

基于 Grey-DEMATEL 方法的研究生创新能力影响因素探析

周利平¹, 罗康明¹, 苏红²

1. 江西农业大学人文与公共管理学院, 江西南昌, 330045;
2. 华东交通大学马克思主义学院, 江西南昌, 330013)

[摘要] 提升研究生创新能力是当前高等教育的重要内容。研究生创新能力受到多重因素的影响。基于文献阅读, 从学生、导师和培养环境三个角度提取了 13 个研究生创新能力影响因素, 并且通过复杂系统 Grey-DEMATEL 模型构建了研究生创新能力影响因素的关系矩阵, 以识别关键因素, 进而探寻各影响因素之间的相互影响关系。研究发现, 科研实践参与度、师生关系和创新意识是最为关键的影响因素, 课程设置对其他因素的影响程度最深。根据分析结果提出了提升研究生创新能力的相关建议。

[关键词] 研究生; 创新能力; 影响因素; Grey-DEMATEL

[中图分类号] G645 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-893X(2022)02-0059-12

一、引言

2020年7月, 习近平总书记在全国研究生教育会议上对研究生教育工作作出重要批示, “研究生教育在培养创新人才、提高创新能力、服务经济社会发展、推进国家治理体系和治理能力现代化方面具有重要作用。”党和国家领导人的指示在进一步肯定研究生教育对人才培养的重要作用的同时, 对研究生培养质量提出了殷切期望。经过几十年的探索, 国内高校的研究生教育已为社会输送了一大批高层次人才, 然而, 创新能力不足仍是我国研究生培养普遍存在的问题^[1]。因此, 探寻研究生创新能力的制约因素, 既是学术界热议课题, 也是当今研究生教育亟待解决的重要问题^[2]。

近年来针对影响研究生创新能力影响因素的研究, 学者们主要采用两种方法: 一是以定性

分析法来探究研究生创新能力的影响因素。例如, 薄建柱通过分析指出, 生源质量不高、师资相对薄弱和培养模式不成熟是造成研究生创新能力不足的主要原因^[3]; 杨武松和潘弘讨论了影响法学硕士研究生创新能力的关键因素^[4]; 邹浩和周恒洋构建了理工科硕士研究生创新能力评价体系^[5]。二是以定量分析法来探究单个要素对研究生创新能力的影响。例如杨晓红等人以“植物显微技术”为例, 证明了设计性实验教学方式对研究生创新能力培养的效果比较显著^[6]; 张珊珊等人的研究结果则表明, 支持型领导风格通过营造轻松欢快的学术研究氛围来提升研究生创新能力的效果也比较明显^[7]。

目前学界的研究主要集中在生源、师资、教学资源等角度剖析研究生创新能力的影响因素, 并根据实际情况和特点构建研究生创新能力

[收稿日期] 2021-10-21; **[修回日期]** 2022-01-03

[基金项目] 江西省学位与研究生教育教学改革研究项目“导师指导模式对硕士研究生创新能力的影响研究”(JXYJG-2019-073); 江西省教育科学“十四五”规划项目“高校毕业生留赣就业行为: 影响机理及政策干预研究”(21YB030); 江西省社会科学基金高校思想政治理论课专项项目“基于信息生态理论的高校思政课教师现代信息技术教学使用行为及效果评价研究”(20SZ07)

[作者简介] 周利平, 男, 江西抚州人, 博士, 江西农业大学人文与公共管理学院教授, 主要研究方向: 公共管理、研究生创新能力, 联系邮箱: zlp168198@163.com; 罗康明, 男, 江西赣州人, 江西农业大学人文与公共管理学院硕士研究生, 主要研究方向: 公共管理; 苏红, 女, 山东德州人, 华东交通大学马克思主义学院讲师, 主要研究方向: 大学生创新创业

的培养路径,为研究生创新教育贡献自己的方案。但是当前的研究没有识别出影响研究生创新能力的关键因素,也没有深究各影响因素间的相互关系。鉴于此,本研究在运用文献归纳法提取研究生创新能力影响因素的前提下,基于 Grey-DEMATEL 法识别其中的关键因素,并且剖析各个影响因素之间的相互作用关系,以期为研究生教育提供有效的借鉴。

二、影响研究生创新能力的相关因素

提升研究生创新能力是研究生教育内容的重中之重。研究生创新能力既受个人主动性^[8]、学术动机^[9]、创新意识^[10]等自身特征的影响,也受导师指导能力^[11]、指导风格^[12]等因素的影响。当然,不同环境培养的研究生创新能力也有所差异^[13]。本研究运用文献阅读法,从研究生个人特征、导师特征和培养环境三个视角梳理、提取研究生创新能力的影响因素。

(一) 学生特征

当前研究生创新能力不足与生源质量、科研参与度、创新意识等学生自身特征密切相关。

1. 生源质量

生源质量是影响研究生创新能力的重要因素之一。尹晓东和高岩通过对西南大学首届博士研究生国家奖学金获得者的调查分析发现,生源质量是影响博士研究生创新能力的重要因素之一^[13]。罗英姿和吕红艳提出,创新是在原有知识的基础上产生的,要想提高博士生的创新能力就必须把控好生源质量,选拔高质量、有学术热情和学术功底深厚的学生以进行深度培养^[14]。此外,王海燕等人在构建研究生创新能力培养体系时也指出,要想培养拥有创新能力的研究生就必须从根源抓起,须完善研究生选拔制度以提高生源质量^[15]。由此可见,生源质量是研究生创新能力提升的基础,成功选拔拥有深厚学术功底和浓厚学术兴趣的研究生是进一步提升其创新能力的前提。

2. 创新意识

创新意识引发创新行为。创新意识的培养是研究生教育过程中不可或缺的一环。李辉在研究民族高校研究生创新培养机制的过程中强调

了创新意识对研究生创新能力提升的重要性^[16]。井乐刚和满朝来也认为,研究生创新能力的提高离不开研究生创新意识、创新思维的培养^[17]。高敏等人从隐形知识培养的角度证明了研究生创新意识对创新能力提高的重要作用^[18]。刘丹和王飞等人发现,要想提高研究生的创新绩效就必须从培养研究生的创新意识入手^[19]。具有创新意识、创新思维的研究生往往能透过现象看本质,迅速找到问题产生的根源。

3. 科研实践的参与度

实践是检验真理的唯一标准。研究生的创新能力是在科研实践中得以提升的。岳昌君等人利用 2014 年首都高校学生发展调查数据分析了研究生创新特征及其影响因素。研究表明,科研实践参与度越高的学生其创新能力得到提升的可能性就越大^[20]。梁宏等人收集了某大学博士生创新自评的一手数据,实证检验了科研工作的参与情况对研究生创新能力有显著影响^[21]。刘浪也发现,现阶段研究生科研实践参与度还不够高,导致研究生创新能力没有办法获得突破性提升,由此提出了要加强研究生创新实践,以使其在实践中提升发现问题、解决问题的能力^[22]。李祖超和张丽则利用结构方程模型探索了提升工科研究生创新能力的路径,他们指出,研究生参与科研活动的广度、深度,以及参与实践活动的质量都会对研究生创新能力有较大影响^[23]。由此可见,研究生创新能力只有在科研实践中才能有显著提高。

4. 创新自我效能感

研究生的创新自我效能感是指学生本人对自己进行创新实践活动的能力评估^[24-25]。创新自我效能感可以有效激励研究生开展进一步的创新活动。王辉和王录叶在探究包容性的导师风格对研究生创新能力培养的影响路径时发现,创新自我效能感在其中发挥着调节性作用^[26]。高田钦和王保健运用结构方程模型探索了研究生创造性人格和自我效能感对研究生创新能力的影响路径。这些研究表明,自我效能感在提升研究生创新能力方面发挥着举足轻重的作用,因此导师和学校应该从各个方面提高学生的自

我效能感, 让其立志并有信心做好科研^[27]。

5. 个人主动性

研究生的个人主动性是其创新能力的内在影响因素。一般来说, 主动性越高的学生, 发现创新点的能力越强。吴杨和韦艳玲深度访谈了 9 所大学师生对个人主动性的看法, 研究结果表明个人主动性通过影响研究生创新意识和思维进而提升其创新能力^[28]。赵玉和侯俊华通过调研江西省高校研究生创新能力培养的情况指出, 个人主动性是研究生创新能力提升的驱动因素之一, 并且建议高校应该采取措施激发研究生的科研主动性^[29]。

6. 学术动机

学术动机是研究生科研创新的内在动力。国外学者 Arepattamannil S 和 Freeman J G 认为, 学术动机是影响研究生为达到目标而不懈努力的重要因素^[30]。Ivankova N V 和 Stick S L 也证明了学生的学术动机时刻影响着研究生的创新实践活动^[31]。白华和黄海刚在调查全国 1 454 位博士研究生科研创新情况的基础上发现, 学术动机是影响研究生创新能力的重要因素^[32]。

(二) 导师素养

在研究生教育中, 导师是研究生成长的领路人。研究生创新能力除了受到其自身特征的影响外, 还受到导师学术素养的影响。

1. 导师学术造诣

研究生培养采用导师责任制。导师的学术造诣包括导师自身的学术能力、学术成就、学术地位等。导师指导研究生进行科研活动, 其自身的学术水平自然会影响学生的创新能力。一般来说, 导师学术造诣越高, 其指导的研究生创新能力越强^[13]。管国锋和吴松强剖析了当前研究生教育存在的问题, 指出现阶段部分导师自身的学术水平在一定程度上限制了其对学生的指导, 对学生创新能力培养产生了一定的影响^[33]。黄勇荣从跨学科的视角论证了导师学术水平对研究生创新能力有重要影响^[34]。因此, 提升导师学术造诣水平有利于提升研究生的科研创新能力^[13]。

2. 导师指导能力

导师在研究生培养过程中发挥着重要作用。导师了解学生情况, 作出恰到好处的指导对研究

生提升其创新能力是非常有帮助的。积极组织学生交流, 带领其探索研究方法, 帮助其及时发现问题并纠正, 从而大大提升研究生的学术水平^[35]。王元兰和郭鑫在探讨农林院校研究生创新能力培养路径时强调了研究生导师指导能力的重要性^[36]。

3. 导师指导风格

导师指导风格是导师在长期指导研究生科研实践过程中形成的相对稳定的方式、方法的集合。解志韬和韩雨卿指出, 导师的变革性指导风格正向影响研究生的创新行为^[37]。吴杨和韦艳玲等人也探讨了导师指导风格在研究生教育中的影响路径, 他们发现, 主动性不同的学生在相同的指导风格下其创新能力具有明显的差异性^[28]。王辉和王录叶提出, 导师采用包容性的指导风格对研究生创新能力的培养可以起到事半功倍的效果^[26]。因此, 导师指导风格是影响研究生创新能力的因素之一。

(三) 培养环境

除研究生自身特征、导师素养之外, 培养环境是影响研究生创新能力的又一大因素。

1. 课程设置

课程内容是研究生教育的基础。罗英姿和井乐刚等人都强调, 根据学科特点、研究生特征, 合理配置研究生课程是夯实研究生学科基础知识的重要举措^[13, 17]。吴雪萍和袁李兰在探究美国学术型研究生培养特点时发现, 跨学科课程设置对研究生培养发挥着不可忽视的作用, 建议国内高校尝试设置跨学科课程以丰富学生的学术知识^[38]。刘燕等人的研究更加细化, 他们以中医学研究生课程的设置为例, 发现不同的课程设置对研究生创新能力的培养差异较大, 因此, 探索合理的课程配置对研究生教育意义重大^[39]。

2. 保障与激励措施

合理的保障和激励体系能够科学评价研究生创新成果, 对提升学生的创新积极性也有重要影响。尹晓东等人调查发现, 评价激励措施较完善的高校, 其研究生的创新热情更高^[14]。高艳和张坤以黑龙江八一农垦大学为研究对象, 调查了全日制农业类专业硕士的创新情况, 发现高校的创新激励措施是影响学生创新行为的重要因素

之一^[40]。

3. 学术氛围

学术氛围是由高校、导师和学生共同营造的。良好的学术氛围能极大地激发学生的科研热情。白华等人的研究结果显示,高校学术环境通过影响学生学术动机进而间接影响学生的创新行为^[32]。赵彩霞和哇依凡基于对多所高校研究生深度访谈收集的一手资料,利用扎根理论分析发现,优良的学术氛围对研究生创新能力具有驱动作用^[41]。赵万峰和邓戎研究认为,高校学术环境质量不高、导师队伍学术水平的参差不齐是影响陕西省高校学术能力重要因素^[42]。共同营造良好的学术环境是研究生教育高质量发展的必经之路。

4. 师生关系

在高校研究生教育中,师生互动是重要的学术交流过程。师生关系状况影响着研究生创新实践活动。马永红等人通过收集大量的博士研究生资料发现,师生关系正向影响学生创新能力,主要作用路径就是师生关系会极大影响学生的科研兴趣进而影响学生的创新能力^[43]。蒙艺通过研究进一步发现,研究生与导师的关系显著影响着研究生的学术动机,间接促进其创新活动,因此,提升研究生创新能力需要构建良好的师生关系^[44]。

本文通过文献梳理初步提取了研究生创新能力影响因素集(见表1)。

表1 研究生创新能力影响因素集

一级指标	二级指标	指标来源(部分)
学生特征	S1 生源质量	[13-15]
	S2 科研实践参与度	[16-19]
	S3 创新意识	[20-23]
	S4 创新自我效能感	[24-26]
	S5 个人主动性	[27-29]
	S6 学术动机	[30-32]
导师特征	T1 导师学术造诣	[13, 33-34, 18]
	T2 导师指导能力	[35-36]
	T3 导师指导风格	[26, 28, 37]
培养环境	E1 课程设置	[13, 21, 38-39]
	E2 保障与激励体系	[14, 40]
	E3 学术氛围	[9, 41-42]
	E4 师生关系	[43-44]

三、基于 Grey-DEMATEL 方法研究生创新能力关键影响因素识别和分析

(一) 研究方法

决策实验与评价实验室法(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL)是由美国学者 A.Gabus 和 E.Fontela 在 1971 年日内瓦 Battelle 会议上提出的一种系统要素分析法^[45]。该方法的实质就是利用图论和矩阵将现实生活中的复杂问题进行抽象化,利用数学工具解决实际问题^[46]。它不但可以从影响因素集合中精准识别出关键要素,还可以剖析出各因素之间的相互作用关系。近年来,DEMATEL 方法被广泛应用于医疗卫生管理、电子商务数据分析、科研数据共享、物流管理等现实问题的研究^[47-50]。

DEMATEL 法虽然解决了多种学术难题,被广泛运用,但是它的缺点也是显而易见的。在传统的 DEMATEL 法运用过程中,专家直接采用具体数值打分,简化了运算过程。事实上,对某个事物的评价往往是模糊的,DEMATEL 直接将其具体化,结论可能有所偏差。而灰色系统理论正好弥补了传统 DEMATEL 法的不足。灰色系统理论(Grey)是中国学者邓聚龙于 1982 年首先提出的,是一种成熟的模糊决策模型^[51]。它将专家的语义变量转换为灰数,构建灰数矩阵,再进行矩阵的清晰化,能有效克服专家具体化打分的缺陷。

本文将灰色系统理论和决策实验与评价实验室法相结合,构建灰色区间矩阵,以识别研究生创新能力关键影响因素,从而使结果的可信度更高。

Grey-DEMATEL 的具体操作步骤如下:

第一,咨询权威专家,确定影响因素之间的关系。咨询专家,反复比对各个影响因素之间的相互作用关系,直接用 0~4 数字对其关系强度进行打分(0 表示“没有影响”;1 表示“较弱影响”;2 表示“中等影响”;3 表示“较强影响”;4 表示“很强影响”),建立由专家语义变量构成的矩阵。

第二,引入灰色系统理论,构建灰色矩阵。根据灰色理论,将上面得到的专家语义变量转化为灰数矩阵。专家语义变量转换为灰数,规则见表 2 所示。

表2 专家语义变量转换为灰数

专家语义	灰数区间
没有影响	[0-0]
较弱影响	[0-0.25]
中等影响	[0.25-0.5]
较强影响	[0.5-0.75]
很强影响	[0.75-1]

第三, 确定专家权重灰数。考虑到不同经验、经历的专家对研究生创新领域的熟悉程度不一样, 见解也不一样。利用灰色系统理论, 将专家权重语义也转换为灰数, 得到 $n \times n$ 阶的灰数矩阵 $\otimes X$ 。规则见表 3。

表3 专家权重转换为灰数

语义变量	灰数区间
不重要	[0-0.3]
稍不重要	[0.3-0.5]
重要	[0.4-0.7]
较重要	[0.5-0.9]
非常重要	[0.7-1]

第四, 灰数矩阵标准化。利用式(1)~(3)进行标准化处理。

$$\underline{\otimes} \tilde{X}_{ij}^k = (\underline{\otimes} X_{ij}^k - \min \underline{\otimes} X_{ij}^k) / \Delta_{ij}^k \quad (1)$$

$$\overline{\otimes} \tilde{X}_{ij}^k = (\overline{\otimes} X_{ij}^k - \min \overline{\otimes} X_{ij}^k) / \Delta_{\min}^{\max} \quad (2)$$

$$\Delta_{\min}^{\max} = \max \overline{\otimes} X_{ij}^k - \min \underline{\otimes} X_{ij}^k \quad (3)$$

式中 $\underline{\otimes} X_{ij}^k$ 代表专家 K 评价因素 i 影响因素 j 的灰数区间; $\overline{\otimes} X_{ij}^k$ 和 $\underline{\otimes} X_{ij}^k$ 分别代表专家评分灰数的上限和下限; $\overline{\otimes} \tilde{X}_{ij}^k$ 和 $\underline{\otimes} \tilde{X}_{ij}^k$ 分别代表标准化后的专家评分灰数的上限和下限; Δ_{\min}^{\max} 代表所有专家灰数中的上限最大值和下限最小值的差值。

第五, 清晰化处理。利用式(4)和(5)对灰数矩阵进行清晰化处理。

$$Y_{ij}^k = \frac{\underline{\otimes} \tilde{X}_{ij}^k (1 - \underline{\otimes} \tilde{X}_{ij}^k) + \overline{\otimes} \tilde{X}_{ij}^k \times \overline{\otimes} \tilde{X}_{ij}^k}{1 - \underline{\otimes} \tilde{X}_{ij}^k + \overline{\otimes} \tilde{X}_{ij}^k} \quad (4)$$

$$Z_{ij}^k = \min \overline{\otimes} X_{ij}^k + Y_{ij}^k \Delta_{\min}^{\max} \quad (5)$$

式(4)中 Y_{ij}^k 代表清晰值; 式(5)中 Z_{ij}^k 代表每一位专家的清晰化矩阵。

第六, 引入专家权重, 建立 K 位专家的综合权重直接影响矩阵 A 。按照上述步骤对专家灰数

进行清晰化处理, 利用式(6)建立综合权重直接影响矩阵。

$$A_{ij} = W_1 Z_{ij}^1 + W_2 Z_{ij}^2 + \dots + W_n Z_{ij}^k \quad (6)$$

式(6)中 W_n 是每一位专家的权重; A_{ij} 是得到的最终直接影响矩阵; $\sum_{i=1}^n W_i = 1$ 。

第七, 标准化直接影响矩阵, 得到最终的综合影响矩阵。利用式(7)和(8)标准化直接影响矩阵 N , 利用式(9)得到综合影响矩 T 。

$$N = S \times A \quad (7)$$

$$S = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n A_{ij}} \quad (8)$$

$$T = (I - N)^{-1} \quad (9)$$

式(8)中 $i, j = 1, 2, 3 \dots n$, 式(9)中 I 为单位矩阵。

第八, 利用式(10)~(13)分别计算出各因素的影响度 F_i , 被影响度 E_i , 中心度 M_i 和原因度 N_i 这四个指标。

$$F_i = \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

$$E_i = \sum_{j=1}^n T_{ji} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

$$M_i = F_i + E_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

$$N_i = F_i - E_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

第九, 建立因果关系散点图。以中心度为横坐标, 原因度为纵坐标建立因果关系图。

(二) 基于 Grey-DEMATEL 法研究生创新能力关键影响因素识别

本文基于文献分析法提取了 13 个研究生创新能力的影响因素, 咨询了 4 位从事研究生教育工作的资深专家 A、B、C 和 D。各位专家根据自己对各个影响因素的了解程度, 对各影响因素之间的相互作用程度进行打分, 得到原始评分矩阵, 由于篇幅限制, 本文将四位专家的原始评分矩阵整合在一个表中, 如表 4 所示。

综合考虑 4 位专家的学术背景和对研究生创新能力研究的了解程度, 确定 4 位专家权重灰数分别为 [0.5, 0.9] [0.7, 1] [0.7, 1] 和 [0.4, 0.7]。使用 MATLAB 软件计算出直接影响矩阵(如表 5 所示)、综合影响矩阵(如表 6 所示), 最后得出影响度、被影响度、中心度和原因度(如表 7 所示)。

表4 初始评分矩阵

元素	专家	S1	S2	S3	S4	S5	S6	T1	T2	T3	E1	E2	E3	E4
S1	A	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	3	2	3	4	2	0	1	3	0	0	4	2
	C	0	3	2	3	4	2	0	1	4	0	0	3	1
	D	0	3	2	3	4	2	0	1	4	0	0	3	1
S2	A	0	0	4	3	1	1	0	0	0	0	0	3	2
	B	0	0	3	3	0	1	2	1	1	0	0	3	3
	C	0	0	3	3	0	1	2	1	1	0	0	3	3
	D	0	0	3	3	0	1	2	1	1	0	0	3	3
S3	A	0	3	0	2	2	2	0	0	0	0	0	4	3
	B	0	4	0	3	3	3	1	1	2	0	0	3	3
	C	0	4	0	3	3	3	1	0	2	0	0	3	2
	D	0	4	0	3	3	3	1	0	2	0	0	4	2
S4	A	0	4	3	0	4	3	0	0	0	0	0	4	3
	B	0	4	2	0	3	2	0	0	3	0	0	3	2
	C	0	3	2	0	3	2	0	0	3	0	0	3	2
	D	0	4	2	0	3	2	0	0	3	0	0	3	2
S5	A	0	4	3	2	0	2	0	0	3	0	0	4	4
	B	0	3	4	2	0	2	0	0	3	0	0	3	4
	C	0	3	4	2	0	2	0	0	3	0	0	4	3
	D	0	3	4	2	0	2	0	0	3	0	0	4	3
S6	A	0	4	3	3	4	0	0	0	2	0	0	4	3
	B	0	4	2	3	3	0	0	0	1	0	0	4	3
	C	0	4	1	3	3	0	0	0	1	0	0	4	3
	D	0	4	1	3	3	0	0	0	1	0	0	4	3
T1	A	0	4	2	3	1	1	0	3	1	0	0	3	2
	B	0	4	2	3	1	1	0	2	1	0	0	3	3
	C	0	4	2	4	1	1	0	2	1	0	0	3	4
	D	0	4	2	4	1	1	0	2	1	0	0	3	4
T2	A	0	3	3	2	0	2	1	0	2	0	0	3	3
	B	0	3	4	2	0	2	1	0	1	0	0	1	3
	C	0	3	4	2	0	2	1	0	1	0	0	1	3
	D	0	3	4	2	0	2	1	0	1	0	0	1	3
T3	A	0	2	3	1	2	1	0	2	0	0	0	3	4
	B	0	3	3	1	2	1	0	2	0	0	0	3	3
	C	0	4	3	1	2	1	0	2	0	0	0	3	4
	D	0	4	3	2	1	2	0	2	0	0	0	3	4
E1	A	0	4	3	3	3	2	0	0	2	0	1	3	2
	B	0	3	3	4	3	2	0	0	2	0	1	3	3
	C	0	3	3	4	3	2	0	0	2	0	1	4	3
	D	0	3	3	4	3	2	0	0	2	0	2	4	3

(下转表4)

(上接表 4)

E2	A	0	4	3	4	4	3	0	0	1	0	0	3	2
	B	0	4	3	4	4	3	0	0	1	0	0	3	2
	C	0	4	3	4	4	3	0	0	1	0	0	3	2
	D	0	4	3	3	4	3	0	0	1	0	0	3	2
E3	A	0	3	3	2	2	2	0	0	2	0	0	0	3
	B	0	3	3	2	2	2	0	0	2	0	0	0	3
	C	0	3	3	2	2	2	0	0	2	0	0	0	3
	D	0	3	3	2	2	2	0	0	2	0	0	0	3
E4	A	0	4	4	4	3	3	0	3	4	0	0	3	0
	B	0	4	3	4	3	2	0	2	3	0	0	3	0
	C	0	3	3	4	3	2	0	1	3	0	0	3	0
	D	0	3	3	3	4	2	0	1	3	0	0	3	0

表 5 直接影响矩阵

元素	S1	S2	S3	S4	S5	S6	T1	T2	T3	E1	E2	E3	E4
S1	0.00	0.72	0.43	0.72	0.98	0.44	0.00	0.13	0.84	0.00	0.00	0.80	0.24
S2	0.00	0.00	0.76	0.75	0.02	0.15	0.43	0.13	0.13	0.00	0.00	0.75	0.74
S3	0.00	1.04	0.00	0.74	0.74	0.74	0.13	0.06	0.43	0.00	0.00	0.80	0.61
S4	0.00	0.95	0.46	0.00	0.76	0.46	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.76	0.46
S5	0.00	0.76	1.04	0.45	0.00	0.45	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.95	0.91
S6	0.00	1.05	0.33	0.75	0.76	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	1.05	0.75
T1	0.00	1.05	0.45	0.89	0.15	0.15	0.00	0.46	0.15	0.00	0.00	0.75	0.87
T2	0.00	0.75	1.04	0.45	0.00	0.45	0.15	0.00	0.16	0.00	0.00	0.18	0.75
T3	0.00	0.87	0.75	0.14	0.46	0.14	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.75	0.95
E1	0.00	0.76	0.75	1.04	0.75	0.45	0.00	0.00	0.45	0.00	0.14	0.89	0.74
E2	0.00	1.05	0.75	1.06	1.05	0.75	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.75	0.45
E3	0.00	0.75	0.75	0.45	0.45	0.45	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.75
E4	0.00	0.91	0.76	1.06	0.74	0.46	0.00	0.33	0.76	0.00	0.00	0.75	0.00

表 6 综合影响矩阵

元素	S1	S2	S3	S4	S5	S6	T1	T2	T3	E1	E2	E3	E4
S1	0.00	0.07	0.04	0.07	0.09	0.04	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.08	0.02
S2	0.00	0.00	0.07	0.07	0.00	0.01	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.07	0.07
S3	0.00	0.10	0.00	0.07	0.07	0.07	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.08	0.06
S4	0.00	0.09	0.04	0.00	0.07	0.04	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.07	0.04
S5	0.00	0.07	0.10	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.09	0.09
S6	0.00	0.10	0.03	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.10	0.07
T1	0.00	0.10	0.04	0.08	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.07	0.08
T2	0.00	0.07	0.10	0.04	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.07
T3	0.00	0.08	0.07	0.01	0.04	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.07	0.09
E1	0.00	0.07	0.07	0.10	0.07	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.08	0.07
E2	0.00	0.10	0.07	0.10	0.10	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.04
E3	0.00	0.07	0.07	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.07
E4	0.00	0.09	0.07	0.10	0.07	0.04	0.00	0.03	0.07	0.00	0.00	0.07	0.00

表7 计算结果

影响因素	影响度 F_i	被影响度 E_i	中心度 M_i	原因度 N_i
S1	0.88	0.00	0.88	0.88
S2	0.66	1.76	2.42	-1.10
S3	0.88	1.40	2.28	-0.52
S4	0.76	1.37	2.13	-0.61
S5	0.89	1.11	2.00	-0.22
S6	0.81	0.86	1.67	-0.05
T1	0.82	0.16	0.98	0.66
T2	0.67	0.26	0.93	0.41
T3	0.76	0.91	1.67	-0.15
E1	1.01	0.00	1.01	1.01
E2	1.01	0.01	1.02	1.00
E3	0.69	1.55	2.24	-0.86
E4	0.96	1.41	2.37	-0.45

最后,以中心度为横坐标,原因度为纵坐标,做出中心度—原因度因果关系图(如图1所示)。

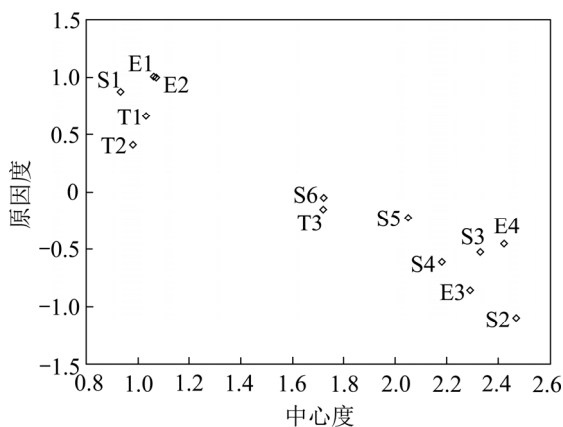


图1 原因度—中心度图

(三) 结果分析

基于灰色系统理论将专家的语义变量和权重都转换为灰数区间,再经过规范化和清晰化得出最后的专家权重综合直接影响矩阵。运用DEMATEL法对直接影响矩阵进行规范化,最终得到综合影响矩阵,据此分别计算出影响度 F_i 、被影响度 E_i 、中心度 M_i 和原因度 N_i (见表6和图1)。影响度反映的是一个因素对其他影响因素的综合影响程度,影响度越高说明该因素对其他因素的综合作用程度越高。被影响度表示该因素被其他因素影响的综合效果,被影响度越高的因素

说明这个因素越容易受到其他因素的影响。中心度是一个因素的影响度和被影响度之和,它反映的是一个因素在整个因素集里的重要程度,中心度越高的因素越关键,应该引起足够的重视。原因度是一个因素的影响度和被影响度之差,如果一个因素的原因度为正($N_i > 0$),说明该因素的影响度远大于被影响度,对其他因素产生巨大影响,但不容易受其他因素的影响,属于原因因素;反之,若一个因素的原因度为负($N_i < 0$),表示该因素的影响度远小于被影响度,极易受到其他因素的影响,属于结果因素。具体分析结果如下:

1. 原因因素分析

表6计算结果显示,研究生创新能力影响因素集中,原因度为正($N_i > 0$)的因素有S1、T1、T2、E1和E2,是原因因素。按原因度大小排名依次是课程设置(E1)、保障与激励体系(E2)、生源质量(S1)、导师学术造诣(T1)和导师指导能力(T2)。这类因素在研究生创新能力影响因素中是根源性因素,对其他因素的影响较大。其中课程设置原因度最大,对其他因素的综合影响远大于该因素受到其他因素的影响。对学生来说,课程学习是基础,是掌握理论知识的重要渠道,因此,基于学科特色和学生特点设置科学合理的课程十分重要。其次是保障和激励体系,一套科学完善的保障和激励体系,为研究生提供坚实的学术研究条件,可以有效激励学生的学术创新。

2. 结果因素分析

原因度为负($N_i < 0$)的因素有S2、S3、S4、S5、S6、T3、E3和E4,属于结果因素。按原因度大小排名依次为科研实践参与度(S2)、学术氛围(E3)、创新自我效能感(S4)、创新意识(S3)、师生关系(E4)、个人主动性(S5)、导师指导风格(T3)和学术动机(S6)。这些因素在研究生创新能力影响因素体系中属于结果型因素,极易受到其他因素的影响。其中科研实践参与度是表现最突出的结果因素,说明实践才是提升研究生创新能力最直接的路径,实践可以检验研究生的科研能力,研究生也可以通过实践来检验理论知识,提升业务能力。其次是学术氛围,良好的学术氛围为创新提供优质的生长环境,当然学术氛围需要学

生、导师和学校共同努力营造。创新自我效能感也是结果型因素中原因度较大的因素, 只有学生有信心可以攻克科研难题才会去尝试, 因此自我效能感也应着重培养。

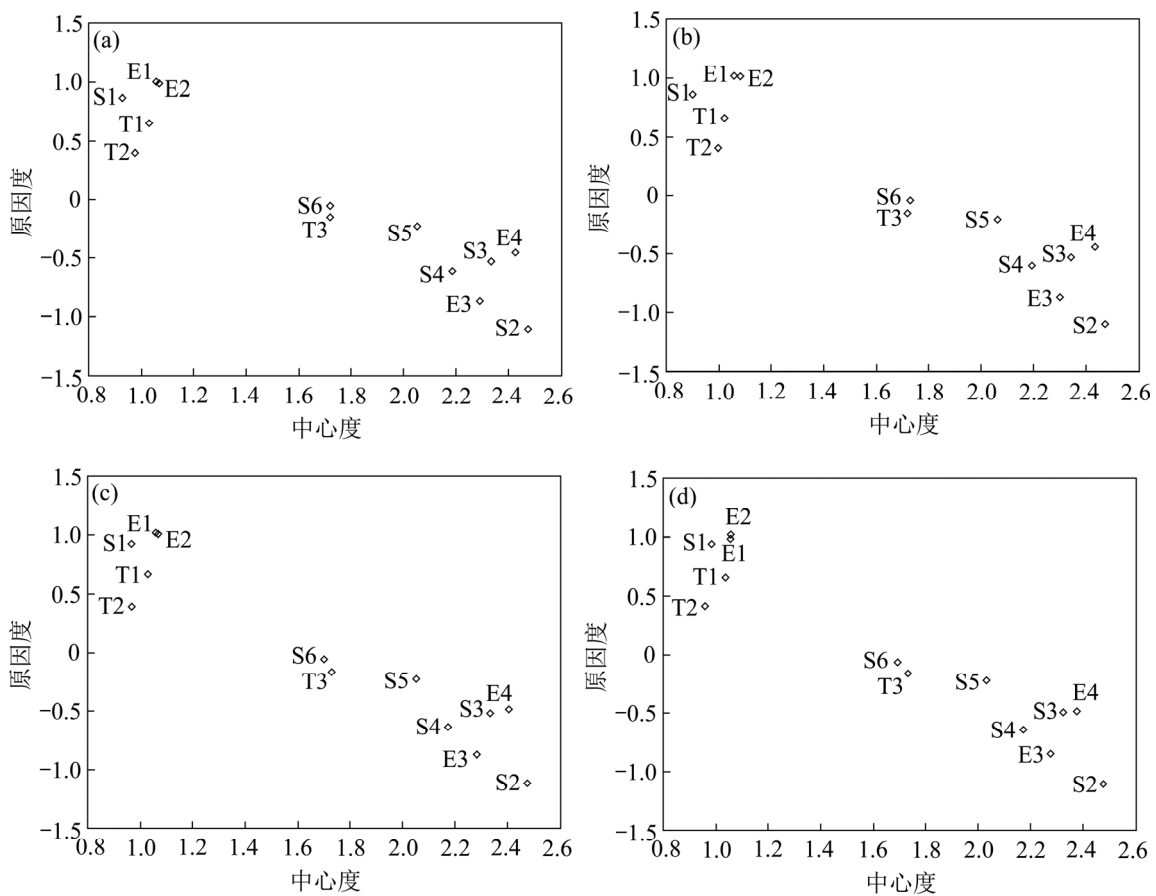
3. 中心度分析

从计算结果可知, 在 13 个研究生创新能力影响因素中, 中心度排名前 5 的因素分别是科研实践参与度(S2)、师生关系(E4)、创新意识(S3)、学术氛围(E3)和创新自我效能感(S4)。这几个因素对研究生创新能力的影响较为显著, 在提升研究生创新能力时应予以重点关注。其中科研实践参与是最关键的因素, 学术能力只有在实践的过程中才能得以检验, 实践也是提升创新能力最快最实用的方法。其次是师生关系, 研究生培养采取的是导师责任制, 师生关系自然是研究生创新能力影响的重要因素之一。

四、敏感性分析

由于咨询专家的学术背景、性格和对研究生

创新能力影响因素的了解程度不同, 可能对各种影响因素理解存在偏差。为了检验该实证研究是否存在因专家怀有潜在偏见而导致结果不科学现象, 本文进行了敏感性分析。敏感性分析是利用定量的方法来对研究结果进行验证, 它先通过改变其中一个变量再进行实证分析, 以比对前后结果间的差异, 如果结果没有发生实质性改变则表明实证研究结果良好。本文将专家 A 的权重灰数由[0.5, 0.9]转变为[0.7, 1] [0.4, 0.7]和[0.3, 0.5], 假设其他条件不变, 依照 Grey-DEMATEL 方法再次进行实证研究, 依据计算结果得出原因度—结果度图(见图 2 所示)。计算结果显示, 将 A 专家的权重语义由较重要转变为非常重要、重要和稍不重要, 虽然影响度、被影响度、原因度和中心度数值上稍有改变, 但是原因因素和结果因素组成均未发生改变, 中心度大小排列也无大变化。这表明该实证研究可信度较高, 反映客观事实能力较强。



注: 权重灰数: (a) [0.5, 0.9]; (b) [0.7, 1]; (c) [0.4, 0.7]; (d) [0.3, 0.5]

图 2 敏感性分析下的原因度—中心度图

五、建议

本文通过文献阅读和专家座谈讨论等方式,从研究生本人、导师和培养环境三个角度提取出影响研究生创新能力的13个因素。运用 Grey-DEMATEL 法识别出关键因素,并且剖析了各因素间的相互作用关系。依据研究结果,为提升研究生创新能力提出以下建议:

第一,合理设置研究生培养课程,完善保障与激励措施。从原因因素来看,课程设置、保障与激励措施是最重要的原因因素,对其他因素的影响较大,需要通过长期的努力以提升这类因素质量。依据学科专业的特点,结合学校的实际情况,设置合理的研究生培养课程是提升研究生创新能力的基础。在此基础上,尽量为研究生科研实践提供足够的物质和精神支持。高校应该根据国家政策,为研究生科研提供相应的学术保障。设置合理的研究生创新能力评价体系,对有突出成就和科研能力突出的研究生提供相应的激励体系标准。

第二,激励研究生深度参与科研实践,共同营造浓厚的学术氛围。从结果因素来看,科研实践参与度和学术氛围是最重要的结果因素,极易受到其他因素的影响。相比于原因因素,这类因素更加直接地影响研究生的科研创新能力。研究生在科研实践中检验自己理论知识的掌握程度,锻炼自己创新能力。通过科研实践研究生可以了解自己的优势和不足。学生本人应该积极参与科研实践,导师引导学生以高效的方式参与,高校需要提供科研实践所需物质支持,共同营造优质的科研氛围。

第三,建立高质量师生关系,激发研究生的创新意识。师生关系和创新意识对提高研究生创新能力尤为关键。不论是学生自己还是导师、高校,都应重视这类因素的影响能力。与本科生教育不同,研究生教育的目的就是大力培养学生的科研能力。研究生本人要认清自己的角色定位,专心于学术研究。师生之间要相互配合,多加交流,进行思想碰撞。以课程教育为基础,学习专业理论知识。导师指导为重点,学习导师的优质科研经验。着重培养研究生创新意识和思维,学

会从自身专业视角看待社会问题。

参考文献:

- [1] 李华青,夏大文,王林,等.大数据时代研究生创新能力培养的系统实践——以跨界复合型大数据人才创新能力培养为例[J].西南师范大学学报(自然科学版),2020,45(11):171-175.
- [2] 项本武.研究生创新能力的测度及影响因素分析[J].理论月刊,2008(7):83-85.
- [3] 薄建柱.研究生创新能力培养体系探究[J].继续教育研究,2016(6):110-112.
- [4] 杨武松,潘弘.法学硕士研究生创新能力培养的阻却性因素研究[J].黑龙江畜牧兽医,2016(9):260-264.
- [5] 邹浩,周恒洋.理工科硕士研究生创新能力评价体系构建研究[J].高等工程教育研究,2015(4):126-128,153.
- [6] 杨晓红,王凯渊,王兆春,等.设计性实验教学在研究生创新能力培养中的探索与实践[J].西南师范大学学报(自然科学版),2018,43(11):166-171.
- [7] 张珊珊,孙颖,李薇.支持型导师指导风格对研究生创新能力的影响:团队氛围和学习投入的链式中介作用[J].中国健康心理学杂志,2022,30(3):448-452.
- [8] 曾宪聚,林丽燕,李科浪.注意力基础观视角下导师指导风格与研究生创新能力关系研究——以深圳大学为例[J].当代教育理论与实践,2022,14(1):125-134.
- [9] 何晓聪,李焕荣.基于实证的研究生创新行为激励因素研究[J].研究生教育研究,2013(5):40-43,52.
- [10] 刘宝,陈鸿龙.面向新工科的研究生创新能力培养体系构建[J].实验室研究与探索,2021,40(3):199-202,207.
- [11] 耿光连,王先山.研究生创新能力培养视域下的导师队伍建设探析——以山东省各高校的研究生导师队伍建设为例[J].中国成人教育,2015(23):133-135.
- [12] 苏荟,白玲,张继伟.导师家长式指导风格对研究生创新行为的影响研究[J].学位与研究生教育,2021(6):57-66.
- [13] 罗英姿,吕红艳.博士生创新能力的影响因素分析——基于江苏省五所大学资深博导的访谈结果[J].学位与研究生教育,2012(5):16-21.
- [14] 尹晓东,高岩.博士研究生科研创新能力培养主要影响因素的调查分析——以西南大学首届博士研究生国

- 家奖学金获得者为例[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2014, 39(3): 171-177.
- [15] 王海燕, 李春科, 林欢欢, 等. 研究生创新能力培养体系的构建与实践——以西北工业大学“翱翔创新计划”为例[J]. 学位与研究生教育, 2016(11): 28-32.
- [16] 李辉. 民族高校研究生创新能力影响因素及培养机制研究[J]. 西北民族大学学报(哲学社会科学版), 2017(4): 161-167.
- [17] 井乐刚, 满朝来, 刘玉芬, 等. 硕士研究生科研能力培养的探索与实践[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020(21): 162-165.
- [18] 高敏, 王丽娜, 赵明. 隐性知识视角下研究生创新能力的培养策略[J]. 中国成人教育, 2017(6): 29-31.
- [19] 刘丹, 王飞, 王宗霞. 研究生创新绩效的影响因素分析及提升路径研究[J]. 科学管理研究, 2015, 33(4): 102-105.
- [20] 岳昌君, 吕媛. 硕士研究生创新精神特征及影响因素分析[J]. 复旦教育论坛, 2015, 13(6): 20-25, 112.
- [21] 梁宏, 郑华, 高久群. 博士毕业生创新能力提升的自评状况及其影响因素——基于某大学博士毕业生满意度调查的实证分析[J]. 学位与研究生教育, 2019(2): 35-40.
- [22] 刘浪. 提升高校研究生科研创新能力路径研究[J]. 经济研究参考, 2016(52): 99-104.
- [23] 李祖超, 张丽. 科研实践培养理工科研究生创新能力的路径探索——基于结构方程模型的分析[J]. 高等教育研究, 2014, 35(11): 60-67.
- [24] BANDURA A. Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change[J]. *Psychological Review*, 1977, 84(2): 191-215.
- [25] DINTHER M V, DOCHY F, SEGERS M. Factors affecting students' self-efficacy in higher education[J]. *Educational Research Review*, 2011, 6(2): 95-108.
- [26] 王辉, 王录叶, 陈旭. 包容型导师风格对研究生创新行为的影响研究——创新自我效能感的中介作用与深度学习的调节作用[J]. 当代教育论坛, 2021(2): 66-74.
- [27] 高田钦, 王保健. 硕士生创造性人格和创新自我效能感对创新能力的影响[J]. 中国高教研究, 2016(12): 52-55.
- [28] 吴杨, 韦艳玲, 施永孝, 等. 主动性不同条件下导师指导风格对研究生创新能力差异性影响研究——基于九所大学的数据调查[J]. 复旦教育论坛, 2018, 16(3): 74-79.
- [29] 赵玉, 侯俊华. 学术型研究生创新能力驱动因素及提升路径研究——基于江西高校的调查[J]. 重庆高教研究, 2019, 7(1): 92-101.
- [30] AREEPATTAMANNIL S, FREEMAN J G. Academic achievement, academic self-concept, and academic motivation of immigrant adolescents in the greater Toronto area secondary schools[J]. *Journal of Advanced Academics*, 2008(19): 700-743.
- [31] IVANKOVA N V, STICK S L. Student's persistence in a distributed doctoral program in educational leadership in higher education: A mixed methods study[J]. *Research in Higher Education*, 2007(48): 93-135.
- [32] 白华, 黄海刚. 博士生学术创新力的影响路径模型研究——基于全国1454位博士研究生的实证调查数据[J]. 高教探索, 2019(6): 46-53.
- [33] 管国锋, 吴松强. 基于学科交叉研究生创新能力培养机制研究[J]. 江苏高教, 2017(5): 71-73.
- [34] 黄勇荣, 蒋婷婷, 刘楚珂. 论研究生科技创新能力的培养——跨学科的观点[J]. 黑龙江高教研究, 2016(11): 82-84.
- [35] 陈绘, 汪媛媛. 研究生创新能力培养理论与实践研究[J]. 黑龙江高教研究, 2015(3): 155-157.
- [36] 王元兰, 郭鑫. 农林院校化学工程与技术学科研究生创新能力培养的探讨[J]. 化学教育, 2015, 36(2): 63-67.
- [37] 解志韬, 韩雨卿. 变革型导师风格对研究生创新行为的影响研究——领导成员交换的中介作用[J]. 工业工程与管理, 2016, 21(3): 139-144, 152.
- [38] 吴雪萍, 袁李兰. 美国研究型大学研究生创新人才培养的基础、经验及其启示[J]. 高等教育研究, 2019, 40(6): 102-109.
- [39] 刘燕, 蒋时红, 高剑峰, 等. 基于创新能力培养的中医研究生课程体系改革探讨[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(5): 1224-1225.
- [40] 高艳, 张坤, 冷志杰, 等. 全日制农业硕士研究生创新能力培养情况调查分析——以黑龙江八一农垦大学为例[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(19): 217-219.
- [41] 赵彩霞, 眭依凡. 学术型硕士研究生学术创新影响因素探究——基于对学术型硕士研究生访谈的研究结果[J]. 学位与研究生教育, 2017(7): 60-64.
- [42] 赵万峰, 邓戎, 郭向明. 地方高校研究生创新能力培养

- 的制约因素及对策研究——以陕西省为例[J]. 科学管理研究, 2015, 33(2): 89-92.
- [43] 马永红, 吴东姣, 刘贤伟. 师生关系对博士生创新能力影响的路径分析——学术兴趣的中介作用[J]. 清华大学教育研究, 2019, 40(6): 117-125.
- [44] 蒙艺. 研究生-导师关系与研究生创造力:内部动机的中介作用及督导行为的决定作用[J]. 复旦教育论坛, 2016, 14(6): 20-27.
- [45] 杨印生. 经济系统定量分析方法[M]. 长春: 吉林科学技术出版, 2001: 77-78.
- [46] 孙永河, 韩玮, 段万春. 复杂系统 DEMATEL 算法研究进展评述[J]. 控制与决策, 2017, 32(3): 385-392.
- [47] SALARPOUR H, AMIRI G G, MOUSAVI S M. A hierarchical group decision approach based on DEMATEL and dynamic hesitant fuzzy sets to evaluate sustainability criteria for strategic management of housing market problem[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2019, 37(1): 821-833.
- [48] 孙俐丽, 赵柳榕. 基于 DEMATEL 的电子商务数据质量影响因素研究[J]. 现代情报, 2019, 39(7): 115-121.
- [49] 刘莉, 刘文云, 刘建. 基于 DEMATEL 的科研数据共享关键影响因素识别与分析[J]. 图书馆学研究, 2019(18): 54-62.
- [50] HAN W, SUN Y H, XIE H, et al. Hesitant fuzzy linguistic group DEMATEL method with multi-granular evaluation scales[J]. International Journal of Fuzzy Systems, 2017, 20(7): 2187-2201.
- [51] LIR J. Fuzzy method in group decision making[J]. Computers & Mathematics with Applications, 1999, 38(1): 91-101.

Analysis of the influential factors for innovation ability of postgraduates based on Grey-DEMATEL

ZHOU Liping¹, LUO Kangming¹, SU Hong²

- (1. School of Humanities and Public Administration, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China;
2. School of Marxist, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: It is an important content of current higher education to enhance the innovative ability of graduate students. The innovation ability of graduate students is affected by multiple factors. Based on literature reading, 13 influencing factors of graduate students' innovation ability were extracted from the perspectives of students, supervisors and cultivation environment. Then, the relationship matrix of influencing factors of graduate students' innovation ability was constructed through the Grey-DEMATEL model of a complex system to identify the key factors and explore the interaction relationship among the influential factors. It is found that participation in scientific research practice, teacher-student relationship and innovation consciousness are the most important influential factors, and curriculum has the greatest influence on other factors. Based on the analysis results, some suggestions are put forward to improve the innovation ability of graduate students.

Key Words: postgraduate; innovation ability; influence factors; Grey-DEMATEL

[编辑: 游玉佩]