

УДК 330.341

JEL Classification: D73, E71, Q54

DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-9-03-05>

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ КОРУПЦІЇ НА ЗМІНУ КЛІМАТУ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ КОГНІТИВНОЇ КАРТИ

MODELLING THE EFFECTS OF CORRUPTION ON CLIMATE CHANGE USING FUZZY COGNITIVE MAP

Боженко В. В.

Кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економічної кібернетики,
Сумський державний університет,
м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-9435-0065

Гончарук І. Г.

Аспірант,
Сумський державний університет,
м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-1067-6517

Victoria Bozhenko

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Economic Cybernetics Department,
Summy State University,
Summy, Ukraine

Ivan Goncharuk

PhD Student,
Summy State University,
Summy, Ukraine

Стаття узагальнює аргументи та контраргументи в межах наукової дискусії з питання проявів корупції в сфері кліматичного фінансування. Основною метою проведеного дослідження є моделювання взаємозв'язків у ланцюзі відносин «корупція - кліматичне фінансування - кліматичні зміни» та побудови сценаріїв розвитку подій. Актуальність вирішення даної наукової проблеми обумовлена тим, що корупція руйнує зусилля міжнародної спільноти, спрямованих на фінансування інвестиційних проєктів у сфері протидії кліматичним змінам, пом'якшення наслідків та адаптацію до них. Для проведення дослідження використано інструментарій когнітивного моделювання, що дозволяє змодельовати управлінські рішення в складних динамічних умовах та формувати сценарії розвитку подій. Основою експертних думок слугували результати численних емпіричних досліджень, присвячених питанням корупції та протидії кліматичним змінам. За результатами бібліографічного аналізу побудовано нечітку когнітивну карту, яка складається з 13 ключових концептів-факторів, об'єднаних 31 причинно-наслідковими зв'язками. У статті розроблено чотири сценарії розвитку подій. У статті обґрунтовано, що найкращий ефект для скорочення викидів парникових газів досягається за умови не тільки покращення ефективності кліматичного фінансування, але й скорочення рівня корупції.
Ключові слова: кліматичні фінанси; викиди; корупція; кліматичні зміни; нечітке когнітивне моделювання.

The article summarizes the arguments and counterarguments within the scientific debate on the issue of corruption in the climate finance. The main purpose of the study is to model the interrelationships in the chain of relations "corruption - climate finance - climate change" and to generate scenarios of possible events. The relevance of addressing this scientific problem is due to the fact that corruption undermines the efforts of the international community to finance investment projects in the field of climate change mitigation and adaptation. The goal was achieved in the following logical sequence: analysed the empirical studies on corruption and climate change in developing countries which have been published in Scopus scientometric database; identified significant factors of influence (concepts) in the chain of relations "corruption - climate finance - climate change"; transformed linguistic data into quantitative and qualitative data; constructed Fuzzy Cognitive Map as a decision and policy making tool for the management in sustainable development which is illustrated the cause and effect relations between concepts; made scenarios of possible events. The study was conducted using cognitive modelling tools that allow to make sound management

decisions on weakly structured management problems and to form scenarios of events after a given change in another concepts take place. The scientific and methodological approach is based on the results of empirical studies on corruption and climate change rather than the opinions of experts. Based on the results of the bibliographic analysis, a fuzzy cognitive map is constructed, which consists of 13 key concepts-factors united by 31 cause-and-effect relationships. The article develops four scenarios for the development of events. The article substantiates that the best effect for reducing greenhouse gas emissions is achieved by not only improving the efficiency of climate finance, but also reducing the level of corruption. The research findings have practical value for international organisations, national regulators and other stakeholders in the field of anti-corruption activities on climate finance.
Key words: *climate finance; emissions; corruption; climate change; fuzzy cognitive modeling.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Світовою спільнотою прийняті важливі рішення щодо реалізації глобальних ініціатив з протидії змінам клімату, що передбачає зменшення викидів парникових газів, розвиток чистих технологій, збереження біосфери, екологізацію промислового виробництва та сільського господарства тощо. Протягом 2011-2020 років акумульовано та профінансовано проєктів на кліматичні цілі на суму в 4,8 трлн дол США [1]. Проте значні надходження на фінансування кліматичних проєктів можуть не дійти до кінцевого споживача у повному обсязі або будуть використані не за цільовим призначенням із-за корупційного ризику [2]. За даними дослідження, проведеного Transparency International Bangladesh, протягом 2010-2020 років близько 35% проєктних коштів розкрадаються, тоді як майже 80% проєктів реалізовані неефективно внаслідок виявлення фактів корупційних правопорушень [3]. Виходячи з цього, вивчення взаємозв'язків у ланцюзі відносин «корупція - кліматичне фінансування - протидія кліматичним змінам» є вкрай актуальним та передбачає пошук ефективних механізмів впливу на ці процеси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор. Систематичні емпіричні дослідження показують, що корупція посилює проблему зміни клімату та деструктивно впливає на збереження навколишнього середовища. Недосконалість функціонування інститутів демократії, низький рівень економічної свободи та неефективна робота судових та контролюючих органів в країні спричиняють проникнення корупційних схем в економічне життя. Крейт і Наттолл [4] визначили, що деструктивна зміна клімату в країні спричинена високим рівнем концентрації ресурсів, соціальною нерівністю, відсутністю політичного голосу та представництва, соціального відчуження жінок від суспільного життя та системною корупцією. На основі даних 94 країн світу за період з 1987 по 2000 роки про рівень забруднення встановлено, що корупція призводить до збільшення рівня викидів від сульфору оксиду та діоксиду вуглецю на душу населення [5]. Автори [6] довели факт використання державними службовцями непра-

вотвірних інструментів впливу на навколишнє середовище та доступу до природних ресурсів тощо для отримання ними фінансової вигоди.

Аналізуючи діяльність кліматичних фондів в Бангладеші, автори [7] статті акцентують на таких основних проблемах: обмежений доступ до інформації, політичні міркування при затвердженні фонду, відсутність прозорості підзвітності, невідомі заявникам фактичні критерії відбору проєктів, а також політичний вплив та конфлікт інтересів у розподілі кліматичних ресурсів.

Абідін та ін. [8] зазначає, що країни з високим рівнем врядування мають вищий потенціал для ефективного управління у сфері навколишнього середовища порівняно з державами з низьким рівнем публічного управління та низьким рівнем якості демократичних інститутів. Отже, питання корупції у контексті кліматичних змін перебуває у фокусі наукових досліджень, проте оцінювання ступеня впливу кліматичного фінансування й корупції на зменшення викидів парникових газів досі залишається малодослідженим.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Реалізація програм з кліматичного фінансування виходить за межі декількох юрисдикцій, тому питання справедливості розподілу коштів, моніторингу використання коштів контролю за ефективністю використання цих коштів є доволі складним та потребує системного підходу до встановлення комплексу причинно-наслідкових зв'язків між індикаторами сталого розвитку, рівнем прозорості та відкритості публічного управління та іншими індикаторами соціально-економічного розвитку країни. Для вирішення цієї задачі запропоновано використовувати нечітке когнітивне моделювання, яке поєднує в собі елементи побудови штучних нейронних мереж та принципів нечіткої логіки.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної роботи є моделювання взаємозв'язків у ланцюзі відносин «корупція - кліматичне фінансування - протидія кліматичним змінам» та побудови сценаріїв розвитку подій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нечітке когнітивне моделювання широко використовується для вирішення проблем у ситуаціях, коли вважається, що між важливими компонентами або змінними системи існують численні

взаємозалежності, але кількісна, емпірично перевірена інформація про форми цих взаємозалежностей недоступна. Даний підхід дозволяє формувати сценарії розвитку подій за умови зміни одного із концептів.

Для моделювання взаємозв'язків у ланцюзі відносин «корупція - кліматичне фінансування - протидія кліматичним змінам» запропоновано науково-методичний підхід, що передбачає покрокове виконання наступних завдань:

- вивчення емпіричних досліджень, присвячених питанням корупції та кліматичним змінам;
- визначення значущих факторів впливу (концептів) у ланцюзі відносин «корупція - кліматичне фінансування - протидія кліматичним змінам»;
- перехід від лінгвістичних до кількісних значень впливу одного із концептів на інший;
- встановлення причинно-наслідкових зв'язків між концептами та сили впливу між ними для побудови початкової когнітивної карти;
- моделювання сценаріїв розвитку подій.

Для визначення ступеня та характеру причинно-наслідкових зв'язків між концептами використано не опитування експертів, а результати проведених емпіричних досліджень з даного наукового напрямку. Для аналізу обрано наукові статті, які проіндексовані наукометричною базою Scopus та опубліковані за останні 10 років (2014-2023 рр.). Оскільки основним реципієнтом міжнародної кліматичної допомоги є малорозвинуті країни світу, які також мають проблеми з низьким рівнем прозорості публічного управління та толеруванням корупційних практик при ухваленні управлінських рішень, основний акцент

робився на аналізі емпіричних наукових досліджень, де об'єктом дослідження виступали країни з низьким та середнім рівнем доходу на душу населення або світ загалом.

На основі проведеного бібліографічного аналізу наукових статей, присвячених питанням корупції та змінам клімату, запропоновано виокремити 13 ключових концептів, які потенційно матимуть вплив на систему прийняття управлінських рішень: корупція (C1), ефективність кліматичного фінансування (C2), викиди парникових газів (C3), державні витрати на охорону навколишнього середовища (C4), надходження від екологічних податків (C5), криміногенна ситуація (C6), бідність серед населення (C7), безробіття (C8), споживання відновлювальних джерел енергії (C9), вирубка лісів (C10), вуглецева нейтральність (C11), економічне зростання (C12), прозоре та транспарентне публічне управління (C13).

Важливим етапом для побудови нечіткої когнітивної карти є перехід від лінгвістичних даних, що описують зв'язок між концептами, до якісної та кількісної шкали їх оцінювання. Для характеристики ступеня зв'язку між концептами обрано наступну градацію: дуже низький (0,1 ум.од.), низький (0,3 ум.од.), середній (0,5 ум.од.), високий (0,7 ум.од.), дуже високий (0,9 ум.од.).

Основні причинно-наслідкові зв'язки між виокремленими концептами на шляхом побудови нечіткої когнітивної карти подано в таблиці 1 (фрагмент) та на рисунку 1. Для побудови нечітких когнітивних карт використано веб додаток Mental Modeler.

Таблиця 1

Встановлення зв'язків між індикаторами на основі результатів емпіричних досліджень (фрагмент)

Вершини когнітивної карти		Автори робіт	Характер впливу	Рівень	
				якісний	кількісний
Корупція → Ефективність кліматичного фінансування	C1-C2	[9, 10]	-	високий	0,7
Корупція → Надходження від екологічних податків	C1-C5	[11, 12, 13]	-	середній	0,5
Корупція → Бідність	C1-C7	[14, 15]	+	середній	0,5
Корупція → Економічне зростання	C1-C12	[16, 17]	-	високий	0,7
Безробіття → Економічне зростання	C8-C12	[18]	-	високий	0,7
Корупція → Викиди парникових газів	C1- C3	[19, 20, 21]	+	високий	0,7
Безробіття → Криміногенна ситуація	C8-C6	[22, 23]	+	середній	0,5
Ефективність кліматичного фінансування → Викиди парникових газів	C2- C3	[24, 25]	+	високий	0,7
Економічне зростання → Викиди парникових газів	C12-C3	[26, 27]	+	високий	0,7

де «+» – прямиий вплив, «-» – обернений вплив

Джерело: складено авторами

Когнітивна карта побудована на основі 31 емпірично підтверджених зв'язків між концептами. Ступінь щільності побудованої когнітивної карти становить 0,20, що відображає

достатньо велику кількість зв'язків між концептами. Кількісні характеристики концептів, на основі яких побудована когнітивна карта подані в таблиці 2.

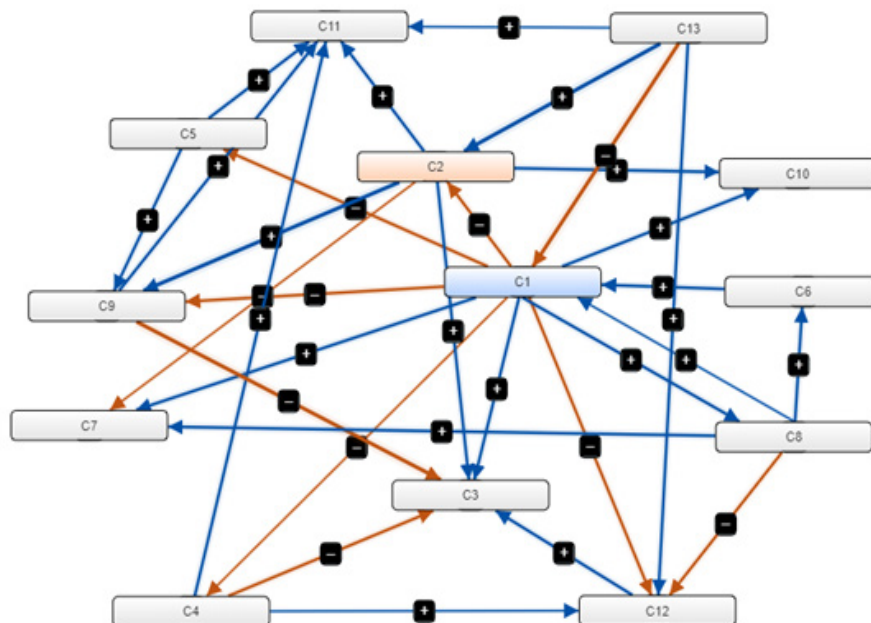


Рис. 1. Когнітивна карта для моделювання зв'язків між концептами

Джерело: складено авторами з використанням веб додатку Mental Modeler

Таблиця 2

Кількісні характеристики концептів когнітивної карти

Умовне позначення концепта	Вхідна центральність	Вихідна центральність	Загальна центральність
C1	1,8	5,1	6,9
C2	1,6	3,3	4,9
C3	3,5	0,0	3,5
C9	1,9	1,6	3,5
C12	2,4	0,7	3,1
C13	0,0	2,8	2,8
C8	0,5	2,2	2,7
C11	2,7	0,0	2,7
C4	0,3	1,3	1,6
C7	1,51	0,0	1,5
C5	0,5	1,0	1,5
C10	1,4	0,0	1,4
C6	0,5	0,6	1,1

Джерело: складено авторами

Дані таблиці 2 демонструють, що найбільший вплив при побудові когнітивної карти мав індикатор C1 (корупція), який у 75% використовувався як «причина» (вихідна центральність становить 5,1 одиниць). Стосовно концепти C2 (ефективність кліматичного фінансування), то вона перебуває на другій позиції серед інших концептів щодо важливості впливу на причинно-наслідкові зв'язки. Найменший вплив серед встановлених зв'язків мають наступні концепти: C6 (криміногенна ситуація) та C10 (вирубка лісів).

Завершальним етапом розробленого науково-методичного підходу є сценарне моделювання, яке передбачає зміну кількох вхідних даних моделі, щоб змоделювати реакції змін інших концептів. Сценарне моделювання дозволяє проаналізувати рівень складності та нових аспектів

систем, що полегшує визначення важливих точок впливу та оцінку компромісів [28]. В основі активації сценарного моделювання використано функцію гіперболічного тангенсу. У межах дослідження запропоновано розглядати декілька сценаріїв (табл. 3), спрямованих на зменшення викидів вуглекислого газу та досягнення вуглецевої нейтральності:

- Сценарій 1. Зменшення рівня корупції на 20%.
- Сценарій 2. Зменшення рівня корупції на 20%, покращення рівня відкритості державного управління на 20%.
- Сценарій 3. Збільшення ефективності кліматичного фінансування на 20%.
- Сценарій 4. Зменшення рівня корупції на 20%, підвищення рівня ефективності кліматичного фінансування на 20%.

Кількісні характеристики концептів когнітивної карти

		Сценарій 1	Сценарій 2	Сценарій 3	Сценарій 4
C1	корупція	- 0,20	- 0,20	-	- 0,20
C2	ефективність кліматичного фінансування	+0,12	+0,06	+ 0,20	+ 0,20
C3	викиди парникових газів	-0,11	-0,13	-0,04	-0,17
C4	державні витрати на охорону навколишнього середовища	+0,06	+0,06	-	+0,06
C5	надходження від екологічних податків	+0,09	+0,09	-	+0,09
C6	криміногенна ситуація	-0,01	-0,01	-	-0,01
C7	бідність серед населення	-0,11	-0,11	+0,02	-0,08
C8	безробіття	-0,09	-0,09	-	-0,09
C9	споживання відновлювальних джерел енергії	+0,11	+0,10	-0,07	+0,03
C10	вирубка лісів	-0,10	-0,11	-0,05	-0,17
C11	вуглецева нейтральність	+0,04	+0,02	-0,04	-0,02
C12	економічне зростання	+0,17	+0,09	-	0,14
C13	прозоре та транспарентне публічне управління	-	+ 0,20	-	-

Джерело: складено авторами

Порівняльний аналіз запропонованих сценаріїв дозволяє стверджувати, що найбільший ефект для скорочення парникових газів можливий за умови не лише зростання ефективності кліматичного фінансування, але й скорочення рівня корупції (стратегія 4). Реалізація четвертої стратегії дозволить скоротити вуглецеві викиди на 0,17 ум.од., збільшити надходження від екологічних податків на 0,09 ум.од., зменшити вирубку лісів на 0,17 ум.од., а також створити передумови для стимулювання економічного зростання.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Запропонований методичний підхід

для моделювання системи відносин у ланцюзі «корупція-кліматичне фінансування-вуглецева нейтральність» шляхом побудови нечіткої когнітивної карти дозволяє проаналізувати ланцюгові реакції на зміну ключових концептів, обрати оптимальну стратегію управлінських рішень у сфері протидії кліматичних змін. Побудована нечітка когнітивна карта продемонструвала важливість мінімізації та протидії проявам корупційних правопорушень у сфері кліматичних ініціатив.

Роботу виконано в межах науково-дослідних тем, що фінансуються за рахунок коштів державного бюджету (номер державної реєстрації 0121U100467, 0122U000783).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Climate Police Initiative (2022). Global Landscape of Climate Finance A Decade of Data: 2011-2020. Retrieved from <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2022/10/Global-Landscape-of-Climate-Finance-A-Decade-of-Data.pdf>.
2. Jakob, M., Steckel, J. C., Flachsland, C., & Baumstark, L. (2015). Climate finance for developing country mitigation: blessing or curse? *Climate and Development*, 7(1). DOI: <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.934768>.
3. Khan, M., Watkins, M., Aminuzzaman, S., Khair, S., Khan, M.Z.H. (2020). Climate change investments in Bangladesh: leveraging dual-use characteristics as an anti-corruption tool. Working Paper 033. Retrieved from <https://ace.soas.ac.uk/wp-content/uploads/2022/05/ACE-WorkingPaper033-ClimateChangeInvestments-201217.pdf>.
4. Crate, S., & Nuttall, M (2016). Anthropology and climate change: from actions to transformations. Routledge, New York and London.
5. Cole, M. A. (2007). Corruption, income and the environment: An empirical analysis. *Ecological Economics*, 62(3-4), 637-647. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.08.003>.
6. Saha, S., & Gounder, R. (2013). Corruption and economic development nexus: Variations across income levels in a non-linear framework. *Economic Modelling*, 31, 70-79.
7. Kabir, M. R., Khan, S., Chowdhury, S., Jahan, S., Islam, K. M. A., & Zayed, N. M. (2021). Corruption Possibilities in the Climate Financing Sector and Role of the Civil Societies in Bangladesh. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 56(2), 55-64. DOI: <https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.56.2.6>.
8. Abidin, I. S. Z., Haseeb, M., Azam, M., & Islam, R. (2015). Foreign direct investment, financial Development, international trade and energy consumption: Panel data evidence from selected ASEAN Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(3), 841-850.

9. Chirambo, D. (2018). Towards the achievement of SDG 7 in sub-Saharan Africa: Creating synergies between Power Africa, Sustainable Energy for All and climate finance in-order to achieve universal energy access before 2030. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 600–608. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.025>.
10. Stef, N., Başağaoğlu, H., Chakraborty, D., & Jabeur, S. & Ben. (2023). Does institutional quality affect CO2 emissions? Evidence from explainable artificial intelligence models. *Energy Economics*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106822>.
11. Fullerton, D., & Muehlegger, E. (2019). Who Bears the Economic Burdens of Environmental Regulations? *Review of Environmental Economics and Policy*, 13 (1). DOI: <https://doi.org/10.1093/reep/rey023>.
12. Hamaguchi, Y. (2020). Dynamic analysis of bribery firms' environmental tax evasion in an emissions trading market. *Journal of Macroeconomics*, 63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2019.103169>.
13. Kou, P., Han, Y., & Li, Y. (2021). An evolutionary analysis of corruption in the process of collecting environmental tax in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(39). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13104-4>.
14. Kouadio, H. K., & Gakpa, L. L. (2022). Do economic growth and institutional quality reduce poverty and inequality in West Africa? *Journal of Policy Modeling*, 44(1), 41-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2021.09.010>.
15. Schwuchow, S. C. (2023). Organized crime as a link between inequality and corruption. *European Journal of Law and Economics*, 55(3). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10657-023-09764-x>.
16. d'Agostino, G., Dunne, J. P., & Pieroni, L. (2016). Government Spending, Corruption and Economic Growth. *World Development*, 84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.03.011>.
17. Sahli, I., & Rejeb, J. Ben. (2015). The Environmental Kuznets Curve and Corruption in the Mena Region. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.231>.
18. Uddin, I., & Rahman, K. U. (2023). Impact of corruption, unemployment and inflation on economic growth evidence from developing countries. *Quality and Quantity*, 57(3). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11135-022-01481-y>.
19. Akhbari, R., & Nejati, M. (2019). The effect of corruption on carbon emissions in developed and developing countries: empirical investigation of a claim. *Heliyon*, 5(9). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02516>.
20. Ganda, F. (2020). The influence of corruption on environmental sustainability in the developing economies of Southern Africa. *Heliyon*, 6(7). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04387>.
21. Lisciandra, M., & Migliardo, C. (2017). An Empirical Study of the Impact of Corruption on Environmental Performance: Evidence from Panel Data. *Environmental and Resource Economics*, 68(2). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10640-016-0019-1>.
22. Prescott, J. J., & Pyle, B. (2019). Identifying the impact of labor market opportunities on criminal behavior. *International Review of Law and Economics*, 59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.irl.2019.04.001>.
23. Shabbir, S., Ali, Q., & Yaseen, M. R. (2017). Crime and Labor Market: A panel data analysis. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 6(3), 343–350. Retrieved from <http://www.european-science.com>.
24. Carfora, A., Ronghi, M., & Scandurra, G. (2017). The effect of climate finance on greenhouse gas emission: A quantile regression approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(1).
25. Lee, C. C., Li, X., Yu, C. H., & Zhao, J. (2022). The contribution of climate finance toward environmental sustainability: New global evidence. *Energy Economics*, 111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106072>.
26. Rajkoomar, M., Marimuthu, F., Naicker, N., & Mvunabandi, J. D. (2022). A meta-analysis of the economic impact of carbon emissions in Africa. *Environmental Economics*, 13(1). DOI: [https://doi.org/10.21511/ee.13\(1\).2022.08](https://doi.org/10.21511/ee.13(1).2022.08).
27. Kwakwa, P. A. (2023). Climate change mitigation role of renewable energy consumption: Does institutional quality matter in the case of reducing Africa's carbon dioxide emissions? *Journal of Environmental Management*, 342. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118234>.
28. Gray, S., Sterling, E. J., Aminpour, P., Goralnik, L., Singer, A., Wei, C., ... & Norris, P. (2019). Assessing (social-ecological) systems thinking by evaluating cognitive maps. *Sustainability*, 11(20). DOI: <https://doi.org/10.3390/su11205753>.