

Rủ ro biến đổi khí hậu và rủi ro phá sản doanh nghiệp: Ảnh hưởng của khí thải carbon (CO₂) tại Việt Nam

Phạm Hữu Hà

Học viện Hàng không Việt Nam

Ngày nhận: 06/09/2024

Ngày nhận bản sửa: 27/11/2024

Ngày duyệt đăng: 06/12/2024

Tóm tắt: Rủi ro biến đổi khí hậu đang nổi lên như một rủi ro đáng kể cho các nền kinh tế và các doanh nghiệp hiện nay. Rủi ro biến đổi khí hậu tác động tới doanh nghiệp thông qua hai kênh truyền dẫn chính là rủi ro vật lý và rủi ro chuyển đổi. Rủi ro chuyển đổi đang gây ra những ảnh hưởng nhất định đến các doanh nghiệp khi các chính sách về phát thải carbon (CO₂) thấp đang được thực thi. Mục tiêu tăng trưởng xanh và chuyển nền kinh tế sang phát thải carbon thấp đang đặt ra những thách thức cho các doanh nghiệp. Vì vậy, để hiểu được những tác động trực tiếp và gián tiếp của rủi ro biến đổi khí hậu đối với các doanh nghiệp sẽ là mối quan tâm lớn từ các nhà hoạch định chính sách, nhà cung cấp vốn, và các cấp độ quản lý doanh nghiệp. Nghiên cứu này

Climate change risk and corporate bankruptcy risk: The impact of carbon emissions (CO₂) in Vietnam

Abstract: Climate change risk is emerging as a significant risk for economies and businesses today. Climate change risk affects businesses through two main transmission channels: physical risk and transition risk. Transition risk is causing certain impacts on businesses as low-carbon (CO₂) emission policies are being implemented. The goal of green growth and transitioning the economy to low carbon (CO₂) emissions is posing challenges for businesses. Therefore, understanding the direct and indirect impacts of climate change risks on businesses will be of great interest to policymakers, capital providers, and different levels of corporate management. In this study, the author provides an in-depth perspective on the impact of climate change risk and the bankruptcy risk of businesses. By measuring climate change risk through corporate carbon (CO₂) emissions, the author finds that companies with higher CO₂ emissions are at greater risk of bankruptcy. The research sample includes listed companies in Vietnam during the 2012-2022 period, comprising a total of 2,191 companies and 15,873 year-observations, and utilizes logistic regression with panel data.

Keywords: Financial distress, Climate change risk, Carbon risk, Bankruptcy risk

Doi: 10.59276/JELB.2025.1.2.2813

Pham, Huu Ha

Email: haph@vaa.edu.vn

Vietnam Aviation Academy

tác giả cung cấp một góc nhìn sâu sắc về tác động của rủi ro biến đổi khí hậu và nguy cơ phá sản của doanh nghiệp. Đo lường rủi ro biến đổi khí hậu bằng hoạt động phát thải carbon (CO₂) của doanh nghiệp, tác giả nhận thấy rằng các doanh nghiệp có lượng khí thải CO₂ cao hơn sẽ có nguy cơ phá sản cao hơn. Mẫu nghiên cứu là các doanh nghiệp niêm yết tại Việt Nam trong giai đoạn 2012 -2022 với tổng 2.191 doanh nghiệp và 15.873 quan sát theo năm, đồng thời sử dụng hồi quy logit với dữ liệu bảng.

Từ khóa: *Khó khăn tài chính, Rủi ro biến đổi khí hậu, Rủi ro carbon, Rủi ro phá sản*

1. Giới thiệu

Rủi ro khí hậu do các sự kiện thời tiết cực đoan gây ra đã dần trở thành mối đe dọa chưa từng có, có thể gây tổn hại đáng kể đến tài sản của con người và đe dọa sự an toàn và tính mạng (Dou và cộng sự, 2022). Nhu cầu cấp thiết để giảm thiểu rủi ro khí hậu đã thúc đẩy nhiều thành phần tham gia thị trường, chủ yếu trong khu vực doanh nghiệp, chuyển sang phát thải carbon thấp. Vì khu vực doanh nghiệp là nhà sản xuất khí thải carbon hàng đầu và là người đóng góp chính vào biến đổi khí hậu, vì vậy doanh nghiệp cần phải sớm khắc phục hoạt động sản xuất có khí thải carbon cao (Ren và cộng sự, 2022). Hơn nữa, sự xuất hiện của khái niệm trách nhiệm xã hội của doanh nghiệp (CSR) và sự chú ý ngày càng tăng của các bên liên quan đến hiệu suất môi trường đang khiến các doanh nghiệp ngày càng nhận thức được lợi ích của việc đưa các yếu tố môi trường vào quản trị nội bộ của họ (Sautner và cộng sự, 2022). Rủi ro biến đổi khí hậu đến từ hai khía cạnh: (i) Rủi ro chuyển đổi, (ii) Rủi ro vật lý. Rủi ro chuyển đổi đến từ định hướng chuyển đổi nền kinh tế sang phát thải carbon thấp bằng các biện pháp như ban hành các quy định về môi trường, định hướng của nhà nước nhằm trung hòa carbon, xây dựng quy định tính tín chỉ carbon, thay đổi công nghệ, đánh giá lại tài sản và làm tăng chi phí

vốn. Ngược lại rủi ro vật lý đến từ các hiện tượng thời tiết cực đoan gây ra do biến đổi khí hậu như nhiệt độ tăng, bão, nước biển dâng, hạn hán, lũ lụt và sóng nhiệt (NGFS, 2019). Các nghiên cứu trước đây cũng đã cho thấy mối quan hệ đáng kể giữa rủi ro biến đổi khí hậu và rủi ro tín dụng, rủi ro phá sản, rủi ro phá sản và tình trạng khó khăn tài chính của doanh nghiệp (Capasso và cộng sự, 2020; Feng và cộng sự, 2022). Theo hiểu biết của tác giả, bài báo này là một trong các nghiên cứu đầu tiên điều tra tác động của rủi ro khí hậu thông qua hiệu suất môi trường lên nguy cơ phá sản ở cấp độ doanh nghiệp tại thị trường Việt Nam. Mặc dù rủi ro khí hậu đã thu hút sự chú ý đáng kể từ các bên liên quan khác nhau, nhưng rất khó để định lượng hiệu suất môi trường của doanh nghiệp do thiếu dữ liệu ở cấp độ doanh nghiệp. Do đó, tác giả liên kết thực nghiệm hiệu suất carbon của doanh nghiệp Việt Nam với rủi ro khí hậu bằng phương pháp định lượng và sử dụng dữ liệu thứ cấp trong giai đoạn năm 2012-2022, đồng thời sử dụng hồi quy logit với dữ liệu bảng và sử dụng phương trình ước lượng tổng quát (GEE- Generalized Estimating Equations) với cấu trúc trung bình quần thể (population-averaged), từ đó cung cấp thêm bằng chứng mới vào việc đo lường hiệu suất môi trường của doanh nghiệp và phản ứng của các doanh nghiệp đối với các sự kiện khí hậu. Nghiên cứu

của tác giả có ý nghĩa quan trọng đối với các nhà hoạch định chính sách, đặc biệt với cam kết “trung hòa carbon” của Việt Nam thể hiện quyết tâm trong việc chuyển đổi nền kinh tế sang nền kinh tế carbon thấp. Nghiên cứu của tác giả trong bối cảnh Việt Nam cung cấp cơ sở vững chắc cho các nhà hoạch định chính sách để xây dựng các chính sách tốt hơn về các vấn đề quản lý rủi ro khí hậu ở cấp độ doanh nghiệp. Tiếp theo, trong phần 2 tác giả trình bày về tổng quan nghiên cứu và đề xuất giả thuyết nghiên cứu, phần 3 là phương pháp nghiên cứu, phần 4 là kết quả nghiên cứu và cuối cùng phần 5 là kết luận và hàm ý chính sách.

2. Tổng quan nghiên cứu và đề xuất giả thuyết nghiên cứu

Biến đổi khí hậu mô tả xu hướng nhiệt độ bề mặt toàn cầu trung bình cao hơn và những thay đổi môi trường đi kèm, chẳng hạn như mực nước biển dâng cao, bão, lũ lụt, hạn hán và sóng nhiệt nghiêm trọng hơn (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018). Biến đổi khí hậu sẽ có tác động sâu rộng đến mọi khía cạnh của xã hội bao gồm cả nền kinh tế và lĩnh vực tài chính. Những thay đổi liên quan đến khí hậu trong môi trường vật lý có thể làm chậm tăng trưởng kinh tế, làm tăng khả năng gián đoạn và giảm sản lượng, việc làm và lợi nhuận kinh doanh (Network for Greening the Financial System, 2019). Hơn nữa, quá trình chuyển đổi kinh tế sang phát thải carbon thấp là cần thiết để giảm thiểu và thích ứng với biến đổi khí hậu, vì rủi ro này có thể làm giảm giá trị của một số tài sản kinh doanh trong tương lai không xa (Glenn, 2021). Ngày càng có nhiều nghiên cứu của các học giả và nhà hoạch định chính sách tập trung vào các rủi ro liên quan đến khí hậu (Bento & Gianfrate,

2020). Các tác nhân kinh tế ngày càng nhận thức được rằng hậu quả của biến đổi khí hậu mà họ cho là trong tương lai xa thì hiện tại đã đến gần hơn, do đó gây ra mối nguy hiểm liên quan đối với nền kinh tế và khu vực tài chính toàn cầu (Capasso và cộng sự, 2020).

Để hoàn thành mục tiêu giảm phát thải, các doanh nghiệp có ý định nội hóa chi phí điều tiết môi trường và các doanh nghiệp có lượng khí thải carbon cao cần đầu tư một lượng vốn lớn để nâng cấp thiết bị và thực hiện các hoạt động đổi mới công nghệ (Pei, 2023). Ngoài ra, họ cần phải đối mặt với nhiều chi phí vận hành và quản lý khí thải carbon hơn, chẳng hạn như chi phí dọn dẹp, chi phí tuân thủ và kiện tụng cũng như chi phí gây tổn hại đến danh tiếng (Shi và cộng sự, 2024). Trong khi đó, chi phí cao đã làm suy yếu khả năng trả nợ của doanh nghiệp (Serfling, 2016). Trong khi các doanh nghiệp đầu tư vào các chi phí liên quan đến phát thải carbon thì chi phí giảm phát thải và xử lý chất ô nhiễm cũng sẽ làm giảm chi phí sản xuất, làm giảm hiệu quả sản xuất của doanh nghiệp, làm giảm đáng kể tốc độ tăng trưởng doanh thu và lợi nhuận của doanh nghiệp, làm tăng sự không chắc chắn của dòng tiền doanh nghiệp, đồng thời làm suy giảm hiệu quả tài chính doanh nghiệp và giá trị thị trường, do đó làm tăng xác suất doanh nghiệp rơi vào tình trạng kiệt quệ tài chính và nguy cơ phá sản (Homroy, 2023). Về việc vay vốn, các doanh nghiệp có lượng khí thải carbon cao hơn có xếp hạng tín dụng thấp hơn và gặp nhiều hạn chế tài chính đáng kể hơn, do đó buộc họ phải giảm đòn bẩy tài chính và tăng chi phí tài trợ nợ (Kim và cộng sự, 2022). Nghiên cứu của Ding và cộng sự (2023) đã chỉ ra rằng các khoản vay mới từ ngân hàng của doanh nghiệp có lượng khí thải carbon cao hơn sẽ khó tiếp cận hơn và thời hạn vay của họ cũng bất lợi hơn. Lượng khí thải

carbon của doanh nghiệp thắt chặt các hạn chế về tài chính doanh nghiệp từ bên ngoài và làm tăng sự không chắc chắn của dòng tiền doanh nghiệp, do đó làm tăng rủi ro khiến doanh nghiệp rơi vào tình trạng kiệt quệ tài chính (Nguyen & Phan, 2020). Về đo lường lượng khí thải carbon, các nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung vào tính toán lượng khí thải carbon trong phạm vi 1 (phát thải trực tiếp của doanh nghiệp thông qua hoạt động tiêu dùng nhiên liệu hóa thạch như khí tự nhiên, dầu diesel, than đá, xăng, than cốc, dầu hỏa và dầu thô) và phạm vi 2 (phát thải gián tiếp từ tiêu thụ năng lượng mua từ bên ngoài, chẳng hạn như điện, hơi nước, hoặc nước nóng được sản xuất từ các nhà máy phát điện), dữ liệu khí thải được tính toán bằng phương pháp đo lường thông qua lượng nhiên liệu tiêu thụ của doanh nghiệp từ báo cáo bền vững, báo cáo khí nhà kính, hoặc báo cáo thường niên của doanh nghiệp và hệ số phát thải (Capasso và cộng sự, 2020; Jong và cộng sự, 2022; Pizzutilo và cộng sự, 2020; Ren và cộng sự, 2022; Xu & Lin, 2018). Gần đây nhất đã có những nghiên cứu trực tiếp về rủi ro biến đổi khí hậu thông qua rủi ro phát thải carbon (CO₂) đến rủi ro khó khăn tài chính, rủi ro phá sản hoặc rủi ro phá sản ở cấp độ doanh nghiệp. Tiêu biểu như nghiên cứu của Ding và cộng sự (2023) tại thị trường Trung Quốc cho thấy rằng các doanh nghiệp phát thải khí carbon càng cao thì nguy cơ khủng hoảng tài chính và khó khăn tài chính càng cao. Tương tự như vậy, Capasso và cộng sự (2020) nghiên cứu về mối quan hệ giữa rủi ro biến đổi khí hậu và rủi ro phá sản của doanh nghiệp, kết quả chỉ ra rằng rủi ro phá sản của doanh nghiệp có liên quan đến lượng khí thải carbon và cường độ phát thải carbon. Cũng theo Feng và cộng sự (2022), các doanh nghiệp tiếp xúc với rủi ro khí hậu càng cao thì xác suất phá sản càng cao.

Do đó, một phân tích từ góc độ tài chính liên quan đến rủi ro biến đổi khí hậu của doanh nghiệp cho thấy rằng các doanh nghiệp có lượng khí thải carbon cao có nhiều khả năng rơi vào tình trạng khó khăn tài chính và nguy cơ phá sản. Theo đó, tác giả đã đề xuất giả thuyết sau:

H₁: Các doanh nghiệp có lượng phát thải carbon cao hơn phải đối mặt với rủi ro phá sản doanh nghiệp cao hơn.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Dữ liệu nghiên cứu

Mẫu nghiên cứu của tác giả bao gồm các doanh nghiệp niêm yết trên sàn giao dịch chứng khoán Việt Nam gồm Sở Giao dịch Chứng khoán Thành phố Hồ Chí Minh (HOSE) và Sở Giao dịch Chứng khoán Hà Nội (HNX) và trên Upcom. Sau khi kiểm tra và chuẩn hóa dữ liệu tác giả loại bỏ các doanh nghiệp có dữ liệu ít hơn năm năm tạo ra quy mô mẫu nghiên cứu cuối cùng của tác giả gồm 2.191 doanh nghiệp với 15.873 quan sát theo năm trong giai đoạn nghiên cứu từ năm 2012 đến năm 2022. Dữ liệu tài chính cho nghiên cứu này là dữ liệu thứ cấp được thu thập từ phần mềm FiinPro-X (FiinPro-X là một trong những phần mềm cung cấp dữ liệu đầy đủ, tin cậy và lớn nhất Việt Nam hiện nay). Dữ liệu phục vụ cho việc tính toán lượng phát thải CO₂ được thu thập từ nguồn số liệu Tổng điều tra kinh tế các năm của Tổng cục Thống kê Việt Nam, tác giả sử dụng phương pháp xử lý dữ liệu cơ học bằng việc sử dụng phần mềm Excel và xử lý dữ liệu điện tử bằng phần mềm Stata 17.

3.2. Đo lường biến nghiên cứu

3.2.1. Đo lường rủi ro phá sản

Một số nhà nghiên cứu đã xác định xác suất

phá sản của doanh nghiệp được đo bằng “tỷ lệ khả năng thanh toán lãi vay -ICR” giữa lợi nhuận trước thuế và lãi vay (EBIT) và khoản thanh toán lãi vay. Và “hệ số khả năng thanh toán lãi- TIE” giữa lợi nhuận trước thuế, lãi vay và khấu hao (EBITDA) và chi phí lãi vay, nếu các tỷ lệ này thấp hơn một doanh nghiệp rơi vào vùng khó khăn tài chính và có nguy cơ phá sản (Asquith, 1994; Vo, 2023).

Nghiên cứu này sử dụng hai chỉ số ICR và TIE đại diện cho chỉ số cảnh báo sớm rủi ro phá sản cho các doanh nghiệp Việt Nam trong giai đoạn 2012-2022.

3.2.2. Đo lường rủi ro biến đổi khí hậu

Nhằm đo lường rủi ro biến đổi khí hậu và phù hợp với cơ sở dữ liệu ở cấp độ doanh nghiệp của Việt Nam. Tác giả sử dụng thang đo phổ biến là lượng khí thải carbon (Emission) và cường độ phát thải carbon (Carbon Intensity)- được tính bằng lượng phát thải carbon chia cho tổng doanh thu. Điều này nhằm mục đích chuẩn hóa dữ liệu, làm tăng hiệu quả so sánh giữa các doanh nghiệp (Capasso và cộng sự, 2020; Jong và cộng sự, 2022). Việc thiết lập ranh giới để đo lường phát thải carbon là điều cần thiết để đảm bảo tính chính xác của phương pháp đo lường phát thải CO₂. Để giúp phân định các nguồn phát thải “trực tiếp” và “gián

tiếp”, cải thiện tính minh bạch và cung cấp tiện ích cho các loại hình tổ chức khác nhau, các “phạm vi” phát thải khác nhau (phạm vi 1, phạm vi 2 và phạm vi 3) thường được sử dụng, các phạm vi này được thiết kế để đảm bảo một doanh nghiệp sẽ không tính lượng phát thải hai lần và cho phép theo dõi lượng phát thải trên toàn nền kinh tế (World Climate Summit Dialogue, 2008).

Phát thải khí CO₂ được tính dựa trên 3 phạm vi phát thải sau (Justine McClymont, 2021; Svàra Gottschall, 2022):

Khí thải phạm vi 1 (Phát thải trực tiếp): Phát thải trực tiếp từ hoạt động tiêu thụ nhiên liệu của doanh nghiệp.

Khí thải phạm vi 2 (Phát thải gián tiếp): Phát thải gián tiếp từ hoạt động mua ngoài năng lượng của doanh nghiệp như lượng điện tiêu thụ từ mua ngoài.

Khí thải phạm vi 3 (Phát thải gián tiếp): Tất cả lượng khí thải gián tiếp (không bao gồm trong phạm vi 2) xảy ra trong chuỗi giá trị của doanh nghiệp báo cáo. Ví dụ: Mua hàng hóa và dịch vụ, vận tải và phân phối trong hoạt động kinh doanh (bao gồm làm việc từ xa), nhân viên đi lại, tài sản cho thuê, chất thải được tạo ra trong các khoản hoạt động đầu tư.

Theo hướng dẫn của Ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (Intergovernmental Panel on Climate Change (2006)) và Bộ Tài nguyên và Môi trường Việt Nam (2022) tác giả tính toán lượng khí thải CO₂ giới hạn trong phạm vi 1 và 2 như sau:

Khí thải GHG, loại nhiên liệu = Nhiên liệu tiêu thụ loại nhiên liệu x Hệ số phát thải loại nhiên liệu

Trong đó:

+ Khí thải bao gồm các loại khí CO₂, CH₄, N₂O đơn vị Kg/TJ

+ Nhiên liệu tiêu thụ được tính đơn vị Terajoule (TJ)

+ Hệ số phát thải và loại nhiên liệu tiêu thụ được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 1. Thống kê mô tả biến phụ thuộc ICR và TIE

Biến phụ thuộc	Tần số	Phần trăm (%)
ICR	0	13.816
	1	2.057
	Tổng	15.873
TIE	0	14.081
	1	1.792
	Tổng	15.873

Nguồn: Tác giả tự tính toán

Bảng 2. Bảng hệ số phát thải CO₂ tính cho Việt Nam

STT	Loại nhiên liệu	Đơn vị	TOE/đơn vị***	1TOE = 0,04187 TJ**	Kg CO ₂ /TJ****	Hệ số Tấn CO ₂ /đơn vị
		1	2	3 = 2 x 0,04187	4	5 = (3x4)/1000
1	Điện	1000 kWh	0,1543			0,7221*
2	Than antraxit	Tấn	0,70	0,029309	98.300	2,881
3	Xăng	1000 lít	0,83	0,0347521	69.300	2,408
4	Dầu hỏa	1000 lít	0,94	0,0393578	71.900	2,830
5	Dầu FO (Fuel Oil)	1000 lít	0,94	0,0393578	77.400	3,046
6	Dầu DO (Diesel Oil)	1000 lít	0,88	0,0368456	74.100	2,730
7	Gas hóa lỏng (LPG)	Tấn	1,09	0,0456383	63.100	2,880
8	Khí thiên nhiên	1000 m3	0,90	0,037683	56.100	2,114
9	Nhiên liệu phản lực (Jet Fuel)	Tấn	1,05	0,0439635	71.500	3,143

Ghi chú

* Hệ số phát thải lưới điện Việt Nam năm 2021 (Cục Biến đổi Khí hậu, 2021)

** Hệ số chuyển đổi năng lượng được tính toán dựa trên giá trị chuyển đổi của ITOE = 0.04187 TJ bởi (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006)

*** Các hệ số TOE được tham khảo bởi công văn số 3505/BCT-KHCN, 19/04/2011 (Bộ Công thương, 2011)

**** Hệ số phát thải dựa trên danh mục hệ số phát thải phục vụ kiểm kê khí nhà kính của Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành ngày 10/10/2022 (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2022)

Nguồn: Tác giả tổng hợp

Trong nghiên cứu này do giới hạn thu thập số liệu vì vậy tác giả giới hạn phạm vi tính lượng khí thải CO₂ trong phạm vi 1 và phạm vi 2.

3.2.3. Các biến giải thích được sử dụng trong mô hình nghiên cứu

Tất cả các biến giải thích đã được kiểm tra và thu thập cẩn thận thông qua các nghiên cứu thực nghiệm trước. Đầu tiên, tỷ lệ vốn lưu động trên tổng tài sản (WC/TA) đo lường thanh khoản tài chính ròng của tài sản. Altman (1968) đã chứng minh rằng đây là tỷ lệ có giá trị nhất trong ba tỷ lệ thể hiện tính thanh khoản của doanh nghiệp và đóng góp mạnh mẽ vào việc phân biệt nhóm phá sản và không phá sản. Thứ hai, lợi nhuận được ước tính bằng tỷ lệ lợi

nhuận giữ lại (RE) trên tổng tài sản (TA). Các doanh nghiệp có tỷ lệ RE/TA cao có ít nợ tài chính hoặc khả năng phá sản thấp (Altman, 2000). Thứ ba, lợi nhuận trước thuế và lãi vay trên tổng tài sản (EBIT/TA) cho thấy năng suất của tài sản của doanh nghiệp, biến này được áp dụng hiệu quả trong nhiều nghiên cứu trước đây, chẳng hạn như (Altman, 1968, 2005). Cuối cùng, giá trị sổ sách của vốn chủ sở hữu trên tổng nợ phải trả (TE/TL) cho biết khả năng của doanh nghiệp trong việc trang trải các khoản nợ tài chính bằng tài sản (Vo, 2023).

3.3. Mô hình nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, nhằm ước lượng tác động của rủi ro biến đổi khí hậu lên rủi ro

Bảng 3. Mô tả các biến trong bài nghiên cứu

Biến phụ thuộc			Định nghĩa
Rủi ro phá sản	Y1	ICR	Bằng một nếu doanh nghiệp có rủi ro phá sản (khi ICR < 1 trong năm t) ngược lại là 0
	Y2	TIE	Bằng một nếu doanh nghiệp có rủi ro phá sản (khi TIE < 1 trong năm t) ngược lại là 0
	Y3	Corporate bankruptcy (CB)	Bằng 1 nếu cổ phiếu của doanh nghiệp có các dấu hiệu “hủy niêm yết, đình chỉ niêm yết, bị kiểm soát, bị hạn chế giao dịch hoặc bị cảnh báo”, ngược lại là 0
Biến giải thích			
Rủi ro biến đổi khí hậu	Emissions		Logarithm Tổng lượng phát thải CO2 tính theo năm ở cấp độ doanh nghiệp.
	Carbon Intensity		Tổng lượng phát thải CO2 năm t / Doanh thu năm t (Cường độ phát thải CO2)
Chỉ số tài chính	X1	WC/TA	Vốn hoạt động năm t / Tổng tài sản năm t
	X2	RE/TA	Lợi nhuận giữ lại năm t / Tổng tài sản năm t
	X3	EBIT/TA	Lợi nhuận trước thuế và lãi vay năm t / Tổng tài sản năm t
	X4	TE/TL	Giá trị sổ sách năm t / Tổng nợ năm t
Đặc điểm doanh nghiệp	X5	SIZE	Quy mô doanh nghiệp năm t (Logarithm Tổng tài sản năm t)
	X6	AGE	Số năm hoạt động của doanh nghiệp

Nguồn: Tác giả tổng hợp

phá sản của doanh nghiệp. Tác giả sử dụng biến phụ thuộc là biến nhị phân, từ lược khảo các tài liệu trước đây tác giả thấy rằng mô hình hồi quy Logit được sử dụng rộng rãi và được nhiều tác giả đánh giá có kết quả tốt (Altman và cộng sự, 2008; Ashraf và cộng sự, 2019; Fernández-Gámez, 2020; Ohlson, 1980). Vì vậy, tác giả sử dụng mô hình hồi quy Logit trên phần mềm Stata 17 với mô hình hồi quy sau:

$$\text{Logit}(p) = \ln(p/(1-p)) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Emissions}_{t,i} + \beta_2 * \text{Carbon Intensity}_{t,i} + \beta_3(\text{WC/TA}) + \beta_4(\text{RE/TA}) + \beta_5(\text{EBIT/TA}) + \beta_6(\text{TE/TL}) \tag{1}$$

Trong đó,

- i,t : đại diện cho doanh nghiệp i và năm t .
- p thể hiện cho xác suất phá sản của doanh nghiệp xảy ra khi $\text{ICR}<1$ hoặc $\text{TIE}<1$ (tức là $Y=1$).

Emission: Lượng khí thải CO2; Carbon Intensity: Cường độ phát thải CO2

Để kiểm định sự phù hợp và khả năng dự báo của mô hình tác giả dùng phương

pháp đường cong ROC (receiver operating characteristic- ROC curve). Đường cong ROC thể hiện mối liên hệ chặt chẽ với tỷ lệ chính xác (accuracy ratio- A.R.) và được xây dựng như sau: $\text{A.R.} = 2 * (\text{ROC}-0,5)$, khi AR bằng 1 cho thấy một mô hình hoàn hảo, trong khi AR bằng 0,5 cho thấy hiệu suất trung bình của mô hình. Ngược lại, AR bằng 0 tín hiệu một mô hình không tốt (Vo, 2023).

4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Thống kê mô tả

Theo Bảng 4 thể hiện các số liệu thống kê mô tả cho các biến được sử dụng trong bài nghiên cứu của tác giả. Ba biến phụ thuộc đại diện cho rủi ro phá sản doanh nghiệp là ICR, TIE và Y3 có mức trung bình tương ứng là 0,1295, 0,1128, 0,1629 và độ lệch chuẩn tương ứng là 0,3358, 0,3164 và 0,3693. Về mức phát thải CO₂ của một

Bảng 4. Thống kê mô tả của các biến giải thích

Biến	Nhóm biến	Số quan sát	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
Y1		15.873	0,1295	0,3358	0	1
Y2	Rủi ro phá sản	15.873	0,1128	0,3164	0	1
Y3		15.873	0,1629	0,3693	0	1
Emissions	Rủi ro biến đổi khí hậu	15.873	3,5351	2,7004	-2,9742	15,9351
Carbon Intensity		15.873	3,7809	3,4113	0,0155	23,3382
WC/TA		15.873	0,1698	0,3356	-2,997	0,9991
RE/TA	Tỷ số tài chính	15.873	1,977	0,3647	-1,9855	3,3223
EBIT/TA		15.873	0,0656	0,1021	-0,9602	2,8735
TE/TL		15.873	3,1448	8,9178	-0,9735	98,252
SIZE	Đặc điểm doanh nghiệp	15.873	6,2295	1,7498	-0,003	11,021
AGE		15.873	26,1833	17,1013	1	133

Nguồn: Tác giả tính toán

doanh nghiệp trong giai đoạn nghiên cứu có trung bình mức phát thải CO₂ là khoảng 35 tấn CO₂/năm.

Bảng 5 trình bày bảng ma trận về hệ số tương quan giữa các biến phụ thuộc được tác giả sử dụng trong bài nghiên cứu này.

Theo như kết quả trong Bảng 5, tất cả các hệ số tương quan giữa các biến giải thích được sử dụng trong bài nghiên cứu của tác giả đều có giá trị nhỏ hơn 0,7, điều này thể hiện các biến giải thích được đưa vào mô

hình không có sự tương quan với nhau, vì vậy không vi phạm giả thuyết đa cộng tuyến đồng thời thể hiện tính vững cho mô hình nghiên cứu.

4.2. Kết quả hồi quy

Để tiến hành ước lượng mức độ ảnh hưởng của rủi ro biến đổi khí hậu và các biến tài chính lên rủi ro phá sản của doanh nghiệp tác giả sử dụng mô hình Logit với dữ liệu

Bảng 5. Hệ số tương quan giữa các biến giải thích trong mô hình

Biến	(1)	(2)	X1	X2	X3	X4	X5	X6
(1) Emissions	1,000							
(2) Carbon Intensity	0,5156*	1,000						
(X1) WC/TA	-0,2314*	-0,3020*	1,000					
(X2) RE/TA	-0,0993*	-0,4071*	0,5506*	1,000				
(X3) EBIT/TA	-0,1198*	-0,4240*	0,2605*	0,4364*	1,000			
(X4) TE/TA	-0,1481*	0,0196*	0,2858*	0,0075	-0,0281*	1,000		
(X5) SIZE	0,1865*	-0,1310*	-0,0512*	0,2059*	0,0417*	-0,1427*	1,000	
(X6) AGE	0,1367*	0,0224*	-0,0559*	0,0151	0,0121	-0,0774*	-0,0193*	1,000

Ghi chú: * thể hiện mức ý nghĩa 5%

Nguồn: Tác giả tính toán

bảng và sử dụng phương trình ước lượng tổng quát (GEE- Generalized Estimating Equations) với cấu trúc trung bình quần thể (population-averaged) để phân tích dữ liệu bảng (panel data) với biến phụ thuộc nhị phân. Ước lượng GEE với cấu trúc trung bình quần thể là một công cụ mạnh mẽ để phân tích dữ liệu không độc lập và có sự phụ thuộc nội tại trong cùng một đơn vị, như trong dữ liệu bảng, và ước lượng

cho các tham số trung bình trong quần thể (tốt hơn hiệu ứng ngẫu nhiên và cố định). Đồng thời ước lượng GEE khắc phục tình trạng thiếu đa dạng trong mẫu do số doanh nghiệp có rủi ro phá sản quá ít so với doanh nghiệp khỏe mạnh và GEE cũng khắc phục tình trạng thiên lệch khi mẫu mất cân bằng. Các chỉ số đại diện sớm cho rủi ro phá sản doanh nghiệp được sử dụng trong mô hình là ICR- tỷ số thanh toán lãi vay và TIE-hệ

Bảng 6. Kết quả hồi quy tác động của rủi ro biến đổi khí hậu lên rủi ro phá sản

Mô hình	(1)	(2)	(3)	(4)
Biến	ICR	TIE	ICR	TIE
Emissions (ln)	0,055*** (24,97)	0,244*** (15,53)		
Carbon Intensity			0,970*** (28,39)	0,434*** (31,15)
WC/TA	-1,563*** (-8,76)	-1,159*** (-7,16)	-0,935*** (-3,57)	-0,400** (-2,15)
RE/TA	-1,318*** (-7,98)	-0,910*** (-6,67)	-0,999*** (-4,94)	-0,820*** (-5,43)
EBIT/TA	-74,36*** (-33,63)	-60,79*** (-34,22)	-56,77*** (-20,80)	-40,20*** (-23,95)
TE/TL	0,008** (2,28)	0,006* (1,88)	-0,007 (-1,13)	0,0046 (1,09)
SIZE	-0,236*** (-9,22)	-0,143*** (-5,63)	0,139*** (3,29)	0,039 (1,19)
AGE	-0,013*** (-4,81)	-0,011*** (-4,22)	-0,0177*** (-4,05)	-0,013*** (-4,18)
_cons	2,200*** (6,97)	1,029*** (3,87)	-4,169*** (-9,29)	-2,239*** (-6,98)
Số quan sát	15.873	15.873	15.873	15.873
Wald chi2(7)	1588,74	1678,92	1035,85	1925,99
Prob > chi2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Scale parameter	1	1	1	1
ROC curve	0,9762	0,9711	0,995	0,9889

Ghi chú: *p < 0,1; **p < 0,05; ***p < 0,01.

Giải thích các biến được trình bày trong Bảng 3

Nguồn: Tác giả tính toán

số khả năng trả lãi.

Từ Bảng 6, có thể thấy rằng tất cả các chỉ số cho thấy khả năng giải thích của các biến độc lập cho sự biến động của biến phụ thuộc là rất tốt với giá trị Prob> chi² rất nhỏ. Bên cạnh đó, tác giả tính toán các giá trị khu vực dưới đường cong ROC để thể hiện khả năng dự đoán của các mô hình, kết quả các giá trị được tính từ đường cong ROC dao động trong khoảng từ 0,97 đến 0,99. Điều này thể hiện các mô hình có khả năng dự đoán tốt cho mối quan hệ giữa rủi ro biến đổi khí hậu và rủi ro phá sản của doanh nghiệp. Từ hệ số hồi quy của 4 mô hình trong Bảng 6, tác giả thấy rằng mức phát thải CO₂ (Emissions) và cường độ phát thải CO₂ (Carbon Intensity) đều có hệ số hồi quy dương và có ý nghĩa thống kê.

Trong các mô hình 1 và 2, lượng khí thải carbon (CO₂) có mối quan hệ tiêu cực đáng kể (ở mức 1%) với rủi ro phá sản, điều này thể hiện các doanh nghiệp tạo ra khí thải CO₂ hơn sẽ phải chịu rủi ro phá sản cao hơn. Trong mô hình 3 và 4, khi rủi ro biến đổi khí hậu được đại diện bởi cường độ phát thải carbon (Carbon Intensity) thì hệ số hồi quy cũng đều dương và có ý nghĩa thống kê, thể hiện khi một doanh nghiệp có cường độ phát thải CO₂ cao sẽ có nguy cơ dẫn đến rủi ro phá sản cao hơn, kết quả này cũng phù hợp với giải thuyết nghiên cứu của tác giả và phù hợp với các phát hiện của các nghiên cứu trước đây về tác động của rủi ro biến đổi khí hậu lên rủi ro phá sản (Capasso và cộng sự, 2020; Feng và cộng sự, 2022; Nguyen và cộng sự, 2023). Tất cả các biến kiểm soát được sử dụng đều là các chỉ số được sử dụng rộng rãi về khả năng phá sản cao của một doanh nghiệp theo quan điểm tài chính. Mối quan hệ giữa rủi ro phá sản và vốn lưu động là ngược chiều và có ý nghĩa, vốn lưu động càng cao thì khả năng một doanh nghiệp sẽ tồn tại trong tương lai càng cao; do đó, việc

tăng vốn lưu động có xu hướng liên quan đến việc giảm rủi ro phá sản. Lợi nhuận giữ lại và thu nhập trước thuế và lãi vay của doanh nghiệp đưa ra chỉ báo về khả năng sinh lời của doanh nghiệp và do đó, việc tác động tích cực tới rủi ro phá sản là phù hợp, như vậy khả năng sinh lời của doanh nghiệp càng cao thì khả năng phá sản càng thấp. Bên cạnh đó, một doanh nghiệp có số năm hoạt động càng lâu thì xác suất dẫn đến phá sản càng thấp. Ngoài ra, dựa vào kết quả của giá trị R² và diện tích dưới đường cong ROC tác giả lưu ý rằng, sử dụng tỷ số thanh toán lãi vay-ICR làm chỉ số cảnh báo sớm đại diện cho rủi ro phá sản của doanh nghiệp là phù hợp và tốt hơn hệ số thanh toán lãi vay-TIE.

4.3. Kiểm tra tính vững

Nhằm kiểm tra tính vững cho các kết quả nghiên cứu, tác giả sử dụng một thang đo khác về rủi ro phá sản của doanh nghiệp để kiểm tra mối liên hệ giữa rủi ro biến đổi khí hậu và rủi ro phá sản doanh nghiệp. Theo Moradi (2013), một doanh nghiệp được phân loại là khó khăn tài chính và có nguy cơ phá sản khi cổ phiếu của doanh nghiệp bị Sở giao dịch chứng khoán đưa vào diện kiểm soát đặc biệt, diện hạn chế giao dịch hoặc là cảnh cáo. Cũng tương tự, một doanh nghiệp có nguy cơ dẫn đến phá sản khi trên thị trường chứng khoán cổ phiếu của doanh nghiệp đó bị xếp vào diện hủy niêm yết hoặc đình chỉ niêm yết (Hosaka, 2019). Vì vậy, tác giả tiến hành kiểm tra các doanh nghiệp nằm trong danh sách thông báo của Sở Giao dịch Chứng khoán Thành phố Hồ Chí Minh (HOSE) và Sở Giao dịch Chứng khoán Hà Nội (HNX) có các biểu hiện bị “đình chỉ niêm yết, hủy niêm yết, diện kiểm soát, diện cảnh báo, hạn chế giao dịch”. Các doanh nghiệp có những biểu hiện trên tác giả xếp vào nhóm doanh nghiệp có nguy cơ

Bảng 7. Kiểm tra tính vững

Mô hình	(1)	(2)
Biến	Corporate bankruptcy	Corporate bankruptcy
Emissions (ln)	0,110*** (11,39)	
Carbon Intensity		0,235*** (28,79)
WC/TA	-1,158*** (-10,31)	-0,910*** (-7,91)
RE/TA	-1,845*** (-15,47)	-1,506*** (-13,06)
EBIT/TA	-14,97*** (-29,10)	-8,415*** (-16,91)
TE/TL	0,009*** (3,43)	0,006** (2,10)
SIZE	-0,077*** (-4,87)	-0,004 (-0,25)
AGE	0,000 (0,03)	0,001 (0,89)
_cons	2,720*** (11,91)	0,6296*** (2,71)
Số quan sát	15.873	15.873
Wald chi2(7)	1981,21	2614,78
Prob > chi2	0,0000	0,0000
Scale parameter	1	1
ROC curve	0.872	0.881

Ghi chú: *p < 0,1; **p < 0,05; ***p < 0,01.

Giải thích các biến được trình bày trong Bảng 3

Nguồn: Tác giả tính toán

phá sản. Vì vậy, những doanh nghiệp loại này tác giả gán giá trị là 1, còn lại những doanh nghiệp không có những biểu hiện trên tức không có nguy cơ phá sản được gán giá trị 0. Kết quả ước lượng được trình bày trong Bảng 7.

Từ kết quả của Bảng 7, tác giả lưu ý rằng có kết quả tương tự về tác động của rủi ro biến đổi khí hậu lên rủi ro phá sản của

doanh nghiệp. Khi tác giả dùng thang đo định tính bằng việc xếp loại doanh nghiệp có biểu hiện bị “đình chỉ niêm yết, hủy niêm yết, diện kiểm soát, diện cảnh báo, hạn chế giao dịch” đại diện cho rủi ro phá sản doanh nghiệp thay cho các chỉ số ICR và TIE. Điều đó thể hiện các doanh nghiệp gặp rủi ro biến đổi khí hậu cao sẽ làm gia tăng nguy cơ phá sản doanh nghiệp cao hơn. Các chỉ số kỹ thuật Prob > chi2 và đường cong ROC vẫn đảm bảo khả năng dự đoán cho mô hình tốt.

5. Kết luận và hàm ý chính sách

Đã có sự quan tâm ngày càng tăng của các nhà hoạch định chính sách về các vấn đề biến đổi khí hậu gây ra rủi ro cho các doanh nghiệp phát thải CO₂ cao. Việc thực thi nghiêm ngặt các luật môi trường hiện hành và việc áp dụng các biện pháp giảm phát thải mạnh mẽ đối với những doanh nghiệp gây ô nhiễm được dự kiến tăng trong tương lai. Điều này có thể dẫn đến sự gia tăng chi phí và tác động đến khả năng hoạt động của doanh nghiệp. Câu hỏi nghiên cứu chính của bài báo này là liệu lượng khí thải CO₂ và cường độ phát thải CO₂ có ảnh hưởng đến rủi ro phá sản của doanh nghiệp hay không. Tác giả đóng góp vào tài liệu hiện có bằng cách khám phá xem liệu phát thải carbon có tác động đến khó khăn tài chính và rủi ro phá sản của doanh nghiệp hay không. Tác giả tìm thấy bằng chứng mạnh mẽ rằng lượng khí thải có tác động tiêu cực đến rủi ro phá sản, các doanh nghiệp có mức phát thải cao hơn thực sự dẫn đến rủi ro phá sản cao hơn. Kiểm tra độ tin cậy của mô hình được thực hiện dựa trên việc tính toán diện tích dưới đường cong ROC. Kết quả chính của tác giả vẫn giữ nguyên khi tác giả sử dụng một thang đo khác đại diện khác cho rủi ro phá sản thay cho hai chỉ số ICR và TIE.

Kết quả của tác giả cho thấy khả năng phá sản của các doanh nghiệp đã bị ảnh hưởng bởi rủi ro khí hậu và có một số hàm ý về chính sách. Đầu tiên, các doanh nghiệp có phát thải cao nên đưa thêm rủi ro khí hậu vào đánh giá về rủi ro chung toàn doanh nghiệp. Với sự gia tăng ngày càng lớn áp lực từ nhà nước và người tiêu dùng về phát triển kinh tế bền vững, các doanh nghiệp dần phải chuyển sang hoạt động sản xuất thân thiện với môi trường, điều đó gia tăng rủi ro trong quá trình điều chỉnh sang nền kinh tế carbon thấp hơn, gia tăng chi phí hoạt động, thay đổi chính sách và mô hình hoạt động, giảm giá tài sản, khó tiếp cận các nguồn vốn hoặc tiếp cận với chi phí cao, điều này dẫn đến tình trạng khó khăn tài chính và rủi ro phá sản cao. Thứ hai, các ngân hàng và tổ chức cho vay nên xem xét lượng khí thải carbon của người đi vay để định giá hiệu quả các rủi ro mà họ đang phải chịu. Các sáng kiến về quy định và giám sát rủi ro biến đổi khí hậu buộc các ngân hàng phải đưa việc xem xét rủi ro khí hậu vào khuôn khổ quản trị rủi ro nhằm tạo ra sự ổn định tài chính, vì sự ổn định tài chính đã được đưa vào nhiệm vụ của nhiều ngân hàng trung ương, nên kết quả của tác giả ủng hộ quan điểm rằng các ngân hàng trung ương nên quan tâm nhiều hơn đến

rủi ro khí hậu. Thứ ba, các nhà đầu tư vào doanh nghiệp nên xem xét mức độ tiếp xúc với rủi ro khí hậu của doanh nghiệp để nắm bắt và định giá hiệu quả các rủi ro khí hậu liên quan đến các khoản đầu tư.

Cuối cùng, một trong những hạn chế của phân tích của tác giả là chỉ tập trung vào lượng khí thải CO₂ và chưa đề cập đến các loại khí nhà kính khác. Hơn nữa, trong bài nghiên cứu này tác giả đã tập trung vào rủi ro biến đổi khí hậu đến từ rủi ro chuyển đổi, chưa xét đến khía cạnh về rủi ro vật lý. Vì vậy, nghiên cứu này sẽ được củng cố thêm bởi những nghiên cứu cụ thể khác về rủi ro biến đổi khí hậu dựa trên rủi ro vật lý để có cái nhìn toàn diện hơn về cách hệ thống kinh tế đang phải đối mặt với rủi ro biến đổi khí hậu. Bên cạnh đó nghiên cứu của tác giả mới chỉ dừng lại ở mức độ xem xét rủi ro phá sản của doanh nghiệp bằng các chỉ số cảnh báo sớm ICR và TIE, các nghiên cứu trong tương lai có thể tiến hành phân tích dựa trên các doanh nghiệp đã thực sự phá sản để củng cố hơn, cũng như là mở rộng phạm vi nghiên cứu ra những quốc gia khác và thời gian dài hơn để thấy rõ được bức tranh về rủi ro biến đổi khí hậu đang tác động đến nền kinh tế thực như thế nào. ■

Tài liệu tham khảo

- Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *The journal of finance*, 23(4), 589–609. <https://doi.org/10.2307/2978933>
- Altman, E. I. (2000). *Predicting financial distress of companies: revisiting the z-score and zeta® models*. <https://pages.stern.nyu.edu/~ealtman/Zscores.pdf>
- Altman, E. I. (2005). An emerging market credit scoring system for corporate bonds. *Emerging Markets Review*, 6(4), 311–323. <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2005.09.007>
- Altman, E. I., Sabato, G., & Wilson, N. (2008). The Value of Non-Financial Information in SME Risk Management. *SSRN 1320612*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1320612>
- Ashraf, S., G. S. Félix, E., & Serrasqueiro, Z. (2019). Do Traditional Financial Distress Prediction Models Predict the Early Warning Signs of Financial Distress? *Journal of Risk and Financial Management*, 12(2), 55. <https://doi.org/10.3390/jrfm12020055>
- Asquith. (1994). Anatomy of Financial Distress: An Examination of Junk-Bond Issuers. *The Quarterly Journal of Economic*, 109(3), 625–658. <https://doi.org/10.2307/2118416>
- Bộ Công thương. (2011). *Danh sách cơ sở sử dụng năng lượng trọng điểm*. <https://thuvienphapluat.vn/cong-van/Tai-nguyen-Moi-truong/Cong-van-3505-BCT-KHCN-lap-Danh-sach-co-so-su-dung-nang-luong-trong-diem-126961>.

- [aspx](#)
- Bento, N., & Gianfrate, G. (2020). Determinants of internal carbon pricing. *Energy Policy*, 143, 111499. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111499>
- Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2022). *Công bố danh mục hệ số phát thải phục vụ kiểm kê khí nhà kính*. https://stnmt.thuathienhue.gov.vn/UploadFiles/TinTuc/2022/11/1/cong_bo_he_so_phat_thai_phuc_vu_kkknk.pdf
- Capasso, G., Gianfrate, G., & Spinelli, M. (2020). Climate change and credit risk. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121634.
- Cheng, M.-Y., Hoang, N.-D., Limanto, L., & Wu, Y.-W. (2014). A novel hybrid intelligent approach for contractor default status prediction. *Knowledge-Based Systems*, 71, 314–321. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.08.009>
- Clarkson, P. M., Li, Y., Pinnuck, M., & Richardson, G. D. (2015). The valuation relevance of greenhouse gas emissions under the European Union carbon emissions trading scheme. *European Accounting Review*, 24(3), 551–580. <https://doi.org/10.1080/09638180.2014.9277822>
- Cục Biến đổi Khí hậu. (2021). *Hệ số phát thải lưới điện Việt Nam 2021* | Cục Biến đổi khí hậu. <http://www.dcc.gov.vn/van-ban-phap-luat/1101/He-so-phat-thai-luoi-dien-Viet-Nam-2021.html>
- Ding, X., Li, J., Song, T., Ding, C., & Tan, W. (2023). Does carbon emission of firms aggravate the risk of financial distress? Evidence from China. *Finance Research Letters*, 56, 104034. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104034>
- Dong, K., Dong, X., & Ren, X. (2020). Can expanding natural gas infrastructure mitigate CO2 emissions? Analysis of heterogeneous and mediation effects for China. *Energy Economics*, 90, 104830. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104830>
- Dou, Y., Li, Y., Dong, K., & Ren, X. (2022). Dynamic linkages between economic policy uncertainty and the carbon futures market: Does Covid-19 pandemic matter? *Resources Policy*, 75, 102455. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102455>
- Farah, T., Li, J., Li, Z., & Shamsuddin, A. (2021). The non-linear effect of CSR on firms' systematic risk: International evidence. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 71, 101288. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2021.101288>
- Feng, F., Han, L., Jin, J., & Li, Y. (2024). Climate Change Exposure and Bankruptcy Risk. *British Journal of Management*. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12792>
- Fernández-Gómez, M. Á., Soria, J. A. C., Santos, J. A. C., & Alaminos, D. (2020). European country heterogeneity in financial distress prediction: An empirical analysis with macroeconomic and regulatory factors. *Economic Modelling*, 88, 398–407. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2019.09.050>
- Glenn. (2021). Climate Change Is a Source of Financial Risk. *Economic Letter*. <https://www.frbsf.org/wp-content/uploads/sites/4/el2021-03.pdf>
- Homroy, S. (2023). GHG emissions and firm performance: The role of CEO gender socialization. *Journal of Banking & Finance*, 148, 106721. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2022.106721>
- Hosaka, T. (2019). Bankruptcy prediction using imaged financial ratios and convolutional neural networks. *Expert Systems with Applications*, 117, 287–299. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.09.039>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *Stationary combustion*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Summary for Policymakers*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SPM_version_report_LR.pdf
- Jong, M.-C., Soh, A.-N., & Puah, C.-H. (2022). Tourism Sustainability: Climate Change and Carbon Dioxide Emissions in South Africa. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(6), 412–417. <https://doi.org/10.32479/ijeep.13662>
- Jung, J., Herbohn, K., & Clarkson, P. (2018). Carbon risk, carbon risk awareness and the cost of debt financing. *Journal of Business Ethics*, 150(4), 1151–1171. <https://www.jstor.org/stable/45022620>
- Justine McClymont. (2021). Comparing Scope 1, 2 And 3 Emissions. *WorkForClimate*. <https://www.workforclimate.org/post/whats-the-difference-scope-1-2-and-3-corporate-emissions>
- Kim, H., Cho, H., & Ryu, D. (2022). Corporate Bankruptcy Prediction Using Machine Learning Methodologies with a Focus on Sequential Data. *Computational Economics*, 59(3), 1231–1249. <https://doi.org/10.1007/s10614-021-10126-5>
- Kim, S. Y. (2018). Predicting hospitality financial distress with ensemble models: The case of US hotels, restaurants, and amusement and recreation. *Service Business*, 12(3), 483–503. <https://doi.org/10.1007/s11628-018-0365-x>
- Moradi, M., Salehi, M., Ghorgani, M. E., & Yazdi, H. S. (2013). Financial distress prediction of Iranian companies using data mining techniques. *Organizacija*, 46(1), 20–27. <https://doi.org/10.2478/orga-2013-0003>
- Network for Greening the Financial System. (2019). A call for action: Climate change as a source of financial risk. *PreventionWeb*. <https://www.preventionweb.net/publication/call-action-climate-change-source-financial-risk>
- Nguyen, Q., Diaz-Rainey, I., & Kurupparachchi, D. (2023). In search of climate distress risk. *International Review of Financial Analysis*, 85, 102444. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102444>
- Nguyen, J. H., & Phan, H. V. (2020). Carbon risk and corporate capital structure. *Journal of Corporate Finance*, 64,

101713. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2020.101713>
- Ohlson, J. A. (1980). Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy. *Journal of accounting research*, 109–131. <https://doi.org/10.2307/2490395>
- Palea, V., & Drogo, F. (2020). Carbon emissions and the cost of debt in the eurozone: The role of public policies, climate-related disclosure and corporate governance. *Business Strategy and the Environment*, 29(8), 2953–2972. <https://doi.org/10.1002/bse.2550>
- Pei, W., & Pei, W. (2022). Empirical study on the impact of government environmental subsidies on environmental performance of heavily polluting enterprises based on the regulating effect of internal control. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 98. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010098>
- Pham, V. N. B., Do, T. T., & Vo, H. D. (2018). Financial distress and bankruptcy prediction: An appropriate model for listed firms in Vietnam. *Economic Systems*, 42(4), 616–624. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2018.05.002>
- Pizzutilo, F., Mariani, M., Caragnano, A., & Zito, M. (2020). Dealing with carbon risk and the cost of debt: Evidence from the European market. *International Journal of Financial Studies*, 8(4), 61. <https://doi.org/10.3390/ijfs8040061>
- Ren, X., Li, Y., Shahbaz, M., Dong, K., & Lu, Z. (2022). Climate risk and corporate environmental performance: Empirical evidence from China. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 467–477. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.023>
- Powell, R. J., Dinh, D. V., Vu, N. T., & Vo, D. H. (2024). Accounting-based variables as an early warning indicator of financial distress in crisis and non-crisis periods. *International Journal of Finance & Economics*, 29(4), 4105–4124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.056>
- Sautner, Z., Van Lent, L., Vilkov, G., & Zhang, R. (2023). Firm-level climate change exposure. *The Journal of Finance*, 78(3), 1449–1498. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/FD6JQ>
- Serfling, M. (2016). Firing Costs and Capital Structure Decisions. *The Journal of Finance*, 71(5), 2239–2286. <https://doi.org/10.1111/jofi.12403>
- Shi, L., Wang, Y., & Jing, L. (2024). Low-carbon city pilot, external governance, and green innovation. *Finance Research Letters*, 67, 105768. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105768>
- Vo, D. H. (2023). Market risk, financial distress and firm performance in Vietnam. *PLOS ONE*, 18(7), e0288621. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288621>
- World Climate Summit Dialogue. (2008). *The Greenhouse Gas Protocol*. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>
- Xu, M., & Zhang, C. (2009). Bankruptcy prediction: the case of Japanese listed companies. *Review of accounting studies*, 14, 534–558. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11142-008-9080-5>
- Xu, B., & Lin, B. (2018). Investigating the role of high-tech industry in reducing China's CO₂ emissions: A regional perspective. *Journal of Cleaner Production*, 177, 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.174>
- Yeh, C.-C., Chi, D.-J., & Hsu, M.-F. (2010). A hybrid approach of DEA, rough set and support vector machines for business failure prediction. *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1535–1541. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.06.088>