprehensive evaluation model of scientific research innovation capability with AHP method; and realizes fuzzy comprehensive evaluation of scientific research innovation capability of postgraduates on this basis. This method can provide references for the reasonable evaluation of scientific research innovation capability of postgraduates in colleges and universities.

Key words: scientific research innovation capability; analytic hierarchy process; evaluation; fuzzy comprehensive evaluation

(责任编辑: 马春晓)

(上接第 398 页)

Research on Shape and Texture Feature Extraction of Plant Leaf Images

CHEN Yin, ZHOU Ping

(School of Information Science and Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: This paper introduces a method of shape and texture feature extraction based on leaf images for the classification of plant leaves. This method first conducts pre-processing on leaf image, extracts leaf outline and obtains the shape and texture feature parameters; then analyzes and roughly classifies shape parameters and finally classifies leaves with similar shape by using BP neural network. The experiment classifies 20 kinds of leaves and the average recognition rate reaches 92%.

Key words: leaf images; image pre-processing; feature parameter; BP neural network

(责任编辑: 陈和榜)