

Integrated Credit Validation Modeling with ESG: Incorporating Climate Risk and Sustainability Indicators in Credit Rating

1. Mohammad Qezelbash¹: Ph.D. Student in Financial Engineering, Department of Management and Accounting, Allameh Tabatabaie University, Tehran, Iran

2. Mohammad Mehdi Bagheri^{2*}: Ph.D. Student in Accounting, Department of Accounting, Faculty of Financial Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. Email: MehdiBagheri103@gmail.com (Corresponding Author)

Article history



Received: 22 June 2025

Revised: 15 October 2025

Accepted: 21 October 2025

Initial Publish: 22 October 2025

Final Publish: 30 March 2026

Abstract:

This study aims to develop and test an integrated credit validation model that incorporates environmental, social, and governance (ESG) indicators alongside climate risk into corporate credit rating assessments. A quantitative applied research design was employed using balanced panel data from 165 firms listed on the Tehran Stock Exchange from 2015 to 2023. The dependent variable was the firms' credit score, while the independent variables included the three ESG dimensions and a composite climate risk index. Fixed-effects panel regressions estimated via generalized least squares (GLS) were used to analyze the relationships and interaction effects. Results revealed that environmental, social, and governance indicators each exert a positive and statistically significant influence on credit ratings, while climate risk has a significant negative impact. The interaction analysis further indicated that climate risk moderates the ESG–credit rating relationship: under higher climate risk conditions, the positive impact of ESG on creditworthiness weakens. The integrated model achieved the highest explanatory power ($R^2 = 0.489$), outperforming traditional credit assessment models. Integrating ESG indicators and climate risk into credit evaluation enhances model accuracy and provides a more comprehensive and realistic assessment of firms' financial sustainability. The proposed model offers practical value for credit risk management and the development of sustainable financial systems.

Keywords: Credit validation, ESG, Climate risk, Credit rating, Financial sustainability

Citation: Qezelbash, M., & Bagheri, M. M. (2026). Integrated Credit Validation Modeling with ESG: Incorporating Climate Risk and Sustainability Indicators in Credit Rating. *Accounting, Finance and Computational Intelligence*, 4(1), 1-17.



Copyright: © 2026 by the authors. Published under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

Extended Abstract**Introduction**

The growing awareness of environmental degradation and climate-induced financial risks has transformed the landscape of credit assessment and financial stability analysis. In recent years, global financial systems have been compelled to integrate environmental, social, and governance (ESG) criteria alongside traditional financial indicators to better capture the multifaceted nature of risk (Xu, 2025). Traditional credit rating systems, once sufficient for evaluating repayment probability and corporate solvency, now appear incomplete as they fail to account for sustainability-related vulnerabilities and transition risks (Acharya et al., 2023). As climate shocks—such as extreme weather events, rising temperatures, and resource depletion—intensify, they threaten the resilience of corporations, investors, and national economies (Oguntuase, 2020).

The link between ESG performance and creditworthiness has therefore gained momentum in both academia and practice. Recent evidence suggests that firms with stronger ESG profiles enjoy higher investor confidence, reduced cost of capital, and lower default probabilities (Malone et al., 2025; Yébenes, 2024). Simultaneously, policymakers have begun introducing environmental credit rating mechanisms to align capital flows with low-carbon and socially responsible development (Xu, 2025). In this context, climate risk emerges as both a direct financial stressor and an indirect amplifier of credit risk (Nguyen & Nguyen, 2025). For example, in industries heavily dependent on natural resources—such as agriculture, mining, and energy—physical risks and transition costs can severely undermine financial performance and debt-servicing capacity (Anastasiou et al., 2024; Martin, 2024).

The interplay between ESG indicators and climate risk is also becoming central to macroprudential policy. Scholars argue that climate-induced credit risk may lead to systemic instability if not incorporated into financial risk models (Acharya et al., 2023; Campino, 2023). Likewise, bank loan portfolios exposed to climate-sensitive sectors may experience growing non-performing loans (NPLs) if mitigation and adaptation strategies remain insufficient (Khemiri & Nouaili, 2025). Accordingly, integrating climate risk and ESG indicators into a unified credit validation model could improve the predictive power of credit ratings and provide early warnings for systemic vulnerabilities (DoĜAn et al., 2025).

Empirical findings across regions demonstrate the heterogeneous nature of this relationship. In ASEAN economies, sustainable lending practices and macroeconomic variables jointly affect credit risk dynamics (Arintoko et al., 2024). Similarly, the European banking sector has shown that adopting green technologies and human capital development mitigates climate-related credit losses (Afzal et al., 2024). In emerging markets, however, sustainable debt financing still carries “hidden costs,” stemming from underdeveloped regulatory frameworks and inconsistent ESG data disclosure (Rickman et al., 2024). Moreover, differing ESG data sources—local versus global—have led to variations in credit assessments, as observed in China’s financial system (Yu, 2024).

From a methodological standpoint, credit modeling is undergoing a digital transformation. Advances in artificial intelligence and data mining are reshaping the ways in which ESG and climate risk are quantified and embedded into credit scoring systems (Liao, 2025). Reinforcement learning and multi-feature algorithms have demonstrated superior predictive accuracy by dynamically adjusting the weight of ESG factors based on macroeconomic conditions (Kim & Arroyo-Turcios, 2025). Such computational approaches enable credit rating agencies and banks to capture nonlinear interactions between environmental exposure and financial stability (DoĜAn et al., 2025).

In this evolving landscape, it becomes essential to design an integrated framework that not only evaluates firms' financial soundness but also internalizes environmental and climate-related dimensions of risk. The present study therefore aims to construct and empirically test an **integrated credit validation model** that combines ESG indicators and climate risk measures within the credit rating process. By doing so, it addresses the current gap between conventional credit risk assessment and sustainability-driven financial analysis.

Methods and Materials

This study adopts a quantitative research design based on panel data from 165 listed firms on the Tehran Stock Exchange (TSE) from 2015 to 2023. The data include firm-level financial ratios, ESG metrics, and climate risk indicators derived from official environmental databases and meteorological records. A multi-step modeling approach was used to develop the integrated credit validation framework.

The dependent variable, firm credit score, was computed using a composite index of financial indicators such as debt-to-equity ratio, interest coverage, liquidity, and the modified Altman Z-score. Independent variables included three ESG dimensions: environmental (E), social (S), and governance (G), each constructed as weighted averages of their respective sub-indicators. Climate risk was operationalized through a composite measure encompassing temperature anomalies, rainfall deviation, and hazard exposure indices.

Regression-based modeling was employed to estimate the relationships among these variables. Fixed-effects panel regressions were selected after conducting Chow and Hausman tests, ensuring robustness against firm-specific heterogeneity. Interaction terms between ESG and climate risk were included to test moderation effects. All models were estimated using generalized least squares (GLS) with robust standard errors to control for heteroskedasticity and autocorrelation.

Findings

Descriptive statistics indicated moderate variability across ESG dimensions, with social indicators (mean = 0.58) performing slightly better than environmental (mean = 0.51) and governance (mean = 0.47) dimensions. The mean climate risk index was 0.42, signifying moderate exposure to climatic variability among Iranian firms.

The first regression model revealed a significant positive relationship between environmental performance and credit scores ($\beta = 0.284$, $p < 0.01$), suggesting that firms adopting environmentally responsible practices tend to have higher creditworthiness. Similarly, the social ($\beta = 0.241$, $p < 0.01$) and governance ($\beta = 0.327$, $p < 0.01$) indicators also exhibited positive and statistically significant effects on credit scores, confirming that firms with robust social responsibility and transparent governance structures experience lower default risks.

The fourth model tested the direct effect of climate risk on creditworthiness. Results showed a significant negative impact ($\beta = -0.226$, $p < 0.01$), indicating that higher climate risk exposure weakens firms' ability to maintain favorable credit ratings.

Finally, the interaction model demonstrated a significant moderating effect of climate risk on the ESG–credit relationship. The interaction term ($\beta = -0.129$, $p < 0.01$) was negative, meaning that the beneficial impact of ESG on credit ratings diminishes under high climate risk conditions. This suggests that while ESG performance strengthens credit profiles, its protective effect is contingent on firms' climate resilience.

The explanatory power (R^2) of the models ranged between 0.38 and 0.49, confirming moderate-to-high predictive capability. The integrated model that combined ESG and climate risk variables achieved the highest explanatory value ($R^2 = 0.489$), demonstrating the superiority of the combined approach compared to traditional credit models.

Discussion and Conclusion

The findings of this study highlight the significant role of sustainability factors in shaping corporate creditworthiness. Consistent with global evidence, the results confirm that integrating ESG metrics into credit evaluation enhances predictive accuracy and reflects firms' long-term financial resilience. The strong positive influence of governance indicators underscores the importance of transparency, board independence, and effective risk oversight in mitigating credit risk.

Furthermore, the study reveals that climate risk constitutes a substantial negative determinant of credit ratings. Firms operating in sectors vulnerable to environmental volatility face structural disadvantages in accessing financing, even when their financial fundamentals remain sound. This aligns with emerging literature emphasizing that physical and transition risks associated with climate change have both immediate and systemic implications for credit markets.

The interaction effects provide novel insights into the conditional nature of ESG's influence. While ESG performance improves credit scores, its effectiveness is context-dependent—strong ESG practices cannot fully offset the adverse consequences of high climate exposure. This finding reinforces the necessity for credit rating frameworks to explicitly account for environmental vulnerability and adaptation capacity.

Overall, the integrated credit validation model proposed in this study offers a robust and comprehensive tool for assessing firm-level credit risk under the dual lenses of financial soundness and sustainability. It demonstrates that climate-adjusted ESG evaluation can serve as an early warning mechanism, fostering both financial stability and environmental responsibility in emerging economies.

Authors' Contributions

Authors equally contributed to this article.

Acknowledgments

Authors thank all participants who participate in this study.

Declaration of Interest

The authors report no conflict of interest.

Funding

According to the authors, this article has no financial support.

Ethical Considerations

All procedures performed in this study were under the ethical standards.

مدل سازی اعتبارسنجی یکپارچه با ESG: ادغام ریسک اقلیمی و شاخص های پایداری در رتبه بندی اعتباری



تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت: ۱ تیر ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۲۳ مهر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۲۹ مهر ۱۴۰۴

تاریخ چاپ اولیه: ۳۰ مهر ۱۴۰۴

تاریخ چاپ نهایی: ۱۰ فروردین ۱۴۰۵

۱. محمد قزلباش^{ID}: دانشجوی دکتری مهندسی مالی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

۲. محمدمهدی باقری^{ID*}: دانشجوی دکتری حسابداری، گروه حسابداری، دانشکده علوم مالی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. ایمیل: MehdiBagheri103@gmail.com (نویسنده مسئول)

چکیده

هدف این پژوهش طراحی و آزمون یک مدل اعتبارسنجی یکپارچه است که در آن شاخص های زیست محیطی، اجتماعی و حاکمیت شرکتی (ESG) به همراه ریسک اقلیمی در فرآیند رتبه بندی اعتباری شرکت ها لحاظ می شوند. پژوهش از نوع کاربردی و با رویکرد کمی انجام شده است. داده های مربوط به ۱۶۵ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۳ جمع آوری و به صورت پانل متوازن تحلیل شد. متغیر وابسته رتبه اعتباری شرکت بود و متغیرهای مستقل شامل ابعاد سه گانه ESG و شاخص ترکیبی ریسک اقلیمی بودند. برای تحلیل داده ها از مدل رگرسیون پانلی با اثرات ثابت و روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) استفاده شد. نتایج نشان داد شاخص های محیط زیستی، اجتماعی و حاکمیت شرکتی همگی اثر مثبت و معناداری بر رتبه اعتباری شرکت ها دارند، در حالی که ریسک اقلیمی اثر منفی و قابل توجهی بر آن دارد. همچنین، نتایج مدل تعاملی نشان داد ریسک اقلیمی رابطه بین ESG و رتبه اعتباری را تعدیل می کند؛ به گونه ای که در شرایط ریسک اقلیمی بالا، اثر مثبت ESG بر رتبه اعتباری کاهش می یابد. مدل یکپارچه پیشنهادی بالاترین توان تبیین ($R^2=0.489$) را در مقایسه با مدل های سنتی نشان داد. ادغام شاخص های ESG و ریسک اقلیمی در فرآیند ارزیابی اعتباری موجب افزایش دقت مدل و ارزیابی واقع بینانه تر از پایداری مالی شرکت ها می شود. این مدل می تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای مدیریت ریسک و تصمیم گیری اعتباری در نظام مالی پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژگان: اعتبارسنجی، ESG، ریسک اقلیمی، رتبه بندی اعتباری، پایداری مالی

شیوه استناددهی: قزلباش، محمد، و باقری، محمدمهدی. (۱۴۰۵). مدل سازی اعتبارسنجی یکپارچه با ESG: ادغام ریسک اقلیمی و شاخص های پایداری در رتبه بندی اعتباری. *حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی*، ۴(۱)، ۱-۱۷.



در دهه اخیر، تغییرات اقلیمی و فشارهای زیست‌محیطی به یکی از چالش‌های بنیادین نظام مالی جهانی تبدیل شده است. افزایش خطرات اقلیمی از جمله سیلاب‌ها، خشکسالی، افزایش دما و آسیب به زیرساخت‌ها، ساختار پایداری مالی و اعتباری بنگاه‌ها را به شدت تحت تأثیر قرار داده است (Acharya et al., 2023). این پدیده نه تنها بر عملکرد عملیاتی شرکت‌ها اثرگذار است بلکه نظام‌های مالی و بانکی را نیز با چالش‌های اساسی در حوزه ارزیابی ریسک اعتباری مواجه کرده است (Oguntuase, 2020). به همین دلیل، مفهوم «اعتبارسنجی پایدار» و ادغام شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و حاکمیت شرکتی (ESG) با ارزیابی ریسک‌های مالی به یکی از محورهای اصلی پژوهش‌های مالی و سیاست‌گذاری اقتصادی تبدیل شده است (Xu, 2025).

اعتبارسنجی سنتی شرکت‌ها بر پایه شاخص‌های مالی و سابقه نکول بنا شده بود؛ اما امروزه این رویکرد دیگر برای ارزیابی جامع ریسک کافی نیست، زیرا عوامل غیرمالی مانند سازگاری با محیط زیست، رفتار اجتماعی و ساختار حاکمیت نیز می‌توانند به صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر ریسک نکول تأثیرگذار باشند (Malone et al., 2025). در واقع، فرآیند مدرن ارزیابی اعتباری در حال گذار از مدل‌های صرفاً کمی به مدل‌های ترکیبی است که در آن پایداری زیست‌محیطی و تاب‌آوری در برابر ریسک اقلیمی نیز مورد توجه قرار می‌گیرد (Tran & Uzmanoglu, 2024).

از منظر سیاست‌گذاری، مطالعات جدید نشان می‌دهد که دولت‌ها با اجرای نظام‌های اعتبارسنجی زیست‌محیطی می‌توانند بر رفتار بنگاه‌ها اثرگذار باشند و آنها را به سمت فعالیت‌های کم‌کربن و پایدار سوق دهند (Xu, 2025). در این میان، شاخص‌های ESG به عنوان یکی از ابزارهای اصلی در فرآیند ارزیابی اعتباری مورد استفاده قرار می‌گیرند و نقش فزاینده‌ای در پیش‌بینی احتمال نکول ایفا می‌کنند (Doğan et al., 2025). به بیان دیگر، شرکت‌هایی که عملکرد بهتری در حوزه پایداری دارند، از دید سرمایه‌گذاران و مؤسسات مالی دارای ریسک اعتباری پایین‌تری هستند (Yu, 2024).

از سوی دیگر، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مواجهه مستقیم با ریسک اقلیمی می‌تواند اثرات منفی بر کیفیت دارایی‌ها و بازپرداخت بدهی‌ها داشته باشد (Nguyen & Nguyen, 2025). در صنایع وابسته به منابع طبیعی مانند معدن، کشاورزی و انرژی، افزایش شدت خطرات اقلیمی موجب افت عملکرد مالی و افزایش احتمال نکول شده است (Martin, 2024). همچنین، ریسک اقلیمی می‌تواند اثر غیرمستقیم از طریق افزایش هزینه‌های بیمه، کاهش ارزش وثایق، و تغییر در سیاست‌های مالیاتی بر رتبه اعتباری شرکت‌ها داشته باشد (Anastasiou et al., 2024). این یافته‌ها ضرورت گنجاندن متغیرهای زیست‌محیطی در مدل‌های ارزیابی اعتباری را دوچندان می‌کند.

از منظر نظری، چارچوب «آزمون فشار اقلیمی» (Climate Stress Testing) در سال‌های اخیر به عنوان ابزاری برای سنجش تاب‌آوری مالی نظام بانکی مطرح شده است (Acharya et al., 2023). این چارچوب، اثرات احتمالی تغییرات اقلیمی بر سبد اعتباری بانک‌ها و شرکت‌های مالی را شبیه‌سازی می‌کند و امکان برآورد آسیب‌پذیری نظام مالی در برابر شوک‌های اقلیمی را فراهم می‌سازد (Campino, 2023). در همین راستا، مطالعاتی مانند پژوهش (Céu & Gaspar, 2024) تأکید دارند که ریسک اقلیمی نه تنها برای بخش مالی، بلکه برای بخش‌های واقعی اقتصاد از جمله کشاورزی و صنایع وابسته به زمین نیز تهدیدی بلندمدت محسوب می‌شود.

در حوزه مدل‌سازی اعتباری، رویکردهای جدید با بهره‌گیری از داده‌کاوی و یادگیری ماشین توانسته‌اند ارزیابی دقیق‌تری از ارتباط میان ESG و ریسک اعتباری ارائه دهند (Liao, 2025). مدل‌های مبتنی بر تقویت یادگیری (Reinforcement Learning) یا تحلیل چندویژگی (Multi-Feature Analysis) قادرند وزن‌دهی پویایی میان شاخص‌های مالی و غیرمالی ایجاد کنند تا اثر هم‌زمان پایداری و ریسک اقلیمی را شناسایی کنند (Kim & Arroyo-Turcios, 2025). در نتیجه، ارزیابی رتبه اعتباری در مدل‌های جدید نه فقط مبتنی بر وضعیت مالی فعلی، بلکه متکی بر رفتار پایدار بلندمدت شرکت‌ها در برابر مخاطرات اقلیمی است (Doğan et al., 2025).

در سطح بین‌المللی، یافته‌های (Afzal et al., 2024) نشان می‌دهد که بانک‌های اروپایی در سال‌های اخیر به دلیل الزامات نظارتی اتحادیه اروپا و توسعه فناوری‌های سبز، به سمت ادغام شاخص‌های زیست‌محیطی در فرآیند مدیریت ریسک حرکت کرده‌اند. این روند نه تنها به کاهش ریسک نکول منجر شده بلکه موجب افزایش اعتماد سرمایه‌گذاران نیز گردیده است. به همین ترتیب، پژوهش (Khemiri & Nouaili, 2025) در کشورهای منطقه منّا نشان می‌دهد که رشد سبز می‌تواند اثر منفی ریسک‌های اقلیمی بر وام‌های غیرجاری را کاهش دهد و در بلندمدت پایداری اعتباری نظام بانکی را ارتقا بخشد.

در کشورهای آسیایی نیز حرکت به سوی نظام‌های مالی سبز در حال گسترش است. مطالعه (Arintoko et al., 2024) با تمرکز بر کشورهای آسه‌آن نشان داد که متغیرهای کلان اقتصادی از جمله نرخ تورم، رشد تولید ناخالص داخلی و سیاست‌های سبز دولت‌ها بر ریسک اعتباری تأثیرگذارند و بانک‌هایی که وام‌های پایدار اعطا می‌کنند، از ریسک نکول پایین‌تری برخوردارند. یافته‌های مشابهی نیز توسط (Batoon & Rroji, 2024) گزارش شد که در آن، افزایش ریسک کربن در کنار نرخ‌های بهره بالا، منجر به افزایش هزینه تأمین مالی شرکت‌ها گردیده است.

در این میان، ارتباط میان پایداری محیطی و رتبه‌بندی حاکمیتی نیز اهمیت زیادی دارد. پژوهش (Şeker & İşgüven, 2025) با تمرکز بر پیوند میان تنوع زیستی و رتبه‌های اعتباری حاکمیتی، نشان داد که کشورهایی با عملکرد بهتر در حفاظت از منابع طبیعی، رتبه اعتباری بالاتری کسب می‌کنند. این یافته نشان می‌دهد که معیارهای زیست‌محیطی نه تنها در سطح شرکتی بلکه در سطح کلان اقتصادی نیز می‌توانند شاخصی از ثبات مالی باشند.

با این حال، یکی از چالش‌های اصلی در تلفیق ESG با مدل‌های اعتبارسنجی، عدم یکسانی چارچوب‌های ارزیابی و تفاوت در منبع داده‌ها است (Yébenes, 2024). در برخی کشورها، استانداردهای گزارش‌دهی ESG هنوز به‌طور کامل تدوین نشده و تفاوت میان شاخص‌های محلی و جهانی می‌تواند باعث ناهمسانی در رتبه‌بندی اعتباری شود (Yu, 2024). به‌ویژه در بازارهای نوظهور، هزینه‌های تأمین مالی سبز بالاتر از حد انتظار است و گاهی به عنوان «هزینه پنهان بدهی پایدار» از آن یاد می‌شود (Rickman et al., 2024).

از منظر ساختاری، توسعه مدل‌های رتبه‌بندی هوشمند با بهره‌گیری از الگوریتم‌های داده‌کاوی به عنوان گام بعدی در تحول نظام اعتبارسنجی مطرح است (Liao, 2025). چنین مدل‌هایی با ترکیب داده‌های تاریخی مالی، شاخص‌های ESG و داده‌های اقلیمی می‌توانند تصویر دقیق‌تری از تاب‌آوری شرکت‌ها ارائه دهند (Yoffe et al., 2023). افزون بر این، مطالعات نشان داده‌اند که ترکیب داده‌های محلی و جهانی در ارزیابی ESG می‌تواند دقت پیش‌بینی ریسک نکول را افزایش دهد؛ به‌طوری که در چین، اعتبارسنجی مبتنی بر رتبه‌های ESG محلی نسبت به داده‌های جهانی عملکرد بهتری نشان داده است (Yu, 2024).

از دیدگاه کلان، تغییرات اقلیمی نه تنها بر شرکت‌ها، بلکه بر کل سیستم مالی تأثیر دارد. پژوهش (Muzuva & Muzuva, 2024) نشان می‌دهد که پرتفوی وام‌های بانکی در معرض خطر اقلیمی ممکن است با کاهش کیفیت دارایی مواجه شوند و بانک‌ها باید استراتژی‌های مدیریت ریسک اقلیمی خود را بازنگری کنند. به همین ترتیب، (Razak et al., 2020) با تحلیل ابعاد پایداری در سطح شرکتی و کشوری نتیجه گرفت که هر سه بُعد ESG به طور معناداری بر ریسک اعتباری اثرگذار هستند و سرمایه‌گذاران باید این شاخص‌ها را در تصمیمات خود لحاظ کنند.

علاوه بر آن، مطالعات اخیر بر اهمیت نوآوری‌های فناورانه در پشتیبانی از گذار مالی پایدار تأکید دارند. برای مثال، (Kim & Arroyo-Turcios, 2025) مدلی از عوامل حیاتی موفقیت در رتبه‌بندی پروژه‌های زیرساختی پایدار ارائه کرده و نشان داده است که ادغام فناوری‌های سبز در پروژه‌های عمرانی می‌تواند پایداری مالی آن‌ها را تضمین کند. همچنین، (Yoon, 2023) بر ضرورت ادغام شاخص‌های ESG در تصمیم‌گیری شرکت‌ها برای ارتقای سرمایه اجتماعی و بهبود شهرت تأکید کرده است.

در نهایت، پژوهش‌های مفهومی نیز مسیر سیاستی این تحول را روشن کرده‌اند. (Shapoval, 2024) با تبیین چارچوبی مفهومی برای «سیاست پولی سبز» نشان داد که نظام‌های مالی باید از ابزارهای سیاستی برای تشویق وام‌دهی سبز و کاهش ریسک اقلیمی استفاده کنند. همچنین، (Céu & Gaspar, 2024) و (Afzal et al., 2024) بر این باورند که یکپارچه‌سازی سیاست‌های مالی و اقلیمی می‌تواند به کاهش نوسانات اقتصادی و افزایش پایداری بخش بانکی منجر شود.

با توجه به این تحولات، نیاز به یک مدل بومی و یکپارچه اعتبارسنجی که بتواند شاخص‌های ESG را در کنار متغیرهای اقلیمی در فرآیند ارزیابی ریسک مالی لحاظ کند، بیش از پیش احساس می‌شود. پژوهش‌های اخیر از جمله (Agatha & Mita, 2025) و (Khemiri & Nouaili, 2025) نشان می‌دهند که بانک‌ها و مؤسسات مالی در کشورهای در حال توسعه برای مدیریت ریسک اقلیمی و مالی به ابزارهای تحلیلی نوین نیاز دارند تا بتوانند تأثیر تغییرات اقلیمی را در رتبه‌بندی اعتباری مشتریان لحاظ کنند.

بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف طراحی و آزمون مدل اعتبارسنجی یکپارچه با ESG انجام می‌شود که در آن شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی، و حاکمیتی در کنار ریسک اقلیمی در فرآیند رتبه‌بندی اعتباری شرکت‌ها ادغام می‌شوند.

روش پژوهش و مواد

پژوهش حاضر از نوع کاربردی - توسعه‌ای است و از نظر رویکرد، یک مطالعه کمی با ماهیت همبستگی و مدل‌سازی رگرسیونی چندمتغیره محسوب می‌شود. هدف از این پژوهش، توسعه یک مدل اعتبارسنجی یکپارچه است که در آن شاخص‌های محیط‌زیستی، اجتماعی و حاکمیت شرکتی (ESG) به همراه ریسک اقلیمی در ارزیابی رتبه اعتباری شرکت‌ها تلفیق می‌شوند. جامعه آماری شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۲ است که دارای داده‌های مالی، غیرمالی و اقلیمی معتبر بوده‌اند. روش نمونه‌گیری به‌صورت حذف سیستماتیک انجام گرفت و در نهایت ۱۶۵ شرکت به‌عنوان نمونه نهایی انتخاب شدند. داده‌ها به‌صورت پانل متوازن و در سطح شرکت - سال تحلیل شدند تا امکان بررسی تغییرات زمانی و بین‌شرکتی فراهم شود.

ابزار گردآوری داده‌ها

اطلاعات مالی از پایگاه داده رسمی سازمان بورس، سامانه کدال و گزارش‌های حسابرسی‌شده شرکت‌ها استخراج گردید. داده‌های مربوط به شاخص‌های ESG از گزارش‌های پایداری منتشرشده توسط شرکت‌ها و پایگاه‌های معتبر جهانی مانند Refinitiv و Bloomberg ESG Database جمع‌آوری شد. داده‌های اقلیمی نظیر میانگین تغییرات دما، ناهنجاری بارش و شاخص شدت خشکسالی از پایگاه‌های داده سازمان هواشناسی کشور و Climate Data Center استخراج گردید. علاوه‌براین، داده‌های حاکمیت شرکتی مانند ترکیب هیئت‌مدیره، استقلال اعضا، و وجود کمیته حسابرسی از صورت‌جلسات مجامع عمومی شرکت‌ها جمع‌آوری شد. تمام داده‌ها در قالب یک بانک اطلاعاتی ساخت‌یافته در نرم‌افزار Excel ثبت و نرمال‌سازی شدند تا آماده ورود به مدل‌های آماری گردند.

متغیرها

مدل پژوهش شامل متغیر وابسته، متغیرهای مستقل، متغیر تعدیل‌گر، و متغیرهای کنترلی است. متغیر وابسته، رتبه اعتباری شرکت‌ها (Credit_Score) است که با استفاده از ترکیب چند نسبت مالی کلیدی محاسبه شد. شاخص ترکیبی رتبه اعتباری با استفاده از مدل تعدیل‌شده آلتمن و سایر نسبت‌های مالی کلیدی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Credit_Score_it} = (0.35 \times Z_it) + (0.25 \times \text{Liquidity_Ratio_it}) + (0.20 \times \text{Interest_Coverage_it}) + (0.20 \times \text{Debt_to_Equity_it})$$

که در آن Z_it بر اساس مدل آلتمن اصلاح‌شده محاسبه می‌شود:

$$Z_it = 1.2 \times (\text{Working_Capital} / \text{Total_Assets}) + 1.4 \times (\text{Retained_Earnings} / \text{Total_Assets}) + 3.3 \times (\text{EBIT} / \text{Total_Assets}) + 0.6 \times (\text{Market_Value_of_Equity} / \text{Total_Liabilities}) + 1.0 \times (\text{Sales} / \text{Total_Assets})$$

متغیرهای مستقل شامل سه بُعد ESG هستند:

بعد محیط‌زیستی (E):

$$E_it = (0.4 \times \text{Carbon_Intensity}) + (0.35 \times \text{Renewable_Energy_Ratio}) + (0.25 \times \text{Resource_Efficiency})$$

که در آن $\text{Renewable_Energy_Ratio} = \text{Renewable_Energy_Consumption} / \text{Carbon_Intensity}$ و $\text{Carbon_Intensity} = \text{CO}_2\text{Emissions} / \text{Revenue}$

$\text{Resource_Efficiency} = \text{Output} / \text{Resource_Input}$ و $\text{Total_Energy_Consumption}$

بعد اجتماعی (S):

$$S_it = (0.5 \times \text{Safety_Rate}) + (0.3 \times \text{Diversity_Index}) + (0.2 \times \text{CSR_Ratio})$$

که در آن $\text{CSR_Ratio} = \text{CSR_Spending} / \text{Total_Assets}$ و $\text{Safety_Rate} = 1 - (\text{Accidents} / \text{Employees})$

بعد حاکمیت شرکتی (G):

$$G_it = (0.5 \times \text{Board_Independence}) + (0.3 \times \text{Ownership_Concentration}) + (0.2 \times \text{Audit_Committee})$$

که $\text{Board_Independence} = \text{Independent_Members} / \text{Total_Board_Members}$ و Audit_Committee به صورت متغیر مجازی (۱=وجود، ۰=عدم وجود) تعریف شده است.

متغیر تعدیل گر، ریسک اقلیمی (Climate_Risk) است که از ترکیب سه شاخص ناهنجاری دما، بارش و شدت بلایای طبیعی محاسبه می شود:

$$\text{Climate_Risk_it} = (0.4 \times \text{Temperature_Anomaly_Index}) + (0.35 \times \text{Rainfall_Deviation_Index}) + (0.25 \times \text{Hazard_Exposure_Index})$$

تمام شاخص ها در بازه [۰,۱] نرمال سازی شدند تا قابلیت مقایسه در مدل فراهم شود.

متغیرهای کنترلی شامل اندازه شرکت ($\text{Firm_Size} = \log(\text{Total_Assets})$), سودآوری ($\text{ROA} = \text{Net_Income} / \text{Total_Assets}$) و اهرم مالی ($\text{Leverage} = \text{Total_Debt} / \text{Total_Assets}$) هستند.

روش تحلیل داده ها

به منظور تحلیل داده ها از مدل های رگرسیونی چندمتغیره با داده های ترکیبی (Panel Data) استفاده شد. در ابتدا آزمون های F لیمر و هاسمن برای تعیین نوع مدل مناسب انجام شد. بر اساس نتایج، مدل اثرات ثابت ($\text{Fixed Effects Model}$) برای تحلیل داده ها انتخاب گردید، چرا که واریانس میان شرکت ها قابل کنترل بود. آزمون های مانایی سری زمانی (ADF) برای متغیرها اجرا شد تا از ایستایی داده ها اطمینان حاصل گردد. سپس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن باقیمانده ها و آزمون واریانس ناهمسان (White Test) جهت کنترل همسانی واریانس ها اجرا شد.

مدل اصلی پژوهش به صورت زیر تدوین گردید:

$$\text{Credit_Score_it} = \beta_0 + \beta_1(E_it) + \beta_2(S_it) + \beta_3(G_it) + \beta_4(\text{Climate_Risk_it}) + \beta_5(E_it \times \text{Climate_Risk_it}) + \beta_6(S_it \times \text{Climate_Risk_it}) + \beta_7(G_it \times \text{Climate_Risk_it}) + \beta_8(\text{Control_Variables_it}) + \varepsilon_it$$

در این معادله، β ضرایب رگرسیونی، i نشان دهنده شرکت و t نمایانگر سال است. آزمون ضرایب با روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) جهت کنترل ناهمسان واری اجرا شد. برای مقایسه دقت مدل سنتی و مدل یکپارچه پیشنهادی، معیارهای R^2 , RMSE و MAE محاسبه و ارزیابی شدند. تمامی تحلیل ها در نرم افزار EViews نسخه ۱۲ و Stata نسخه ۱۷ انجام شد.

فرضیات پژوهش

فرضیه اول: شاخص های محیط زیستی (E) اثر مثبت و معناداری بر رتبه اعتباری شرکت ها دارند.

مدل رگرسیونی مربوط:

$$\text{Credit_Score_it} = \alpha_0 + \alpha_1(E_it) + \alpha_2(\text{Control_Variables_it}) + \varepsilon_it$$

فرضیه دوم: شاخص های اجتماعی (S) اثر مثبت و معناداری بر رتبه اعتباری شرکت ها دارند.

مدل رگرسیونی مربوط:

$$\text{Credit_Score_it} = \alpha_0 + \alpha_1(S_it) + \alpha_2(\text{Control_Variables_it}) + \varepsilon_it$$

فرضیه سوم: شاخص های حاکمیت شرکتی (G) اثر مثبت و معناداری بر رتبه اعتباری شرکت ها دارند.

مدل رگرسیونی مربوط:

$$\text{Credit_Score_it} = \alpha_0 + \alpha_1(G_it) + \alpha_2(\text{Control_Variables_it}) + \varepsilon_it$$

فرضیه چهارم: ریسک اقلیمی اثر منفی و معناداری بر رتبه اعتباری شرکت ها دارد.

مدل رگرسیونی مربوط:

$$\text{Credit_Score_it} = \alpha_0 + \alpha_1(\text{Climate_Risk_it}) + \alpha_2(\text{Control_Variables_it}) + \varepsilon_{it}$$

فرضیه پنجم: ریسک اقلیمی رابطه بین شاخص‌های ESG و رتبه اعتباری را تعدیل می‌کند؛ به‌طوری که با افزایش شدت ریسک اقلیمی، تأثیر مثبت ESG بر رتبه اعتباری کاهش می‌یابد.

مدل رگرسیونی مربوط:

$$\text{Credit_Score_it} = \alpha_0 + \alpha_1(\text{ESG_it}) + \alpha_2(\text{Climate_Risk_it}) + \alpha_3(\text{ESG_it} \times \text{Climate_Risk_it}) + \alpha_4(\text{Control_Variables_it}) + \varepsilon_{it}$$

یافته‌ها

در این پژوهش داده‌های ۱۶۵ شرکت پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۲ به‌صورت پانل متوازن مورد تحلیل قرار گرفت. کل تعداد مشاهدات برابر با ۱۴۸۵ مشاهده شرکت-سال بود. پیش از اجرای تحلیل‌های رگرسیونی، داده‌ها از نظر نرمال‌سازی، شناسایی مقادیر پرت و هم‌مقیاس‌سازی بررسی شدند. برای نرمال‌سازی از روش Min-Max Scaling استفاده شد تا شاخص‌های مالی و غیرمالی در بازه [۰,۱] قرار گیرند و از بروز ناهمگنی مقیاس بین متغیرهای ESG، ریسک اقلیمی و شاخص‌های مالی جلوگیری شود.

نتایج آمار توصیفی در جدول زیر ارائه شده است. این آمار نشان می‌دهد که میانگین شاخص محیط‌زیستی (E) شرکت‌ها برابر با ۰.۵۱ است که بیانگر سطح متوسط عملکرد زیست‌محیطی در نمونه مورد بررسی می‌باشد. شاخص اجتماعی (S) با میانگین ۰.۵۸ از وضعیت بهتری نسبت به شاخص‌های دیگر برخوردار است، در حالی که شاخص حاکمیت شرکتی (G) با میانگین ۰.۴۷ دارد و نشان می‌دهد ساختار حاکمیتی بسیاری از شرکت‌ها هنوز از شفافیت و استقلال کافی برخوردار نیست.

میانگین رتبه اعتباری شرکت‌ها (Credit_Score) برابر با ۰.۶۳ است و انحراف معیار آن (۰.۱۸) بیانگر پراکندگی قابل‌توجه بین بنگاه‌ها از نظر سلامت مالی و توان بازپرداخت بدهی است. متغیر ریسک اقلیمی (Climate_Risk) میانگین ۰.۴۲ دارد که نشان‌دهنده سطح متوسط مواجهه شرکت‌ها با نوسانات اقلیمی (نظیر تغییرات دما، بارش و خطرات محیطی) است. در میان متغیرهای کنترلی، اندازه شرکت (Firm_Size) با میانگین لگاریتمی ۱۳.۷۴ بیشترین پراکندگی را داشته که منعکس‌کننده تفاوت زیاد در مقیاس دارایی‌ها میان شرکت‌هاست.

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

متغیر	نماد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
رتبه اعتباری	Credit_Score	۰.۶۳	۰.۱۸	۰.۲۴	۰.۹۴
شاخص محیط‌زیستی	E	۰.۵۱	۰.۲۱	۰.۰۷	۰.۹۱
شاخص اجتماعی	S	۰.۵۸	۰.۱۹	۰.۱۵	۰.۹۲
شاخص حاکمیت شرکتی	G	۰.۴۷	۰.۱۶	۰.۱۲	۰.۸۳
ریسک اقلیمی	Climate_Risk	۰.۴۲	۰.۱۴	۰.۱۰	۰.۷۵
اندازه شرکت	Firm_Size	۱۳.۷۴	۱.۰۶	۱۱.۳۲	۱۶.۴۵
سودآوری (ROA)	ROA	۰.۰۹۱	۰.۰۶۷	-۰.۱۲۴	۰.۲۴۳
اهرم مالی	Leverage	۰.۴۷	۰.۱۹	۰.۱۱	۰.۸۲

تحلیل اولیه داده‌ها نشان می‌دهد که همبستگی‌های بین متغیرها در محدوده منطقی قرار دارند و توزیع متغیرها از نظر نرمال بودن قابل‌قبول است. همچنین، مقادیر میانگین شاخص‌های ESG نشان می‌دهد که بسیاری از شرکت‌های ایرانی در مسیر پیاده‌سازی سیاست‌های پایداری هستند، اما هنوز تا دستیابی به سطوح بین‌المللی ESG فاصله دارند.

قزلباش و همکاران

پیش از اجرای مدل‌های رگرسیونی پانلی، مفروضات آماری پایه بررسی گردید تا از صحت تحلیل اطمینان حاصل شود. در گام نخست، نرمال بودن باقیمانده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. نتایج نشان داد که سطح معناداری برای تمامی متغیرها بیش از ۰.۰۵ بوده و بنابراین فرض نرمال بودن داده‌ها تأیید می‌شود. آزمون جاک-برا نیز نتایجی مشابه ارائه داد.

در گام دوم، آزمون مانایی (ADF) برای متغیرهای پانلی انجام شد تا از ایستایی داده‌ها اطمینان حاصل شود. تمامی متغیرها در سطح ۵ درصد معناداری ایستا بودند و نیازی به تفاضل‌گیری نبود.

در گام سوم، برای بررسی هم‌خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل، شاخص Variance Inflation Factor (VIF) محاسبه شد. میانگین VIF در تمامی مدل‌ها کمتر از ۲.۵ و حداکثر مقدار برای متغیرهای ESG حدود ۳ بود که در حد مجاز (کمتر از ۵) قرار دارد. بنابراین، مشکل هم‌خطی در داده‌ها وجود ندارد.

در گام چهارم، برای بررسی واریانس ناهمسان، از آزمون Breusch-Pagan استفاده شد. نتایج این آزمون برای مدل نهایی مقدار آماره $\chi^2 = 7.42$ با سطح معناداری ۰.۱۲ را نشان داد، لذا فرض همسانی واریانس‌ها پذیرفته می‌شود. در کنار آن، آزمون دوربین-واتسون (DW) نیز جهت بررسی خودهمبستگی خطاها انجام شد که مقدار آن برابر با ۱.۹۶ بود و در محدوده قابل قبول (۱.۵ تا ۲.۵) قرار دارد.

جدول ۲. نتایج بررسی مفروضه‌های آماری مدل‌های رگرسیونی

آزمون	متغیر یا مدل	آماره	سطح معناداری	نتیجه
کولموگروف-اسمیرنوف	متغیرهای اصلی	۰.۰۸۷	۰.۱۳۲	داده‌ها نرمال هستند
آزمون جاک-برا	مدل نهایی	۱.۹۵	۰.۱۶	نرمال بودن تأیید شد
آزمون ADF	ESG, Credit_Score, Climate_Risk	—	<۰.۰۵	مانایی داده‌ها تأیید شد
میانگین VIF	همه متغیرها	۲.۳۱	—	بدون هم‌خطی چندگانه
آزمون بروس-پاگان	مدل نهایی	۷.۴۲	۰.۱۲	واریانس همسان
آماره دوربین-واتسون	مدل نهایی	۱.۹۶	—	بدون خودهمبستگی خطاها

نتایج آزمون‌های تشخیصی نشان دادند که داده‌ها از مفروضات لازم برای اجرای رگرسیون چندمتغیره برخوردارند و تحلیل رگرسیونی پانلی می‌تواند با اطمینان انجام شود. پس از تأیید مفروضات آماری، گام بعدی انتخاب نوع مدل پانلی مناسب بود. برای این منظور، ابتدا آزمون F لیمر (Chow Test) برای بررسی برتری مدل پانلی نسبت به مدل تلفیقی انجام شد. نتایج آزمون نشان داد مقدار آماره F برابر با ۱۲.۸۳ و سطح معناداری آن کمتر از ۰.۰۰۱ است؛ بنابراین مدل پانلی نسبت به مدل تلفیقی برتری دارد و باید از داده‌های ترکیبی استفاده شود.

در گام دوم، برای انتخاب میان مدل اثرات ثابت و مدل اثرات تصادفی، آزمون هاسمن (Hausman Test) اجرا شد. مقدار آماره χ^2 این آزمون برابر با ۱۸.۴۷ و سطح معناداری کمتر از ۰.۰۵ بود که نشان می‌دهد مدل اثرات ثابت برای این داده‌ها مناسب‌تر است. بر این اساس، در تمامی فرضیات از مدل اثرات ثابت استفاده شد تا تفاوت‌های ثابت میان شرکت‌ها (نظیر ساختار مالکیت، صنعت فعالیت و فرهنگ سازمانی) کنترل گردد.

جدول ۳. نتایج آزمون F لیمر و آزمون هاسمن

آزمون	آماره	سطح معناداری	نتیجه	مدل منتخب
آزمون F لیمر	۱۲.۸۳	۰.۰۰۰	مدل پانلی مناسب‌تر از مدل تلفیقی است	—
آزمون هاسمن	۱۸.۴۷	۰.۰۰۲	اثرات ثابت بر اثرات تصادفی برتری دارد	مدل اثرات ثابت (Fixed Effects)

با توجه به نتایج جدول فوق، مدل نهایی پژوهش در قالب رگرسیون پانل با اثرات ثابت برآورد شده است. این انتخاب از آن جهت اهمیت دارد که مدل اثرات ثابت، ویژگی‌های خاص هر شرکت را که در طول زمان ثابت می‌مانند (مانند نوع صنعت یا سیاست‌های کلان مدیریتی) کنترل کرده و بر روابط درون شرکتی بین متغیرها تمرکز می‌کند.

فرضیه ۱: شاخص‌های محیط‌زیستی (E) اثر مثبت و معناداری بر رتبه اعتباری شرکت‌ها دارند.

جدول ۴. نتایج رگرسیون فرضیه اول (تأثیر شاخص محیط‌زیستی بر رتبه اعتباری)

متغیر	ضریب رگرسیونی (β)	آماره t	سطح معناداری	نتیجه فرضیه
عرض از مبدأ (ثابت)	۰.۲۱۸	۳.۴۶	۰.۰۰۱	—
شاخص محیط‌زیستی (E)	۰.۲۸۴	۵.۷۲	۰.۰۰۰	تأیید شد
اندازه شرکت (Firm_Size)	۰.۰۶۱	۲.۱۵	۰.۰۳۳	—
سودآوری (ROA)	۰.۱۹۷	۴.۸۴	۰.۰۰۰	—
اهرم مالی (Leverage)	-۰.۱۵۳	-۳.۲۶	۰.۰۰۱	—
	$R^2 = ۰.۴۱۸$	$F = ۳۷.۲۵$	$Sig = ۰.۰۰۰$	—

نتایج جدول نشان می‌دهد که ضریب متغیر شاخص محیط‌زیستی برابر با ۰.۲۸۴ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است. این یافته بیانگر آن است که شرکت‌هایی که عملکرد زیست‌محیطی بهتری دارند—مانند کاهش انتشار کربن، افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود بهره‌وری منابع—از رتبه اعتباری بالاتری برخوردارند. در واقع، بازار سرمایه و مؤسسات مالی این رفتارها را نشانه‌ای از ثبات عملیاتی و مدیریت ریسک بلندمدت تلقی می‌کنند. متغیرهای کنترلی نیز نتایج قابل انتظار داشتند؛ سودآوری اثر مثبت و معنادار بر رتبه اعتباری دارد، در حالی که افزایش اهرم مالی موجب تضعیف آن می‌شود. ضریب تعیین ($R^2=0.418$) نیز نشان می‌دهد حدود ۴۲ درصد از تغییرات رتبه اعتباری توسط این مدل تبیین می‌شود.

فرضیه ۲: شاخص‌های اجتماعی (S) اثر مثبت و معناداری بر رتبه اعتباری شرکت‌ها دارند.

جدول ۵. نتایج رگرسیون فرضیه دوم (تأثیر شاخص اجتماعی بر رتبه اعتباری)

متغیر	ضریب رگرسیونی (β)	آماره t	سطح معناداری	نتیجه فرضیه
عرض از مبدأ (ثابت)	۰.۲۳۲	۳.۱۱	۰.۰۰۲	—
شاخص اجتماعی (S)	۰.۲۴۱	۴.۸۹	۰.۰۰۰	تأیید شد
اندازه شرکت (Firm_Size)	۰.۰۵۷	۱.۹۷	۰.۰۴۹	—
سودآوری (ROA)	۰.۱۸۳	۴.۲۶	۰.۰۰۰	—
اهرم مالی (Leverage)	-۰.۱۶۵	-۳.۵۴	۰.۰۰۰	—
	$R^2 = ۰.۳۹۲$	$F = ۳۴.۶۸$	$Sig = ۰.۰۰۰$	—

نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که ضریب شاخص اجتماعی برابر با ۰.۲۴۱ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است. بنابراین، فرضیه دوم تأیید می‌شود. این یافته حاکی از آن است که سرمایه‌گذاران و اعتباردهندگان نسبت به شرکت‌هایی که از لحاظ اجتماعی مسئولانه عمل می‌کنند—از جمله در زمینه ایمنی نیروی کار، تنوع جنسیتی، و سرمایه‌گذاری در مسئولیت اجتماعی—نگرش مثبتی دارند و چنین شرکت‌هایی از دیدگاه ریسک اعتباری، قابل‌اعتمادتر ارزیابی می‌شوند.

از سوی دیگر، سودآوری شرکت و اندازه بنگاه نیز رابطه مثبتی با رتبه اعتباری داشته‌اند، در حالی که اهرم مالی اثر منفی خود را حفظ کرده است. مقدار ضریب تعیین ($R^2=0.392$) نشان می‌دهد حدود ۳۹ درصد از واریانس رتبه اعتباری به‌واسطه متغیرهای اجتماعی و کنترلی تبیین می‌شود، که نسبتاً بالا و قابل‌قبول است.

فرضیه ۳: شاخص‌های حاکمیت شرکتی (G) اثر مثبت و معناداری بر رتبه اعتباری شرکت‌ها دارند.

جدول ۶. نتایج رگرسیون فرضیه سوم (تأثیر شاخص حاکمیت شرکتی بر رتبه اعتباری)

متغیر	ضریب رگرسیونی (β)	آماره t	سطح معناداری	نتیجه فرضیه
عرض از مبدأ (ثابت)	۰.۲۰۸	۲.۹۴	۰.۰۰۴	—
شاخص حاکمیت شرکتی (G)	۰.۳۲۷	۶.۴۱	۰.۰۰۰	تأیید شد
اندازه شرکت (Firm_Size)	۰.۰۶۳	۲.۲۷	۰.۰۲۴	—

قزلباش و همکاران

—	۰.۰۰۰	۴.۰۲	۰.۱۷۵	سودآوری (ROA)
—	۰.۰۰۴	-۲.۹۱	-۰.۱۳۸	اهرم مالی (Leverage)
—	—	Sig = ۰.۰۰۰	F = ۴۱.۱۸	R ² = ۰.۴۴۶

یافته‌های جدول فوق نشان می‌دهد که شاخص حاکمیت شرکتی با ضریب مثبت ۰.۳۳۷ و سطح معناداری کمتر از ۰.۰۰۱، اثر مثبت و قوی بر رتبه اعتباری شرکت‌ها دارد. این نتیجه بیانگر آن است که شرکت‌هایی با ساختار هیئت‌مدیره مستقل‌تر، کمیته حسابرسی فعال، و تمرکز مالکیت کمتر، در معرض ریسک نکول پایین‌تری قرار دارند و در نتیجه از رتبه اعتباری بالاتری برخوردار می‌شوند. این رابطه مثبت، بازتابی از نقش نظارتی کارآمد حاکمیت شرکتی در کاهش رفتارهای فرصت‌طلبانه و ارتقای شفافیت مالی است. همچنین مشاهده می‌شود که در این مدل نیز، اندازه شرکت و سودآوری اثر مثبت دارند، در حالی که اهرم مالی رابطه‌ای منفی با رتبه اعتباری نشان داده است. مقدار ضریب تعیین ($R^2=0.446$) بالاتر از دو مدل قبلی است و نشان می‌دهد که متغیرهای حاکمیت شرکتی قدرت تبیین بیشتری در تغییرات اعتبار مالی شرکت‌ها دارند.

فرضیه ۴: ریسک اقلیمی اثر منفی و معناداری بر رتبه اعتباری شرکت‌ها دارد.

جدول ۷. نتایج رگرسیون فرضیه چهارم (تأثیر ریسک اقلیمی بر رتبه اعتباری)

متغیر	ضریب رگرسیونی (β)	آماره t	سطح معناداری	نتیجه فرضیه
عرض از مبدأ (ثابت)	۰.۳۱۷	۴.۱۱	۰.۰۰۰	—
ریسک اقلیمی (Climate_Risk)	-۰.۲۲۶	-۵.۳۸	۰.۰۰۰	تأیید شد
اندازه شرکت (Firm_Size)	۰.۰۴۸	۱.۸۷	۰.۰۶۱	—
سودآوری (ROA)	۰.۱۴۲	۳.۲۷	۰.۰۰۱	—
اهرم مالی (Leverage)	-۰.۱۲۱	-۲.۷۴	۰.۰۰۶	—
	F = ۳۱.۰۶	Sig = ۰.۰۰۰	—	—
	R ² = ۰.۳۷۶			

نتایج جدول نشان می‌دهد که ضریب ریسک اقلیمی برابر با -۰.۲۲۶ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است. بنابراین، فرضیه چهارم مبنی بر اثر منفی ریسک اقلیمی بر رتبه اعتباری تأیید می‌شود. این یافته نشان می‌دهد که شرکت‌هایی که در مناطق یا صنایع با نوسانات شدید اقلیمی، مانند تغییرات دما، خشکسالی یا سیلاب فعالیت می‌کنند، معمولاً از دید مؤسسات مالی دارای ریسک نکول بالاتری هستند. چنین ریسک‌هایی می‌توانند بر هزینه‌های عملیاتی، زنجیره تأمین و پایداری مالی شرکت‌ها اثر منفی بگذارند. در میان متغیرهای کنترلی، سودآوری و اندازه شرکت تأثیر مثبت داشته و اهرم مالی اثر منفی خود را حفظ کرده است. مقدار ضریب تعیین ($R^2=0.376$) نیز بیانگر آن است که حدود ۳۸ درصد از تغییرات رتبه اعتباری توسط مدل شامل متغیر ریسک اقلیمی و عوامل کنترلی توضیح داده می‌شود.

فرضیه ۵: ریسک اقلیمی رابطه بین شاخص‌های ESG و رتبه اعتباری شرکت‌ها را تعدیل می‌کند؛ به گونه‌ای که با افزایش شدت ریسک اقلیمی، اثر مثبت ESG بر رتبه اعتباری کاهش می‌یابد.

جدول ۸. نتایج رگرسیون فرضیه پنجم (اثر تعدیلی ریسک اقلیمی بر رابطه بین ESG و رتبه اعتباری)

متغیر	ضریب رگرسیونی (β)	آماره t	سطح معناداری	نتیجه فرضیه
عرض از مبدأ (ثابت)	۰.۲۵۶	۳.۶۸	۰.۰۰۰	—
شاخص ESG	۰.۳۱۱	۶.۰۴	۰.۰۰۰	—
ریسک اقلیمی	-۰.۱۸۷	-۴.۱۲	۰.۰۰۰	—
تعامل ESG × Climate_Risk	-۰.۱۲۹	-۲.۷۷	۰.۰۰۶	تأیید شد
اندازه شرکت (Firm_Size)	۰.۰۵۹	۲.۰۳	۰.۰۴۳	—
سودآوری (ROA)	۰.۱۶۴	۳.۸۱	۰.۰۰۰	—
اهرم مالی (Leverage)	-۰.۱۳۴	-۳.۰۵	۰.۰۰۲	—
	F = ۴۵.۲۳	Sig = ۰.۰۰۰	—	—
	R ² = ۰.۴۸۹			

نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که اثر تعاملی میان شاخص ESG و ریسک اقلیمی ($ESG \times Climate_Risk$) دارای ضریب منفی 0.129- و سطح معناداری کمتر از 0.01 است. این نتیجه نشان‌دهنده نقش تعدیل‌گر ریسک اقلیمی است؛ به این معنا که اگرچه شاخص‌های ESG به‌صورت کلی اثر مثبتی بر رتبه اعتباری دارند، اما در محیط‌هایی با ریسک اقلیمی بالا، کارایی این اثر کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، شرکت‌هایی که در معرض تهدیدهای اقلیمی شدید هستند، حتی در صورت عملکرد قوی در حوزه پایداری، ممکن است نتوانند به همان اندازه از مزایای اعتباری بهره‌مند شوند.

از سوی دیگر، ضریب مثبت و معنادار متغیر اصلی ESG (0.311) تأیید می‌کند که پایداری سازمانی به‌طور کلی عامل تقویت‌کننده رتبه اعتباری است، در حالی که اثر منفی ریسک اقلیمی (0.187-) نیز بار دیگر پایدار بودن نتیجه فرضیه چهارم را نشان می‌دهد. در این مدل، مقدار ضریب تعیین ($R^2=0.489$) نسبت به سایر مدل‌ها بالاتر است، که نشان می‌دهد مدل تعاملی با در نظر گرفتن اثرات هم‌زمان ESG و ریسک اقلیمی توان توضیحی بیشتری نسبت به مدل‌های ساده‌تر دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هر سه بُعد شاخص‌های ESG یعنی ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی و حاکمیت شرکتی اثر مثبت و معناداری بر رتبه اعتباری شرکت‌ها دارند، در حالی که ریسک اقلیمی اثر منفی و قابل‌توجهی بر رتبه اعتباری دارد. همچنین، نتایج تحلیل تعاملی نشان داد که ریسک اقلیمی نقش تعدیل‌گر منفی در رابطه بین ESG و رتبه اعتباری ایفا می‌کند؛ به‌طوری‌که در شرایط افزایش ریسک اقلیمی، تأثیر مثبت شاخص‌های پایداری بر اعتبار شرکت‌ها کاهش می‌یابد.

این یافته‌ها با مبانی نظری و شواهد تجربی بین‌المللی کاملاً هم‌راستا است. نتایج مربوط به تأثیر مثبت شاخص محیط‌زیستی (E) بر رتبه اعتباری نشان می‌دهد که شرکت‌هایی که انتشار کربن را کاهش داده و به سمت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر حرکت می‌کنند، از نظر مؤسسات مالی و سرمایه‌گذاران دارای ریسک نکول کمتری تلقی می‌شوند (Afzal et al., 2024; Batoon & Rroji, 2024). این موضوع در مطالعات متعددی تأیید شده است، به‌ویژه پژوهش (Khemiri & Nouaili, 2025) که نشان داد رشد سبز و سیاست‌های محیطی می‌تواند اثر منفی تغییرات اقلیمی بر وام‌های غیرجاری را در کشورهای منطقه مناهش دهد. از سوی دیگر، نتایج (Anastasiou et al., 2024) بیانگر آن است که مخاطرات اقلیمی موجب افزایش احتمال نکول و کاهش کیفیت اعتباری در شرکت‌های آسیب‌پذیر از نظر زیست‌محیطی می‌شود؛ بنابراین شرکت‌هایی با سیاست‌های محیطی پایدارتر، از منظر اعتباری قابل‌اعتمادترند.

تأثیر مثبت شاخص اجتماعی (S) نیز یافته مهم دیگری است که نشان می‌دهد عملکرد مثبت در حوزه‌های ایمنی نیروی کار، مسئولیت اجتماعی و عدالت سازمانی می‌تواند به بهبود رتبه اعتباری کمک کند. این نتیجه با پژوهش (Popoola, 2025) همسو است که در آن نشان داده شد دسترسی عادلانه به منابع مالی و اعتباری، پذیرش فناوری‌های هوشمند اقلیمی را در جوامع کشاورزی تقویت می‌کند و به پایداری اقتصادی منجر می‌شود. بر اساس (Yoon, 2023)، شرکت‌هایی که سرمایه اجتماعی و مسئولیت‌پذیری بالاتری دارند، درک مثبتی از منظر سرمایه‌گذاران ایجاد کرده و در نتیجه ریسک نکول پایین‌تری تجربه می‌کنند. چنین یافته‌هایی تأیید می‌کند که تعهد اجتماعی نه تنها جنبه اخلاقی دارد بلکه مستقیماً به تاب‌آوری مالی و اعتباری تبدیل می‌شود.

در زمینه شاخص حاکمیت شرکتی (G)، نتایج نشان داد که استقلال هیئت‌مدیره، وجود کمیته حسابرسی و ساختار شفاف مالکیت تأثیر معناداری بر ارتقای رتبه اعتباری دارند. این نتایج با پژوهش‌های (Malone et al., 2025) و (Razak et al., 2020) همخوان است که نشان دادند ادغام معیارهای ESG در نظام اعتبارسنجی نه تنها شفافیت را افزایش می‌دهد بلکه از تمرکز ریسک و تصمیمات پرریسک مدیران جلوگیری می‌کند. (Xu, 2025) نیز با بررسی رتبه‌های اعتباری شرکت‌ها در چین نشان داد که سیاست‌های حاکمیتی کارآمد می‌تواند از طریق بهبود عملکرد محیط‌زیستی، کاهش قرارگیری در معرض ریسک اقلیمی و تقویت انضباط مالی، رتبه اعتباری را ارتقا دهد.

در مورد تأثیر منفی ریسک اقلیمی بر رتبه اعتباری، یافته‌های این مطالعه با شواهد پژوهش‌های بین‌المللی سازگار است. (Nguyen & Nguyen, 2025) و (Martin, 2024) نشان دادند که افزایش شدت بلایای طبیعی و تغییرات دما به‌طور مستقیم موجب افزایش نکول و کاهش بازدهی وام‌ها در بخش‌های انرژی و معدن می‌شود. همچنین (Acharya et al., 2023) از طریق آزمون فشار اقلیمی نشان داد که در سناریوهای بدبینانه، ریسک اقلیمی می‌تواند زیان مورد انتظار سبدهای اعتباری بانکی را تا ۲۰ درصد افزایش دهد. در چنین شرایطی، عملکرد ضعیف در حوزه زیست‌محیطی و وابستگی بالا به منابع غیرتجدیدپذیر منجر به کاهش شدید رتبه اعتباری می‌شود.

نتیجه مهم دیگر، نقش تعدیل گر منفی ریسک اقلیمی در رابطه بین ESG و رتبه اعتباری است. این یافته بدین معناست که حتی اگر شرکتی عملکرد مطلوبی در شاخص های پایداری داشته باشد، اما در محیطی با ریسک اقلیمی بالا فعالیت کند، ممکن است اثر مثبت ESG بر رتبه اعتباری آن کاهش یابد. این موضوع با تحلیل (Tran & Uzmanoglu, 2024) همخوان است که نشان داد در مناطق با خطرات اقلیمی بالا، رتبه های اعتباری حتی در میان شرکت های پایدارتر نیز دچار نوسان می شود. همچنین (Campino, 2023) تأکید کرده است که شدت ریسک اقلیمی در آزمون های فشار اعتباری به عنوان متغیری کاهنده برای اثر ESG باید لحاظ شود.

بر این اساس، می توان نتیجه گرفت که ترکیب ESG با متغیرهای اقلیمی، به درک جامع تری از پایداری اعتباری منجر می شود. پژوهش (Céu & Gaspar, 2024) نیز در زمینه کشاورزی نشان داد که مدل های سنتی ارزیابی اعتباری بدون لحاظ ریسک های اقلیمی، تمایل به بیش برآورد پایداری مالی دارند. یافته مشابهی توسط (Arintoko et al., 2024) در کشورهای آسه آن گزارش شد که نشان داد ترکیب داده های کلان اقتصادی با شاخص های ESG، دقت مدل های پیش بینی نکول را افزایش می دهد.

همچنین نتایج این مطالعه نشان می دهد که مدل یکپارچه پیشنهادی قادر است بخش قابل توجهی از واریانس رتبه اعتباری را تبیین کند (R^2 بالاتر از ۰.۴۸ در مدل تعاملی)، که نسبت به مدل های سنتی برتری دارد. این یافته با تحقیق (Liao, 2025) سازگار است که الگوریتم یادگیری تقویتی را برای بهبود دقت ارزیابی اعتباری مبتنی بر ESG پیشنهاد کرد. به علاوه، (Doğan et al., 2025) نشان داد که داده کاوی مبتنی بر ESG می تواند در پیش بینی رتبه بندی اعتباری دقت بیشتری ایجاد کند. این مطالعات تأیید می کنند که تلفیق فناوری های تحلیلی با شاخص های پایداری، ابزار مؤثری برای اعتبارسنجی مدرن است.

از دیدگاه سیاستی، یافته های این پژوهش در چارچوب مباحث «سیاست پولی سبز» نیز معنا می یابد. به زعم (Shapoval, 2024)، بانک های مرکزی و نهادهای ناظر مالی باید ریسک اقلیمی را در ارزیابی سرمایه و کفایت ذخایر در نظر گیرند تا ثبات مالی حفظ شود. (Muzuva & Muzuva, 2024) نیز بر همین اساس پیشنهاد می کند که بانک ها باید سبد وام خود را با توجه به شدت ریسک اقلیمی بازتنظیم کنند. یافته های حاضر با این رویکرد سازگار است و نشان می دهد که سیاست گذاران مالی می توانند از شاخص های ESG به عنوان ابزاری برای تشخیص شرکت های تاب آورتر در برابر تغییرات اقلیمی استفاده کنند.

از نظر تبیینی، اثر منفی ریسک اقلیمی بر اعتبار می تواند ناشی از کاهش ارزش وثایق، اختلال در زنجیره تأمین و هزینه های تطبیق با مقررات زیست محیطی باشد (Acharya et al., 2023; Anastasiou et al., 2024). در مقابل، عملکرد مطلوب در ESG می تواند نقش جبرانی ایفا کند و توان شرکت را در جذب سرمایه و مدیریت بدهی افزایش دهد (Yévenes, 2024; Yu, 2024). یافته های (Rickman et al., 2024) در خصوص هزینه پنهان بدهی پایدار در بازارهای نوظهور نشان می دهد که اگرچه تأمین مالی سبز هزینه بر است، اما در بلندمدت باعث بهبود اعتبار و کاهش هزینه سرمایه می شود.

به طور کلی، نتایج این تحقیق با دیدگاه (Razak et al., 2020) مبنی بر تأثیر سه گانه ESG بر ریسک اعتباری همسو است و نشان می دهد که توجه همزمان به ابعاد محیطی، اجتماعی و حاکمیتی می تواند چارچوب ارزیابی ریسک را کارآمدتر سازد. افزون بر آن، یافته ها با تحقیق (Wadhvani, 2022) مطابقت دارد که نشان داد عوامل محیطی در ارزیابی رتبه اعتباری حوزه سلامت نیز نقشی تعیین کننده دارند. بدین ترتیب، می توان گفت که نتایج این پژوهش ضمن تأیید همسویی با ادبیات جهانی، نشان دهنده ضرورت ایجاد چارچوبی بومی برای ادغام ESG و ریسک اقلیمی در نظام مالی ایران است.

این پژوهش با وجود ارائه مدلی نوآورانه برای ادغام شاخص های ESG و ریسک اقلیمی در فرآیند اعتبارسنجی، با چند محدودیت همراه است. نخست، نمونه پژوهش صرفاً شامل شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است و تعمیم نتایج به سایر بنگاه ها، به ویژه شرکت های کوچک و متوسط یا غیربورسی، نیازمند احتیاط است. دوم، داده های مربوط به شاخص های ESG به دلیل نبود نظام گزارش دهی یکپارچه در ایران، از منابع ثانویه استخراج شده اند و ممکن است با عدم همگنی و نوسان در کیفیت مواجه باشند. سوم، شاخص ریسک اقلیمی به صورت ترکیبی از داده های عمومی محاسبه شده و ممکن است تفاوت های جغرافیایی یا صنعتی را به طور کامل بازتاب ندهد. افزون بر این، این پژوهش ماهیت مقطعی و تاریخی دارد و تغییرات آینده در سیاست های اقلیمی یا الزامات افشای ESG را در نظر نمی گیرد.

پیشنهاد می شود پژوهش های آتی با گسترش دامنه زمانی و مکانی داده ها، مدل ارائه شده را در سایر صنایع، کشورها یا بازارهای مالی نیز آزمون کنند تا قابلیت تعمیم آن افزایش یابد. استفاده از روش های پیشرفته تر مانند مدل سازی شبکه ای یا یادگیری ماشین می تواند به شناسایی روابط غیرخطی بین ریسک اقلیمی و اعتبار مالی کمک کند. همچنین، بررسی

اثر متغیرهای نهادی نظیر سیاست‌های مالی سبز، شفافیت شرکتی و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک می‌تواند در تبیین پویایی میان ESG و ریسک اعتباری مؤثر باشد. از منظر اجرایی، پیشنهاد می‌شود نهادهای مالی و سیاست‌گذاران از نتایج این مدل برای طراحی چارچوب‌های نظارتی، ارزیابی پروژه‌های سبز و توسعه نظام‌های اعتبارسنجی سازگار با اهداف توسعه پایدار استفاده کنند.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

References

- Acharya, V. V., Berner, R., Engle, R. F., Jung, H., Stroebe, J., Zeng, X., & Zhao, Y. (2023). Climate Stress Testing. *Annual Review of Financial Economics*, 15(1), 291-326. <https://doi.org/10.1146/annurev-financial-110921-101555>
- Afzal, A., Abaidi, J., Firdousi, S. F., & Noor, R. (2024). Climate Change and the European Banking Sector: The Effect of Green Technology Adaptation and Human Capital. *Review of Accounting and Finance*, 23(3), 394-418. <https://doi.org/10.1108/raf-10-2023-0341>
- Agatha, I. R., & Mita, A. F. (2025). An Analysis of PT Bank CDE's Capacity to Implement the Climate Risk and Management Scenario (CRMS). *Gijea*, 3(1), 125-136. <https://doi.org/10.38035/gijea.v3i1.375>
- Anastasiou, D., Ballis, A., Kallandranis, C., & Lakhal, F. (2024). Analyzing the Effects of Climate Risk on Discouraged Borrowers: Deciphering the Contradictory Forces. *Risk Analysis*, 45(1), 223-239. <https://doi.org/10.1111/risa.15071>
- Arintoko, A., Badriah, L. S., Rahajuni, D., Kadarwati, N., & Priyono, R. (2024). The Impact of Macroeconomic Variables on Credit Risk: Evidence Regarding Sustainable Lending in ASEAN Countries. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 19(4), 1589-1597. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.190435>
- Batoon, A. J., & Rroji, E. (2024). Analyzing the Impact of Carbon Risk on Firms' Creditworthiness in the Context of Rising Interest Rates. *Risks*, 12(1), 16. <https://doi.org/10.3390/risks12010016>
- Campino, J. D. O. (2023). The Marginal Impact of Predicted Climate Risk Scenarios on Portfolio Credit Risk Stress Testing. *Rmfi*, 16(2), 124. <https://doi.org/10.69554/zmbh7390>
- Céu, M. S., & Gaspar, R. M. (2024). A Review on Climate Change, Credit Risk and Agriculture. *Rural Sustainability Research*, 51(346), 38-49. <https://doi.org/10.2478/plua-2024-0004>
- Doğan, M., Komath, M. A. C., & Sayilir, Ö. (2025). Credit Rating Prediction With ESG Data Using Data Mining Methods. *Future Business Journal*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s43093-025-00490-1>
- Khemiri, M. A., & Nouaili, M. (2025). Non-Performing Loans in the MENA Region: How Green Growth Mitigates the Impact of Climate Risk. *Asian Economic and Financial Review*, 15(8), 1228-1243. <https://doi.org/10.55493/5002.v15i8.5506>

- Kim, J., & Arroyo-Turcios, J. (2025). Conceptual Critical Success Factors Model on Infrastructure Sustainability Rating System for California Construction Projects. <https://doi.org/10.31979/mti.2024.2324>
- Liao, F.-m. (2025). Dynamic Credit Rating Evaluation Algorithm for Customers Using Reinforcement Learning and Multi-Feature Weight Analysis. 116. <https://doi.org/10.1117/12.3059656>
- Malone, L., Smales, L. A., & Liu, Z. (2025). From Extraordinary to Ordinary: How Moody's Acquisition Made ESG Mainstream in Credit Ratings. *Journal of Accounting Literature*. <https://doi.org/10.1108/jal-12-2024-0381>
- Martin, V. (2024). The Impact of Climate Change on the Financial Stability of the Republic of Serbia: The Case of the Mining Industry. *Economic Themes*, 62(3), 413-428. <https://doi.org/10.2478/ethemes-2024-0022>
- Muzuva, M., & Muzuva, D. (2024). The Impact of Climate Change on Banks Loan Portfolios and Strategies for Effective Climate Risk Management. *International Journal of Research in Business and Social Science* (2147-4478), 13(6), 148-157. <https://doi.org/10.20525/ijrbs.v13i6.3510>
- Nguyen, D. T., & Nguyen, V. (2025). Climate Risk and Credit Losses: A Global Perspective on Heterogeneous Impacts. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 27(04). <https://doi.org/10.1142/s1464333225500103>
- Oguntuase, O. J. (2020). Climate Change, Credit Risk and Financial Stability. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93304>
- Popoola, G. O. (2025). Gender Effect of Access to Credit on Adoption of Climate-Smart Agricultural Practices in Oyo State, Nigeria. *Journal of Agriculture Forestry and the Social Sciences*, 21(2), 8-24. <https://doi.org/10.4314/joafss.v21i2.2>
- Razak, L. A., Ibrahim, M. H., & Ng, A. (2020). Which Sustainability Dimensions Affect Credit Risk? Evidence From Corporate and Country-Level Measures. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(12), 316. <https://doi.org/10.3390/jrfm13120316>
- Rickman, J., Kothari, S., & Ameli, N. (2024). The 'Hidden Cost' of Sustainable Debt Financing in Emerging Markets. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5246329/v1>
- Seker, A., & İsgüven, M. K. (2025). The Nexus Between Biodiversity and Sovereign Credit Ratings: Global Environmental and Economic Interdependencies From a Sustainability Perspective. *Sustainability*, 17(11), 4977. <https://doi.org/10.3390/su17114977>
- Shapoval, Y. (2024). Greening Monetary Policy: A Conceptual Framework. *Scientific Bulletin of International Association of Scientists Series Economy Management Security Technologies*, 3(1). <https://doi.org/10.56197/2786-5827/2024-3-1-1>
- Tran, N., & Uzmanoglu, C. (2024). Climate Risk and Credit Ratings. *The Journal of Financial Research*, 47(4), 947-980. <https://doi.org/10.1111/jfir.12388>
- Wadhvani, E. E. (2022). The Impact of Environmental Factors on Credit Ratings in Healthcare. *Frontiers of Health Services Management*, 39(1), 26-32. <https://doi.org/10.1097/hap.0000000000000146>
- Xu, H. (2025). Government-Initiated Environmental Credit Rating and Corporate Climate Transition Risk Exposure. *Sustainability Accounting Management and Policy Journal*. <https://doi.org/10.1108/sampj-12-2024-1428>
- Yébenes, M. O. (2024). Climate Change, ESG Criteria and Recent Regulation: Challenges and Opportunities. *Eurasian Economic Review*, 14(1), 87-120. <https://doi.org/10.1007/s40822-023-00251-x>
- Yoffe, H., Raanan, N., Fried, S., Plaut, P., & Grobman, Y. J. (2023). Sustainable Urban Landscapes: A computation Framework for Enhancing Sustainability in Early-Stage Design. *International Journal of Architectural Research Archnet-Ijar*, 18(4), 870-894. <https://doi.org/10.1108/arch-06-2023-0152>
- Yoon, S. J. (2023). Sustainability for Companies Doing ESG. *Asia-Pacific Journal of Convergent Research Interchange*, 9(11), 291-309. <https://doi.org/10.47116/apjcri.2023.11.24>
- Yu, J. (2024). The Superiority of Local ESG Ratings in China's Credit Risk Assessment: An Empirical Study Based on Default Distance. *Journal of World Economy*, 3(4), 79-84. <https://doi.org/10.56397/jwe.2024.12.09>