

基于组合赋权秩和比的实验室安全管理评价模型构建

穆渴心, 冉栋刚, 张平清, 张璐, 王茂鑫
(山东大学资产与实验室管理部, 济南 250100)



摘要:为了科学评价实验室安全管理水平,持续改进实验室安全状况,提出建立实验室安全管理评价体系,运用AHP层次分析法确定主观权重,运用CRITIC算法确定客观权重,主客观权重相融合,结合WRSR算法,建立组合赋权秩和比实验室安全管理评价模型。研究结果显示,实验室安全管理评价体系含8个1级指标,24个2级指标;加强实验室安全管理,需要重点关注管理制度规范、实验人员管理与安全教育;组合赋权秩和比WRSR实验室安全评价模型将29个代表性学院分为3档,排序居前4的单位中3个单位获得上年度实验室工作先进集体,模型具有较好的适用性,可为实验室安全管理评价提供数据支撑。

关键词:实验室安全管理评价;层次分析法;CRITIC权重;组合赋权;秩和比

中图分类号:X 922.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7167(2023)05-0314-06

Construction of Laboratory Safety Management Evaluation Model Based on Combination Weight Rank-Sum Ratio

MU Kexin, RAN Donggang, ZHANG Pingqing, ZHANG Lu, WANG Maoxin

(Department of Assets and Laboratory Management, Shandong University, Jinan 250100, China)

Abstract: In order to scientifically evaluate the laboratory safety management and continuously improve the laboratory safety level, it is proposed to establish the laboratory safety evaluation index system. We use AHP analytic hierarchy process to determine the subjective weight, CRITIC algorithm to determine the objective weight, then subjective and objective weights are fused. Combined with WRSR algorithm, the combination weighting rank-sum ratio WRSR laboratory safety evaluation model is established. The results show that the laboratory safety management evaluation system contains 8 first-level indicators and 24 second-level indicators. Strengthening laboratory safety management needs to focus on management system norms, laboratory personnel management and safety education. The combined weighted rank sum-ratio WRSR laboratory safety management evaluation model divides 29 representative colleges into three grades, and three of the top 4 units have obtained excellent collectives of laboratory safety work last year, which is consistent with the actual laboratory safety management. This model has good applicability and can provide data support for laboratory safety management evaluation.

Key words: laboratory safety management evaluation; analytic hierarchy process (AHP); CRITIC weight; combination weight; rank-sum ratio

收稿日期:2022-08-22

作者简介:穆渴心(1991-),女,黑龙江鹤岗人,硕士,工程师,主要从事实验室技术安全管理。

Tel.:15628879359;E-mail:mkx@sdu.edu.cn

通信作者:冉栋刚(1980-),男,山东泰安人,博士,资产与实验室管理部副部长,研究方向为实验室建设与技术安全。

E-mail:ran@sdu.edu.cn

0 引言

实验室安全管理是一项系统性工作,仅依靠事后治理难以确保全过程、全周期、全方位的安全状态。通过加强实验室安全管理减少事故发生是实验室安全工作的重点^[1]。国家和教育主管部门近年来对高校实

实验室安全管理工作做出多项部署,2019年5月,教育部发出关于加强高校实验室安全工作的意见,明确提出要将实验安全工作纳入高校工作内部监察、日常考核和年终考核内容,要求建立实验室安全工作责任追究和奖惩机制^[2]。探索建立以管理、度量手段,以改进实验室安全管理效率为核心的方法评价实验室安全管理是当前实验室安全研究的热点,通过指标管理约束相关单位,持续提升实验室安全水平。

文献[3]中以高校安全工程实验室为例,运用层次分析法(AHP)确定影响实验室安全的实验室管理、实验人员素质、设备、环境、应急5个1级指标、24个2级指标权重,建立安全评价体系,提出了相应管控措施。文献[4]中以烟草行业实验室为例,运用模糊层次分析法(FAHP)和模糊综合评价法,建立安全评价体系,对实验业务知识水平、事故管控方面的不足提出了相应管控措施。文献[5]中利用G1法和熵权法确定指标权重,运用可拓性评价确定实验室安全等级。文献[6]中建立基于主成分分析、GA-BP神经网络的实验室安全评价模型,通过降低维度结合人工学习算法,改善评价模型的精度和准确性。文献[7]中将AHP与熵权法结合获取指标权重,运用TOPSIS法评价实验室安全水平,针对性提出实验室在管理制度、机械安全等方面进行水平提升的措施。

为提高指标权重计算的科学性,降低主观因素影响,本文提出运用CRITIC权重算法结合AHP,主客观赋权相融合,改善数据关联性与离散度,兼顾经验性与指标客观内在关联性。同时,依据实验室安全指标体系,选用加权秩和比法建立实验室安全管理评价模型,对秩和比算法进行组合赋权,量化评价排序、分档,为实验室安全管理提供数据支持。

1 组合赋权秩和比 WRSR 综合评价模型构建

1.1 评价指标的建立

判断衡量目标能否实现的要素之间相对重要程度关系,整理相关实证研究参考文献,通过专家访谈法进行因素识别,对评价指标进行归纳整合,建立影响因素指标集合^[8]。

1.2 AHP 获取主观权重值

AHP是采用定性和定量相结合的方式解决多目标复杂问题的研究方法。基于影响因素指标集合 $F = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$,利用专家打分法以问卷调查的方式获得影响程度矩阵,进行决策权重计算^[9]。①明确影响因素矩阵中目标层、准则层、方案层,建立层次结构模型。②设定专家评估语义量表,采用四分制划分5个影响因素等级,0为极小影响,1为较小影响,2为一般影响,3为较大影响,4为极大影响。依据专家评估语义量表将影响因素矩阵转换成判断矩阵。③分别

对准则层和方案层进行一致性检验,通过后计算层次分析综合权重 W_a ^[10]。

1.3 CRITIC 法获取客观权重值

多指标综合评价算法中,以AHP等为主流分析方法,指标权重受主观影响较大,熵权法虽归属于客观赋权法,但仅对指标差异性进行计算,未考虑指标关联性,因此,提出运用CRITIC算法,指标变异性(波动性)和冲突性进行耦合。用相关系数表征指标冲突性,相关系数越大代表冲突性越小,该指标的权重越低;用标准差表征指标变异性(波动性),即对比强度,标准差越大代表数据波动越大,该指标的权重越高。归一化处理两项指标乘积,即CRITIC客观权重值 W_c ^[11-12]。

(1)构建评价因子矩阵。设因子数目为 m ,评价对象为 n ,则因子矩阵为

$$F_{mn} = \begin{bmatrix} f_{11} & \cdots & f_{m1} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{1n} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

(2)效益性指标与成本型指标的处理:

效益性指标

$$f_{ij} = \frac{f_{ij} - \min(f_j)}{\max(f_j) - \min(f_j)} \quad (2)$$

$$f_{ij} = \frac{\max(f_j) - f_{ij}}{\max(f_j) - \min(f_j)} \quad (3)$$

(3)因子均值计算:

$$A(f_{ij}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{ij} \quad (4)$$

相关性系数计算:

$$\rho = \frac{A(f_{j_1} \cdot f_{j_2}) - A(f_{j_1})A(f_{j_2})}{\sqrt{A(f_{j_1}^2) - A^2(f_{j_1})} \sqrt{A(f_{j_2}^2) - A^2(f_{j_2})}} \quad (5)$$

(4)利用相关性系数计算第 j 项因子的冲突性:

$$R_j = \sum_{i=1}^m (1 - \rho) \quad (6)$$

(5)用标准差表示第 j 项因子的变异性(波动性),则

$$v_j = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (f_{ij} - A(f_{ij}))^2} \quad (7)$$

(6)综合信息量是指标冲突性与变异性(波动性)的考量,则第 j 项因子的信息量 C_j 表示为 $R_j v_j$ 。

(7)第 j 项因子的权重计算公式:

$$w_j = C_j / \sum_{j=1}^n C_j \quad (8)$$

(8)全部因子权重集合 $W_c = \{w_{c1}, w_{c2}, \dots, w_{cm}\}$ 。

1.4 计算主客观综合权重值^[13]

综合权重为

$$W = w_{ai} w_{ci} / \left(\sum_{i=1}^m w_{ai} w_{ci} \right) \quad (9)$$

1.5 建立组合赋权秩和比 WRSR 模型

加权秩和比法是非参数参与的统计分析方法,通过对评价对象和指标矩阵计算得到秩和比值,用来表示不同计量单位多指标的综合水平,依据秩和比值进行排序、分档^[14]。具体计算过程如下:

(1) 编秩(非整次法)

高优指标编秩:

$$P = 1 + (n - 1) \frac{F - F_{\min}}{F_{\max} - F_{\min}} \quad (10)$$

低优指标编秩

$$P = 1 + (n - 1) \times \frac{F_{\max} - F}{F_{\max} - F_{\min}} \quad (11)$$

(2) 秩次平均值

$$\bar{P} = \frac{1}{mn} \sum P \quad (12)$$

(3) 计算秩和比值

$$RSR_i = \frac{1}{mn} \sum_{j=1}^m P \quad (13)$$

(4) 赋权秩和比值:

$$WRSR_i = \frac{1}{mn} \sum_{j=1}^m WP^{[15]} \quad (14)$$

(5) 确定 WRSR 排序,计算 WRSR 值对应的向下

累积频率: $\frac{\bar{P}}{n} \times 100\%$ 。

(6) 将累积频数(百分数)换算得到 Probit 值。

(7) 回归方程

$$WRSR = a + b \times Probit \quad (15)$$

(8) 设定档次数目,按最佳分档原则分档。

2 实证分析

2.1 实验室安全评价多层次指标体系

现基于最新版《高等学校实验室安全检查表》(2022),整理相关实证研究参考文献,通过专家访谈法发挥专家智慧群作用进行因素识别,对实验室安全综合评价指标进行归纳整合,建立实验室安全影响程度指标集合(见图 1)。

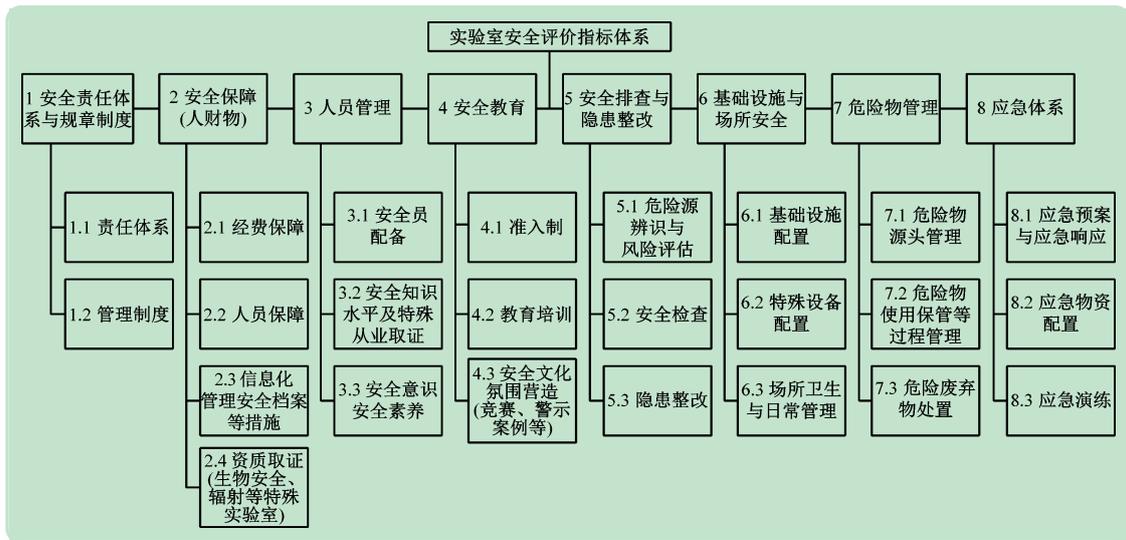


图 1 实验室安全评价指标体系

2.2 AHP 法计算主客观权重值

基于上述评价指标体系,分别建立目标层、要素层、指标层指标集合,邀请学校实验室安全督导员、实验室安全管理员、实验室研究人员等共 6 位专家,对每个层次指标进行相对影响度大小比较,建立判断影响矩阵,进行影响程度指标权重计算,各层次指标权重的计算结果见表 1,其中, W_1 为要素层权重值, W_2 为指标层权重值, W_A 为各 2 级指标对实验室安全总目标层的权重值。

2.3 CRITIC 法计算客观权重值

基于 CRITIC 算法计算实验室安全评价体系指标的客观权重,指标变异性(波动性)、冲突性、综合信息量和权重结果见表 2。

2.4 计算主客观综合权重值

AHP 主观权重值与 CRITIC 客观权重值数据处理后的综合权重值结果见表 3。

2.5 建立组合赋权秩和比 WRSR 模型

基于建立的实验室安全评价指标体系,选取学校 29 个 2 级单位为评价对象,以学院提交的实验室安全年度总结为数据基础,结合本年度实验室安全检查情况,针对各 2 级指标项目逐项分级打分(1-极差,2-较差,3-一般,4-较好,5-极好),组合赋权后的权重值作为权重项,建立加权秩和比 WRSR 模型,模型计算结果见表 4。

依据 F 检验结果,模型的线性相关性显著且模型表现较为良好(拟合优度 $R^2 = 0.982, F = 1521.385$,

表1 AHP法计算主观权重结果

AHP 权重计算结果				
要素层		指标层		W _A
1 级指标	W ₁	2 级指标	W ₂	
A ₁ 安全责任体系与规章制度	0.132	A ₁₁ 责任体系	0.500	0.066
		A ₁₂ 管理制度	0.500	0.066
A ₂ 安全保障(人财物)	0.119	A ₂₁ 经费保障	0.262	0.031
		A ₂₂ 人员保障	0.250	0.030
		A ₂₃ 信息化管理、安全档案等措施	0.238	0.028
		A ₂₄ 资质取证(生物安全、辐射等特殊实验室)	0.250	0.030
A ₃ 人员管理	0.128	A ₃₁ 安全人员配置	0.293	0.038
		A ₃₂ 安全知识水平及特殊从业人员取证	0.320	0.041
		A ₃₃ 安全意识 安全素养	0.387	0.049
A ₄ 安全教育	0.132	A ₄₁ 准入制	0.370	0.049
		A ₄₂ 安全教育培训	0.356	0.047
		A ₄₃ 安全文化氛围营造(竞赛、警示案例等)	0.274	0.036
A ₅ 安全排查与隐患整改	0.132	A ₅₁ 危险源辨识与风险评估	0.309	0.041
		A ₅₂ 安全检查	0.346	0.046
		A ₅₃ 隐患整改	0.346	0.046
A ₆ 基础设施与场所安全	0.110	A ₆₁ 基础设施配置	0.351	0.039
		A ₆₂ 特殊设备配置	0.365	0.040
		A ₆₃ 场所设施卫生与日常管理	0.284	0.031
A ₇ 危险物管理	0.132	A ₇₁ 危险物源头管理	0.337	0.045
		A ₇₂ 危险物使用保管等过程管理	0.349	0.046
		A ₇₃ 危险废弃物处置	0.313	0.041
A ₈ 应急体系	0.114	A ₈₁ 应急预案与应急响应	0.352	0.040
		A ₈₂ 应急物资配置	0.296	0.034
		A ₈₃ 应急演练	0.352	0.040

表2 CRITIC法计算客观权重结果

CRITIC 权重计算结果				
指标项	冲突性	变异性	综合信息量	权重
A ₁₁	21.199	0.351	7.439	0.029
A ₁₂	21.839	1.000	21.839	0.084
A ₂₁	18.293	0.712	13.030	0.050
A ₂₂	18.390	0.949	17.460	0.067
A ₂₃	22.395	0.258	5.775	0.022
A ₂₄	16.715	0.961	16.065	0.062
A ₃₁	18.403	0.830	15.283	0.059
A ₃₂	19.527	0.830	16.216	0.062
A ₃₃	17.996	0.673	12.115	0.047
A ₄₁	18.424	0.574	10.585	0.041
A ₄₂	17.095	0.724	12.382	0.048
A ₄₃	21.871	0.986	21.573	0.083
A ₅₁	18.437	0.506	9.331	0.036
A ₅₂	17.374	0.572	9.944	0.038
A ₅₃	16.799	0.574	9.651	0.037
A ₆₁	23.000	0.000	0.000	0.000
A ₆₂	18.862	0.506	9.546	0.037
A ₆₃	17.807	0.455	8.100	0.031
A ₇₁	23.000	0.000	0.000	0.000
A ₇₂	17.844	0.651	11.614	0.045
A ₇₃	23.000	0.000	0.000	0.000
A ₈₁	20.737	0.614	12.730	0.049
A ₈₂	23.704	0.378	8.959	0.035
A ₈₃	19.889	0.509	10.114	0.039

表3 组合权重结果

主客观权重组合			
指标项	主观权重 W _A	客观权重 W _C	综合权重 W
A ₁₁	0.066	0.029	0.045
A ₁₂	0.066	0.084	0.133
A ₂₁	0.031	0.050	0.037
A ₂₂	0.030	0.067	0.048
A ₂₃	0.028	0.022	0.015
A ₂₄	0.030	0.062	0.044
A ₃₁	0.038	0.059	0.053
A ₃₂	0.041	0.062	0.061
A ₃₃	0.049	0.047	0.055
A ₄₁	0.049	0.041	0.048
A ₄₂	0.047	0.048	0.054
A ₄₃	0.036	0.083	0.072
A ₅₁	0.041	0.036	0.035
A ₅₂	0.046	0.038	0.042
A ₅₃	0.046	0.037	0.041
A ₆₁	0.039	0.000	0.000
A ₆₂	0.040	0.037	0.035
A ₆₃	0.031	0.031	0.023
A ₇₁	0.045	0.000	0.000
A ₇₂	0.046	0.045	0.049
A ₇₃	0.041	0.000	0.000
A ₈₁	0.040	0.049	0.047
A ₈₂	0.034	0.035	0.028
A ₈₃	0.040	0.039	0.037

表4 组合赋权秩和比 WRSR 模型计算结果

组合赋权秩和比 WRSR 模型								
单位	f	Σf	$(\bar{P}/n) \times 100\%$	Probit 值	RSR 值	RSR 拟合值	排序	分档
学院 11	1	29	99.1	7.382	0.807	0.794	1	1
学院 06	1	28	96.6	6.819	0.757	0.726	2	1
学院 27	1	27	93.1	6.484	0.687	0.686	3	1
学院 05	1	26	89.7	6.262	0.657	0.659	4	1
学院 18	1	25	86.2	6.09	0.622	0.639	5	2
学院 15	1	24	82.8	5.945	0.612	0.621	6	2
学院 04	1	23	79.3	5.817	0.605	0.606	7	2
学院 22	1	22	75.9	5.702	0.582	0.592	8	2
学院 09	1	21	72.4	5.595	0.579	0.579	9	2
学院 20	1	20	69	5.495	0.564	0.567	10	2
学院 13	1	19	65.5	5.399	0.527	0.555	11	2
学院 08	1	18	62.1	5.307	0.523	0.544	12	2
学院 01	1	17	58.6	5.218	0.515	0.534	13	2
学院 14	1	16	55.2	5.13	0.509	0.523	14	2
学院 07	1	15	51.7	5.043	0.508	0.513	15	2
学院 25	1	14	48.3	4.957	0.503	0.502	16	2
学院 29	1	13	44.8	4.87	0.497	0.492	17	2
学院 02	1	12	41.4	4.782	0.495	0.481	18	2
学院 17	1	11	37.9	4.693	0.472	0.47	19	2
学院 10	1	10	34.5	4.601	0.463	0.459	20	2
学院 19	1	9	31	4.505	0.456	0.448	21	2
学院 26	1	8	27.6	4.405	0.449	0.436	22	2
学院 23	1	7	24.1	4.298	0.433	0.423	23	2
学院 12	1	6	20.7	4.183	0.428	0.409	24	2
学院 21	1	5	17.2	4.055	0.409	0.394	25	2
学院 03	1	4	13.8	3.91	0.396	0.376	26	3
学院 24	1	3	10.3	3.738	0.374	0.355	27	3
学院 28	1	2	6.9	3.516	0.330	0.329	28	3
学院 16	1	1	3.4	3.181	0.245	0.288	29	3

显著性 P 值接近 0)。模型回归方程为: $RSR = -0.095 + 0.121 \times \text{Probit 值}$ 。根据各 2 级单位对应的 Probit 临界值代入回归模型计算得到 RSR 拟合值,进而得到分档等级水平;分档等级 Level 中,值越大表示等级越高,即评价结果越好,29 个 2 级单位中,4 个单位评价结果为最优档,4 个单位评价结果为较弱档,其余 21 个单位为一般档。

3 分析讨论

3.1 实验室安全评价指标体系分析

实验室安全评价多层次指标体系含 8 个 1 级指标,24 个 2 级指标,指标体系的科学性直接影响实验室安全评价的效果。本研究中的实验室安全评价指标

体系建立有 3 个标准。①《高等学校实验室安全检查表(2022)》,保证考核目标具有可行性。②集合上级主管部门、行业、本高校实际,筛选关键指标,合并相关指标,保证考核标准具有科学性、可操作性。③综合考虑不相关学科安全管理经验,保证评价结果的可比性。

3.2 组合权重结果分析

根据主客观权重计算结果,位于前 5 位的 2 级指标为 A_{12} 项管理制度、 A_{43} 安全文化氛围营造、 A_{32} 安全知识水平及特殊从业取证、 A_{33} 安全意识与安全素养、 A_{42} 安全教育培训的权重分别为 0.133、0.072、0.061、0.055、0.054,分别属于 A_1 安全责任体系与管理制度、 A_3 实验人员管理、 A_4 安全教育 1 级指标。可以看出,加强实验室安全管理,需要高度关注管理制度规范、实

验人员的管理与安全教育,管理因素与人的因素为实验室安全体系建设的要点。

3.3 组合赋权秩和比模型分档结果分析

WRSR 模型结果显示,29 个 2 级单位中,学院 11、学院 06、学院 27、学院 05 和学院 18 为最优档,分别为基础医学院、公共卫生学院、药学院、工程训练中心、能源与动力学院,其中,排名前 4 位中的 3 个单位(基础医学院、公共卫生学院、工程训练中心)均获得了上年度实验室工作先进集体,评价结果与管理实际较为符合。

4 结 语

基于要素间的相对重要程度关系,整理相关实证研究参考文献,通过专家访谈法进行因素识别,建立了科学全面的实验室安全评价指标体系。

充分考虑指标间差异性和关联性,运用 AHP 和 CRITIC 算法计算主客观权重,构建基于组合赋权秩和比 WRSR 的实验室安全综合评价模型,实证研究验证了模型适用性,该模型可为实验室安全管理提供数据支撑,推广应用于实验室安全工作评比、实验室安全管理考核等工作。

参考文献 (References):

- [1] 查国清,徐亚妮,秦夷飞. 高校实验室安全管理体系存在的问题及对策建议[J]. 实验技术与管理,2020,37(10):271-277.
- [2] 吴祝武,白向玉,孙志强,等. 高校实验室安全管理的探索与实践[J]. 实验技术与管理,2019,36(12):1-4.
- [3] 徐超,李丹,王凯,等. 基于 AHP 分析法的高校安全工程

专业实验室风险评价研究[J]. 实验技术与管理,2022,39(5):211-216.

- [4] 汪洪贵,贾云贞,张其东,等. 基于 FAHP 与机器学习的烟草行业实验室安全管理评价[J]. 实验室研究与探索,2021,40(11):310-315.
- [5] 刘音,马吉燕,陈森,等. 基于 G1-熵权法的高校化工实验室多级可拓评价[J]. 实验技术与管理,2022,39(3):268-272.
- [6] 啜鹏杰,王清清,柳培忠,等. 基于 PCA-GA-BP 神经网络的高校实验室安全风险评估[J]. 实验室研究与探索,2022,41(1):306-311.
- [7] 曹以,赵璐,龙训建,等. 基于 TOPSIS 的高校工科实验室安全评价[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2022,47(2):118-123.
- [8] 王兴达. 高校实验室安全管理标准化体系构建及评估研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2021.
- [9] 宁理,曾劲峰,孙革,等. 基于层次分析法的血筛实验室关键设备报废优先级评定模型的建立[J]. 中国输血杂志,2022,35(3):317-320.
- [10] 沈通,李孔文. 基于 AHP-LEC 法高校实验室危险源安全评价[J]. 山西建筑,2021,47(24):166-168.
- [11] 吕志鹏,吴鸣,宋振浩,等. 电能质量 CRITIC-TOPSIS 综合评价方法[J]. 电机与控制学报,2020,24(1):137-144.
- [12] 张业涌,马秀,杨柳潇潇,等. 基于 CRITIC-TOPSIS 模型与多元回归分析的精准扶贫综合绩效评价研究[J]. 安徽农学通报,2021,27(24):3-6.
- [13] 姚辉,尹尚先,徐维,等. 基于组合赋权的加权秩和比法的底板突水危险性评价[J/OL]. 煤田地质与勘探:1-6[2022-06-28].
- [14] 梁建军,邹小明,阮晨昕,等. 基于加权秩和比法评价广东省公共卫生资源配置[J]. 现代预防医学,2021,48(23):4307-4311.
- [15] 冷亚军,吴宗育,梁昌勇,等. 基于 EM 填补和加权秩和比的电力系统黑启动决策方法[J/OL]. 中国管理科学:1-12[2022-06-28].

(上接第 288 页)

参考文献 (References):

- [1] 习近平. 在教育文化卫生体育领域专家代表座谈会上的讲话[J]. 当代党员,2020(19):3-6.
- [2] 陈艺丹,王贵学,侯文生,等. 现代生命科学实验教学中心建设与管理探索[J]. 实验室研究与探索,2022,41(1):158-161.
- [3] 教育部. 2020 年教育统计数据[EB/OL]. (2021-08-30)[2022-01-06]. http://www.moe.gov.cn/jyb_sjzl/moe_560/2020/.
- [4] 隋兴亮. 从实验室火灾爆炸事故引发的实验室消防安全思考[J]. 化工安全与环境,2022,35(18):17-20.
- [5] 王满意,宁信,虞俊超,等. 高校危险气体管理现状及改进策略探究[J]. 实验室研究与探索,2022,41(1):312-316.
- [6] 卫飞飞,石琦,钟冲,等. 高校实验室安全信息化建设探究[J]. 实验室研究与探索,2020,39(10):300-303.
- [7] 赵青山,徐获秋,李健. 高校实验室综合管理系统的开发[J]. 实验技术与管理,2019,36(1):249-252.
- [8] 刘永,宁玉富,孟繁兵. 高校实验室智能综合管理平台技术研究综述[J]. 网络安全技术与应用,2020(9):91-93.

- [9] 郭鑫. 高校教学实验室综合管理平台设计研究[J]. 工业和信息化教育,2017(9):90-94.
- [10] 张磊,成昭. 实验室危险化学品分类特性、引发火灾类型及消防安全措施[J]. 化工时刊,2021,35(9):28-31.
- [11] 姜周曙,冯建跃,林海旦,等. 高校实验室消防安全常见误区及正确防范[J]. 实验室研究与探索,2021,40(2):289-293.
- [12] 边新茹,王婕. 高校修缮工程管理存在的问题及对策探讨[J]. 造纸装备及材料,2020,49(3):213-214.
- [13] 崔雪峰. 高校修缮工程管理探析[J]. 价值工程,2022,41(19):25-27.
- [14] 周博涵,李孟婷. 高校实验室系统设计思考[J]. 广东化工,2019,46(14):168-169.
- [15] 翟丽霞. 高校实验室消防安全管理现状及对策[J]. 科学咨询(科技·管理),2020(11):67-68.
- [16] 刘光辉. HEUZ 实验室用房改造项目质量控制研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2014.
- [17] 陈治刚. 工程建设中业主方项目管理存在的问题[J]. 居舍,2020(28):145-146.