

“一带一路”沿线国家投资风险水平综合评价与实证研究

——基于决策者偏好的投影寻踪模型

朴圣源

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: 对“一带一路”沿线国家投资风险水平进行客观公正和科学合理的综合评价,可以帮助投资者对相关国家的投资提供决策依据。因此,构建一个由4个方面、20个指标构成的指标体系。根据60个“一带一路”沿线国家2016-2020年的指标数据,将决策者偏好(专家意见和已有研究成果)添加到约束条件中,建立“一带一路”沿线国家投资风险水平综合评价的改进型投影寻踪模型,对“一带一路”沿线国家投资风险水平、各评价指标的重要性等进行排序和分类研究。建模结果表明:新加坡的投资风险最低,其次是奥地利,而叙利亚和也门始终排名最后;在20个评价指标中,话语权和问责与腐败控制最重要,其次是法治程度和人均GDP增速等6个指标。最后,根据指标权重大小,对投资者进行海外投资提出了有效的措施和建议。基于决策者偏好的投影寻踪技术为“一带一路”沿线国家投资风险水平综合评价相关研究提供了参考和借鉴。

关键词: 一带一路;投资风险水平评价;投影寻踪;决策者偏好

DOI: 10.11907/rjdk.241484

中图分类号: TP391

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号:1672-7800(2025)008-0121-07



Comprehensive Evaluation and Empirical Research of the Investment Risk Levels in Countries along the "Belt and Road"

——Based on Projection Pursuit Model with Decision Maker Preferences

PIAO Shengyuan

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: An objective, fair, scientific, and rational comprehensive evaluation of investment risk levels in countries along the "Belt and Road" can provide investors with a decision-making basis for investing in these countries. This paper constructs an index system consisting of 4 aspects and 20 indicators. Based on indicator data from 60 countries along the "Belt and Road" from 2016 to 2020, decision-maker preferences (expert opinions and existing research results) are incorporated into the constraints, establishing an improved projection pursuit model for comprehensive evaluation of investment risk levels in countries along the "Belt and Road". This model is used to rank and categorize investment risk levels and the importance of various evaluation indicators in countries along the "Belt and Road". Modeling results indicate that Singapore has the lowest investment risk, followed by Austria, while Syria and Yemen consistently rank at the bottom two positions. Among the 20 evaluation indicators, discourse power and accountability, as well as corruption control, are the most important, followed by six indicators such as the degree of rule of law and GDP per capita growth rate. Based on the weight of these indicators, effective measures and suggestions are proposed for investors considering overseas investments. The projection pursuit technique based on decision-maker preferences provides valuable reference for relevant research on comprehensive evaluation of investment risk levels in countries along the "the Belt and Road".

Key Words: The "Belt and Road"; investment risk level evaluation; projection pursuit; decision maker preferences

0 引言

自2013年中国国家主席习近平提出“一带一路”倡议

以来,这一具有远见卓识的战略构想吸引了全球的关注,并在国际合作中扮演了举足轻重的角色。但是“一带一路”相关项目风险高、不确定性强,需要克服文化冲突,并面临海外融资渠道单一的压力^[1]。何敏等^[2]指出中国企

收稿日期:2024-05-27

扫描二维码阅读全文:

作者简介:朴圣源(2000-),男,上海理工大学光电信息与计算机工程学院硕士研究生,研究方向为投影寻踪。



业“走出去”后的发展并非一帆风顺,而是面临诸多困难和挑战,其中不可避免的就是东道国的经济、制度等风险引发的投资业绩的不确定性。

针对这一问题,学术界进行了广泛研究,主要集中在投资风险的基本内涵、评价体系和水平测度等方面。胡必亮等^[3]分析中国企业对149个共建“一带一路”国家的投资风险及防范问题,提出“一带一路”投资国别风险防范策略;汪炜等^[4]认为“一带一路”沿线国家投资风险降低,有助于提升“一带一路”沿线国家直接投资对中国经济增长的拉动效应;丁杰^[5]的研究表明,“一带一路”倡议的对外直接投资效应总体为正,且有增大趋势,但并不显著,而且区域异质性和特征异质性明显;赵红军等^[6]、黄妍莺^[7]、姚笛等^[8]采用主成分分析法(Principal Component Analysis, PCA)分别评估了“一带一路”沿线国家的总风险、投资吸引力及外部风险的相关性;刘莉君等^[9]使用变异系数法(Coefficient of Variation Method, CVM)评估中国民营企业参与“一带一路”建设的投资风险;何邦路等^[10]使用熵权法确定指标权重,再使用逼近理想解排序法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)对“一带一路”沿线国家的农业直接投资风险进行评价;向鹏成等^[11]利用组合赋权方法确定指标权重,将主观赋权重法G1序和客观赋权重法熵权法相结合,然后利用改进的TOPSIS模型计算“一带一路”合作国家建筑业投资风险值;李富有等^[12]使用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)构建促进对外投资政策与服务指标体系,并计算了各级指标的数值,最后完善了对外投资风险分析及防范措施;崔镇关等^[13]建立多个机器学习模型,比较不同模型在“一带一路”沿线国家的投资风险预警能力,得出人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)的效果最佳。

然而,上述研究中采用的评价方法都存在局限性。例如采用PCA和失效分析法(Failure Analysis, FA)等方法的结果虽然直观,发展水平的数学意义清晰,但有的数据集可能并不满足样本数量达到指标个数的3~5倍以上和KMO检验统计量大于0.7以上的要求,有时还会出现无法合理解释的结果。CVM主要依赖数据的离散程度来确定权重,对异常值和小样本数据较为敏感,且可能忽视指标本身的重要性。熵权法依赖于大量样本数据,并且权重系数会随着数据变化而出现不稳定的情况。TOPSIS属于逼近理想解的相对综合评价方法,主要依赖于其他方法确定权重的合理性,如果权重不合理,则结果可能出现严重偏差。传统统计方法主要适用于正态分布的数据,对于非正态分布的数据,则可能会出现无法合理解释的结果或者结果的可靠性和有效性难以保证的情况。

另一方面,投影寻踪分类(Projection Pursuit Classification, PPC)技术在管理科学、社会科学、自然科学等领域的综合评价与分类研究方面获得了广泛应用^[14-18]。楼文高^[14]表示投影寻踪建模的基本思想与人类开展综合评价

与分类的思维方式基本一致,能同时确定指标权重和构造综合评价函数。投影寻踪模型不依赖于数据的线性或正态分布假设,能够自动寻找数据的最佳投影方向,将多指标高维数据投影到低维空间中,通过投影目标函数刻画对象内部结构,以克服“维数祸根”的不利影响,从而揭示出数据的非线性结构和内在规律。如果增加决策者偏好的约束条件,还能最大程度地综合专家意见和样本数据的结构特性,实现主观与客观的有机统一。其中,文献^[15]和文献^[16]都建立了基于决策者偏好的投影寻踪模型,简称改进型投影寻踪模型(Modified Projection Pursuit Classification, MPPC),使得评价结果更加合理、有效。

鉴于此,本文在国内外首次采用MPPC进行“一带一路”沿线国家投资风险水平的综合评价与分类研究,实现将专家意见和已有研究成果等决策者偏好融入PPC模型客观权重求解过程中,建立相应的评价指标体系。通过MPPC模型对“一带一路”沿线60个国家2016-2020年的投资风险水平进行综合评价、排序和分类,并与其他赋权重方法进行比较,结果表明MPPC模型更加合理、有效。

1 指标体系与数据来源

1.1 “一带一路”沿线国家直接投资风险综合评价指标体系构建

通过梳理有关文献发现,不同学者根据自身知识结构及对“一带一路”沿线国家投资风险水平的不同理解,建立了相应的评价指标体系。郭净等^[19]设立了包含经济风险、法律风险、政治风险和经营风险的东道国国家风险指标体系,但是此指标体系没有涉及外债风险、偿债风险与社会风险;赵永超等^[20]将国家债务风险设计在其指标体系内;孟华强等^[21]设立的指标体系包括了公债和外债负债率等指标;唐晓彬等^[22]建立的指标体系中涵盖了社会风险以及信用风险。

综合以上学者建立的“一带一路”沿线国家投资风险水平评价指标体系,本文将针对政治风险、经济风险、信用风险和社会风险共4个方面、20个指标对“一带一路”沿线国家投资风险进行评估。表1展示了每个指标的具体含义和评估系统中的正负方向。

1.2 数据来源

表1中, x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 和 x_5 的指标数据来源于世界治理指数数据库, x_7 的指标数据来源于和平基金会公布的脆弱国家指数, x_6 、 x_8 和 x_9 等剩余所有指标数据来源于美国政治风险服务集团发布的年度国家风险国际指南。

2 投影寻踪分类建模原理

2.1 样本数据归一化处理

对原始数据进行归一化预处理,有利于提高模型的鲁

Table 1 Comprehensive evaluation index system for direct investment risk in countries along the Belt and Road

表 1 “一带一路”沿线国家直接投资风险综合评价指标体系

| 指标分类 | 指标 | 指标含义 | 指标方向 |
|------|--------------------|------------------------|------|
| 政治风险 | 政府稳定性(x_1) | 衡量政权稳定性、宣布与执行政策的能力 | 正向 |
| | 政府有效性(x_2) | 衡量公共服务质量、政策制定和执行的质量 | 正向 |
| | 法治程度(x_3) | 衡量人们对法律规则的信心和遵守程度 | 正向 |
| | 腐败控制(x_4) | 衡量政府控制腐败的程度 | 正向 |
| | 话语权与问责(x_5) | 衡量一个国家公民能够在多大程度上参与选择政府 | 正向 |
| | 军事干预政治(x_6) | 衡量军队参与政治的标准 | 逆向 |
| | 外部压力(x_7) | 衡量政府被迫改变政策的压力所带来的风险 | 逆向 |
| 经济风险 | GDP 增长率(x_8) | 衡量一个国家在一定时期内经济总量的增长速度 | 正向 |
| | 人均 GDP 增速(x_9) | 衡量人均生产水平,并决定着国家生产效率 | 正向 |
| | 通货膨胀风险(x_{10}) | 衡量通货膨胀对国家投资环境的影响 | 逆向 |
| | 失业(x_{11}) | 衡量失业人数占劳动力的比例 | 逆向 |
| | 汇率稳定风险(x_{12}) | 衡量汇率换汇情况所带来的影响 | 正向 |
| 信用风险 | 合同可行性(x_{13}) | 衡量单方面修改或取消合同的风险 | 正向 |
| | 偿债风险(x_{14}) | 衡量投资者因国家债务违约而遭受损失的风险 | 逆向 |
| | 外债风险(x_{15}) | 衡量国家外债水平与信用评级 | 逆向 |
| | 经常账户余额(x_{16}) | 衡量国家的国际收支状况以及外贸贡献比重 | 正向 |
| 社会风险 | 种族冲突(x_{17}) | 衡量种族、民族或语言分裂造成的紧张程度 | 逆向 |
| | 宗教冲突(x_{18}) | 衡量由宗教团体统治社会产生的宗教紧张局势 | 逆向 |
| | 外部矛盾(x_{19}) | 衡量现任政府因外国行动而面临的风险 | 逆向 |
| | 内部矛盾(x_{20}) | 衡量国家的政治暴力及其对治理的实际或潜在影响 | 逆向 |

棒性和有效性。数据归一化还有助于解释数据内在结构的特征,消除不同特征之间的量纲影响。数据归一化通常采用极值归一化方式,即对越大越好的指标(或称正向指标)和越小越好的指标(逆向指标)分别采用式(1)进行归一化:

$$\begin{cases} x_{i,j} = \frac{x_{i,j}^* - \min x_j}{\max x_j - \min x_j}, \text{正向指标} \\ x_{i,j} = 1 - \frac{x_{i,j}^* - \min x_j}{\max x_j - \min x_j}, \text{逆向指标} \end{cases} \quad (1)$$

其中, $x_{i,j}^*$ 、 $x_{i,j}$ 分别为第 i 个样本、第 j 个指标(变量)的原始数据和归一化数据, $\max x_j$ 、 $\min x_j$ 分别为第 j 个指标的最大值和最小值。

2.2 投影寻踪分类模型目标函数构建与最佳投影向量求解

Friedman 等提出并被广泛采用的一维投影寻踪分类 PPC 模型的目标函数和约束条件为:

$$\begin{aligned} \max Q(a) &= S_z \cdot D_z \\ \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^p a_j^2 &= 1 \\ 1 \geq a_j &\geq -1 \end{aligned} \quad (2)$$

其中, $\mathbf{a}(a_1, a_2, \dots, a_p)$ 为 p 维单位投影向量(a_j 为权重),第 i 个样本的投影值 $z(i) = \sum_{j=1}^p a_j x_{i,j}$, $x_{i,j}$ 为原始样本数据 $X = \{x_{i,j}^* | i = 1 \sim n, j = 1 \sim p\}$ (n 、 p 分别为样本数量和指标个数)的归一化值。 S_z 为 $z(i)$ 的标准差,该值越大说明投影点整体越分散; D_z 为其局部密度值,该值越大表示投影点局部越密集。 S_z 和 D_z 的计算公式为:

$$\begin{cases} S_z = \sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^n [z(i) - E(z)]^2 \right\} / (n-1)} \\ D_z = \sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^n (R - r_{i,m}) \cdot u(R - r_{i,m}) \end{cases} \quad (3)$$

其中, $E(z)$ 为样本投影值 $z(i)$ 的平均值, R 为局部密度窗口半径,由数据特征确定; $u(R - r_{i,m})$ 为单位阶跃函数,当 $(R - r_{i,m}) \geq 0$ 时为 1,否则为 0; $r_{i,m} = |z(i) - z(m)|$ 为样本 i 和 m 之间的距离。

式(2)为高维、非线性不等于约束的最优化问题,求解十分困难。本文采用基于群搜索(Group Search Optimizer, GSO)的群智能最优化算法,求解式(2)的最佳投影向量 \mathbf{a} 及其系数 a_j (权重)。根据楼文高^[14]提出的定理 1 求得全局最优解,并根据最终求得的指标权重对其重要性进行排序,同时根据各样本投影值大小进行分类排序。

3 “一带一路”沿线国家投资风险投影寻踪分类建模

3.1 指标数据归一化预处理及相关性分析

按照式(1)对所有指标进行归一化预处理,并对归一化指标数据进行相关性分析发现,多数评价指标之间存在着显著的线性关系,如 x_1 与其他指标都存在着显著的线性关系, x_2 与 x_6 、 x_7 、 x_{10} 、 x_{11} 、 x_{14} 、 x_{15} 、 x_{17} 、 x_{18} 、 x_{19} 、 x_{20} 10 项之间有着负相关关系。

3.2 投影寻踪分类 PPC 模型实证研究

将归一化后的数据导入 GSO 投影寻踪程序中,本文根据文献[14]、[15],选取密度窗宽半径 $R = \max(r_{i,k})/3$ 。根据楼文高^[14]提出的判断准则,求得真正的全局最优解 $\mathbf{a}(1) \sim \mathbf{a}(20) = (0.181\ 6, 0.307\ 3, 0.275\ 8, 0.302\ 4, 0.301\ 5, -0.165\ 4, -0.214\ 0, 0.207\ 2, 0.302\ 4, -0.219\ 3, 0.243\ 2, -0.015\ 9, -0.251\ 2, 0.000\ 3, 0.146\ 9, -0.190\ 2, 0.222\ 7, 0.072\ 3, 0.259\ 2, 0.237\ 3, 0.646\ 6)$ 。

上述结果也与相关性分析结果对应,当 x_2 权重大于 0

时,只有与之成负相关的 $x_6、x_7、x_{10}、x_{11}、x_{14}、x_{15}、x_{17}、x_{18}、x_{19}、x_{20}$ 的权重小于0。从权重大小来看, $x_2、x_5、x_4$ 与 x_9 权重大于0.3,为最重要的几个指标,其次是 $x_3、x_{13}、x_8、x_{16}、x_1、x_{12}、x_{14}、x_{18}$ 指标,其余指标的权重很小。

从上述PPC结果来看,所得到的权重是基于指标数据计算得出的客观权重。然而,从决策者的角度出发,研究结果显示某些指标的重要性被明显低估,例如 $x_1、x_8$ 等关键政治和经济风险指标。同时, x_{18} 和 x_{12} 等指标的重要性则似乎被高估,这反映出仅依赖客观赋权重的方法并不总是完全合理的。因此,结合主观赋权重与客观赋权重方法,综合考虑不同来源的信息和偏好,有助于得出更为合理、更符合决策者期望的权重分配结果。

3.3 基于决策者偏好的改进型PPC模型建立

综合文献[19-22]的研究成果,本文对所有指标的重要性进行初步分类,形成以下决策者偏好: ① $x_1、x_2、x_5、x_4、x_9、x_8$ 和 x_3 共7个指标属于最重要类的指标; ② $x_{11}、x_7、x_{18}、x_{15}$ 和 x_{19} 共5个指标属于最不重要类的指标; ③ 其他为中等重要类的指标; ④ 所有指标的权重都大于0。对于同一类指标的具体排序,应由数据的客观性决定。当然,也可以参考专家意见,对特定指标的排序进行判定,例如政府有效性可能排名第一,或者政府稳定性优先等。

上述决策者偏好是人为确定的指标重要性度量,根据不同研究的特点,专家或者建模者可以对决策者偏好作相应调整,灵活性和适用性均较好。最后本文把上述决策者偏好作为约束条件添加到式(2)中,形成了如下基于决策者偏好的PPC模型(也称为改进型PPC模型)的目标函数和约束条件:

$$\begin{aligned} \max Q(\mathbf{a}) &= S_z * D_z \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^p a_j^2 &= 1 \\ 1 \geq a_j &\geq 0 \\ a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_8, a_9 &> a_k (k \neq 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9) \\ a_7, a_{11}, a_{15}, a_{18}, a_{19} &< a_m (m \neq 7, 11, 15, 18, 19) \end{aligned} \tag{4}$$

本文再次调用基于GSO的MPPC最优化程序,求得了真正的全局最优解,20个指标的最佳投影向量系数分别为 $\mathbf{a}(1) \sim \mathbf{a}(20) = (0.308\ 3, 0.317\ 4, 0.328\ 9, 0.342\ 7, 0.355\ 8, 0.128\ 0, 0.030\ 3, 0.317\ 1, 0.326\ 8, 0.023\ 1, 0.058\ 1, 0.133\ 3, 0.290\ 2, 0.013\ 9, 0.084\ 2, 0.170\ 6, 0.227\ 1, 0.051\ 9, 0.099\ 2, 0.152\ 1)$, 目标函数值 $Q(\mathbf{a}) = 6\ 263.44, R = 0.505\ 6$ 。通过与PPC建模结果比较可以看出, x_1 和 x_8 原来的权重较小(即其重要性被严重低估),因为增加了约束条件,权重明显增大;而 $x_7、x_{11}$ 和 x_{18} 等原来的权重较大,因为增加了约束条件,权重明显减小。

上述60个“一带一路”沿线国家投资风险2016-2020年的改进型PPC模型输出值(数值越大表示其风险越低、越适合投资)及其排名(排名越高表示其风险越低、越适合投资)如表2所示。期间投资风险水平排名变化以及

MPPC值变化也列于表2中。

4 结果与讨论

4.1 各指标的重要性排序、分类及其属性分析

根据PPC模型,投影向量系数越大的指标越重要。因此,在20个有效评价指标中, x_5 是最重要的,其次是 $x_4、x_3、x_9$ 和 x_2 等重要性依次降低。根据有序样本最优分割法,可把上述20个指标按重要程度分为极重要、重要、较重要和次重要4类。其中, x_5 和 x_4 为极重要指标, $x_3、x_9、x_2、x_8、x_1$ 和 x_{13} 为重要指标, $x_{17}、x_{16}、x_{20}、x_{12}$ 和 x_6 为较重要指标, $x_{19}、x_{15}、x_{11}、x_{18}、x_7、x_{10}、x_{14}$ 为次重要指标。极重要指标权重占总权重的18.6%,极重要指标和重要指标占总权重的68.8%,除次重要指标外的权重占总权重的90.4%。

首先,政治与经济风险的指标权重偏大,凸显政治稳定与经济活力对“一带一路”投资风险评估的重要性。政治稳定关乎政策连续与投资环境安全,经济活力影响投资回报与市场潜力。其次, x_{13} 的权重相对较高,说明投资者应关注合同履行的可靠性和法律保障。社会风险类指标的权重分布相对均匀,表明种族冲突、宗教冲突等社会因素也是投资者评估投资风险时需要考虑的因素。

综上所述,在评估“一带一路”沿线国家投资风险时,投资者应重点关注政治稳定性和经济活力,在制定投资策略时,投资者应根据不同国家的具体情况和风险特点,采取相应的风险管理和应对措施。

4.2 “一带一路”沿线国家投资风险分类排序

对“一带一路”沿线国家投资风险水平进行分类有多种方法,如果以每年的MPPC得分进行分类,有些国家在不同年度可能属于不同等级,很难从整体上对不同国家的投资风险水平进行分析。本文以2016-2020年的5个MPPC得分为维度,以2020年的MPPC得分高低为排序基础,采用5维变量的有序样本最优分割算法对60个“一带一路”沿线国家投资风险水平进行分类排序:第一类为低风险国家,包括新加坡、奥地利2个国家;第二类为较低风险国家,包括文莱、韩国等17个国家;第三类为中等风险国家,包括科威特、马来西亚等17个国家;第四类为较高风险国家,包括蒙古、乌克兰等19个国家;第五类为高风险国家,包括叙利亚、也门等5个国家。

5 权重及其排序结果比较

对于综合评价而言,确定合理的权重最为关键。本文“一带一路”沿线国家投资风险水平指标数据的KMO=0.790,表明理论上可以用PCA和FA进行综合分析。因此,为保持统一以及与MPPC结果比较,本文针对20个有效指标数据求FA、PCA、CVM、IE的权重。每种方法计算出的权重排名如表3所示。

Table 2 MPPC model values and rankings of investment risk levels for 60 countries along the Belt and Road from 2016 to 2020

表 2 2016-2020 年 60 个“一带一路”沿线国家投资风险水平 MPPC 模型值及其排名

| 国家 | 改进 PPC 模型值 | | | | | 投资风险水平排名 | | | | | 排名变化 | MPPC 值变化 |
|-------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|------|------|------|------|------|----------|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | | |
| 阿尔及利亚 | 1.075 | 1.071 | 1.099 | 1.086 | 0.907 | 48 | 49 | 48 | 49 | 52 | 4 | 0.168 |
| 阿联酋 | 2.213 | 2.227 | 2.251 | 2.251 | 2.116 | 4 | 3 | 4 | 3 | 8 | 4 | 0.098 |
| 阿塞拜疆 | 1.089 | 1.020 | 1.147 | 1.198 | 1.042 | 46 | 51 | 45 | 44 | 46 | 0 | 0.047 |
| 埃及 | 1.098 | 1.151 | 1.215 | 1.225 | 1.158 | 44 | 44 | 42 | 43 | 41 | -3 | -0.060 |
| 埃塞俄比亚 | 0.995 | 0.969 | 1.065 | 1.145 | 1.123 | 53 | 52 | 51 | 47 | 44 | -9 | -0.127 |
| 爱沙尼亚 | 2.172 | 2.182 | 2.222 | 2.245 | 2.139 | 6 | 7 | 6 | 4 | 6 | 0 | 0.033 |
| 奥地利 | 2.508 | 2.536 | 2.548 | 2.521 | 2.432 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0.076 |
| 巴基斯坦 | 1.013 | 1.054 | 1.051 | 0.921 | 0.981 | 51 | 50 | 52 | 53 | 49 | -2 | 0.032 |
| 巴林 | 1.712 | 1.649 | 1.638 | 1.668 | 1.528 | 22 | 26 | 26 | 26 | 27 | 5 | 0.184 |
| 白俄罗斯 | 1.094 | 1.158 | 1.309 | 1.340 | 1.023 | 45 | 43 | 39 | 39 | 47 | 2 | 0.071 |
| 波兰 | 2.008 | 2.011 | 2.014 | 2.018 | 1.906 | 14 | 15 | 14 | 15 | 15 | 1 | 0.102 |
| 博茨瓦纳 | 2.070 | 2.041 | 1.978 | 2.008 | 1.804 | 10 | 13 | 17 | 17 | 18 | 8 | 0.266 |
| 俄罗斯 | 1.172 | 1.261 | 1.296 | 1.320 | 1.188 | 42 | 40 | 40 | 40 | 39 | -3 | -0.017 |
| 菲律宾 | 1.433 | 1.421 | 1.436 | 1.421 | 1.428 | 33 | 34 | 34 | 38 | 31 | -2 | 0.005 |
| 哈萨克斯坦 | 1.307 | 1.304 | 1.409 | 1.500 | 1.393 | 38 | 38 | 37 | 29 | 34 | -4 | -0.086 |
| 韩国 | 2.164 | 2.203 | 2.251 | 2.244 | 2.196 | 8 | 6 | 3 | 5 | 4 | -4 | -0.032 |
| 捷克共和国 | 2.193 | 2.158 | 2.192 | 2.173 | 2.071 | 5 | 8 | 7 | 10 | 10 | 5 | 0.122 |
| 津巴布韦 | 0.660 | 0.693 | 0.884 | 0.790 | 0.661 | 57 | 57 | 56 | 57 | 56 | -1 | 0.000 |
| 卡塔尔 | 2.166 | 2.091 | 2.065 | 2.127 | 2.047 | 7 | 9 | 12 | 13 | 11 | 4 | 0.119 |
| 科威特 | 1.691 | 1.694 | 1.753 | 1.822 | 1.770 | 24 | 24 | 23 | 22 | 20 | -4 | -0.080 |
| 克罗地亚 | 1.815 | 1.762 | 1.822 | 1.873 | 1.761 | 20 | 21 | 21 | 20 | 22 | 2 | 0.055 |
| 拉脱维亚 | 2.053 | 2.049 | 1.979 | 2.147 | 2.087 | 12 | 12 | 16 | 12 | 9 | -3 | -0.034 |
| 立陶宛 | 2.052 | 2.018 | 2.065 | 2.198 | 2.170 | 13 | 14 | 11 | 8 | 5 | -8 | -0.117 |
| 利比亚 | 0.416 | 0.524 | 0.890 | 0.829 | 0.605 | 58 | 58 | 55 | 56 | 57 | -1 | -0.189 |
| 马来西亚 | 1.789 | 1.786 | 1.889 | 1.859 | 1.768 | 21 | 19 | 19 | 21 | 21 | 0 | 0.022 |
| 蒙古 | 1.480 | 1.423 | 1.417 | 1.445 | 1.337 | 30 | 33 | 35 | 37 | 38 | 8 | 0.142 |
| 缅甸 | 1.125 | 1.091 | 1.078 | 1.057 | 1.005 | 43 | 48 | 50 | 50 | 48 | 5 | 0.120 |
| 南非 | 1.565 | 1.509 | 1.499 | 1.468 | 1.372 | 28 | 28 | 29 | 32 | 35 | 7 | 0.193 |
| 尼日利亚 | 0.877 | 0.853 | 0.937 | 0.951 | 0.847 | 54 | 54 | 54 | 52 | 53 | -1 | 0.031 |
| 葡萄牙 | 2.140 | 2.223 | 2.245 | 2.218 | 2.117 | 9 | 4 | 5 | 6 | 7 | -2 | 0.023 |
| 塞尔维亚 | 1.388 | 1.403 | 1.452 | 1.499 | 1.394 | 35 | 36 | 33 | 30 | 33 | -2 | -0.005 |
| 塞浦路斯 | 2.068 | 2.070 | 2.096 | 2.105 | 1.905 | 11 | 10 | 10 | 14 | 16 | 5 | 0.162 |
| 沙特阿拉伯 | 1.622 | 1.594 | 1.639 | 1.652 | 1.563 | 27 | 27 | 25 | 27 | 26 | -1 | 0.059 |
| 斯洛伐克 | 2.000 | 1.989 | 1.971 | 2.017 | 1.943 | 15 | 18 | 18 | 16 | 14 | -1 | 0.056 |
| 苏丹 | 0.695 | 0.750 | 0.762 | 0.577 | 0.493 | 56 | 56 | 58 | 58 | 58 | 2 | 0.203 |
| 泰国 | 1.355 | 1.426 | 1.453 | 1.564 | 1.440 | 37 | 32 | 32 | 28 | 30 | -7 | -0.085 |
| 坦桑尼亚 | 1.196 | 1.149 | 1.085 | 1.158 | 1.134 | 41 | 45 | 49 | 46 | 43 | 2 | 0.062 |
| 文莱 | 1.956 | 2.055 | 2.131 | 2.186 | 2.278 | 18 | 11 | 9 | 9 | 3 | -15 | -0.322 |
| 乌克兰 | 1.056 | 1.121 | 1.115 | 1.189 | 1.106 | 49 | 47 | 46 | 45 | 45 | -4 | -0.050 |
| 希腊 | 1.637 | 1.714 | 1.835 | 1.897 | 1.804 | 26 | 23 | 20 | 19 | 19 | -7 | -0.167 |
| 新加坡 | 2.702 | 2.721 | 2.735 | 2.711 | 2.626 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.076 |
| 匈牙利 | 1.962 | 2.003 | 1.993 | 1.978 | 1.881 | 17 | 16 | 15 | 18 | 17 | 0 | 0.081 |
| 叙利亚 | 0.254 | 0.292 | 0.379 | 0.378 | 0.419 | 60 | 60 | 59 | 59 | 59 | -1 | -0.165 |
| 亚美尼亚 | 1.234 | 1.241 | 1.335 | 1.447 | 1.355 | 39 | 41 | 38 | 36 | 37 | -2 | -0.121 |
| 也门 | 0.291 | 0.310 | 0.207 | 0.220 | 0.268 | 59 | 59 | 60 | 60 | 60 | 1 | 0.023 |
| 伊拉克 | 0.821 | 0.764 | 0.792 | 0.920 | 0.752 | 55 | 55 | 57 | 54 | 55 | 0 | 0.069 |
| 伊朗 | 1.234 | 1.281 | 1.177 | 0.914 | 0.791 | 40 | 39 | 44 | 55 | 54 | 14 | 0.442 |
| 以色列 | 2.223 | 2.213 | 2.187 | 2.211 | 2.044 | 3 | 5 | 8 | 7 | 12 | 9 | 0.178 |
| 印度 | 1.434 | 1.467 | 1.500 | 1.449 | 1.356 | 32 | 30 | 28 | 34 | 36 | 4 | 0.079 |
| 印度尼西亚 | 1.433 | 1.463 | 1.466 | 1.449 | 1.417 | 34 | 31 | 31 | 35 | 32 | -2 | 0.016 |
| 约旦 | 1.481 | 1.491 | 1.475 | 1.453 | 1.444 | 29 | 29 | 30 | 33 | 29 | 0 | 0.037 |
| 越南 | 1.447 | 1.408 | 1.416 | 1.487 | 1.480 | 31 | 35 | 36 | 31 | 28 | -3 | -0.032 |

Table 3 Comparison of five different objective weighting methods
表3 5种不同客观赋权重方法比较

| 指标 | 权重 | | | | | 权重排名 | | | | |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|------|----|-----|----|------|
| | PCA | FA | CVM | IE | MPPC | PCA | FA | CVM | IE | MPPC |
| x_1 | 0.078 9 | 0.076 2 | 0.072 0 | 0.064 8 | 0.308 3 | 18 | 16 | 2 | 1 | 7 |
| x_2 | 0.180 5 | 0.175 0 | 0.049 9 | 0.063 2 | 0.317 4 | 4 | 8 | 11 | 4 | 5 |
| x_3 | 0.195 5 | 0.207 1 | 0.051 1 | 0.063 0 | 0.328 9 | 1 | 1 | 10 | 5 | 3 |
| x_4 | 0.179 4 | 0.190 4 | 0.056 8 | 0.064 0 | 0.342 7 | 6 | 3 | 7 | 2 | 2 |
| x_5 | 0.189 2 | 0.198 3 | 0.068 4 | 0.063 9 | 0.355 8 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| x_6 | 0.134 1 | 0.140 2 | 0.049 2 | 0.039 0 | 0.128 0 | 12 | 11 | 12 | 16 | 13 |
| x_7 | 0.116 6 | 0.078 4 | 0.061 6 | 0.059 7 | 0.030 3 | 13 | 15 | 5 | 9 | 18 |
| x_8 | 0.146 5 | 0.175 2 | 0.094 3 | 0.049 2 | 0.317 1 | 10 | 7 | 1 | 11 | 6 |
| x_9 | 0.180 1 | 0.182 2 | 0.032 0 | 0.042 8 | 0.326 8 | 5 | 4 | 16 | 13 | 4 |
| x_{10} | 0.150 7 | 0.171 2 | 0.065 3 | 0.058 1 | 0.023 1 | 9 | 9 | 4 | 10 | 19 |
| x_{11} | 0.094 0 | 0.119 9 | 0.016 6 | 0.025 1 | 0.058 1 | 16 | 13 | 20 | 19 | 16 |
| x_{12} | 0.181 3 | 0.182 1 | 0.041 7 | 0.038 7 | 0.133 3 | 3 | 5 | 15 | 17 | 12 |
| x_{13} | 0.011 0 | 0.051 2 | 0.023 8 | 0.031 7 | 0.290 2 | 20 | 19 | 19 | 18 | 8 |
| x_{14} | 0.059 0 | 0.058 8 | 0.060 7 | 0.061 4 | 0.013 9 | 19 | 18 | 6 | 8 | 20 |
| x_{15} | 0.160 2 | 0.177 0 | 0.030 4 | 0.061 7 | 0.084 2 | 7 | 6 | 17 | 6 | 15 |
| x_{16} | 0.142 6 | 0.139 0 | 0.053 4 | 0.040 8 | 0.170 6 | 11 | 12 | 9 | 14 | 10 |
| x_{17} | 0.094 9 | 0.087 2 | 0.053 5 | 0.040 0 | 0.227 1 | 15 | 14 | 8 | 15 | 9 |
| x_{18} | 0.081 0 | 0.048 8 | 0.045 6 | 0.046 6 | 0.051 9 | 17 | 20 | 13 | 12 | 17 |
| x_{19} | 0.153 0 | 0.141 4 | 0.043 5 | 0.061 5 | 0.099 2 | 8 | 10 | 14 | 7 | 14 |
| x_{20} | 0.098 7 | 0.062 2 | 0.030 2 | 0.024 8 | 0.152 1 | 14 | 17 | 18 | 20 | 11 |

6 结语

根据已有文献中“一带一路”沿线国家投资风险评价指标体系和采集的数据,建立了同时可以实现排序和分类研究的“一带一路”沿线国家投资风险综合评价投影寻踪模型。相比PCA、FA、CVM等其它统计方法,MPPC模型在权重确定上更具灵活性。其不仅能基于数据客观赋权,而且能通过添加决策者偏好实现主观赋权,从而得到更合理和符合专家意见的结果。

在20个评价指标中, x_5 和 x_4 被确定为极重要指标, x_3 、 x_9 、 x_2 等被认定为重要指标。极重要指标权重占总权重的18.6%,与重要指标共同占据68.8%的权重,显示出其在评估投资风险时的重要性。目前指标重要性分类是离散的粗粒度分类,因此考虑细粒度地赋予连续重要性权重值将在未来的工作中作进一步研究。

投影结果显示,新加坡和奥地利在“一带一路”沿线国家中投资风险水平始终较低,排名领先,叙利亚和也门则排名垫底;部分国家如阿联酋、爱沙尼亚等投资风险稳定,MPPC值较高且稳定;文莱、俄罗斯等国投资风险逐年降低,MPPC值逐年提高;相反,伊朗、博茨瓦纳等国投资风险在增加,MPPC值逐年下降。

综上所述,MPPC技术为“一带一路”沿线国家投资风险水平评价提供了有效工具,有助于投资者更准确地识别风险并作出明智的投资决策,因此具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] LI D Q, YU X Y. Venture capital and high-quality development of enter-

prises under the "Belt and Road" initiative [J]. Friends of Accounting, 2023(14): 98-105.

李定清,余鑫月.“一带一路”倡议下风险投资与企业高质量发展[J]. 会计之友,2023(14):98-105.

[2] HE M, YAO Y, LIU Y D. "Belt and Road" investment, host country risks, and earnings management [J]. Shanghai Finance, 2023(9): 16-30.

何敏,姚颀,刘一迪.“一带一路”投资、东道国风险与盈余管理[J]. 上海金融,2023(9):16-30.

[3] HU B L, LIU Q J. Calculation, evaluation and prevention of country-specific investment risks in the "Belt and Road" initiative [J]. Studies and Exploration, 2023(1): 87-109.

胡必亮,刘清杰.“一带一路”投资国别风险测算、评估与防范[J]. 学习与探索,2023(1):87-109.

[4] WANG W, QIAO G M, HU P L. The pulling effect of direct investment in countries along the "Belt and Road" on China's economy - based on the perspective of host country risks [J]. Research on Financial and Economic Issues, 2022(11): 77-88.

汪炜,乔桂明,胡聘来.“一带一路”沿线国家直接投资对中国经济的拉动效应——基于东道国国家风险视角[J]. 财经问题研究,2022(11):77-88.

[5] DING J. Analysis of the effect of outward foreign direct investment under the "Belt and Road" initiative [J]. Journal of Xi'an University of Finance and Economics, 2022, 35(6): 103-117.

丁杰.“一带一路”倡议下对外直接投资效应分析[J]. 西安财经大学学报,2022,35(6):103-117.

[6] ZHAO H J, CAO Z Y. Measurement and evaluation of investment risks in countries along the "Belt and Road": analysis based on panel data of principal component method [J]. International Business Research, 2023(2): 14-28.

赵红军,曹之煜.“一带一路”沿线国家投资风险度量与评估:基于主成分法面板数据的分析[J]. 国际商务研究,2023(2):14-28.

[7] HUANG Y Y. Evaluation of investment attractiveness of countries along

- the "Belt and Road" from the perspective of resources and environment [J]. *Statistics & Decision*, 2021, 37(15): 152-155.
- 黄妍莺. 资源环境视角下“一带一路”沿线国家投资吸引力评估[J]. *统计与决策*, 2021, 37(15): 152-155.
- [8] YAO D, ZHAN W. Analysis of the external risk association network of international engineering contracting projects under the "Belt and Road" initiative [J]. *Statistics & Decision*, 2023, 39(8): 178-182.
- 姚迪, 詹伟. “一带一路”国际工程承包项目外部风险关联网络分析[J]. *统计与决策*, 2023, 39(8): 178-182.
- [9] LIU L J, ZHANG J Q, LIU Y J. Risk evaluation of Chinese private enterprises participating in the construction of the "Belt and Road" [J]. *Statistics & Decision*, 2020(24): 166-169.
- 刘莉君, 张景琦, 刘友金. 中国民营企业参与“一带一路”建设的风险评价[J]. *统计与决策*, 2020(24): 166-169.
- [10] HE B L, ZENG Z Q, LIU Y, et al. Construction and evaluation of risk assessment system for Chinese enterprises' direct investment in agriculture in countries along the "Belt and Road" [J]. *World Agriculture*, 2023(12): 18-30.
- 何邦路, 曾志庆, 刘晔, 等. 中国企业对“一带一路”沿线国家农业直接投资风险评价体系构建及评价[J]. *世界农业*, 2023(12): 18-30.
- [11] XIANG P C, JING R S. Evaluation of investment risk in construction industry of countries along the "Belt and Road" based on combination weighting-improved Topsis [J]. *Industrial Technology & Economy*, 2023, 42(10): 61-70.
- 向鹏成, 景睿思. 基于组合赋权-改进Topsis的“一带一路”合作国家建筑业投资风险评估[J]. *工业技术经济*, 2023, 42(10): 61-70.
- [12] LI F Y, GAO L, WANG K, et al. Research on improving policies and service systems for promoting outward investment under the background of the "Belt and Road" initiative [J]. *Journal of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences Edition)*, 2023, 43(6): 78-94.
- 李富有, 高莉, 王坤, 等. “一带一路”背景下健全促进对外投资政策和服务体系研究[J]. *西安交通大学学报(社会科学版)*, 2023, 43(6): 78-94.
- [13] CUI Z G, JIN Y D. Application of machine learning in the early warning of China's overseas investment efficiency - evidence from countries along the "Belt and Road" [J]. *Finance Theory and Practice*, 2023(5): 13-25.
- 崔镇关, 靳懿德. 机器学习在中国海外投资效率预警中的应用——来自“一带一路”沿线国家的证据[J]. *金融理论与实践*, 2023(5): 13-25.
- [14] LOU W G. Projection pursuit theory based on swarm intelligence optimization algorithms - new progress, applications, and software [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2021.
- 楼文高. 基于群智能最优化算法的投影寻踪理论——新进展、应用及软件[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2021.
- [15] YU X H, LOU J T, LOU W G, et al. Projection pursuit modeling and empirical study on risk assessment of online public opinions on emergent events [J]. *Information Science*, 2019, 37(11): 79-88.
- 于晓虹, 楼际通, 楼文高, 等. 突发事件网络舆情风险评价的投影寻踪建模与实证研究[J]. *情报科学*, 2019, 37(11): 79-88.
- [16] LOU W G, YU X H, CHENG J F, et al. Comprehensive evaluation and empirical research on the risk of clean government based on projection pursuit model [J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2020, 50(12): 1-9.
- 楼文高, 于晓虹, 程金福, 等. 基于投影寻踪模型的廉政风险综合评价与实证研究[J]. *数学的实践与认识*, 2020, 50(12): 1-9.
- [17] WU S H, LOU W G. A case study of high-quality development in China's provinces based on projection pursuit [J]. *Software Guide*, 2021, 20(12): 111-116.
- 吴思翰, 楼文高. 基于投影寻踪的中国省际高质量发展实例研究[J]. *软件导刊*, 2021, 20(12): 111-116.
- [18] PEI W, HAO L, FU Q, et al. Study on agricultural drought risk assessment based on information entropy and a cluster projection pursuit model [J]. *Water Resources Management*, 2023(37): 619-638.
- [19] GUO J, ZHANG J Y, HUO J X. The impact of host country risk on the international investment performance of Chinese enterprises [J]. *Journal of Financial Development Research*, 2023(4): 43-51.
- 郭净, 张居营, 霍家旭. 东道国国家风险对中国企业国际投资绩效的影响[J]. *金融发展研究*, 2023(4): 43-51.
- [20] ZHAO Y C, LAN Q X. Research on the impact of the "Belt and Road" initiative on the debt risk of countries along the route - from the perspective of international direct investment [J]. *Journal of International Trade*, 2023(9): 123-140.
- 赵永超, 蓝庆新. “一带一路”倡议对沿线国家债务风险的影响研究——基于国际直接投资视角[J]. *国际贸易问题*, 2023(9): 123-140.
- [21] MENG H Q, SUO W L. Research on overseas investment country risk assessment considering risk correlation and decision-maker preferences [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2022, 30(9): 61-70.
- 孟华强, 索玮岚. 考虑风险关联和决策者偏好的海外投资国家风险评估研究[J]. *中国管理科学*, 2022, 30(9): 61-70.
- [22] TANG X B, WANG Y N, ZHANG Y. Research on investment risk measurement in countries along the "Belt and Road" [J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2020(8): 140-158.
- 唐晓彬, 王亚男, 张岩. “一带一路”沿线国家投资风险测度研究[J]. *数量经济技术经济研究*, 2020(8): 140-158.

(责任编辑: 黄健)