



产学研合作背景下基于组合赋权模糊 Topsis 法的大学生创新能力评价

杭祖圣*, 张凯铭, 王经逸, 张春祥, 怀 旭

(南京工程学院材料科学与工程学院, 南京 211167)

摘要:在考察大学生创新能力的过程中,如果不能在当今产学研合作大趋势下综合考虑创新主体(高校和企业)间合作创新所产生的影响效果,所得的评价结果不能反映大学生的真实创新能力。本文在借鉴已有能力评价指标体系研究的基础上,在确定创新能力评价指标集时考虑产学研协同的影响,构建出全新的大学生创新能力评价指标体系,进一步采用主客观组合赋权法确定创新能力的指标权重,最后采用模糊 Topsis 法获得评价模型,通过算例的形式验证了评价指标体系和评价方法的可操作性与科学性。

关键词:产学研合作; 创新能力; 量化分析; 主客观组合赋权; 模糊 Topsis 法

大学生创新能力的培养是一个面向时代发展的课题,《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》中明确指出^[1]:“必须把教育放在优先发展的位置,建设创新型国家。”“着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力,形成各类人才辈出,拔尖创新人才不断涌现的局面。”可见创新型人才培养已经是人才培养任务的重中之重,不论理工科还是文科^[2],任何关系到人才培养的项目和政策都必须把创新能力的培养放在优先思考的位置。创新能力评价体系作为创新能力培养中的重要组成部分之一,是创新培养目标能否实现的关键因素。一个科学、有效的创新能力评价体系,不仅能使大学生对自己的创新能力有客观、全面的认识,还能通过它的监控、反馈功能,对创新能力培养的深入开展做出指导,更重要的是通过其激励导向功能,鼓励富有创新精神的大学生积极参与创新实践活动,达到在大学生中普及创新教育的目的^[3]。高校大学生创新能力培养及质量评价体系逐渐成为学者和教育界关注的热点,取得了一系列的成果和创新的定量方法,但上述成果都没有考虑到产学研协同的大背景,评价体系仅停留在高校人才培养层面的各类指标,没有产学研资源的权重加成,此方面研究亟待加强。

产学研合作,其实质是知识供应链的良性互动,是一种典型的知识供应链^[4]。产学研合作可以产生各种收益,包括大学生创新能力方面的提升也是收益的重要方面,因此在评价大学生创新能力时未考虑产学研过程中的影响,在确定权重时就缺乏了重要的影响因素。产学研合作也是推动高校和企业创新发展的有效方式,产学研合作主体(高校和企业)的创新能力指标体系可以通过双边匹配的方法,通过建立产学研合作主体的匹配度矩阵,结合加权的指标权重构建匹配模型,获得最佳的匹配方案^[5]。基于高校和企业创新能力上具有高度的匹配性,大学生是高校的最终产品,因此在评价大学生创新能力时未考虑企业的匹配,其评价体系从源头上就具有缺陷。

在对相关文献进行解读、梳理的基础上,结合高校和企业创新主体的特点和创新资源上的差异,不同主体出现频率较高的创新能力评价元素可以作为新评价体系的备选指标。企业创新能力可以通过创新投入能力、创新研发能力、创新管理能力、创新产出能力等 4 项能力进行量化评价^[6~10],其中创新投入能

10.14028/j.cnki.1003-3726.2021.11.010

收稿:2020-03-23;修回:2021-01-29;

基金项目:江苏省高教学会“十三五”规划课题(16YB099),南京工程学院教改课题(JG201717);

* 通讯联系人:杭祖圣(1981-),男,广西南宁人,南京工程学院材料科学与工程学院教授,博士,硕导。E-mail: xbhzs@njit.edu.cn.

力又可分为创新资金投入强度、研发人员投入强度、非 R&D 投入强度等 3 项 2 级指标。大学生创新能力评价指标^[11~16]可从思维能力、学习能力、知识能力、科研能力等 4 方面进行评价,科研能力又可通过论文发表、专利发明、科技活动获奖等指标进行量化。

综上,目前学者对大学生创新能力评价方法多以在校期间的创新活动为评价指标,指标的确定主要采用问卷调查、专家调查,权重确定的研究方法主要集中在层次分析法,而对于创新主体(高校和企业)间合作创新所产生的影响效果定性和定量都付之阙如,该影响具有真实数据难以收集或者数据缺失等现实问题,且不能解释创新主体合作过程所引起的复杂性和宏观涌现性。基于以上分析,本文以南京工程学院高分子材料与工程专业的学生作为调查分析对象,在确定创新能力评价指标集时考虑产学研协同的影响,在采用主客观赋权结合法确定创新能力各指标权重,进一步采用模糊 Topsis 法加成高校和企业的匹配度矩阵,以获得全新的评价模型,重构新型的大学生创新能力评价体系。

1 调查问卷分析及指标体系确定

1.1 调查问卷分析

以问卷调查的形式,在设计调查问卷时加成产学研合作的因素,对总计评价主体(包括学校、企业、学生三方)进行调查,归纳整理有效问卷,通过计算项目内部一致性信度系数,对调查问卷进行信度分析,从中筛选出认同率高的元素作为评价指标;采用最常用的 α 信度系数法,确定量表的内在信度,即判断项目之间是否具有较高的内在一致性。按照以上分析,确定了创新知识积累 C_1 、创新思维 C_2 、创新技能 C_3 、创新个性与团队 C_4 、创新环境 C_5 、创新成果 C_6 等 6 个一级指标及相应的二级指标,计算的各指标信度 α 结果为 0.7835、0.8573、0.9264、0.8621、0.7562、0.9437。

进一步对信度系数进行分析,原有设计中创新知识积累 C_1 中的二级指标 $C_{11} \sim C_{16}$ 分别为:公共基础知识水平、专业基础知识水平、专业前沿知识水平、交叉学科知识水平、创新创业知识水平、产学研合作知识水平, C_1 中 $C_{11} \sim C_{16}$ 之间的 α 信度系数为 0.7835,可见这 6 项的信度系数在 0.7~0.8 之间,表明 $C_{11} \sim C_{16}$ 中的部分项目需要修订。可以将“创新知识积累”与“公共基础知识水平”进行相关分析,发现由于调查对象是高分子材料与工程专业和复合材料与工程专业的学生,思政类课程与创新知识积累的相关系数较低,其主要与创新思维和创新个性有关,因此将其限定范围,修订为“外语、数理、计算机水平”,提高其精确度。

利用上述方法可以对 $C_2 \sim C_6$ 这 6 个一级指标进行内部一致性的分析,其中 C_5 创新环境部分的信度也在 0.7~0.8 之间, $C_{51} \sim C_{53}$ 原有的设计指标为政策条件、实践条件、师资条件,说明该部分的有些项目描述不够合理,需要进一步调整和修改,因为政策、实践条件和师资条件对同一专业的学生没有差别,需做适当调整。其它一级指标的信度系数在 0.8~0.9 之间,说明信度可以接受,不需要进行修订。

再利用上述方法对整个量表的所有项目进行内部一致性分析,得出问卷总的内部一致性信度系数为 0.9074,说明量表的信度非常较好,整体上不需要进行修改,每个一级指标都可以保留。

1.2 指标体系的确定

采用专家调查法,邀请高校和企业专家共同分析研究,对选定的评价指标进行进一步分类归纳,获得反馈意见。为了修订创新环境的不足,结合企业创新的指标,将创新投入和创新文化也加入二级指标。

按照层次性原则、全面性原则、简明性原则、科学性原则和可操作性原则,构建产学研协同作用下大学生创新能力评价指标体系,最终获得表 1。

2 产学研协同背景下大学生创新能力评价体系的量化分析

在重构的产学研协同作用下大学生创新能力评价指标体系基础上,运用主观熵值法对评价指标项进行权重,运用客观 AHP 法对分准则层指标进行权重确定,将两种方法得到的权重做归一化处理,获得各

表 1 产学研合作加成的学生创新能力评价指标

Table 1 Evaluation index of students' innovation ability based on the cooperation of industry, university and research		
一级指标 C_i	二级指标 C_{ij}	采样方法
创新知识积累 C_1	外语、数理、计算机水平 C_{11}	被采样学生的外语、数理、计算机成绩平均值
	专业基础知识水平 C_{12}	被采样学生的专业基础科目成绩平均值
	专业前沿知识水平 C_{13}	被采样学生的专业选修科目成绩平均值与本科导师评价的综合评分
	交叉学科知识水平 C_{14}	被采样学生的非专业选修科目成绩平均值与本科导师评价的综合评分
	创新创业知识水平 C_{15}	被采样学生的创新创业课程成绩平均值与本科导师评价的综合评分
	产学研合作知识水平 C_{16}	本科导师评价
创新思维 C_2	观察能力 C_{21}	学生互评与本科导师评价综合评分
	想象能力 C_{22}	学生互评与本科导师评价综合评分
	逻辑能力 C_{23}	学生互评与本科导师评价综合评分
	对外来技术的消化吸收能力 C_{24}	本科导师评价
创新技能 C_3	知识学习能力 C_{31}	被采样学生的综合测评成绩综合评分
	分析判断能力 C_{32}	学生互评与本科导师评价综合评分
	计划组织能力 C_{33}	学生互评与本科导师评价综合评分
	实验操作能力 C_{34}	学生互评与本科导师评价综合评分
	语言和文字表达能力 C_{35}	学生互评与本科导师评价综合评分
	市场调研能力 C_{36}	本科导师评价
创新个性与团队 C_4	好奇心与兴趣 C_{41}	学生互评与本科导师评价综合评分
	自信心 C_{42}	学生互评与本科导师评价综合评分
	独立思考精神 C_{43}	学生互评与本科导师评价综合评分
	团队精神 C_{44}	学生互评与本科导师评价综合评分
	批判精神 C_{45}	学生互评与本科导师评价综合评分
	意志力 C_{46}	学生互评与本科导师评价综合评分
	沟通能力 C_{47}	学生互评与本科导师评价综合评分
创新环境 C_5	创新经费投入 C_{51}	学生个人项目经费与本科导师的相关项目经费综合
	创新强度投入 C_{52}	学生互评与本科导师评价综合评分
创新成果 C_6	论文发表情况 C_{61}	学生论文及其排名统计综合评分
	专利情况 C_{62}	学生专利及其排名统计综合评分
	科技作品获奖 C_{63}	学生科技作品获奖及其排名统计综合评分
	创新成果推广情况 C_{64}	本科导师评价

指标权重,进一步确定评语集,建立模糊评价矩阵,将企业高校匹配矩阵与模糊评价矩阵进行处理得到加权化矩阵,确定模糊正负理想解,计算各评价对象与正负理想解的距离与贴近度,获得评价模型。

2.1 样本采集方法

考虑到大学生创新能力评价指标多为定性指标,根据各评价指标的特性,采用教师的评价、学生互评与学生的综合测评作为基础数据来源。本校对专业学生采取本科生导师制,大部分学生都进入相应课题组,学生难以通过成绩量化的指标以学生所属本科导师评价为主要依据。将创新能力指标系统评价集设为四个层次: $S=\{S_1,S_2,S_3,S_4\}=\{\text{强,较强,临界,差}\}$,各个层次对应的标准元素值为:强[85~100]、较强[70~85]、临界[60~70]和差[60 以下]。样本采集的方法也如表 1 所示。

2.2 指标权重的确定

权重确定的方法主要有主观赋权法和客观赋权法。主观赋权法即指标权重由专家根据经验主观判断而得到的,客观赋权法即根据原始数据之间的关系来确定权重。本文将主客观赋权法结合起来。

2.2.1 客观法 运用熵值法对 29 个二级指标项进行权重确定将评价指标的语义值进行标准化处理,计算公式如式(1)所示。

$$C_{ij}^* = Con + \frac{C_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^m C_j}{n}}{\delta}$$
$$(i = 1, 2, \cdots n; j = 1, 2, \cdots m)$$
(1)

式中, δ 为标准差,Con 为任意常数,使得 $C_{ij} \geq 0$ 。计算标准化指标值的比重 $C_{ij}^\#$ 和熵值 S_j ,计算公式如式(2)所示。

$$C_{ij}^\# = \frac{C_{ij}^*}{\sum_{j=1}^m C_{ij}^*}; S_j = -\frac{\frac{1}{\ln(n)}}{\sum_{j=1}^m C_{ij}^\# [\ln(C_{ij}^\#)]}$$
$$(i = 1, 2, \cdots n; j = 1, 2, \cdots m)$$
(2)

进一步计算差异值 X_j ,并确定各评价指标的权重 Q_j ,计算公式如式(3)所示。

$$X_j = 1 - S_j; Q_j = \frac{X_j}{\sum_{j=1}^m X_j}$$
(3)

2.2.2 主观法 运用层次分析法对 6 个一级指标进行权重确定。选取产学研合作领域、学生管理领域、技术创新领域的共 5 位专家,运用层次分析方法,确定层次隶属关系,建立递阶层次结构后,对同层各因素进行两两比较判断,构造判断矩阵 A。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix}$$

计算判断矩阵 A 每一行元素的乘积 M_i ,并将 M_i 作 n 次方根处理,最后得出标准化的权重值,具体计算公式如式(4)所示。

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} (j = 1, 2, \cdots, m)$$
$$\overline{W}_j = \sqrt[n]{M_i} (i = 1, 2, \cdots, n, j = 1, 2, \cdots, m)$$
$$W_j = \frac{\overline{W}_j}{\sum_{j=1}^m \overline{W}_j}$$
(4)

2.2.3 组合赋权 综合考虑两种赋权法,将主客观赋权法确定的权重系数对应相乘,最后再进行归一化处理,具体组合赋权公式如式(5)所示。

$$zW_j = \frac{Q_j \times W_j}{\sum_{j=1}^m Q_j \times W_j} (j = 1, 2, \cdots, m)$$
(5)

2.2.4 指标权重确定结果

(1)主观法权重确定过程

选取 5 位专家按照 1~5 标度方法对每层次的各指标进行两两比较打分,建立判断矩阵,利用乘积方根法计算最大特征值 $\lambda_{\max}$ 所对应的特征向量并归一化,从而确定各层次因素的权重 W ,并且对判断矩阵进行一致性检验 CR,典型判断矩阵如表 2 所示。

表 2 产学研合作背景下学生创新能力的判断矩阵

Table 2 The judgment matrix of students' innovative ability under the background of industry-university-research cooperation						
	创新知识积累	创新思维	创新技能	创新个性与团队	创新环境	创新成果
创新知识积累	1					
创新思维	3	1				
创新技能	2	1	1			
创新个性与团队	1/3	1/3	1/2	1		
创新环境	1/4	1/4	1/3	1/2	1	
创新成果	1/2	1/2	1	2	2	1
权重 W	0.1701	0.2946	0.2143	0.0825	0.0683	0.1701

其它二级指标的权重可以按照同样的方法进行计算获得。

(2) 客观法权重

根据式(1)~式(3),获得如表 3 所示的学生创新能力评价二级指标权重。

表 3 客观法获得的产学研合作加成下学生创新能力评价指标权重

Table 3 The student's innovation ability evaluation index weight obtained under the objective method of industry-university-research cooperation bonus					
一级指标 C_i	权重	二级指标 C_{ij}	S_i	X_j	Q_j
创新知识积累 C_1		外语、数理、计算机水平 C_{11}	0.9829	0.0171	0.1825
		专业基础知识水平 C_{12}	0.9859	0.0141	0.1503
		专业前沿知识水平 C_{13}	0.9852	0.0148	0.1578
		交叉学科知识水平 C_{14}	0.9835	0.0165	0.1755
		创新创业知识水平 C_{15}	0.9826	0.0174	0.1852
		产学研合作知识水平 C_{16}	0.9861	0.0139	0.1486
创新思维 C_2		观察能力 C_{21}	0.9842	0.0158	0.2645
		想象能力 C_{22}	0.9840	0.0160	0.2676
		逻辑能力 C_{23}	0.9871	0.0129	0.2157
		对外来技术的消化吸收能力 C_{24}	0.9849	0.0151	0.2523
创新技能 C_3		知识学习能力 C_{31}	0.9942	0.0058	0.0732
		分析判断能力 C_{32}	0.9854	0.0146	0.1854
		计划组织能力 C_{33}	0.9841	0.0159	0.2018
		实验操作能力 C_{34}	0.9877	0.0123	0.1563
		语言和文字表达能力 C_{35}	0.9855	0.0145	0.1839
		市场调研能力 C_{36}	0.9843	0.0157	0.1994
创新个性与团队 C_4		好奇心与兴趣 C_{41}	0.9840	0.0160	0.1475
		自信心 C_{42}	0.9858	0.0142	0.1311
		独立思考精神 C_{43}	0.9839	0.0161	0.1483
		团队精神 C_{44}	0.9835	0.0165	0.1523
		批判精神 C_{45}	0.9853	0.0147	0.1361
		意志力 C_{46}	0.9845	0.0155	0.1435
		沟通能力 C_{47}	0.9847	0.0153	0.1411
创新环境 C_5		创新经费投入 C_{51}	0.9845	0.0155	0.4888
		创新强度投入 C_{52}	0.9838	0.0162	0.5112
创新成果 C_6		论文发表情况 C_{61}	0.9867	0.0133	0.2390
		专利情况 C_{62}	0.9849	0.0151	0.2713
		科技作品获奖 C_{63}	0.9864	0.0136	0.2434
		创新成果推广情况 C_{64}	0.9863	0.0137	0.2463

(3)组合赋权

根据式(5)组合赋权后得到的结果如表 4 所示。

表 4 组合赋权后产学研合作加成的学生创新能力评价指标

Table 4 Evaluation index of student's innovation ability based on the bonus of industry-university-research cooperation after combined weighting					
一级指标 C_i	权重	二级指标 C_{ij}	Q_j	W_j	zW_j
创新知识积累 C_1	0.1701	外语、数理、计算机水平 C_{11}	0.1825	0.1593	0.1732
		专业基础知识水平 C_{12}	0.1503	0.1593	0.1427
		专业前沿知识水平 C_{13}	0.1578	0.1593	0.1498
		交叉学科知识水平 C_{14}	0.1755	0.1210	0.1266
		创新创业知识水平 C_{15}	0.1852	0.2415	0.2665
		产学研合作知识水平 C_{16}	0.1486	0.1593	0.1411
创新思维 C_2	0.2946	观察能力 C_{21}	0.2645	0.2704	0.2840
		想象能力 C_{22}	0.2676	0.2704	0.2873
		逻辑能力 C_{23}	0.2157	0.2146	0.1838
		对外来技术的消化吸收能力 C_{24}	0.2523	0.2443	0.2448
创新技能 C_3	0.2143	知识学习能力 C_{31}	0.0732	0.1210	0.0513
		分析判断能力 C_{32}	0.1854	0.1711	0.1838
		计划组织能力 C_{33}	0.2018	0.1921	0.2245
		实验操作能力 C_{34}	0.1563	0.1592	0.1442
		语言和文字表达能力 C_{35}	0.1839	0.1732	0.1845
		市场调研能力 C_{36}	0.1994	0.1831	0.2115
创新个性与团队 C_4	0.0825	好奇心与兴趣 C_{41}	0.1475	0.1192	0.1228
		自信心 C_{42}	0.1311	0.1192	0.1091
		独立思考精神 C_{43}	0.1483	0.1502	0.1556
		团队精神 C_{44}	0.1523	0.1418	0.1508
		批判精神 C_{45}	0.1361	0.1192	0.1133
		意志力 C_{46}	0.1435	0.1893	0.1897
		沟通能力 C_{47}	0.1411	0.1607	0.1584
创新环境 C_5	0.0682	创新经费投入 C_{51}	0.4888	0.4142	0.4033
		创新强度投入 C_{52}	0.5112	0.5857	0.5966
创新成果 C_6	0.1701	论文发表情况 C_{61}	0.2390	0.2214	0.2103
		专利情况 C_{62}	0.2713	0.3132	0.3376
		科技作品获奖 C_{63}	0.2434	0.2790	0.2698
		创新成果推广情况 C_{64}	0.2463	0.1862	0.1822

(4)结果分析与讨论

由表 4 的权重计算结果分析一级指标可以看出:创新成果仍是评价学生创新能力的重要指标,因其容易量化,所有的专家都认为其权重很高;创新思维和创新个性团队的权重高于创新知识积累和创新技能,说明学生创新能力的评价更看重思维的开阔及其在个体因素,知识积累和技能可以后天习得;对于创新环境,权重最低,因为在同一高校中,提供的创新环境对学生个体来说差异不大。

由表 4 的权重计算结果分析二级指标可以看出：

(1) 在创新知识积累中,虽然各项知识水平对创新能力的影响基本相同,但创新创业知识水平的权重数值最高,说明原有文献中在确定大学生创新能力时未考虑该指标对创新能力的评价欠妥,应将创新创业知识水纳入考核体系中,产学研合作的知识水平虽然权重最低,但与其它知识差距不大,造成权重较低的原因是学生的产学研合作知识水平都难以在日常教学中习得,因此调研样本在该领域的知识得分都较低；

(2) 在创新思维的指标中,与企业需求息息相关的对外来技术的消化吸收能力占据了很大的权重,进一步量化了产学研合作对创新思维的叠加作用；

(3) 在创新技能指标方面,知识学习能力远低于其它指标,与正常的印象不符,说明学习成绩好并不意味着创新能力高,反而产学研合作的基本素质中的计划组织能力、表达能力和市场能力对创新能力的影响权重很高；

(4) 创新个性与团队的各项指标权重基本一致,其中团队精神的权重最高,也进一步印证了集体创新有利于产学研合作,并能进一步提升学生个体创新能力；

(5) 在创新环境的指标中,创新强度投入的权重要高于创新经费的投入,说明并非仅通过增加学生个体的用于创新的经费并不能完全使学生的创新能力得到提高,学生个体在创新方面的时间投入越高,创新能力提升越明显；

(6) 对创新成果的考核,如果考虑产学研合作的加成因素,得到的结果与文献中科技作品获奖权重最高不一致,最能体现校企合作成效,即最能体现企业创新成果的专利权重上升到了第一。

3 模型的构建及学生创新能力的评价应用

3.1 模型的构建

建立评价模型采用的 TOPSIS 法是一种多目标决策方法,其相对于传统的用于评价问题的多元统计方法来说具有分析原理直观、计算简便、对样本量要求不大等特点。根据评价指标的组合权重和初始模糊评价矩阵,加权企业高校匹配矩阵,构造加权决策矩阵;构造理想值与不理想值向量;计算各评价对象与正负理想解的距离与贴进度,各评价对象的创新能力水平可根据贴进度值的大小排序。

该方法的模型构建过程为：

(1) 建立模糊评价矩阵

根据评语集,构建初始模糊评价矩阵,其中 X_{ij} 是第 i 个评价对象的第 j 个评价指标的语意值。

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nm} \end{bmatrix}$$

$$(i = 1, 2, \cdots, n, j = 1, 2, \cdots, m)$$

(2) 建立加权化矩阵

根据评价指标的组合权重和初始模糊评价矩阵,构造加权决策矩阵：

$$\lambda_{ij} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1m} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \lambda_{n1} & \lambda_{n2} & \cdots & \lambda_{nm} \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{ij} = zW_j \times X_{ij}$$

$$(i = 1, 2, \cdots, n, j = 1, 2, \cdots, m)$$

(3)确定模糊正负理想解

构造理想值 λ^+ 与不理想值向量 λ^- ,

$$\begin{aligned}\lambda^+ &= (\lambda_1^+, \lambda_2^+, \cdots, \lambda_m^+) \\ \lambda^- &= (\lambda_1^-, \lambda_2^-, \cdots, \lambda_m^-) \\ \lambda_j^+ &= \max(\lambda_{1j}, \lambda_{2j}, \cdots, \lambda_{nj}) \\ \lambda_j^- &= \min(\lambda_{1j}, \lambda_{2j}, \cdots, \lambda_{nj})\end{aligned}$$

(4)计算各评价对象与正负理想解的距离与贴近度

各项指标与理想值和不理想值之间的欧几里德距离分别记为 Z_i^+ 和 Z_i^- , 各评价对象与理想解的贴近度记为 ω_i 。

$$\begin{aligned}Z_i^+ &= \sqrt{\sum_{j=1}^m (\lambda_{ij} - \lambda_j^+)^2} \\ Z_i^- &= \sqrt{\sum_{j=1}^m (\lambda_{ij} - \lambda_j^-)^2} \\ \bar{\omega}_i &= \frac{Z_i^-}{(Z_i^- + Z_i^+)}\end{aligned}$$

ω_i 值越大, 评价对象的技术创新能力水平越接近于理想值, 各评价对象的技术创新能力水平, 可根据 ω_i 值的大小排序。

3.2 模型应用效果评价

将所获得的评价模型应用于应用型本科南京工程学院高分子材料与工程大学生创新能力评价中, 并以算例的形式来验证整个评价指标体系和评价方法的科学性与可实践性。

(1)建立模糊评价矩阵: 模糊评价矩阵的原始数据通过对调研对象采样计算获得;

(2)建立加权化矩阵: $\approx W_j$ 值如表 4 所示;

(3)确定模糊正负理想解: 各采样单元的模糊正负理想解;

(4)计算各评价对象与正负理想解的距离与贴近度: 所得结果如表 5 所示。由表 5 可以排列出采样样本在产学研合作背景下的创新能力。

由表 5 可以看出, 该班 37 号邹×同学的创新能力排名第一, 并且分数远远高于其他同学, 主要原因在于该同学的成绩处于班级前列, 担任班长多年, 其各项能力都得到了老师的好评, 同时还作为“创青春”国赛银奖的负责人, 通过各项加权, 其创新能力排名第一与其它的评价体系相符; 值得注意的是 28 号田××同学, 该同学的成绩在班级倒数第一, 而且与班级其他同学差距较大, 但其从大一开始帮助本科导师从事与企业的沟通活动, 其产学研合作能力较突出, 加权后的创新能力排名得到较大幅度提升, 也说明产学研合作对创新能力的提升作用明显。

通过上述算例说明, 本文构建的模型能够量化的描述大学生创新能力, 所得的计算结果也与定性的判断相吻合, 也能够体现产学研合作在其中的加成作用。

表 5 高分子材料与工程专业某班的创新能力排名

Table 5 Ranking of innovation ability of a class of polymer materials and engineering

序号	专业	姓名	ω_i 值	排序
1	高分子材料与工程	李××	0.5824	12
2	高分子材料与工程	程××	0.6620	7
3	高分子材料与工程	杜××	0.7016	5
4	高分子材料与工程	顾××	0.6381	9
5	高分子材料与工程	孔×	0.6789	6
6	高分子材料与工程	李××	0.4884	20
7	高分子材料与工程	孙××	0.7621	2
8	高分子材料与工程	王×	0.7140	3
9	高分子材料与工程	吴××	0.4633	24
10	高分子材料与工程	鲍××	0.3345	40
11	高分子材料与工程	陈×	0.3879	34
12	高分子材料与工程	戴×	0.3916	33
13	高分子材料与工程	董××	0.4505	26
14	高分子材料与工程	范××	0.7090	4
15	高分子材料与工程	高××	0.6603	8
16	高分子材料与工程	葛××	0.5074	18
17	高分子材料与工程	顾×	0.4020	29
18	高分子材料与工程	季×	0.4623	25
19	高分子材料与工程	梁××	0.3866	35
20	高分子材料与工程	刘×	0.5133	17
21	高分子材料与工程	刘×	0.6046	11
22	高分子材料与工程	吕××	0.3823	36
23	高分子材料与工程	潘××	0.6155	10
24	高分子材料与工程	饶××	0.5607	14
25	高分子材料与工程	沈××	0.5223	16
26	高分子材料与工程	盛××	0.5792	13
27	高分子材料与工程	宋××	0.4114	28
28	高分子材料与工程	田××	0.4235	27
29	高分子材料与工程	王××	0.4795	23
30	高分子材料与工程	吴××	0.3940	32
31	高分子材料与工程	谢××	0.4876	21
32	高分子材料与工程	杨×	0.3424	38
33	高分子材料与工程	张××	0.4959	19
34	高分子材料与工程	周××	0.4802	22
35	高分子材料与工程	朱×	0.3997	31
36	高分子材料与工程	朱××	0.5365	15
37	高分子材料与工程	邹×	0.8445	1
38	高分子材料与工程	倪××	0.4016	30
39	高分子材料与工程	石×	0.3088	41
40	高分子材料与工程	夏××	0.3399	39
41	高分子材料与工程	刘×	0.3632	37

4 结语

本文构建出了产学研合作背景下大学生创新能力评价的指标体系,在构建过程中,首先在文献调研

和专家建议的基础上构建了产学研合作背景下大学生创新能力评价的 6 个一级指标和 29 个二级指标,考虑到教师、专家与学生的决策过程具有不精确性和模糊性,故用语义值来代表指标水平;进一步将客观法与主观法结合起来确定了各个指标的权重,并采用模糊 Topsis 评价方法构建评价模型,借助各评价对象与正负理想解之间的相对贴程度以一个量化的数据作为最终评价标准。以南京工程学院高分子材料与工程专业学生为实例进行的验证符合评价模型整体决策标准,经计算证明了指标体系构建的合理性以及组合赋权模糊 Topsis 方法使用的科学性。

参考文献:

- [1] 许景波,刘泊,王丽杰. 黑龙江教育:高教研究与评估,2016,1:75~76.
- [2] 朱科蓉. 实验技术与管理,2016,33(2):7~10.
- [3] 茆琦,郭南初. 职业教育研究,2014,2:12~15.
- [4] 王永明,蒋家忠,苏文彬. 中国经贸导刊,2014,26:62~63.
- [5] 张裕稳,吴洁,李鹏,等. 江苏科技大学学报(自然科学版),2015,29(5):488~495.
- [6] 柳飞红,傅利平. 统计与信息论坛,2009,24(2):24~28.
- [7] Zhu Y, Lei H. Physics Procedia, 2012, 24:1285~1291.
- [8] 姚梦娜,叶楨. 东方企业文化,2012,23:133~134.
- [9] Sumrit D, Anuntavoranich P. Int Trans J Eng Manage, Appl Sci Technol, 2013, 4(2): 81~103.
- [10] 赵奥. 大连民族学院学报,2015,17(2):134~138.
- [11] 封云,汪木兰,张仰飞,等. 南京工程学院学报:社会科学版,2007,7(3): 64~68.
- [12] 孙贤斌. 巢湖学院学报,2014,4:125~129.
- [13] 刘然慧,张序萍,边平勇. 山东省青年管理干部学院学报:青年工作论坛,2010,1: 46~50.
- [14] 邢文建,宁振刚,李同磊. 河北工程大学学报:社会科学版,2010,27(2): 66~67.
- [15] 邹浩. 长沙大学学报,2015,29(5):111~114.
- [16] 尹惠斌. 蚌埠学院学报,2016,5(1):69~72.

Evaluation of College Students' Innovative Ability Based on Combination Weighted Fuzzy Topsis in the Background of Industry-University-Research Cooperation

HANG Zu-sheng^{*}, ZHANG Kai-ming, WANG Jing-yi, ZHANG Chun-xiang, HUAI Xu
(*Nanjing Institute of Technology, College of Materials Science and Engineering, Nanjing 211167, China*)

Abstract: In the process of examining the innovation ability of college students, if the influence of cooperation innovation between innovation subjects (colleges and enterprises) cannot be comprehensively considered under the current trend of cooperation between industry, university and research institutes, the true innovation ability of college students cannot be truly reflected by the obtained evaluation results. Based on the research of existing capability evaluation index system, the influence of industry-university-research collaboration is taken into account in the process of determining the evaluation index of innovation ability, a new evaluation index system of college students' innovation ability is construct. And the subjective and objective combination weighting method further are adopted to determine innovation ability. The index weight of the ability is finally obtained by the fuzzy Topsis method. The operability and scientificity of the evaluation index system and evaluation method are verified by the form of examples.

Key words: Industry-university-research cooperation; Innovation ability; Quantitative analysis; Subjective and objective combination weighting method; Fuzzy topsis method