

doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2023.01.006

北部非洲国家金矿投资竞争力分级研究

向文帅¹, 姜军胜¹, 李爽², 赵凯¹, 胡鹏¹, 张紫程³

XIANG Wen-Shuai¹, JIANG Jun-Sheng¹, LI Shuang², ZHAO Kai¹, HU Peng¹, ZHANG Zi-Cheng³

1. 中国地质调查局武汉地质调查中心(中南地质科技创新中心), 湖北 武汉 430205; 2. 湖北永业行评估咨询有限公司, 湖北 武汉 430000; 3. 中国地质矿业有限公司, 北京 100029

1. Wuhan Center, China Geological Survey (Central South China Innovation Center for Geosciences), Wuhan, 430205, Hubei, China;
2. Hubei Realhom Appraisal & Consulting Co., Ltd., Wuhan 430000, Hubei, China; 3. China National Geological & Mining Corporation, Beijing 100029, China

摘要:北部非洲地区是全球重要矿产资源供给基地,具有丰富的金等矿产资源,为给在北部非洲国家开展矿业投资企业战略选区提供参考,有必要对各国金矿投资竞争力进行分析。文章对北部非洲18个国家金矿资源的资源禀赋、投资环境、投资成本、社会政治等数据进行标准化,并建立了适应于该地区的矿业投资竞争力评价体系,利用熵权-模糊综合法对18个国家的金矿投资竞争力进行横向对比,根据各影响因素的熵权计算结果,发现目标国的社会政治情况对金矿投资竞争力影响权重占比最大,其次为目标国的资源禀赋条件;外交关系、资源量、资源勘探程度、资源品质是金矿投资竞争力水平的主要影响因素,而市场化程度、劳动力成本、环保成本对矿产资源投资竞争力水平影响较小。评价结果显示北部非洲地区金矿投资竞争力较高的国家为几内亚,竞争力一般的为加纳、埃塞俄比亚、布基纳法索、阿尔及利亚等10个国家。建议企业在北部非洲地区进行金矿投资决策时应尽量避免选择竞争力较低的国家以规避投资风险,提高投资收益率。

关键词:金;矿业投资;熵权法;竞争力;市场环境;北部非洲

中图分类号:P617

文献标识码:A

文章编号:2097-0013(2023)01-0075-10

Xiang W S, Jiang J S, Li S, Zhao K, Hu P and Zhang Z C. 2023. Research on Gold Mine Investment Competitiveness Classification in Northern Africa. *South China Geology*, 39(1): 75–84.

Abstract: Northern Africa is an important global mineral resource supply base, with abundant gold and other mineral resources. In order to provide a strategic reference for the target selection of mining investment enterprises, it is necessary to analyze the competitiveness of gold mining investment in various countries. The article standardizes the data of resource endowment, investment environment, investment cost, social politics and other data of 18 countries with gold resources in Northern Africa, and establishes a mining investment competitiveness evaluation system suitable for the region, using entropy-fuzzy synthesis to compare and evaluate the gold mining investment competitiveness of 18 countries horizontally. According to the entropy weight calculation of each influencing factor, the socio-political situation of the target country has the largest proportion of influence on the gold mining investment competitiveness, followed by the target country's resource endowment conditions. Diplomatic relations, resource volume, resource exploration degree, and re-

收稿日期:2022-12-27;修回日期:2023-1-31

基金项目:中国地质调查局项目(DD20190443、DD20230575)

第一作者:向文帅(1986—),男,高级工程师,长期从事境外地质矿产调查与研究工作, E-mail:xiangwenshuai@mail.cgs.gov.cn

source quality are the main influencing factors of gold mine investment competitiveness, while the degree of marketization, labor costs, and environmental protection costs have less effect. The evaluation results show that Guinea is the country with the highest competitiveness of gold mining investment in North Africa, and 10 countries have the moderate competitiveness including Ghana, Ethiopia, Burkina Faso, and Algeria. It is suggested for the enterprises not to invest in the countries of northern Africa with lower competitiveness to avoid risks and improve benefit.

Key words: gold; mining investment; entropy method; competitiveness; market environment; Northern Africa

非洲已成为我国能源资源的重要供给地,众多企业积极参与非洲矿业投资开发(顾学明,2011)。北部非洲地区是指赤道以北的非洲,包括32个国家\地区,这些国家覆盖面积约1887.6万km²,占整个非洲地区面积的60%以上。这一区域跨冈瓦纳与特提斯两大构造域,其从太古代到现今漫长的地质演化史中,经历了多期多阶段复杂的构造、岩浆、变质和沉积作用过程,矿产资源潜力巨大(张继纯等,2019;程湘等,2019;胡鹏等,2022;向文帅等,2022)。该区是世界矿物原材料和能源的主要供给基地,在全球经济和社会发展中占有举足轻重的地位(姚华舟等,2019)。北部非洲地区的金矿资源储量约4134吨,占全球总储量的9.3%,主要分布在西非地盾和东北非努比亚造山带。过去十年间,非洲黄金产能逐年攀升,2020年达819吨,北部非洲产量占整个非洲60%以上,是全球最为重要的黄金产区之一,主要产地集中在西非的布基纳法索、马里以及加纳和东非苏丹、厄立特里亚等国。

中国与非洲国家有着深厚的友谊,实现中非务实合作高质量发展是中国与非洲国家共同的愿景。我国于2013年提出建设“中非命运共同体”,2018年提出构建更加紧密的中非命运共同体、支持非洲参与共建“一带一路”,2021年提出将同非洲国家共同实施“九项工程”,这为中国企业在北部非洲开展矿业投资提供了良好机遇。如何科学有效评价北部非洲国家的金矿投资竞争力,并为企业提供有针对性的投资参考信息,是有待解决的重要问题。本文对该地区18个金资源较为丰富的国家基于熵权-模糊综合法进行了矿业投资环境竞争力评价研究,可为有意赴北部非洲进行矿业投资的企业提供参考。

1 研究现状

矿业投资环境是产业投资环境的一种,但是又独具自身行业特色(周进生和鲍荣华,1997;闫晶晶和沙景华,2006)。由于矿业投资所涉及的因素纷繁复杂,很难找到一种适用于所有矿业投资环境的研究方法。目前针对不同领域的矿业投资环境评价方式也不尽相同(聂名华,1991)。国内外关于矿业投资竞争力评价的研究方兴未艾,众多理论方法层出不穷,但尚未形成统一的、公认的评价体系,对同一个主权国家矿业的投资竞争力,运用不同的评价方法会得到不同的结果,导致可信度降低,如果企业据此进行矿业投资实践或者研究指导相关政策,结果往往并不尽如人意。例如,加拿大弗雷泽研究所(The Frazer Institute)通过影响矿业投资的15项单因素指标对全球112个国家和地区矿业投资环境进行排名,发布全球矿业投资环境调查结果,但其仅根据极少数人的评判而获得结果,难免有失偏颇。贝里多贝尔公司(Behre Dolbear & Company, Inc.)对25个主要矿业国家进行分析比较,然其结果主要反映西方公司的偏好,难以对中资企业具体投资提供有价值的信息;商务部定期发布《对外投资合作国别(地区)指南》,对不同国家投资环境进行介绍,但其针对矿业投资相关议题甚少涉及。

而随着先进数学理论的引入,以及计算机科学技术的发展,国内学者也逐渐应用各类定量、定性分析方法对矿业投资环境进行研究分析。如刘莎等(2010)采用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)构建了13个指标,对80个国家的投资环境进行研究。陈俊楠(2016)通过结合专家打分法和层次分析法对我国31个省市区的矿业投资环境

进行了实证研究,并针对区域矿业协调发展、矿业投资合理布局等提出了建设性的意见。赵士影(2017)运用折衷理论、国家利益优先取得论等确定了中东欧16个国家矿业投资环境的主要影响因素,之后通过借助SPSS软件采用主成分分析法对各国矿业投资环境进行了综合分析及评价,加深了人们对中东欧各国的矿业经济发展的理解。范德成和王晓辉(2009)采用因子分析法对我国各地区的产业投资环境进行了定量研究。

传统的矿业投资环境研究主要针对宏观或中观层面较多,如各国或地区整体投资竞争力的综合评价分级,而针对某一国家/地区特色矿种的精细化研究较少。另外,大多数学者在确定影响因素权重时采用的方法较为单一,层次分析法难以避免专家打分时的主观性,没有充分挖掘采集指标数据之间的规律,对于影响因素的定量化权重分析较少涉及。

2 研究方法 with 评价体系

针对北部非洲地区矿业投资环境的自身特点,在综合考量目前各类定性、定量评价方法的基础上,引入熵权法及模糊综合评价方法,以金矿为目标进行投资环境分级评价研究。

在参考已有的关于矿业投资环境评价方法与指标体系研究成果(黄朝永,1999;闫军印等,2008;范德成和王晓辉,2009;相楠,2009)的基础上,本次评价体系确定的影响指标选取原则是:(1)无差异性原则:部分因素对系统中所有研究对象均相同时,则可看成是一个常量进行约减。(2)重要性原则:所选取指标应全面包含影响矿业投资环境的所有重要因素。(3)可操作性原则:为了提高矿业投资环境评价的准确度,数据可获得性以及指标的定量化至关重要。(4)动态连续性原则:指标选取时应以静态指标与动态指标相结合,并有利于对其演变趋势进行研究。(5)客观性原则:所选取的影响指标应尽量考虑可量化,采用科学的数据处理方式提高评估的可信性,避免主观因素的掺杂。

基于矿业投资环境的基本特点以及指标体系构建的基本原则,本次指标主要涵盖资源禀赋、投

资环境、投资成本和社会政治四大方面,共13个影响指标。资源禀赋条件考虑三大指标,资源量指该地区拥有矿产资源的总量,即已发现的金资源量的总和;资源品质主要考虑矿床的品位;勘探程度选取该国每年的勘查投入经费指标。以上三项指标的数据来源于标普数据库。

投资环境考虑三大指标,其中基础设施建设水平参考世界经济论坛组织发布的《2019年全球竞争力报告》(World Economic Forum,2019)。该指标为综合性指标,包含的影响因素有运输交通基础设施(公路、铁路、机场、海港)以及公用基础设施(电力、电信、水)。经济发展水平指标本文参考联合国开发计划署颁布的人类发展指数(HDI——Human Development Index)(UNDP,2019),市场化程度参考世界银行颁布的《2020年营商环境报告》(World Bank Group,2020),采用营商便利度指数对各国市场化程度进行评价。

投资成本方面主要考察劳动力成本、税费水平以及环保成本三大指标。劳动力成本参考商务部《对外投资合作国别(地区)指南》(商务部,2020)中各国技术工人每月薪资水平对非洲劳动力成本进行评价。税费水平参考营商便利度指数中Paying taxes指标,反应的是企业在境外从事生产、加工、销售过程中,所需要支付的税率水平以及缴纳税费所花费的时间长短等因素。环保成本是指矿产资源开发利用过程中所产生的环境保护成本。由于环保诉求与国民经济发展息息相关,因此一般情况下,该项指标的评分与国民经济发展指标呈负相关关系,即GDP较高国家环保成本上不具有比较优势,故本文采用GDP作为该指标的衡量标准。

社会政治评价指标包括政治稳定性、与中国外交关系、腐败控制情况以及法治程度四大方面。与中国关系赋值初步定义如下:稳定关系为4分,全面合作伙伴关系为6分,全面战略伙伴关系为8分,全面战略合作伙伴关系为10分(为2020年截面数据)。

矿产资源投资竞争力评价指标体系及数据来源见表1。

本次研究以北部非洲金矿资源较为丰富的18个国家(阿尔及利亚、布基纳法索、中非共和国、科

表 1 矿产资源投资竞争力分级评价指标体系

Table 1 Index system for grading evaluation of mineral resources investment competitiveness

二级指标	三级指标	选取指标	单位	指标来源
资源禀赋条件(X1)	资源量(X11)	Mineral resources	t	标普数据库
	资源品质(X12)	Resource quality	g/t	标普数据库
	勘探程度(X13)	Exploration degree	百万美元	标普数据库
投资环境(X2)	基础设施建设(X21)	Infrastructure	综合指标	世界经济论坛
	经济发展水平(X22)	HDI	综合指标	联合国开发计划署
	市场化程度(X23)	Ease of doing business	综合指标	世界银行
投资成本(X3)	劳动力成本(X31)	Labor Cost	US\$/month	《对外投资合作国别(地区)指南》
	税费水平(X32)	Paying Taxes	综合指标	世界银行
	环保成本(X33)	GDP	10 ⁹ US\$	世界银行
社会政治(X4)	政局稳定性(X41)	Political Stability	综合指标	世界银行
	与我国关系(X42)	Diplomatic relations	综合指标	外交部官网
	腐败情况(X43)	Control of Corruption	综合指标	世界银行
	矿业政策稳定性(X44)	Rule of Law	综合指标	世界银行

特迪瓦、乍得、厄立特里亚、埃塞俄比亚、加纳、几内亚、利比里亚、马里、毛里塔尼亚、摩洛哥、尼日利亚、尼日尔、塞内加尔、塞拉利昂、苏丹)为研究对象,金矿资源投资竞争力评价原始数据见表2。

3 熵权法指标权重分析

熵最先由克劳德·艾尔伍德·香农引入信息论,是依靠指标变异性的大小来确定客观权重(曹庆奎等,2000)。在计算综合指标前,先进行标准化处理,即把指标的绝对值转化为相对值,从而解决各项不同质指标值的同质化问题(Zhu Y X et.al, 2020; He H J et.al, 2022)。

正向指标和负向指标数值代表的含义不同(正向指标数值越高越好,负向指标数值越低越好),因此,对于正向、负向指标需要采用不同的算法进行数据标准化处理(杨静,2014;董玉洁;2019;吴凯,2011)。

对资源量、资源品质、勘探程度等11个正向指标采用公式(1)、(2)处理:

$$x_{ij} = \frac{\max(u_{1j}, u_{2j} \cdots u_{mj}) - u_{ij}}{\max(u_{1j}, u_{2j} \cdots u_{mj}) - \min(u_{1j}, u_{2j} \cdots u_{mj})} \quad (1)$$

对劳动力成本、GDP 负向指标采用如下公式处理:

$$x_{ij} = \frac{u_{ij} - \min(u_{1j}, u_{2j} \cdots u_{mj})}{\max(u_{1j}, u_{2j} \cdots u_{mj}) - \min(u_{1j}, u_{2j} \cdots u_{mj})} \quad (2)$$

其中: u_{ij} 为原始数据, x_{ij} 为标准化处理后的数据, m 为指标个数, $j = 1, 2, \cdots m$ 。

之后采用公式(3)、公式(4)计算得到各影响指标权重。由熵权法得到的各影响指标权重分布结果见表3。令 w_j 为评价指标 U_j 相对于其它指标的权重,满足 $0 < w_j < 1, \sum_{j=1}^m w_j = 1$,同时令 $W = \{W_1, W_2, W_2 \cdots W_m\}$ 称为指标权重向量。利用信息熵理论,各指标的权重计算公式如下:

$$v_j = 1 + \frac{1}{\lg p} \sum_{k=1}^p x_{kj} \lg x_{kj} \quad (3)$$

$$w_j = v_j / \sum_{i=1}^m v_i \quad (4)$$

其中: p 为研究样本总数, v_j 为第 j 个指标的信息熵。

从评价结果可以看出:目标国的社会政治情况在矿产资源投资竞争力水平中占比最大,达43.56%,其次为目标国的资源禀赋条件,占比达38.93%。

与中国关系、资源量、资源勘探程度、资源品质是矿产资源投资竞争力水平的主要影响因素,而市场化程度、劳动力成本、环保成本对矿产资源投资

表 2 北部非洲 18 个国家金矿资源投资竞争力评价原始数据表

Table 2 Raw data for evaluation of gold mining investment competitiveness in 18 countries in Northern Africa

国家	资源量	资源品质	勘探程度	基础设施建设	经济发展水平	市场化程度	劳动力成本	税费水平	环保成本	政局稳定性	与我国关系	腐败情况	矿业政策稳定性
阿尔及利亚	59.00	13.65	1.50	63.8	0.754	48.6	350.8	53.9	1806.89	18.57	8	28.37	22.12
布基纳法索	2227.54	3.27	134.20	34.8	0.423	51.4	210	55.9	144.42	13.33	4	53.37	34.62
中非共和国	128.72	1.109	0	25.8	0.367	35.6	51.5	18.9	23.8	2.86	4	10.58	3.85
乍得	13.59	1.5	1.4	30.5	0.404	36.9	172	17.9	113.03	8.1	4	6.73	7.21
科特迪瓦	739.72	1.73	79.8	47.9	0.492	60.7	250	68	430.07	15.71	4	36.54	30.77
厄立特里亚	79.81	2.88	0.50	29.3	0.44	21.6	233	55.9	63.39	24.76	4	9.13	5.29
埃塞俄比亚	160.25	2.70	9.50	43.4	0.463	48	102.86	63.3	843.55	9.52	10	37.5	36.54
加纳	3890.06	2.57	100.30	46.6	0.592	60	112	56	655.56	47.14	4	52.88	56.73
几内亚	655.13	1.63	82.80	41.7	0.459	49.4	150	35.5	109.9	16.67	10	13.94	9.13
利比里亚	244.70	1.69	5.30	33.6	0.435	43.2	300	76.4	32.49	40	6	20.19	16.83
马里	1730.34	2.03	96.30	43.9	0.427	52.9	130	48.9	171.97	5.24	4	26.92	21.63
毛里塔尼亚	398.03	4.25	11.90	32.4	0.52	51.1	252	42.6	53.66	22.38	4	23.08	26.44
摩洛哥	38.26	3.03	25.40	72.6	0.667	73.4	528.5	87.2	1184.95	33.81	4	47.6	49.52
尼日尔	88.86	1.68	10.60	23.7	0.354	56.8	108	49.4	92.4	11.43	4	31.25	30.29
尼日利亚	28.99	5.19	5.50	39.7	0.532	56.9	220.6	53.7	3972.7	4.29	6	13.46	18.27
塞内加尔	468.20	2.30	20.50	51.3	0.505	59.3	146.6	51.2	241.3	42.86	4	56.73	47.6
塞拉利昂	245.61	3.18	8.80	46.3	0.419	47.5	160	73	40	44.29	4	37.02	22.6
苏丹	428.71	5.99	8.60	33.6	0.502	44.8	105	51.8	408.52	5.71	4	5.77	10.58

注:各数值单位见表 1

表3 影响指标权重分布结果表

Table 3 Weight of index impact distribution result

影响指标	资源禀赋	投资环境	投资成本	社会政治
	0.3893	0.1175	0.0576	0.4356
资源量	0.1577			
资源品质	0.0979			
勘探程度	0.1337			
基础设施建设		0.0479		
经济发展水平		0.0504		
市场化程度		0.0191		
劳动力成本			0.0155	
税费水平			0.0297	
环保成本			0.0124	
政局稳定性				0.0681
与我国关系				0.2572
腐败情况				0.0567
矿业政策稳定性				0.0537

竞争力水平影响较小,为次要影响因素。

4 矿业投资竞争力模糊综合评价

4.1 基本方法

矿业投资环境是一个多因子耦合作用的复杂动态系统,难以用一种指标的采集数据来对其竞争力进行综合性的评价,采用模糊综合评价方法进行矿业投资环境分级评价能较好的体现各影响因素对其的相互作用(韩利等,2004;叶珍,2010;郑文强等,2017)。二级模糊综合评价的基本方法如下。

(1)确立评价对象的因素集

建立矿产资源投资竞争力影响因素的评价子目标集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, 各子目标 u_i 受各指标 $u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ik}$ 的影响, 则指标集 $u_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ik}\}, i = 1, 2, \dots, n$ 。

(2)确定评判集

根据各国实际情况,选择若干评价集组成一个评价集合 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 。

(3)确定评价因素的权重向量

根据权重确定方法,计算得到各子目标与指标集的权重分布, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, 且满足条件 $0 < A_i < 1$, $\sum_{i=1}^n A_i = 1$, $i = 1, 2, \dots, n$;

$\omega_i = \{\omega_{i1}, \omega_{i2}, \dots, \omega_{ik}\}$, 且满足条件 $0 < \omega_{ij} < 1$,

$\sum_{j=1}^k \omega_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, k$ 。

(4)构造模糊关系矩阵

通过构造隶属函数,得到隶属矩阵 R_i

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & \cdots & r_{km} \end{bmatrix}$$

(5)单因素模糊评价

求得各子目标的综合评价向量: $B_i = \omega_i \circ R_i$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

(6)多指标综合评价

$C = A \circ B$, $B = [B_1, B_2, \dots, B_n]^T$, 根据最大隶属度原则,得到矿业投资竞争力水平的等级。

4.2 分级标准及隶属函数确定

(1)分级标准的划定

本次研究将投资竞争力水平划分为4个等级,分别为高(Ⅰ)、较高(Ⅱ)、一般(Ⅲ)、较低(Ⅳ)。根据各指标数据分布特征建立的评判指标分级标准见表4。

(2)隶属度计算

原始数据中仅有“与中国关系”(X42)指标为离散型变量,根据外交关系的程度,已对该定性指

表 4 评价指标分级标准

Table 4 Evaluation index grading standards

二级指标		三级指标	评价指标分级标准				
			I	II	III	IV	
X1	资源禀赋	X11	资源量	700	320	160	80
		X12	资源品质	8	6	4	2
		X13	勘探程度	100	80	60	30
X2	投资环境	X21	基础设施建设	70	60	45	35
		X22	经济发展水平	0.8	0.6	0.4	0.2
		X23	市场化程度	80	60	40	20
X3	投资成本	X31	劳动力成本	100	200	300	400
		X32	税费水平	70	60	50	40
		X33	环保成本	100	200	500	1000
X4	社会政治	X41	政局稳定性	50	35	20	10
		X42	与我国关系	10	8	6	4
		X43	腐败情况	60	40	20	10
		X44	矿业政策稳定性	60	40	20	10

标进行量化处理。对表 2 中的连续型变量的隶属度,直接建立隶属度与指标数值之间的函数关系。隶属函数的种类很多,本文根据各指标数据的分布特征,结合其他学者的研究,采用“降半梯形”分布。正向指标计算公式如下公式(5)。

$$U_I(x)=\begin{cases}1 & x\geq S_1 \\ \frac{x-S_2}{S_1-S_2} & S_2<x<S_1 \\ 0 & x\leq S_2\end{cases}$$
$$U_{II}(x)=\begin{cases}0 & x\geq S_1, x\leq S_3 \\ \frac{S_1-x}{S_1-S_2} & S_2<x<S_1 \\ \frac{x-S_3}{S_2-S_3} & S_3<x\leq S_2\end{cases}$$
$$U_{III}(x)=\begin{cases}0 & x\geq S_2, x\leq S_4 \\ \frac{S_2-x}{S_2-S_3} & S_3<x<S_2 \\ \frac{x-S_4}{S_3-S_4} & S_4<x\leq S_3\end{cases}$$
$$U_{IV}(x)=\begin{cases}0 & x\geq S_3 \\ \frac{S_3-x}{S_3-S_4} & S_4<x<S_3 \\ 1 & x\leq S_4\end{cases}$$

公式(5)

式中: S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 分别为正向指标(资源量、资源品质等)分级的标准值,且 $S_1>S_2>S_3>S_4$, x 为各评价指标的取值。

负向指标计算公式如下公式(6):

$$U_I(x)=\begin{cases}0 & x>S_2 \\ \frac{S_2-x}{S_2-S_1} & S_1<x\leq S_2 \\ 1 & x\leq S_1\end{cases}$$
$$U_{II}(x)=\begin{cases}0 & x>S_3, x\leq S_1 \\ \frac{x-S_1}{S_2-S_1} & S_1<x\leq S_2 \\ \frac{S_3-x}{S_3-S_2} & S_2<x\leq S_3\end{cases}$$
$$U_{III}(x)=\begin{cases}0 & x>S_4, x\leq S_2 \\ \frac{x-S_2}{S_3-S_2} & S_2<x\leq S_3 \\ \frac{S_4-x}{S_4-S_3} & S_3<x\leq S_4\end{cases}$$
$$U_{IV}(x)=\begin{cases}0 & x\leq S_3 \\ \frac{x-S_3}{S_4-S_3} & S_3<x\leq S_4 \\ 1 & x>S_4\end{cases}$$

公式(6)

式中: S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 分别为负向指标(劳动力成本、环保成本)分级的标准值,且 $S_1<S_2<S_3<S_4$, x 为各评价指标的取值。

4.3 矿业投资竞争力分级评价

在借助R语言实现上述数学语言的程序化后,对非洲 18 个国家投资竞争力水平进行了模糊综合评判,结果见表 5 中评判等级 1。

由评判等级 1 的结果可知:投资环境竞争力水平高的地区为加纳与几内亚,较高的地区为阿尔及利亚,投资环境竞争力水平一般的地区有埃塞俄比亚与利比里亚,其它国家投资环境竞争力都处于较低水平。

表 5 北部非洲国家金矿资源投资竞争力评分结果

Table 5 Results of Northern African Countries' Gold Mine Investment Competitiveness Score

国家	$S_{高}$	$S_{中}$	$S_{低}$	评判等级 1	评判等级 2	排序
阿尔及利亚	78.4	69.5	60.2	II	III	5
布基纳法索	78.6	69.6	60.2	IV	III	4
中非共和国	62.5	49.8	36.4	IV	IV	17
乍得	61.0	47.7	33.5	IV	IV	18
科特迪瓦	77.1	67.8	58.1	IV	III	6
厄立特里亚	63.5	51.1	37.9	IV	IV	16
埃塞俄比亚	79.2	70.8	62.1	III	III	3
加纳	82.5	74.1	65.3	I	III	2
几内亚	84.0	76.1	67.9	I	II	1
利比里亚	73.4	64.4	55.2	III	III	9
马里	76.1	66.6	56.7	IV	III	7
毛里塔尼亚	71.6	61.5	50.9	IV	III	11
摩洛哥	71.1	60.1	48.4	IV	IV	12
尼日尔	64.6	52.4	39.5	IV	IV	15
尼日利亚	69.3	59.2	48.7	IV	IV	13
塞内加尔	75.3	65.3	54.8	IV	III	8
塞拉利昂	72.8	62.9	52.6	IV	III	10
苏丹	70.1	58.9	47.1	IV	IV	14

采用有效度指标对最大隶属度原则进行检验(王庆国, 2004; 王静和董肖丽, 2011; 朱小飞等, 2016), 对表 5 中的评判等级 1 结果进行有效度检验, 得到各样本评价结果的有效性系数, 根据最大隶属度原则得出的评价结果存在较为粗糙且可能失效的情况, 参考相关学者经验(邱东, 1989; 陈耀辉和孙春燕, 2002; 邓家桃, 2007), 采用加权平均法对评判等级 1 进行再处理。在利用加权平均法时, 首先要将评判集量化, 即给评判集 $V = \{\text{高、较高、一般、较低}\}$ 各等级按照高、中、低三种情况进行赋值。评判集 V 等级赋值如表 6 所示。

根据各评语所代表的分值区间, 计算最后评语的最高得分 $S_{高}$ 、最低得分 $S_{低}$ 和中间得分 $S_{中}$, 再根据分值来评价各国矿产资源投资竞争力水平。

表 6 评价等级赋值

Table 6 Evaluation level assignment

评价等级	高	中	低
高	100	95	90
较高	89	82	75
一般	74	67	60
较低	59	45	30

$S_{高} = [c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4] \times [100 \ 89 \ 74 \ 59]^T$, $S_{中} = [c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4] \times [95 \ 82 \ 67 \ 45]^T$, $S_{低} = [c_1 \ c_2 \ c_3 \ c_4] \times [90 \ 75 \ 60 \ 30]^T$ 。

由上述计算方式可知 $S_{高} \sim S_{低}$ 为本次评价的分值区间, 通过计算区间长度 $L = S_{高} - S_{低}$, $L_i (i = 1, 2, 3, 4)$ 为评价结果在各评价区间的长度, 可得出评价结果在各得分区间的概率分布: $P_i = \frac{L_i}{L} (i = 1, 2, 3, 4)$, 根据各得分区间概率值大小判断评价对象所处等级, 最终以加权平均法计算得到的中间值对矿产资源投资环境竞争力排序见表 5 中评判等级 2。

评价结果显示北部非洲各国, 矿业投资竞争力处于较高水平的地区为几内亚, 水平一般的地区有加纳、埃塞俄比亚、布基纳法索、阿尔及利亚等 10 个国家, 较低水平的 7 个国家分别是: 摩洛哥、尼日利亚、苏丹、尼日尔、厄立特里亚、中非共和国、乍得。

由于矿业投资对基础设施和资源潜力条件敏感性较高, 具有资本密集等特点, 与国内外研究机构对世界各国所作的投资环境研究相比, 矿业投资竞争力的评价需要采用更具有针对性的方法, 也会产生与普遍观念有所差异的评价结果。与世界银行发布的营商环境报告中对北部非洲国家的评比结果相比, 本次竞争力排名最高的几内亚在该报告的这 18 个国家中仅排第 10。实际上, 不管是中资企业还是西方企业, 都在几内亚投入重金布局矿业投资, 其铁矿、铝土矿开发带来的基础设施投入, 结合其本身较好的金矿资源潜力, 也将为其未来金矿资源开发带来较好的投资回报率。根据本次竞争力评价中各指标的影响权重结果, 建议矿业企业在北部非洲进行金矿投资选区时更加注重目标国家与中国关系、资源勘探程度等因素, 而对市场化程度、劳动力成本、环保等负面因素应更加宽容。

据中国黄金协会统计,2021年我国矿产金产量328吨左右,这是我国黄金产量连续第七年呈现下降态势,每年从国外进口黄金资源大概600吨左右,黄金对外依存度达到60%。北部非洲金矿资源丰富,矿床规模大,勘查开发潜力大,大部分国家经济对矿业依赖度高,形成了以资源出口驱动的经济增长模式(陈江,2009),其矿业主导的发展模式将长期保持。但非洲地区的矿业开发也面临着基础设施落后、区域发展不均衡、政府治理缺位、保护主义思潮升温、社会治安问题严重等一系列的挑战。新冠疫情已经对非洲产生了巨大而深远的影响,可以预见作为非洲多个国家的支柱产业,矿业将成为非洲恢复经济的关键(中国地质调查局国际矿业研究中心,2022)。在本次评价中金矿投资竞争力水平较高或排序靠前的国家值得企业在矿业投资中关注。2019年以来,多家中资矿业企业在北部非洲进行了金矿投资。2020年,山东黄金集团赢得了与俄罗斯采矿巨头诺德黄金公司的收购战,获得对加纳纳姆迪尼金矿控制权;2021年,赤峰吉隆黄金矿业股份有限公司收购了金星资源公司,拥有了加纳西南部瓦萨金矿;紫金矿业集团也增加了在东北非埃塞俄比亚等国家的金矿勘查与开发投资,企业在各国的运营正逐渐步入正轨。企业的矿业投资也从侧面验证了本次评价的部分结果。

5 结论

本次研究以北部非洲18个国家为研究对象,通过引入熵权法与模糊综合评价方法,对各国金矿资源投资竞争力水平进行了研究。主要结论如下:

(1)基于矿业投资环境的基本特点以及指标体系构建的基本原则,建立了矿产资源竞争力评价指标体系,指标主要涵盖资源禀赋、投资环境、投资成本和社会政治四大方面,共13个影响指标。

(2)采用熵权法对各评价指标进行了权重分析。结果显示:目标国的社会政治情况在矿产资源投资竞争力水平中占比最大,达43.56%,其次为目标国的资源禀赋条件,占比达38.93%。

(3)本次对传统模糊评价方法进行改进,针对最大隶属度原则得出的数据采用加权平均后结果

更可靠,结果表明:18个国家中矿业投资竞争力处于较高水平的国家为几内亚,一般水平的有加纳、埃塞俄比亚、布基纳法索、阿尔及利亚等10个国家,处于较低水平有摩洛哥、尼日利亚、苏丹、尼日尔、厄立特里亚、中非共和国、乍得7个国家。

(4)建议矿业企业选择投资标的时关注目标国家与中国双边关系以及该国资源潜力等因素,对本次研究中投资竞争力排名靠前的北部非洲国家的金矿项目开展进一步深入评价。

参考文献:

- 曹庆奎,刘开展,张博文.2000.用熵计算客观型指标权重的方法[J].河北建筑科技学院学报,17(3):40-42.
- 陈江.2009.非洲地质经济[M].北京:地质出版社.
- 陈俊楠.2016.我国区域矿业投资环境竞争力评价研究[D].中国地质大学(北京)博士学位论文.
- 陈耀辉,孙春燕.2002.对最大隶属原则有效度的进一步研究[J].重庆师范学院学报(自然科学版),19(1):47-49.
- 程湘,王建雄,李福林,艾羽,王成刚.2019.东北非矿业投资环境分析[J].华南地质,35(1):99-106.
- 邓家桃.2007.基于模糊综合评判法的大学物理实验教学评价[D].湖南大学硕士学位论文.
- 董玉洁.2019.基于改进AHP-Fuzzy的建筑工程投标报价风险评价研究[D].华北理工大学硕士学位论文.
- 范德成,王晓辉.2009.区域产业投资环境评价指标体系与评价方法研究[J].科技进步与对策,26(14):118-120.
- 顾学明.2011.中国与非洲矿产资源经贸关系研究[D].中国地质大学(北京)博士学位论文.
- 韩利,梅强,陆玉梅,季敏.2004. AHP-模糊综合评价方法的分析与研究[J].中国安全科学学报,14(7):89-92.
- 胡鹏,姜军胜,张海坤,曾国平,程湘,向鹏,向文帅.2022.西非克拉通优势金属矿产地质特征、成矿作用及开发现状[J].华南地质,38(4):614-625.
- 黄朝永.1999.区域投资环境评价系统化研究[J].地域研究与开发,18(2):11-14.
- 刘莎,王高尚,陈晨,季舒佳.2010.基于层次分析法的全球矿业投资环境分析[J].资源与产业,12(2):116-122.
- 聂名华.1991.投资环境评价方法的比较研究[J].数量经济技术经济研究,(1):66-72.
- 邱东.1989.最大隶属原则的有效度与加权平均原则的应用——模糊统计评判中评判原则的比较分析[J].统计研究,(2):50-54.
- 商务部.2020.对外投资合作国别(地区)指南[EB/OL].http://

- fec.mofcom.gov.cn/article/gbdqzn/
- 王 静,董肖丽.2011.模糊评价中最大隶属度原则的改进[J].河北水利,(2):27-28.
- 王庆国.2004.“4D”产品质量的模糊综合评价[D].武汉大学硕士学位论文.
- 吴 凯.2011.基于模糊综合评判的金堆城露天矿边坡安全评价[D].武汉理工大学硕士学位论文.
- 相 楠.2009.西部十二省矿业投资环境评价研究[D].中国地质大学(北京)硕士学位论文.
- 向文帅,赵 凯,曾国平,李福林,王建雄,胡 鹏,张紫程.2022.东非 VMS 矿床地质特征与研究进展[J].地质通报,41(1): 129-140.
- 闫晶晶,沙景华.2006.我国矿业外商投资环境评价与优化[J].中国矿业,15(9):12-14.
- 闫军印,李彩华,栾文楼.2008.区域矿产资源竞争力评价模型构建[J].石家庄经济学院学报,31(3):35-38.
- 杨 静.2014.改进的模糊综合评价法在水质评价中的应用[D].重庆大学硕士学位论文.
- 姚华舟,李建星,吕鹏瑞,向文帅.2019.海上丝绸之路沿线陆域地质演化与成矿[J].华南地质,35(1):1-19.
- 叶 珍.2010.基于 AHP 的模糊综合评价方法研究及应用[D].华南理工大学硕士学位论文.
- 张继纯,严永祥,王建雄,毛晓冬.2019.西非矿产资源的地质背景及重要成矿分区[J].华南地质,35(1):76-89.
- 赵士影.2017.中东欧国家矿业投资环境评价研究[D].中国地质大学(北京)硕士学位论文.
- 郑文强,李 爽,李 伟,王 磊,白 璞.2017.模糊综合评价在矿产品价格预测中的应用——以湖北省恩施市为实证[J].中国国土资源经济,30(5):62-65.
- 中国地质调查局国际矿业研究中心.2022.全球矿业发展报告 2020—2021[M].北京:地质出版社.
- 周进生,鲍荣华.1997.我国矿业投资环境评价与优化[J].地质技术经济管理,(6):30-35.
- 朱小飞,王永君,李大军.2016.模糊评价中最大隶属度原则有效性检验[J].测绘与空间地理信息,39(5):135-137.
- He H J, Li W, Xing R, Zhao Y C. 2022. An Evaluation of the Petroleum Investment Environment in African Oil-Producing Countries Based on Combination Weighting and Uncertainty Measure Theory [J]. Sustainability, 14(10): 5882.
- UNDP. 2019. Human Development Report 2019[EB/OL]. <http://hdr.undp.org/en/2019-report>
- World Bank Group. 2020. Doing Business 2020[EB/OL]. <https://www.doingbusiness.org/>
- World Economic Forum. 2019. Global Competitiveness Report [EB/OL]. <https://cn.weforum.org/reports/global-competitiveness-report-2019>
- Zhu Y X, Tian D Z, Yan F. 2020. Effectiveness of Entropy Weight Method in Decision-Making [J]. Mathematical Problems in Engineering, 2020: 3564835.