

# 慢性阻塞性肺疾病稳定期证候疗效评价量表条目的赋权研究

## ——以肺气虚证为例

李建生<sup>1,2</sup> 谢洋<sup>1,2</sup> 冯贞贞<sup>1,2</sup> 李宣霖<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>河南中医药大学,呼吸疾病中医药防治省部共建协同创新中心,河南省中医药防治呼吸病重点实验室,河南郑州 450046; <sup>2</sup>河南中医药大学第一附属医院,河南郑州 450000

通信作者:李建生, Email: li\_js8@163.com

**【摘要】目的** 以慢性阻塞性肺疾病稳定期证候疗效评价量表(COPD-STES)肺气虚证为例,联合采用随机森林法、因子分析法及百分权重法确定条目权重,为证候疗效评价量表的形成提供方法学支持。**方法** 基于568例COPD患者的临床调查数据,首先利用Python 3.8编程语言,采用Anaconda Navigator软件中的Spyder集成开发环境,调用Sklearn包中“随机森林分类器”建立初始随机森林模型,计算条目权重;其次采用主成分分析法及最大方差正交旋转,提取累计方差贡献度>80%的公因子,根据公因子的累计方差贡献度及成分得分系数,计算条目权重。然后基于专家问卷中每位专家对各条目的重要性评分,计算条目权重。最后将以上3种方法分别赋以40%、30%、30%的比重,相加得出条目最终权重。**结果** 基于前期已初步形成的COPD-STES,包含9个基础证候、46个条目,其中肺气虚证10个条目。通过随机森林法,计算出肺气虚证各条目的权重系数范围为0.019~0.473;通过因子分析法,计算出各条目权重系数范围为0.042~0.152;通过百分权重法,计算出各条目权重系数范围为0.083~0.110。综合3种方法,计算出条目最终权重系数,分别为咳嗽0.188、喘息0.073、胸闷0.082、气短0.256、乏力0.054、恶风0.061、自汗0.073、少气懒言0.064、易感冒0.077、脉弱或脉沉细0.073。**结论** 基于随机森林法、因子分析法、百分权重法的证候疗效评价量表条目赋权法具有可行性,可为中医证候疗效评价量表条目赋权提供新思路。

**【关键词】** 疗效评价; 量表; 慢性阻塞性肺疾病; 权重; 证候

**基金项目:**国家自然科学基金重点项目(81830116);中医药传承与创新“百千万”人才工程(岐黄工程)-国家中医药领军人才支持计划(2018-284)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2023.03.002

### The determination of item weight of syndrome therapeutic evaluation scale of chronic obstructive pulmonary disease based on the syndrome of lung qi deficiency

Li Jiansheng<sup>1,2</sup>, Xie Yang<sup>1,2</sup>, Feng Zhenzhen<sup>1,2</sup>, Li Xuanlin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Henan University of Chinese Medicine, Co-Construction Collaborative Innovation Center for Chinese Medicine and Respiratory Diseases by Henan & Education Ministry of P.R., Zhengzhou 450046, Henan, China; <sup>2</sup>The First Affiliated Hospital of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, Henan, China

Corresponding author: Li Jiansheng, Email: li\_js8@163.com

**【Abstract】 Objective** To determinate the item weight syndrome of lung qi deficiency of syndrome therapeutic evaluation scale of chronic obstructive pulmonary disease (COPD-STES) by random forest method, factor analysis method, and percent weight method, thus providing methodology basis for the development of syndrome therapeutic evaluation scale. **Methods** The Python 3.8 programming language, Spyder integrated development environment in Anaconda Navigator software, and Random Forest Classifier in Sklearn package were used to establish the initial random forest model and determine item weight based on 568 COPD clinical survey data. Then, principal component analysis and maximum variance orthogonal rotation were used to extract the common factors whose cumulative variance contribution was more than 80%, and determinate the item weight based on the cumulative variance contribution of common factors and component score coefficient. The item importance score of each expert was used to determine the item weight based on the expert questionnaire. The final item weight was calculated by the above three methods comprehensively with 40%, 40%, and 30% weight respectively. **Results** There were 9 basic syndromes and 46 items of COPD-STES developed preliminarily, including 10 items of syndrome of lung qi deficiency. The range of item weight was 0.019-0.473 by random forest method, 0.042-0.152 by factor analysis method, and 0.083-0.110 by percent weight method. The final item weight was: cough 0.188, panting 0.073, chest tightness 0.082, shortness of breath 0.256, weakness 0.054, aversion to wind 0.061, sweating 0.073, lack of qi and no desire to speak 0.064, common cold 0.077, weak or deep faint pulse 0.073. **Conclusion** It is feasible of subjective and objective comprehensive weighting method by random forest method, factor analysis method, and percent weight method, and it could provide new thought for item weighting of syndrome therapeutic evaluation scale.

**【Key words】** Therapeutic evaluation; Scale; Chronic obstructive pulmonary disease; Weight; Syndrome

**Fund program:** Key Program of National Natural Science Foundation of China (81830116); Traditional Chinese Medicine Inheritance and Innovation “Hundred and Ten Million” Talent Project (Qihuang Project)—National Leading Talent Support Plan for Traditional Chinese Medicine (2018–284)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2023.03.002

量表具有定量、标准等特点,证候疗效评价量表的建立可为中医临床疗效评价提供方法。条目是量表的基本构成元素,同一证候中各条目权重可能不同,条目的权重直接影响疗效评价结果,是证候疗效评价量表研制的必要环节。较常采用的条目量化方法是 Likert 五级评定法或分为轻、中、重 3 个等级<sup>[1-2]</sup>,一定程度上实现了量化评价,但完全按照一种评分标准处理条目,忽视了不同指标在疗效评价中的重要性。另有研究按照“主症”“次症”分别确定条目权重,可为证候疗效评价量表条目赋权提供一定思路,但也暴露出一些不足<sup>[3-5]</sup>:首先证候总分受症状个数的影响,若次症个数较多则其积分可能大于主症积分;其次并非每个主症和次症同等重要,该方法不能体现合理有效的权重。

联合应用多种赋权方法确定条目权重,可规避单用某种方法的不足,使研究结果更有说服力<sup>[6-8]</sup>。近年来,该思想已逐步应用于中医证候、症状的量化研究<sup>[9-11]</sup>;此外,机器学习算法也逐渐应用于中医研究领域<sup>[12-16]</sup>,可克服人类认知思维的局限性,符合中医整体观、模糊性、非线性的特点。以上方法可为中医证候疗效评价量表的条目赋权提供新思路,然而如何选择具体的赋权方法及如何综合应用多种赋权方法,有待进一步探索。本课题组前期已通过文献研究<sup>[17]</sup>、专家问卷调查及临床调查等环节,初步形成慢性阻塞性肺疾病稳定期证候疗效评价量表(syndrome therapeutic evaluation scale of chronic obstructive pulmonary disease, COPD-STES)<sup>[18-19]</sup>,本研究以肺气虚证为例,基于前期临床调查及专家咨询数据,综合应用随机森林法、因子分析及百分权重法确定条目权重,以期形成 COPD-STES 提供依据,也为其他疾病相关研究提供思路和方法。

## 1 资料与方法

**1.1 数据来源:**① 临床调查:收集 568 例患者数据,将同一患者的 2 次或 3 次随访作为新病例纳入,其中肺气虚证 855 例次;② 专家问卷调查:29 位专家对各条目的重要性评分参照本课题组前期的研究结果<sup>[19]</sup>。

根据症状特点,将 COPD-STES 评分选项分为 0~4 分(分值越高表示症状越重或发作越频繁,如

咳嗽、喘息、自汗、乏力等症状),0 分和 1 分(表示舌象、脉象等症状的“无或有”),将前者视为连续型变量,后者视为二分类变量。具体调查地点、调查对象、调查内容、样本量计算参照本课题组前期的研究结果<sup>[19]</sup>。

### 1.2 随机森林法

**1.2.1 基本思想:**采用 Bagging 算法,首先,通过自助法(bootstrap)抽样,从原始训练样本集  $N$  中有放回地重复随机抽取  $K$  个样本生成新的训练样本集合;然后,对  $K$  个样本分别建立  $K$  个决策树模型,得到  $K$  种分类结果;最后,根据  $K$  种分类结果对每个记录进行投票,决定其最终分类<sup>[20]</sup>。本研究以“条目”为自变量,以患者的“COPD 综合评估分级(A 组~D 组)”为因变量,以自变量的重要性表示权重。

**1.2.2 统计学分析:**基于 855 例次肺气虚证临床调查数据,利用 Python 3.8 编程语言,采用 Anaconda Navigator 软件中的 Spyder 集成开发环境,调用 Sklearn 包的“随机森林分类器(Random Forest Classifier)”建立初始随机森林模型;应用“分割训练集和测试集(train\_test\_split)”函数随机划分训练集和测试集,根据随机种子数=16,参数分层= $y$ ,得出变量的重要性。

### 1.3 因子分析法

**1.3.1 基本思想:**通过降维,根据各指标对评价目标的影响程度确定权重<sup>[21]</sup>。参考相关文献[22-26],因子分析法确定权重主要包括以下环节:① 根据抽样充足性检验(Kaiser-Meyer-Olkin, KMO)统计量和 Bartlett 球形度检验,判断是否适宜进行因子分析;② 根据累计方差贡献度>80%的原则确定公因子;③ 旋转成分矩阵增强解释性,并得到旋转后的因子载荷矩阵;④ 根据旋转后方差贡献度及决策矩阵得到指标权重。

**1.3.2 统计学分析:**使用 SPSS 20.0 统计软件,首先进行 KMO 统计量和 Bartlett 球形度检验,若  $KMO > 0.6$ ,提示可进行因子分析<sup>[27]</sup>;选用主成分分析法及最大方差正交旋转,提取累计方差贡献度>80%的公因子,生成成分得分系数矩阵。将“肺气虚证疗效评价”作为目标层,“公因子”作为一级指标,“条目”作为二级指标。一级指标在目标层上的权重

( $W_i$ )通过对公因子旋转后的方差贡献度进行归一化得到;二级指标在一级指标上的权重( $W_j$ )通过对因子得分系数矩阵归一化得到。最终,二级指标在目标层上的权重( $W_{ij}$ )通过  $W_i$  及  $W_j$  相乘得到。

### 1.4 百分权重法

**1.4.1 基本思想:** 鉴于专家在该领域的学术认知,依据专家对各条目的重要性评分,从专业角度进行赋权。

**1.4.2 统计学分析:** 基于专家问卷调查环节数据,根据每位专家对每一条目的重要性评分,将条目的平均得分值(权重比例)除以所有条目的均值总分,即为该条目的权重<sup>[28-29]</sup>。

**1.5 肺气虚证各条目最终权重的确定:** 基于随机森林法、因子分析法及百分权重法分别计算出各条目权重,结合条目管理小组及专家意见,将以上 3 种方法分别赋予 40%、30%、30% 比重,相加即为条目的最终权重。

## 2 结果

**2.1 基于随机森林法确定条目权重(表 1):** 肺气虚证的模型预测准确度为 57.2%, 10 个条目的权重范围为 0.019 ~ 0.473。

条目	随机森林法	因子分析法	百分权重法	最终权重
您咳嗽吗?	0.281	0.152	0.100	0.188
您气喘吗?	0.021	0.115	0.102	0.073
您胸闷吗?	0.050	0.114	0.091	0.082
您气短吗?	0.473	0.115	0.106	0.256
您乏力吗?	0.024	0.042	0.104	0.054
您怕风吗?	0.033	0.058	0.102	0.061
您稍活动就出汗吗?	0.032	0.099	0.101	0.073
您没力气且不想说话吗?	0.041	0.057	0.101	0.064
您经常感冒吗?	0.019	0.123	0.110	0.077
脉沉细	0.026	0.125	0.083	0.073

**2.2 基于因子分析法确定条目权重:** 肺气虚证的 KMO 值为 0.890 (>0.6),  $\chi^2=3\ 932.886$ , 且  $P<0.05$ , 提示适合进行因子分析。通过主成分分析共提取 5 个公因子,公因子 1 由“喘息、胸闷、气短”3 个条目组成,公因子 2 由“乏力、恶风、自汗、少气懒言”4 个条目组成,公因子 3 包括“咳嗽”1 个条目,公因子 4 包括“脉沉细”1 个条目,公因子 5 包括“易感冒”1 个条目。

**2.2.1 一级指标在目标层上的  $W_i$ :** 5 个公因子的累计方差贡献度为 82.719%, 旋转后的方差贡献度分别为 28.459%、21.144%、12.559%、10.380%、

10.177%, 由此确定 5 个公因子在目标层上的权重分别为 0.344、0.256、0.152、0.125、0.123。

**2.2.2 二级指标在一级指标上的  $W_j$ :** 根据因子分析结果,公因子 1 中 3 个条目的因子得分系数分别为 0.438、0.432、0.439,公因子 2 中 4 个条目的因子得分系数分别为 0.267、0.369、0.629、0.362,公因子 3 中条目“咳嗽”的因子得分系数为 0.880,公因子 4 中条目“脉沉细”的因子得分系数为 1.021,公因子 5 中条目“易感冒”的因子得分系数为 1.024。经归一化处理,得出 10 个二级指标在一级指标上的权重分别为 0.335、0.330、0.335、0.164、0.227、0.387、0.223、1.000、1.000、1.000。

**2.2.3 二级指标在目标层上的  $W_{ij}$ (表 1):** 根据上述 2 个步骤,计算出二级指标在目标层的  $W_{ij}$ ,各条目的权重范围为 0.042 ~ 0.152。

**2.3 基于百分权重法确定条目权重(表 1):** 共发放专家问卷 30 份,收回有效问卷 29 份。29 位专家对肺气虚证各条目的重要性评分均值分别为:咳嗽 7.90 分、喘息 8.07 分、胸闷 7.24 分、气短 8.38 分、乏力 8.28 分、恶风 8.10 分、自汗 8.03 分、少气懒言 8.00 分、易感冒 8.72 分、脉沉细 6.59 分。计算出各条目权重范围为 0.083 ~ 0.110。

**2.4 肺气虚证各条目最终权重(表 1):** 综合以上 3 种方法,计算出各条目最终的权重,权重由大到小依次为“气短”“咳嗽”“胸闷”“易感冒”“喘息”“脉沉细”“自汗”“少气懒言”“恶风”“乏力”。

## 3 讨论

权重是一个相对概念,代表的是某一指标在整体评价中的相对重要程度。证候疗效评价量表条目的权重直接影响着评价结果,选择适宜的条目赋权方法是研究热点及难点。在以往的研究中,有学者采用不同方法进行条目赋权研究:王静等<sup>[30]</sup>基于专家问卷调查,对复发性阿弗他溃疡胃热炽盛证的主症、次症分别进行赋权;张杨<sup>[31]</sup>基于专家评分,对《中风病证候要素评价量表》各条目进行赋权;王虎城<sup>[32]</sup>采用层次分析法,对《火热炽盛证评价标准》各条目进行赋权;王鸿琳<sup>[33]</sup>基于临床调查数据,采用郑氏公式进行条目赋权,研制出《冠心病稳定型心绞痛(痰瘀互结证)疗效评价证候计分表》。这些方法为证候疗效评价量表的条目赋权提供了一定思路,但多从主观角度进行赋权,亟须探索并建立规范的条目赋权方法。

**3.1 综合评价过程中常用的赋权方法总结及思考:**



综合评价过程中指标的赋权方法可分为主观赋权法、客观赋权法、主客观综合赋权法3种<sup>[7,8,34]</sup>。其中,主观赋权法是根据专家或决策者的知识、经验或嗜好,按照指标的重要性程度、可能性或专家的偏好进行判断比较、赋值,包括百分权重法、德尔菲法、层次分析法、模糊综合评价法、最小二乘法、环比评分法、二项系数法等<sup>[34-35]</sup>;客观赋权法是利用属性所具有的客观信息进行比较,并通过计算得到的相对重要程度,包括熵权法、因子分析法、主成分分析法、变异系数法、聚类分析法、灰色关联分析法、粗糙集理论方法、逼近理想解排序方法〔technique for order preference by similarity to an ideal solution (TOPSIS 方法)〕、均方差法等<sup>[7]</sup>。上述赋权方法均被广泛应用于多个领域,如电信<sup>[36]</sup>、能源<sup>[37]</sup>、建筑行业<sup>[38]</sup>、市场营销<sup>[39]</sup>、生态学<sup>[40]</sup>等。然而单一赋权方法常存在不足<sup>[41]</sup>:①主观赋权法可较好地体现研究者或该领域专家意向,但具有较强的主观性;②客观赋权法具有较强的数学理论依据,但无法考虑研究者的主观意向且未借鉴专家经验,评价结果单纯依赖统计分析,具有一定盲目性。

基于主客观综合赋权思想,多个领域已开展相关权重研究<sup>[42-44]</sup>,包括对中医证候、症状的量化<sup>[45-46]</sup>,如郭素香等<sup>[9]</sup>分别运用德尔菲法、因子分析法计算主观、客观权重系数,再将二者相乘、归一化处理,最终确定《小儿厌食(喂养障碍)中医证候疗效评价量表》条目权重。此外,随着机器学习时代的到来,支持向量机、决策树、人工神经网络、贝叶斯网络、随机森林等算法逐渐应用于中医领域,尤其是证候诊断模型的建立<sup>[13-16]</sup>。中医证候有复杂性、非线性等特点,机器学习方法能克服人类认知思维的局限性,符合中医整体观、模糊性、非线性的特点,为证候疗效评价量表条目赋权提供了新的思路。

**3.2 基于随机森林法、因子分析法、百分权重法条目赋权方法的提出:**上述赋权方法可为证候疗效评价量表条目的赋权提供一定参考,然而如何选择具体赋权方法及实现多种方法的结合是目前要解决的关键问题。随机森林算法是2001年Leo Breiman提出的一种机器学习算法,它是一种基于Bagging的集成学习方法,具有预测准确率较高、不容易出现过拟合等优点,且能同时处理连续属性和类别属性变量,这是很多其他基于距离的算法无法完成的<sup>[47-48]</sup>。Fernandez-Delgado等<sup>[49]</sup>通过大量研究,比较179种分类算法的性能,认为随机森林算法是最优的;蔡

晓路<sup>[14]</sup>分别采用随机森林法及支持向量机对同一数据进行建模分析,结果显示,随机森林算法模型更为稳定。因子分析法是一种多元统计分析方法,是常用的客观赋权方法之一,广泛应用于多个研究领域<sup>[22-23,25,50-51]</sup>,已有学者将因子分析法应用于证候疗效评价量表的研制过程,并取得一定成效<sup>[9]</sup>。百分权重法是基于专家意见的主观赋权法,根据专家对各条目的重要性评分计算其权重,通过邀请每位专家对各指标的重要性给予等级评分,用指标的平均得分除以所有条目总得分,即为该指标的权重<sup>[28-29]</sup>。

综上所述,随机森林法是基于复杂算法的机器学习方法,能克服人类认知思维的局限性,符合中医整体观、模糊性、非线性的特点,是一种有监督的客观赋权方法;因子分析法是一种无监督的多元统计分析方法,也是一种客观赋权方法,方法较为简单、功能强大;百分权重法是基于专家意见的主观赋权法,仅依据专家的经验 and 知识,缺乏客观的技术方法支撑。经研究小组商定后,分别赋以随机森林法、因子分析法、百分权重法40%、30%、30%的比重,相加后即各条目最终权重。由于部分条目为专家问卷调查环节的补充条目,无法运用百分权重法计算,故赋以随机森林法、因子分析法分别60%、40%的权重,再作归一化处理。

**3.3 COPD-STES 条目权重的确定:**以肺气虚证为例。本研究综合应用随机森林法、因子分析法及百分权重法,得出肺气虚证中各条目权重分别为:气短0.256、咳嗽0.188、胸闷0.082、易感冒0.077、喘息0.073、脉沉细0.073、自汗0.073、少气懒言0.064、恶风0.061、乏力0.054。正气亏虚是COPD的基本病机,以气虚为本,以肺虚为始;肺主气,司呼吸,肺虚则少气而喘;卫气不足,外邪多首犯于肺,导致肺气宣降不利发为咳嗽、胸闷。得到的各条目权重显示,气短权重最高,咳嗽、胸闷、喘息等症状的权重相对较高,这些症状是COPD常见临床表现,且是肺气虚证疗效评价的主要症状。此外,肺气亏虚不能宣发卫气于肌表,腠理不固,故出现恶风、自汗;机体活动功能减退故乏力、少气懒言;脉沉细也是肺气虚的表现。值得注意的是,随机森林法的应用以COPD综合评估分级为因变量、以条目为自变量得出条目权重。由于当前缺乏体现证候疗效的“金标准”,COPD综合评估分级A~D组可综合评估患者病情,从而一定程度上反映证候的严重程度。模型预测准确度>55%,表示模型较好,研究结果具有指

导意义。

权重的确定在测评工具研制中具有重要意义<sup>[52]</sup>,本研究探索建立随机森林法、因子分析法及百分权重法的条目赋权方法,可为证候疗效评价量表条目赋权提供一定思路,为实现定量评价证候疗效提供方法。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 戴霞,王成岗,韩晓春,等.中医证候量表条目筛选的方法学探讨[J].中华中医药杂志,2010,25(8):1168-1171.

[2] 赵晖,王筠,李淳,等.中医证候量表研制中的关键问题及其思考[J].中国中医药信息杂志,2017,24(6):6-9. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5304.2017.06.002.

[3] 王静,吴萍,曲丽娜,等.证候疗效评价中症状量化赋值权重确定方法初探[J].中国中医药信息杂志,2017,24(10):10-13. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5304.2017.10.003.

[4] 王雨萌,孙瑞华,黄傲,等.中医药临床研究中证候赋分方法的探讨[J].中华中医药杂志,2016,31(3):846-849.

[5] 孙瑞华,李欢,徐凯,等.中医证候临床评价的探讨[J].世界中医药,2017,12(6):1470-1474. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7202.2017.06.063.

[6] 刘秋艳,吴新年.多要素评价中指标权重的确定方法评述[J].知识管理论坛,2017,2(6):500-510. DOI: 10.13266/j.issn.2095-5472.2017.054.

[7] 彭张林.综合评价过程中的相关问题及方法研究[D].合肥:合肥工业大学,2015.

[8] 李因果,李新春.综合评价模型权重确定方法研究[J].辽东学院学报(社会科学版),2007,9(2):92-97. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8572.2007.02.022.

[9] 郭素香,胡思源,孔秀路,等.《小儿厌食(喂养障碍)中医证候评价量表》权重系数的确定和应用形式[J].天津中医药,2016,33(3):147-150. DOI: 10.11656/j.issn.1672-1519.2016.03.06.

[10] 李先涛,周旋,方格,等.中医证候诊断量表研究现状[J].辽宁中医杂志,2020,47(1):18-21. DOI: 10.13192/j.issn.1000-1719.2020.01.005.

[11] 陈昱文,曹泽标,周小青,等.中医症状量化方法及其临床应用述评[J].湖南中医药大学学报,2016,36(3):82-86. DOI: 10.3969/j.issn.1674-070X.2016.03.025.

[12] 夏淑洁,杨朝阳,周常恩,等.常见机器学习方法在中医诊断领域的应用述评[J].广州中医药大学学报,2021,38(4):826-831. DOI: 10.13359/j.cnki.gzxbtcm.2021.04.032.

[13] 郭晓慧,华桂香,向玉,等.基于病人报告结局和决策树方法构建证候诊断工具的探索[J].广州中医药大学学报,2016,33(4):588-591. DOI: 10.13359/j.cnki.gzxbtcm.2016.04.033.

[14] 蔡晓路.基于随机森林的类风湿关节炎证型判别模型研究[D].北京:北京中医药大学,2016.

[15] 王灼龙.基于隐结构的贝叶斯网络的建立及其在中医辨证中的应用[D].上海:华东理工大学,2016.

[16] 许明东,马晓聪,温宗良,等.支持向量机在高血压病中医证候诊断中的应用[J].中华中医药杂志,2017,32(6):2497-2500.

[17] 冯贞贞,谢洋,春柳,等.基于关联规则结合隐结构模型的慢性阻塞性肺疾病稳定期文献的基础证候特征研究[J].世界科学技术-中医药现代化,2021,23(2):552-559. DOI: 10.11842/wst.20200307010.

[18] 冯贞贞,谢洋,李建生.基于经典测量理论的慢性阻塞性肺疾病稳定期证候疗效评价量表条目筛选[J].中华中医药杂志,2022,37(8):4635-4640.

[19] 李建生,冯贞贞,谢洋.基于临床调查的慢性阻塞性肺疾病稳定期证候疗效评价量表的初步形成[J].中医杂志,2022,63(13):1235-1242. DOI: 10.13288/j.11-2166/r.2022.13.009.

[20] 吕红燕,冯倩.随机森林算法研究综述[J].河北省科学院学报,2019,36(3):37-41.

[21] 李晓津,李昊燃,李显为.我国综合交通系统的社会贡献评价研究——以2000-2017年数据为例[J].综合运输,2021,43(1):15-21,37.

[22] 樊勇.大学生社会实践成果的影响因素权重确定——基于因子分析法[J].湖北第二师范学院学报,2018,35(6):112-117. DOI: 10.3969/j.issn.1674-344X.2018.06.023.

[23] 刘彬.基于因子分析法的绿色供应商评价指标权重的确定[J].中国商贸,2011(25):99-100. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5800.

2011.25.040.

[24] 刘乔.煤矿中层管理人员安全意识评价研究[D].西安:西安科技大学,2020.

[25] 刘燕,李影.因子分析的权重解决方法——一个与偏序集相结合的评价模型[J].辽宁工程技术大学学报(社会科学版),2020,22(6):457-465.

[26] 辛睿强,韩国秀.因子分析法在科技期刊综合评价中的应用[J].数理统计与管理,2014,33(1):116-121.

[27] 史周华,何雁.中医药统计学与软件应用[M].北京:中国中医药出版社,2015.

[28] 王明航,李素云,李建生,等.慢性阻塞性肺疾病疗效评价结局指标权重专家问卷调查研究[J].中华中医药杂志,2013,28(8):2401-2404.

[29] 旷翠萍,代吉亚,易建荣,等.应用德尔菲法构建自然灾害后传染病疫情发生风险评估指标体系[J].华南预防医学,2016,42(3):218-222. DOI: 10.13217/j.scjpm.2016.0218.

[30] 王静,吴萍,曲丽娜,等.证候疗效评价中症状量化赋值权重确定方法初探[J].中国中医药信息杂志,2017,24(10):10-13. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5304.2017.10.003.

[31] 张杨.基于经典测量与项目反应理论的《中风病证候要素评价量表》编制研究[D].北京:北京中医药大学,2012.

[32] 王虎城.火热炽盛证评价标准的研制及舌诊参数客观化研究[D].天津:天津中医药大学,2020.

[33] 王鸿琳.冠心病稳定型心绞痛(痰瘀互结证)疗效评价证候计分表的研制与初步考评[D].沈阳:辽宁中医药大学,2012.

[34] 刘召龙.基于清洁生产的花岗石矿山开采决策方法及评价体系的应用研究[D].济南:山东大学,2014.

[35] 彭张林.综合评价过程中的相关问题及方法研究[D].合肥:合肥工业大学,2015.

[36] 王长青,张一农,许万里.运用最小二乘法确定后评估指标权重的方法[J].吉林大学学报(信息科学版),2010,28(5):513-518. DOI: 10.3969/j.issn.1671-5896.2010.05.013.

[37] 向梦玲,姚建.改进TOPSIS模型在沱江流域水质评价中的应用[J].人民长江,2021,52(2):25-29. DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2021.02.004.

[38] 黄琪嵩,焦玉婷,许波,等.基于组合赋权灰云模型的老矿区建设场地稳定性评价研究[J].现代矿业,2021,37(2):194-197. DOI: 10.3969/j.issn.1674-6082.2021.02.052.

[39] 张序.TW三文鱼公司发展战略研究[D].成都:电子科技大学,2019.

[40] 吴伟志,梁立成.浙江省重要湿地生态状况评价[J].湿地科学与管理,2021,17(1):43-46,80. DOI: 10.3969/j.issn.1673-3290.2021.01.09.

[41] 谢雁鸣,王永炎,朴海垠.构建中医软指标疗效评价模式的初步探索[J].中国中西医结合杂志,2007,27(6):560-564. DOI: 10.3321/j.issn.1003-5370.2007.06.027.

[42] 潘霄.基于AHP和熵值法的中小医药企业灰色综合信用评级[D].成都:电子科技大学,2013.

[43] 吕鹏,王晓玲,余红玲,等.基于FDA的大坝渗流安全动态可拓评价模型[J].河海大学学报(自然科学版),2020,48(5):433-439. DOI: 10.3876/j.issn.1000-1980.2020.05.008.

[44] 戴林瀚.基于可拓云模型的混凝土重力坝渗流安全评价研究[D].天津:天津大学,2018.

[45] 李先涛,周旋,方格,等.中医证候诊断量表研究现状[J].辽宁中医杂志,2020,47(1):18-21. DOI: 10.13192/j.issn.1000-1719.2020.01.005.

[46] 陈昱文,曹泽标,周小青,等.中医症状量化方法及其临床应用述评[J].湖南中医药大学学报,2016,36(3):82-86. DOI: 10.3969/j.issn.1674-070X.2016.03.025.

[47] Breiman L. Random forests[J]. Mach Learn, 2001, 45(1): 5-32. DOI: 10.1023/A:1010933404324.

[48] 张伟妃,张彦博,张瑞义,等.基于多种信息处理方法的大肠癌中医证候模型构建[J].中华中医药杂志,2021,36(2):1034-1038.

[49] Fernandez-Delgado M, Cernadas E, Barro S, et al. Do we need hundreds of classifiers to solve real world classification problems? [J]. Journal of Mach Learn Research, 2014, 15: 3133-3181.

[50] 赵建军,张宇航,黄润秋,等.基于因子分析法的边坡稳定性评价指标权重[J].西南交通大学学报,2015(2):325-330. DOI: 10.3969/j.issn.0258-2724.2015.02.018.

[51] 周伟.广东省肢残田径运动员参与比赛的影响因素研究[D].广州:华南理工大学,2019.

[52] 张莹莹,王佳佳,李建生.社区获得性肺炎生存质量测评工具研究思考[J].中国中西医结合急救杂志,2022,29(4):405-411. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.04.005.

(收稿日期:2022-03-09)  
(责任编辑:邸美仙)