المجلة العلمية
لكلية الدراسات الاقتصادية والعلوم السياسية

https://esalexu.journals.ekb.eg
دورية علمية محكمة
المجلد الثامن (العدد السادس عشر، يوليو 2023)

أثر الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات الكربونية في مصر خلال الفترة (1972–2021) [1]

نهى ناجي البغدادلي
مدرس الاقتصاد بكلية الدراسات الاقتصادية والعلوم السياسية، باحثة اقتصاد بمركز البحوث والدراسات الاقتصادية

عبد الخالق محمد
مدرس مساعد الاقتصاد بكلية الدراسات الاقتصادية والعلوم السياسية، باحث اقتصاد بمركز البحوث والدراسات الاقتصادية

أحمد مجدي عبد الحليم
مدرس مساعد الاقتصاد بكلية الدراسات الاقتصادية والعلوم السياسية، باحث اقتصاد بمركز البحوث والدراسات الاقتصادية

آلاء الشاذلي
معيدة بقسم الاقتصاد بكلية الدراسات الاقتصادية والعلوم السياسية، باحثة اقتصاد بمركز البحوث والدراسات الاقتصادية

أمنية رضا النجار
باحثة اقتصاد بمركز البحوث والدراسات الاقتصادية

[1] تم تقديم البحث في 2022/12/3، وتم قبوله للنشر في 2023/5/3.

الملخص

شهد العالم منذ سبعينيات القرن الماضي العديد من الأزمات الاقتصادية التي جاءت نتيجة الأزمات المالية والحروب والأوبئة مثل أزمة حظر البترول، الأزمة المالية العالمية، وجائحة كورونا، الحرب الروسية– الأوكرانية، وقد تزامنت هذه الأزمات مع تفاقم مشكلة التغيرات المناخية. ويهدف هذا البحث إلى تحليل الآثار المباشرة وغير المباشرة للأزمات الاقتصادية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من خلال تأثير تلك الأزمات على أسعار واستهلاك الطاقة الأحفورية وإنتاج الطاقة المتجددة، بالإضافة إلى قياس أثر بعض الأزمات التي عانى منها الاقتصاد المصري، وهي أزمة حظر البترول 1973، الأزمة المالية العالمية 2008، وفترة عدم الاستقرار السياسي في 2011، على الانبعاثات الكربونية في مصر. واستخدم البحث منهجية التكامل المشترك بين المتغيرات محل البحث من خلال تقدير نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية الموزعة (ARDL). وتوصلت النتائج إلى أن تأثير الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات يعتمد على طبيعة وسبب الأزمة، حيث أوضحت النتائج أن أزمة حظر البترول عام 1973، والتي تبعها ارتفاع كبير في أسعار البترول، كان لها تأثير سلبي على الانبعاثات في مصر خلال فترة الأزمة، بينما أدت فترة عدم الاستقرار السياسي في مصر (2011-2014) إلى زيادة الانبعاثات، في حين لم يكن للأزمة المالية العالمية في 2008 تأثير معنوي على الانبعاثات في مصر. كما أظهرت النتائج أن لكل من استهلاك الوقود الأحفوري والنمو الاقتصادي تأثيراً إيجابياً على الانبعاثات، بينما يؤثر نصيب الفرد من إنتاج الطاقة المتجددة وسعر البترول سلبياً على الانبعاثات الكربونية في مصر في الأجل الطويل والأجل القصير.

الكلمات الدالة: الأزمات الاقتصادية، الطاقة، الانبعاثات الكربونية، أسعار البترول، التغيرات المناخية.

ABSTRACT

Since the 1970s, the world has experienced many economic crises due to financial crises, wars, and pandemics, such as the oil embargo crisis, the global financial crisis, the Russian-Ukrainian war, and COVID-19. These crises coincide with worsening the climate change problem. This study aims to analyze the direct and indirect effects of the economic crises on CO_2 emissions through the effect of these crises on the prices and the consumption of fossil fuels and on renewable energy production. We also examine the impact of some crises that occurred in the Egyptian economy, namely the

1973 oil embargo crisis, the global financial crisis of 2008, and the political instability in 2011, on Egypt's CO2 emissions. The paper uses the autoregressive distributed lag (ARDL) cointegration model. Our results conclude that the effect of an economic crisis on carbon emissions depends on the nature and cause of the crisis. Our results show that the 1973 oil embargo crisis, which was followed by a significant rise in oil prices, had a negative impact on Egypt's emissions during the crisis period, while Egypt's period of political instability (2011-2014) caused an increase in emissions, whereas the effect of the global financial crisis on emissions in Egypt was insignificant. In both the short and the long run, the results showed that fossil fuel consumption and economic growth have a positive impact on CO_2 emissions, whereas renewable energy production and oil prices have a negative impact on CO_2 emissions in Egypt.

Keywords: Economic Crisis, Energy, Carbon Emissions, Oil Prices, Climate Change

1. مقدمة

استضافت مصر في نوفمبر 2022 المؤتمر السابع والعشرين للأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (COP27) والذي جاء بعد عامين عانى فيهما العالم من العواقب الصحية والاقتصادية لأزمة وجائحة كورونا. تزامن أيضاً انعقاد المؤتمر مع الاضطراب العالمي بسبب الأزمة الروسية– الأوكرانية، والتي كان لها تأثير سلبي على كل من الطاقة والغذاء، مما ساهم في المزيد من التباطؤ الاقتصادي في العالم. يتزايد أيضاً مع وجود هذه الأزمات الاقتصادية والسياسية الوعي في جميع الدول بأهداف التنمية المستدامة ومشكلة التغيرات المناخية التي تتفاقم وتمثل خطراً حقيقياً يهدد الحياة على الأرض.

بُناءً على تعريف الأمم المتحدة، فإن المقصود بالتغيرات المناخية هي أنها "التحولات طويلة الأجل في درجات الحرارة وأنماط الطقس" (UN, n.d.) . قد تكون الأسباب وراء هذه التحولات طبيعية مثل التغيرات في الدورة الشمسية، وقد تكون بسبب حرق الوقود الأحفوري المصاحب للأنشطة البشرية. يتسبب حرق الوقود الأحفوري في توليد انبعاثات غازات دفيئة greenhouse gas emissions، وتعتبر انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من أكثر الانبعاثات التي تتسبب في مشكلة المناخ، حيث يمثل غاز ثاني أكسيد الكربون حوالي 76% من إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في العالم

(IPCC, 2014). لذلك تُستخدم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون كمؤشر للتغيرات المناخية ودليل على التدهور البيئي، مع ما يترتب على ذلك من آثار على تلوث الهواء والاحتباس الحراري. يوضح التقرير الأول من التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن الانبعاثات الكربونية الناجمة عن الأنشطة البشرية هي المسبب الرئيسي لتغير المناخ والمسؤولة عن ارتفاع درجة الحرارة بمقدار 1,1 درجة مئوية فوق مستويات عصر ما قبل الصناعة (IPCC, 2021).

تُعتبر مصر من أكثر الدول عُرضةً لمخاطر التغيرات المناخية، حيث وجدت تقديرات الدراسة المقدمة من البرنامج الانمائي للأمم المتحدة بالتعاون مع الحكومة المصرية أن حوالي من 2% إلى 6% من الناتج المحلي الإجمالي المستقبلي قد يتم خسارته بسبب أثر التغيرات المناخية علي قطاع الزراعة والموارد الساحلية والسياحة، حيث تم تقدير الانخفاض في الإنتاج الزراعي بحوالي من 8% إلى 47% بحلول عام 2060، كما قُدر انخفاض الإيرادات السياحية السنوية بحوالي من 90 إلى 110 مليار جنيه بسبب الارتفاع في درجات الحرارة، هذا بالإضافة إلى خسارة آلاف الأرواح بسبب تلوث الهواء وموجات الحرارة المرتفعة (UNDP, 2013). لذلك يجب أن تسعى الحكومة المصرية جاهدةً للتصدي لمشكلة المناخ وخفض الانبعاث عن طريق فرض إجراءات بيئية صارمة على الصناعات الملوثة والاتجاه نحو المزيد من الاستثمارات في الطاقة المتجددة. فوفقًا لأحدث التقديرات مازالت مصر تعتمد بشكل كبير على الطاقة الأحفورية، حيث يكون الوقود الأكثر استهلاكًا في مصر هو البترول والسوائل الأخرى (36%)، والغاز الطبيعي (57%) في عام 2020، بينما شكلت الطاقة المتجددة 6% فقط من إجمالي استهلاك البلاد لنفس العام (BP, 2021).

تتعرض مصر، مثلها في ذلك كمثل دول العالم، إلى أزمات اقتصادية سواء كانت أزمات عالمية أو أزمات محلية، والتي قد تؤثر بدورها على الانبعاثات وجهود الدولة لمواجهة التغيرات المناخية. وتتعدد أسباب الأزمات الاقتصادية مثل الأسباب الجيوسياسية، والحروب، والأزمات المالية، والأوبئة. ويُصاحب هذه الأزمات عادة ركود في النشاط الاقتصادي، وانخفاض في استهلاك الطاقة، وتقلُب في أسعار البترول، مما قد يؤثر بطريق مباشر أو غير مباشر على الانبعاثات ومن ثم على التغير المناخي. فمن ناحية تعتمد اقتصاديات العالم في معظم أنشطتها الاقتصادية على مصادر الطاقة الأحفورية التي استحوذت على حوالي80% من إجمالي عرض الطاقة العالمي في عام 2019 (IEA ,2021)، وبالتالي يؤدي الركود الاقتصادي المصاحب للأزمات إلى خفض الانبعاثات، ويكون

ذلك في الأجل القصير. ومن الناحية الأخرى، نجد أن في العام التالي للأزمة تتزايد الانبعاثات بشكل كبير أثناء التعافي الاقتصادي للدول (Obani & Gupta, 2016). فعلي سبيل المثال انخفضت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون العالمية في أعقاب جائحة كورونا بنسبة 5,2% عام 2020 وعادت لتزداد بنسبة 6% في عام 2021 (IEA,2022). وقد يؤثر الركود الاقتصادي أيضاً سلبًا على الاجراءات والسياسات المتبعة لخفض الانبعاثات، وذلك للتخفيف على الشركات والمصانع التي تعاني وقت الأزمة من انخفاض الإنتاج والأرباح، وعلى النقيض، يري البعض الأخر أن الركود الاقتصادي يشجع الاستثمار في التكنولوجيا منخفضة الكربون مما يساهم في خفض الانبعاثات (Del Río, 2009).

1-1 مشكلة البحث

أصبحت مشكلة المناخ تُمثل خطرا حقيقيا يواجه دول العالم أجمع وتسعى جميع الدول لمواجهة التغيرات المناخية عن طريق خفض الانبعاثات والتكيف لتقليل المخاطر المحتملة. وأثناء ذلك تواجه الدول أيضا الكثير من الأزمات الاقتصادية التي قد يكون لها تأثير سلبي أو إيجابي على الانبعاثات ومن ثم على التغيرات المناخية. تُصنف مصر من أعلي الدول عُرضةً لمخاطر التغيرات المناخية ومع تزايد الأزمات الاقتصادية التي يواجهها الاقتصاد المصري جاء **التساؤل الرئيسي للبحث:** إلى أي مدى تؤثر الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات في مصر؟ وينبثق عن ذلك التساؤل عدة تساؤلات فرعية وهي، ما هي القنوات أو الآليات التي من خلالها تؤثر الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات؟ وما أثر الأزمات على قطاع الطاقة من حيث أسعار البترول واستهلاك الطاقة الأحفورية والاستثمار في الطاقة المتجددة؟ وما أثر هذه المتغيرات على الانبعاثات في مصر؟ وهل يختلف أثر الأزمة الاقتصادية على الانبعاثات حسب طبيعة الأزمة؟

2-1 أهمية البحث وأهدافه

تهدد مشكلة تغير المناخ جميع دول العالم لما لها من آثار بالغة الخطورة تعوق تحقيق أهداف التنمية المستدامة، بل وتؤدي إلى ارتفاع معدل الوفيات، حيث من المتوقع أن تتسبب التغيرات المناخية في وفاة 250 ألف شخص في الفترة من عام 2030 إلى 2050 بسبب سوء التغذية والإجهاد الحراري (WHO,2022). ولذلك تسعى الدول إلى اتخاذ إجراءات سريعة لخفض الانبعاثات والاتجاه

نحو الطاقة النظيفة لتحقيق اقتصادات منخفضة الكربون. ويتطلب التحول نحو الإنتاج منخفض الكربون الكثير من الموارد والدعم المالي خاصة في دول النامية التي تعاني الكثير من المشكلات الاقتصادية. يتزامن تزايد الاهتمام الدولي والمحلي بقضية التغيرات المناخية مع أزمات اقتصادية متتالية مثل أزمة وباء كورونا والحرب الروسية– الأوكرانية وغيرها من أزمات الديون وعدم الاستقرار السياسي في بعض الدول. ومن هنا تأتي أهمية هذا البحث، حيث نظر البعض إلى هذه الأزمات كطوق نجاه للبيئة لأن عادةً يصاحب هذه الأزمات انخفاضاً للنشاط الاقتصادي، ولكن يري البعض الأخر أن أثر الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات قصير الأجل، بينما يؤدي إلى زيادة الانبعاثات في الأجل الطويل بسبب انخفاض الموارد المالية اللازمة لتمويل مشروعات المناخ. لذلك يهدف هذا البحث إلى تحليل الآثار المباشرة وغير المباشرة للأزمات الاقتصادية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، والذي يعد المُساهم الأكبر في التغيرات المناخية، وكذلك قياس أثر بعض الأزمات التي مرت بها مصر على الانبعاثات.

1-3 فروض البحث

بناءً على ما سبق يقوم هذا البحث باختبار الفروض الآتية:

أ. بالنسبة لتأثير الأزمات الاقتصادية:

- تؤثر الأزمات الاقتصادية سلباً على الانبعاثات الكربونية في مصر.
- يختلف تأثير الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات الكربونية في مصر وفقا لطبيعة الأزمة.

ب. بالنسبة للمتغيرات التي قد تتأثر بالأزمات الاقتصادية وتؤثر بدورها على الانبعاثات:

- توجد علاقة إيجابية بين النمو الاقتصادي وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في مصر.
- توجد علاقة سلبية بين أسعار البترول وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في مصر.
- توجد علاقة إيجابية بين استهلاك الطاقة الأحفورية وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في مصر.
- توجد علاقة سلبية بين إنتاج الطاقة المتجددة وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في مصر.

1-4 منهج البحث

اتبع البحث المنهج التحليلي القياسي بالاعتماد على بيانات سلسلة زمنية سنوية في مصر خلال الفترة (1972 – 2021)، وقد استخدمت الدراسة منهجية التكامل المشترك بين المتغيرات محل البحث من خلال تقدير نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية الموزعة Auto-Regressive (Distributed Lags Model ARDL).

تتضمن الحدود الزمنية للدراسة ثلاث أزمات، وتتمثل هذه الأزمات في: أزمة حظر البترول في 1973، والأزمة المالية العالمية في 2008، وفترة عدم الاستقرار السياسي في 2011.

1-5 خطة البحث

ينقسم البحث إلى أربعة أقسام – فضلاً عن المقدمة – تتناول على الترتيب: الدراسات السابقة في القسم الثاني، تحليل أثر الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات في القسم الثالث، والقسم الرابع النموذج القياسي والنتائج والقسم الأخير للاستنتاجات والتوصيات.

2. الدراسات السابقة

تناول العديد من الدراسات العوامل التي تؤثر على التدهور البيئي، وأهم هذه العوامل النشاط الاقتصادي والطاقة والتجارة والإنتاج الصناعي ونسبة سكان الحضر (Adebayo & Beton الحسنين, 2021; Kalmaz, 2021; Chien, et al., 2022). اتجهت معظم الدراسات إلى اختبار مدى تحقق فرضية منحنى كوزنتس البيئي Environmental Kuznets Curve (EKC) والتي توضح أن النمو الاقتصادي يؤدي إلى مرحلة أولية من التدهور البيئي حتى نصل إلى نقطة تتحول فيها العلاقة ويؤدي النمو الاقتصادي بعد ذلك إلى التحسن في البيئة (Grossman & Krueger, 1995).

كما أن هناك العديد من الدراسات في مصر التي عالجت العوامل المحددة للتدهور البيئي (أو الانبعاثات)، فتوصلت دراسة السيد، أشرف لطفي وراضي، محمد السيد (2019) إلى أنه خلال الفترة (1971–2017) كان للنمو الاقتصادي تأثير إيجابي على الانبعاثات في الأجل القصير، بينما يكون التأثير سلبي في الأجل الطويل ويؤدي النمو إلى تحسُن في البيئة. ووجدت دراسة الناقة، أحمد وآخرون (2021) أن كلاً من استهلاك الطاقة والنمو الاقتصادي وتكوين رأس المال المادي والانفتاح

التجاري يؤثر إيجابياً على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في مصر خلال الفترة (1980–2017). وبالمثل قامت دراسة (Adebayo, T. S., and Beton Kalmaz, D., 2021) باختبار محددات الانبعاثات في مصر خلال الفترة (1971–2014) باستخدام نموذج ARDL ووجدت الدراسة أن كلاً من استهلاك الطاقة والنمو الاقتصادي له تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

وبالرغم من وجود عدد من الدراسات التي تناولت أثر بعض المتغيرات على الانبعاثات في مصر، إلا أنه لا يوجد دراسات بحثت في أثر الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات في مصر. فبصفة عامة هناك قلة في الدراسات التي تختبر أثر الأزمات الاقتصادية على التغيرات المناخية.

ركزت بعض الدراسات على أثر التقلبات في النمو الاقتصادي أو الصدمات الاقتصادية بصفة عامة على الانبعاثات، فعلى سبيل المثال استهدفت دراسة (Genç, Ekinci, & Sakarya, 2022) اختبار مدى تحقق منحنى كوزنتس البيئي في تركيا خلال الفترة من 1980 إلى 2015، واستخدمت هذه الدراسة نموذج منحنى كوزنتس البيئي لقياس التأثيرات الديناميكية طويلة وقصيرة الأجل للتقلبات أو التغيرات في النمو الاقتصادي على التغيرات المناخية مقاسةً بانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، واستخدمت الدراسة منهجية التكامل المشترك بين المتغيرات محل البحث من خلال تقدير نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية الموزعة (ARDL). وأشارت نتائج الدراسة إلى وجود علاقة طويلة الأجل تربط بين انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وكل من: نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي، ونصيب الفرد من استهلاك الطاقة، والتقلبات في حجم الناتج (VOL) [2]. وقد أفضت نتائج الدراسة إلى أن ثمة تأثير إيجابي لكل من النمو الاقتصادي واستهلاك الفرد من الطاقة على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الأجل الطويل، بينما تقلل التقلبات في حجم الناتج (VOL) من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الأجلين الطويل والقصير.

أيضًا استهدفت دراسة (Skare, Streimikiene, and Skare, 2021) تحليل تأثير الصدمات الاقتصادية على الانبعاثات الكربونية وقد تم تطبيق الدراسة على عدد 20 دولة متقدمة [3]، باستخدام بيانات عن الفترة (1870–2016) وبالاعتماد على نموذج (panel structural vector

[2] تم قياس تلك التقلبات من خلال المتوسط المتحرك لكل خمس سنوات للانحراف المعياري لمعدل النمو في نصيب الفرد من الناتج.

[3] هي أستراليا، بلجيكا، كندا، الدنمارك، فنلندا، فرنسا، ألمانيا، إيطاليا، اليابان، هولندا، النرويج، البرتغال، إسبانيا، السويد، سويسرا، المملكة المتحدة، الولايات المتحدة الأمريكية، الصين، الهند، روسيا.

autoregression) لمتغيرات الدراسة وهي نصيب الفرد من انبعاثات أكسيد الكربون كمتغير تابع، الذي يعتمد على الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي للفرد، ومتوسط أسعار البترول الخام، ومؤشر S&P المركب، ومعدل التغير السكاني كمتغيرات مستقلة. وتوصلت الدراسة إلى أن الصدمات الاقتصادية لها تأثير طويل الأجل على انبعاثات الكربونية قد يستمر إلى أربع سنوات، كما توصلت إلى أن تأثير صدمات عدم اليقين الاقتصادي المدفوعة بصدمات الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي أقل من تأثير الصدمات في أسعار البترول على انبعاثات الكربون، كما توصلت إلى أن تفسير 40% من التغيرات في انبعاثات الكربون يعود إلى العوامل الاقتصادية المجمعة وهي الإنتاج والسكان وأسعار البترول، وأخيرًا يترتب على زيادة الإنتاج في الدول محل الدراسة زيادة في الانبعاثات الكربونية وبنسبة أكبر بمعامل مرونة أكبر من الواحد.

وبالتركيز علي أثر أزمات اقتصادية بعينها، تناولت دراسة (Ross, 2013) تأثير حرب أكتوبر 1973 وما تبعها من تخفيض إنتاج البترول على التغيرات المناخية العالمية. ذكرت الدراسة أن استقرار أسعار البترول عند حوالي 12 دولارًا للبرميل – أي ما يقرب من أربعة أضعاف سعر ما قبل الأزمة– هو ما دفع الدول المستوردة للبترول إلي زيادة الاستثمار في الطاقة البديلة واجراء تحسينات جذرية في كفاءة الطاقة، والذي أدى إلى تخفيضات هائلة في انبعاثات الكربون العالمية. وبالتالي يري Ross أنه بدون التدابير التي تم وضعها بعد صدمة البترول 1973، كان الوصول إلى مستويات الانبعاث الآمنة أمرًا مستحيلًا تقريبًا. ربما كان من حسن الحظ أن السياسات التي تم تبنيها بعد عام 1973 ساعدت في معالجة مشكلة لم يتوقعها أحد.

وفي إشارة أخرى إلى أثر صدمات أسعار البترول، والتي قد تنتج من أزمات عدة، على التدهور البيئي في الدول المصدرة للبترول هدفت دراسة (Ebaid, Lean, and Al-Mulali, 2022) إلى معرفة التأثير غير المتماثل لصدمات أسعار البترول على التدهور البيئي لستة دول من دول مجلس التعاون الخليجي من عام 1996 إلى عام 2016. وأظهرت نتائج الدراسة أن الصدمات الإيجابية لأسعار البترول لها تأثير سلبي ذو دلالة إحصائية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، في حين أن الصدمات السلبية لأسعار البترول لم تؤثر على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في دول مجلس التعاون الخليجي.

استحوذت الأزمات المالية على اهتمام الكثير من الباحثين الذين تناولوا أثر الأزمات على التغيرات المناخية. فبحثت دراسة (Jalles, 2020) في تأثير الأزمات المالية على عدة أنواع من الانبعاثات في الدول النامية. وأظهرت النتائج أن الأزمات المالية تؤدي إلى انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. علاوة على ذلك، تزيد الأزمات المالية من الانبعاثات القائمة على الاستهلاك، مما يشير إلى أن هذا النوع من الأزمات يشجع على استهلاك سلع ذات جودة بيئية متدنية. فالبلد الذي يعاني من أزمة الديون السيادية يواجه زيادة في الانبعاثات الناتجة عن الأنشطة المتعلقة بالطاقة أو العمليات الصناعية، حيث تؤثر الأزمات المالية بشكل إيجابي على انبعاثات غاز الميثان وأكسيد النيتروز. وأخيرًا، في البلدان التي عانت من الانكماش المالي، أدت الأزمة المالية إلى استجابة سلبية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

أيضًا استهدفت دراسة (Pacca & et.al, 2020) تحليل تأثير الأزمات المالية على الانبعاثات الملوثة للبيئة من خلال دراسة 419 أزمة مالية تنقسم إلى ثلاث أزمات وهي الأزمات المصرفية وأزمات الديون السيادية وأزمات العملة. تم تطبيق الدراسة على عدد 150 دولة، باستخدام بيانات عن الفترة (1970 –2014) وبالاعتماد على نموذج (GMM) لمتغيرات الدراسة وهي متوسط نصيب الفرد من الغازات الكربونية كمتغير تابع، الذي يعتمد على نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، ونسبة سكان الحضر إلى السكان، ومستوى الانفتاح التجاري، ونصيب الفرد من استهلاك الطاقة، ومتغير صوري للتعبير عن فترات الأزمات المالية. وتوصلت الدراسة إلى أنه يترتب على حدوث الأزمات المالية انخفاض الانبعاثات من غاز ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين بنسبة 2,6% و 1,8% و 1,7% على التوالي، كما توصلت إلى أن تأثير الأزمات المالية أكبر في الدول ذات الدخل المرتفع والدخل المتوسط مقارنة بالدول ذات الدخل المنخفض، وأن تأثير الأزمات المالية يعتمد على مرحلة التنمية التي تمر بها الدولة والهيكل الصناعي والاقتصادي للدولة، ويلاحظ أن بعض الدول ذات الدخل المنخفض يترتب على حدوث الأزمات المالية بها زيادة الانبعاثات من الغازات الكربونية بنسبة تتراوح بين 1% إلى 2% بعد عام أو عامين من حدوث الأزمة المالية.

قامت بعض الأبحاث بمقارنة الأزمة المالية الأسيوية والأزمة المالية العالمية، فقارنت دراسة (Wang, et al., 2022) بين الأزمة المالية الأسيوية والأزمة المالية العالمية في عدد من الدول النامية والمتقدمة، حيث بحثت هذه الورقة فيما إذا كانت الأزمة المالية الآسيوية لعام 1997 قد أثرت

على علاقة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بالطاقة المتجددة بشكل مختلف عند مقارنتها بالأزمة المالية العالمية لعام 2008 باستخدام Dynamic Panel Data Model. وأشارت النتائج إلى أن الأزمتين الماليتين غيّرتا بشكل كبير العلاقة التي تم فحصها بعد أزمة عام 1997 لكل من العينات الفرعية ذات الدخل المرتفع والعينات الفرعية ذات الدخل المتوسط الأعلى. وبالنسبة للعينة الإجمالية، كانت العلاقة بين المتغيرين (الطاقة المتجددة والانبعاثات) إيجابية ومعنوية في الفترة ما بعد عام 1997 وما قبل 2008، ولكنها كانت سلبية بعد أزمة عام 2008. في المقابل، ظلت العلاقة الإيجابية دون تغيير بالنسبة للعينة الفرعية ذات الدخل المتوسط الأدنى خلال الأزمتين. أخيرًا، تم تغيير روابط الطاقة المتجددة والانبعاثات بشكل مختلف في أعقاب أزمة عام 1997 عما حدث بعد أزمة عام 2008 بالنسبة للمجموعات ذات الدخل المتوسط الأعلى والأدنى.

استهدفت دراسة (Roinioti and Koroneos, 2017) تحديد العوامل المؤثرة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلقة باستهلاك الطاقة غير المتجددة أثناء الأزمة المالية في اليونان خلال الفترة (2008 – 2013) على جميع القطاعات الإنتاجية الرئيسية في اليونان. تم استخدام بيانات سلاسل زمنية عن الفترة (2003 – 2013) لمتغيرات الدراسة وهي حجم الانبعاثات من الغازات الكربونية كمتغير تابع، الذي يعتمد على كثافة استخدام الطاقة ليعكس التغيرات التكنولوجيا، وكثافة الطاقة ليعكس التغيرات في أنظمة الطاقة، التأثير الهيكلي ليعكس نسبة القيمة المضافة في قطاع معين إلى إجمالي القيمة المضافة للاقتصاد ككل، وتغيرات النشاط الاقتصادي كمتغيرات مستقلة. وتوصلت الدراسة إلى أن اتباع ومراجعة الإجراءات الوقائية والحد من الانبعاثات والتلوث المناخي تكون أكثر كفاءة في فترات الأزمات وليس وقت الازدهار الاقتصادي، كما شهدت فترات التعافي من الأزمات المالية حدوث التنمية الاقتصادية وزيادة الانبعاثات، كذلك توصلت الدراسة إلى أن تأثير كثافة الطاقة هي المحرك الرئيس في انخفاض الانبعاثات الكربونية خلال فترة الدراسة مما يشير إلى زيادة توفير الطاقة والتحول إلى أنماط استهلاك للطاقة أكثر كفاءة، إلا أن فترات الأزمة تصاحبها ارتفاع في الانبعاثات الكربونية مما يشير إلى تدهور كفاءة استهلاك الطاقة في فترات الأزمات.

استهدفت دراسة (Sadorsky, 2020) تحليل كيفية استجابة الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون المرتبطة باستهلاك الطاقة بعد الأزمة المالية في عام 2008 مقارنة بالفترة التي سبقت الأزمة

المالية. تم تطبيق الدراسة على مجموعة دول ال 19 (G19)، باستخدام بيانات عن الفترة (2001-2017) وبالاعتماد على نهج (The Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) Method) ومتغيرات الدراسة هي حجم الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون كمتغير تابع، الذي يعتمد على كثافة الكربون، وكثافة الطاقة، وحجم النشاط الاقتصادي، والسكان كمتغيرات مستقلة. توصلت الدراسة إلى أن 11 دولة من بين 19 دولة أظهرت زيادات في انبعاثات الكربون وكثافة الكربون وكثافة الطاقة في الفترة ما بعد الأزمة المالية أقل من قيمتها في الفترة ما قبل الأزمة المالية، كما أن أربع دول فقط من بين الدول محل الدراسة استطاعت الحد من انبعاثات الكربون وكثافة الطاقة في الفترة بعد الأزمة المالية.

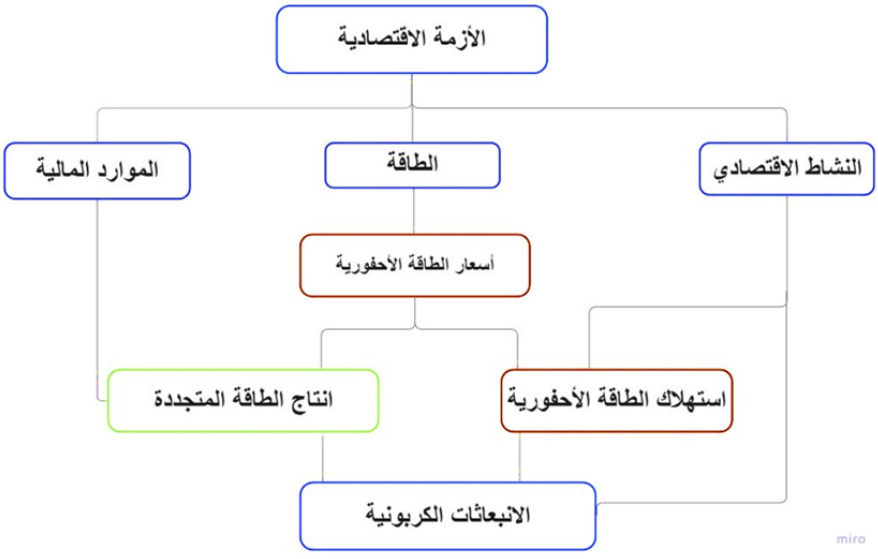
وجدت دراسة (Alsamara, et al., 2021) أن الأزمة المالية العالمية في 2008 كان لها تأثير دائم على البيئة من خلال دراسة أثر الأزمة المالية على العلاقة بين النمو الاقتصادي وتلوث الهواء، مقاسا بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. بالتطبيق على 69 دولة، مصنفة من حيث الدخل إلى دول مرتفعة، متوسطة ومنخفضة الدخل، بدأت الدراسة باختبار فرضية كوزنتس وتحديد النقطة التي تتحول عندها العلاقة بين النمو الاقتصادي وتدهور البيئة من علاقة موجبة إلى علاقة سلبية ثم قياس نفس العلاقة بعد إدخال الأزمة المالية كمتغير وهمي في المعادلة وإعادة حساب نقط التحول عند المجموعات الثلاثة للدول خلال الفترة من 1960 إلى 2014. توصلت الدراسة إلى أن نقطة التحول في منحني كوزنتس قد تأثرت بالأزمة المالية، ولكن اختلف التأثير طبقا لمستوي دخل الدولة ومدى حدة تأثير الأزمة عليها، فعلي الرغم من أن الأزمة قد أثرت إيجابياً على البيئة في الدول الغنية، جاء تأثير الأزمة سلبياً على الدول متوسطة ومنخفضة الدخل.

يمكننا أن نستنتج من الدراسات السابقة أن تأثير الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات يختلف حسب طبيعة الدول وحسب مستوي الدخل أو التنمية للدولة المستقبلة للأزمة، فالأزمات الناتجة عن ارتفاع أسعار البترول تؤدي إلى انخفاض الانبعاثات وكذلك الأزمات المالية، ولكن يكون التأثير أكبر في الدول المقدمة أو الغنية بينما يكون تأثير الأزمات على الانبعاثات منخفض أو غير معنوي في الدول منخفضة الدخل.

3. تحليل أثر الازمات الاقتصادية على الانبعاثات

قد تؤثر الأزمة الاقتصادية على الانبعاثات ومن ثم التغيرات المناخية من خلال عدة قنوات كما يوضح الشكل رقم (1).

شكل رقم (1): آليات تأثير الأزمة الاقتصادية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون



المصدر: إعداد الباحثين اعتمادًا على الدراسات السابقة.

3-1 النشاط الاقتصادي

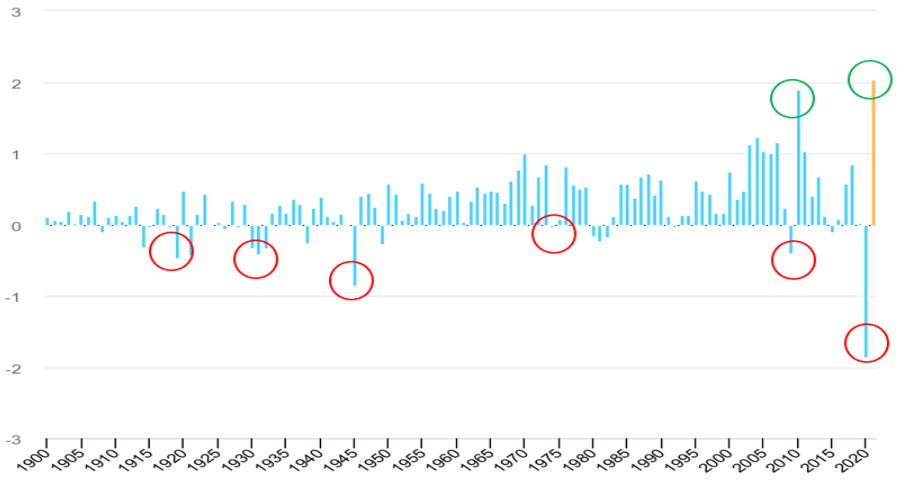
حيث ترتبط الأزمات الاقتصادية بالانبعاثات الكربونية بشكل كبير اعتماداً على مدى استجابة الانبعاثات للنشاط الاقتصادي. تفسر فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC) العلاقة بين النشاط الاقتصادي والبيئة، والتي توضح أنه عندما تكون الدولة في المراحل الأولى للتنمية يؤدي النمو الاقتصادي إلى تدهور البيئة وعندما يصل الاقتصاد إلى مستوي نمو معين تكون نقطة التحول التي ينخفض بعدها التدهور البيئي مع النمو الاقتصادي (Grossman and Krueger,1995). يتم تفسير العلاقة بين النشاط الاقتصادي والتدهور البيئي من خلال ثلاثة عوامل هي: الحجم، والهيكل، والتكنولوجيا. يفسر أثر الحجم العلاقة السلبية بين النمو والبيئة، فالنمو الاقتصادي يصاحبه زيادة في الإنتاج ومن ثم الانبعاثات (أي تدهور البيئة). علي الجانب الأخر يوضح أثر الهيكل الاقتصادي أن

في المراحل الأولى للنمو يكون هيكل الاقتصاد متركز على القطاع الزراعي ثم الصناعات التحويلية الملوثة للبيئة وبعد ذلك يتحول هيكل الاقتصاد إلى الصناعات الأقل تلويثا والقطاع الخدمي مما يقلل الانبعاثات. وأخيراً تؤثر التكنولوجيا إيجابياً على البيئة حيث تساعد على تحسين كفاءة استهلاك الطاقة ومن ثم إنتاج أقل ضرراً للبيئة. ويوضح كل من أثر الهيكل وأثر التكنولوجيا التحول في العلاقة بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي من علاقة إيجابية إلى علاقة سلبية.

يصاحب الأزمات الاقتصادية انخفاضاً في النمو الاقتصادي، مما يؤدي إلى انخفاض الانبعاثات إذا كانت الدولة في المراحل الأولى للتنمية أي قبل نقطة التحول في منحنى كوزنتس، أما إذا كانت الدول في المراحل المتقدمة فتؤدي الأزمة أو الركود الاقتصادي إلى زيادة الانبعاثات، ولكن هذه التأثيرات تعتمد على ما إذا كانت فرضية كوزنتس متحققة للدولة أم لا.

بالنظر إلى التغير السنوي للانبعاثات العالمية في الفترة من 1900–2021 في الشكل رقم (2)، نجد أن السنوات التي عانى فيها العالم من أزمات اقتصادية بسبب الحروب أو الاوبئة أو الأزمات المالية صاحبها انخفاض في الانبعاثات، وشهد عام 2020 أكبر انخفاض في التغير السنوي في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بسبب جائحة كورونا حيث تباطأ النشاط الاقتصادي في جميع القطاعات المُستهلكة للطاقة. لكن بالرغم من الأثر الإيجابي للأزمات الاقتصادية على الانبعاثات في سنة الأزمة، إلا أنه عادة يتم تعويض هذه الانبعاثات في العام التالي للأزمة، وهو ما يسمى بأثر التعافي (Catch up effect)، حيث شهد عام 2021 أكبر زيادة في الانبعاثات نتيجة التعافي من الجائحة.

شكل رقم (2): التغير السنوي في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من احتراق الطاقة والعمليات الصناعية، 1900-2021



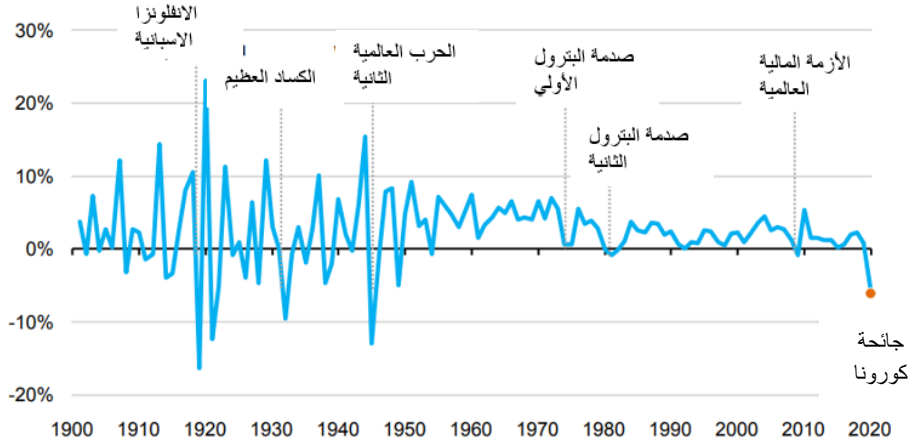
المصدر: IEA. (2022, October 26)

3-2 الطاقة

والتي ترتبط أيضاً بالنشاط الاقتصادي حيث يصاحب الركود الناتج عن الأزمات انخفاض في الطلب على الطاقة، فيوضح الشكل رقم (3) مدى تأثُر الطلب العالمي على الطاقة بالأزمات الاقتصادية في الفترة (1900-2020). ويُلاحظ أن جائحة كورونا كانت لها التأثير الأقوى على خفض الطلب على الطاقة بين الأزمات خلال السبعين عاماً الماضية نتيجة انخفاض الطلب على الطاقة في جميع القطاعات.

شكل رقم (3): معدل التغيير في الطلب العالمي على الطاقة الأولية

خلال الفترة (1900 -2020)



المصدر: IEA (2020)

تؤثر الأزمات الاقتصادية أيضا بشكل كبير علي قطاع الطاقة وتجارة الطاقة العالمية مما يؤدي إلى تذبذب أسعار الطاقة الأحفورية في السوق العالمية للطاقة والذي يعكس دائما المخاوف حول مرونة واستجابة نظام الطاقة العالمي للأزمات. ويعتمد تأثير الأزمات الاقتصادية على أسعار الطاقة بشكل كبير على طبيعة الأزمة التي يتعرض لها الاقتصاد (Zakeri et al., 2022)، فتتقلب أسعار الطاقة بسبب عدة عوامل منها: العرض والطلب، الأزمات الجيوسياسية والحروب. وفي بعض الأحيان يكون هذا التقلب ذاته صدمة للاقتصاد مثل صدمة البترول الأولى في عام 1973 [(4)]. وأوضحت دراسة (Hamilton, 1983)، والتي تعد من الدراسات الأولية التي بحثت في تأثير سعر البترول على الناتج الاجمالي، أن زيادة سعر البترول كان له أثر كبير على النشاط الاقتصادي وتسبب في الكثير من الأزمات الاقتصادية التي تعرضت لها الولايات المتحدة الأمريكية منذ نهاية الحرب العالمية الثانية وحتي عام 1983 وكانت الولايات المتحدة آنذاك دولة مستوردة للبترول.

ينعكس أثر أسعار البترول على البيئة من ناحيتين; فمن ناحية، يعد تأثير ارتفاع أسعار البترول والغاز والفحم على المستهلكين مفيدًا للبيئة، لأنهم يثبطون الطلب على الوقود الأحفوري فيقل

(4) تُعرّف صدمات أسعار البترول رسميًا على أنها تغير مفاجئ في أسعار البترول بالنسبة إلى سعر البترول الذي توقعه المستهلكون والشركات. بمعنى آخر، إنه مكون غير متوقع من سعر البترول (Coglianese, et al. , 2017).

الاستهلاك والانبعاثات. ومن ناحية أخرى، فإن تأثير ارتفاع الأسعار على المنتجين سيء للبيئة، لأنه يشجع زيادة الإنتاج والعرض وبالتالي زيادة الانبعاثات. وتؤثر أسعار الطاقة أيضاً على الانبعاثات من خلال التأثير على التحول إلى الطاقة البديلة والمتجددة. إن ارتفاع أسعار الطاقة الأحفورية واضطراب امدادات الطاقة إلى الدول المستوردة للبترول والغاز الطبيعي من الممكن اعتباره فرصة لاتباع سياسات جديدة للطاقة ومواجهة التغيرات المناخية حيث ستسعى هذه الدول التي تعاني من الاعتمادية علي واردات الطاقة إلى الإسراع في نشر تقنيات الطاقة المتجددة والتخفيف من استخدام ودعم الطاقة الأحفورية (Steffen and Patt, 2022).

وفي هذا السياق أشار (Ross, 2013) إلى أن ارتفاع أسعار البترول العالمية على أثر أزمة 1973 قد أدى إلى زيادة الاستثمار في الطاقة البديلة واجراء تحسينات جذرية في كفاءة الطاقة التي أدت إلى تخفيضات هائلة في انبعاثات الكربون العالمية. حيث انخفض النمو العالمي في انبعاثات الكربون من أقل قليلاً من خمسة بالمائة سنويًا في العقد السابق لعام 1973 إلى أقل من 2 بالمائة سنويًا في العقود الأربعة التالية. على الرغم من أن العالم أطلق في عام 2012 رقمًا قياسيًا بلغ 35,6 مليار طن من ثاني أكسيد الكربون، إلا أنه بافتراض استمرار انبعاثات الكربون في الارتفاع بوتيرة ما قبل عام 1973، لكان إجماليها العام الماضي 112 مليار طن أي أكثر من ثلاثة أضعاف المستوى الفعلي.

علي الجانب الأخر، تؤدي الأزمة الاقتصادية إلى صعوبات في تمويل مشروعات الطاقة المتجددة، مما يؤدي إلى زيادة الانبعاثات في الأجل الطويل خاصة إذا صاحب الأزمة انخفاض في أسعار الطاقة الأحفورية مما يشجع الطلب، وبالتالي إنتاج الطاقة الأحفورية ويؤثر سلباً على الاستثمار في تكنولوجيا الطاقة المتجددة. وتعتبر مشروعات الطاقة المتجددة والطاقة النووية مشروعات كثيفة رأس المال وهي الأكثر عرضة لمخاطر السوق وبالتالي فهي غير قادرة على المنافسة في ظل انخفاض أسعار الطاقة التقليدية. كل هذا يضع العالم على مسار ارتفاع الانبعاثات في الأجل الطويل.

3-3 الموارد المالية

إن وفرة الموارد المالية للدولة من العوامل المؤثرة على انبعاثات الكربون خاصة في الدول الناشئة والنامية، حيث يعتمد الاستثمار في مشروعات الطاقة النظيفة على الموارد العامة للدولة (IEA, 2022)، حيث تحتاج تقنيات الطاقة المتجددة إلى تكاليف أولية مرتفعة وتطوير بنية تحتية

مناسبة وتوجيه استثمارات للبحوث في مجال تكنولوجيا الطاقة المتجددة. هنا تظهر معاناة الدول النامية في قضية المناخ حيث تواجه موقفاً معقداً يتمثل في وجود احتياجات عاجلة قصيرة الأجل لا تتماشى مع الأهداف طويلة الأجل للتحول نحو الطاقة المتجددة. وتعاني معظم الدول النامية من المديونية وتؤدي الأزمات الاقتصادية إلى مزيد من تدهور الأوضاع المالية في الدول النامية مما يقلل من قدرة الدول على تمويل تلك المشروعات. بالإضافة إلى ذلك، تكون أولوية الدول وقت الأزمات هو توفير الموارد المالية لدعم المواطنين وإعانة الأفراد الذين يفقدون وظائفهم بسبب الركود الاقتصادي. فعلي سبيل المثال، اتجه معظم الإنفاق الحكومي في الدول خلال جائحة كورونا إلى القطاع الصحي وكان ذلك على حساب اهتمام أقل بمواجهة تغير المناخ.

4. تحليل أثر الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات الكربونية في مصر خلال الفترة (1972 - 2021)

تطورت الانبعاثات الكربونية في مصر وفقًا لمؤشراتها المختلفة خلال فترة الدراسة، نتيجة للتطورات والأزمات المتلاحقة في الجوانب الاقتصادية والسياسية سواء على المستوى المحلي أو العالمي، وبخاصة ما يترتب على تلك الأزمات من تأثير على حجم استهلاك الوقود الأحفوري أو التأثير على أسعار البترول العالمية أو التأثير على نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي. وسوف يتم التركيز على المتغيرات محل الدراسة تلك التي تتعلق بحجم استهلاك الوقود الأحفوري وأسعار البترول العالمية ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وعلاقتها بالانبعاثات الكربونية كمؤشر للتغيرات المناخية.

4-1 تطور العلاقة بين حجم استهلاك الوقود الأحفوري وحجم الانبعاثات الكربونية

أظهر عديد من الدراسات الدور الفعال لحجم استهلاك الوقود الأحفوري على التغيرات المناخية العالمية، المتمثل في ارتفاع حجم الانبعاثات الكربونية المصاحب لزيادة حجم استهلاك الوقود الأحفوري، ولذا، تهتم الدراسة الحالية بتحليل تطور العلاقة بين حجم استهلاك الوقود الأحفوري وحجم الانبعاثات الكربونية، خاصة وأن حجم استهلاك الوقود الأحفوري يعد أحد قنوات نقل أثر الأزمات الاقتصادية إلى الانبعاثات. **يوضح الجدول رقم (1)، والشكل رقم (4) ما يلي:**

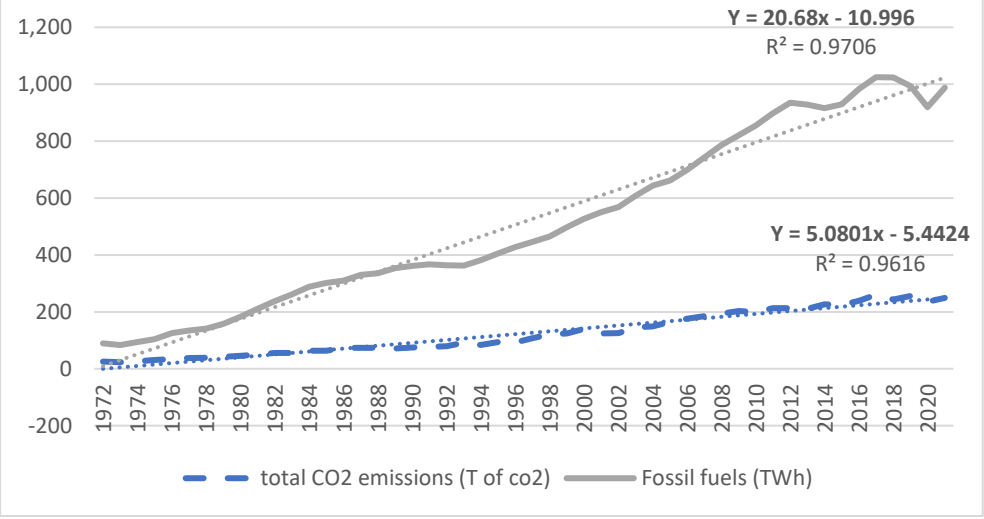
- تطورت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بدرجة كبيرة خلال فترة الدراسة، حيث ارتفع حجم الانبعاثات في مصر من 37,5 مليون طن في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1972–1982) إلى 71,2 مليون طن في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1983–1992)، واستمر ارتفاع حجم الانبعاثات الكربونية من غاز ثاني أكسيد الكربون من 110,9 مليون طن في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1993–2002) إلى 184,8 مليون طن في المتوسط سنويًا خلال الفترة (2003–2012)، واستمر الارتفاع أيضًا ليصل إلى 238,6 مليون طن في المتوسط سنويًا خلال الفترة (2013–2021). ليكون متوسط حجم الانبعاثات الكربونية من غاز ثاني أكسيد الكربون 124.6 مليون طن عن فترة الدّراسة (1972–2021). ويوضح التحليل الاتجاهي ارتفاع حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون عبر الزمن كما هو مبين من معادلة خط الاتجاه العام ذات الميل الموجب، التي تبين ارتفاع حجم الانبعاثات الكربونية عبر الزمن بحوالي 6 مليون طن في المتوسط سنويًا، كما يتميز هذه الارتفاع بالاستقرار عبر الزمن كما توضحه ارتفاع قيمة (R2 = 0.96).

جدول رقم (1): تطور العلاقة بين حجم استهلاك الوقود الأحفوري وحجم الانبعاثات الكربونية في مصر خلال الفترة (1972– 2021)

البيان / الفترة	المتوسط السنوي لحجم الانبعاثات الكربونية مليون طن (CO_2)	المتوسط السنوي لحجم استهلاك الوقود الأحفوري(TW–H)
1982 – 1972	37,6	141,8
1992 – 1983	71,2	327,4
2002 – 1993	110,9	463,0
2012 – 2003	184,8	764,8
2021 – 2013	238,6	967,3
2021–1972	124,6	516,4

المصدر: إعداد الباحثين، بالاعتماد على ملحق رقم (3).

شكل رقم (4): تطور العلاقة بين حجم استهلاك الوقود الأحفوري وحجم الانبعاثات الكربونية في مصر خلال الفترة (1972- 2021)



المصدر: إعداد الباحثين، بالاعتماد على ملحق رقم (3).

- ارتفاع حجم الاستهلاك من الوقود الأحفوري في مصر من 141.8 تيرا وات للساعة في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1972–1982) إلى 327.4 تيرا وات للساعة في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1983–1992)، كما استمر ارتفاع حجم الاستهلاك من الوقود الأحفوري في مصر من 463 تيرا وات للساعة في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1993–2002) إلى 764.8 تيرا وات للساعة في المتوسط سنويًا خلال الفترة (2003–2012)، واستمر الارتفاع ليصل إلى 967.3 تيرا وات للساعة في المتوسط سنويًا خلال الفترة (2013–2021). ليكون متوسط حجم استهلاك الوقود الأحفوري 516.4 تيرا وات للساعة عن فترة الدّراسة. ويوضح التحليل الاتجاهي ارتفاع حجم الاستهلاك من الوقود الأحفوري عبر الزمن كما هو مبين من معادلة خط الاتجاه العام ذات الميل الموجب، التي تبين ارتفاع حجم الاستهلاك من الوقود الأحفوري عبر الزمن بحوالي 20.6 تيرا وات للساعة في المتوسط سنويًا، كما يتميز هذه الارتفاع بالاستقرار عبر الزمن كما توضحه ارتفاع قيمة (R2 = 0.97). يلاحظ من التحليل السابق، أن جميع الفترات التي شهدت ارتفاعاً في حجم الاستهلاك من الوقود الأحفوري صاحبها ارتفاع حجم الانبعاثات الكربونية ويرجع ذلك

الي عدة أسباب منها: ارتباط ارتفاع حجم استهلاك الوقود الأحفوري بزيادة نصيب القطاع الصناعي وزيادة الناتج المحلي الإجمالي ومن ثم زيادة الانبعاثات الكربونية.

4-2 تطور العلاقة بين سعر البترول وحجم الانبعاثات الكربونية

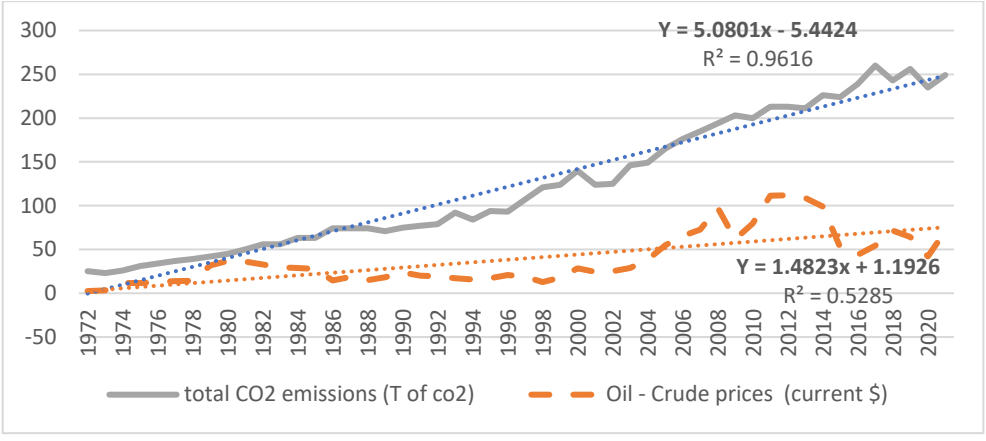
وفقًا لعديد من الدراسات السابقة فإن تغيرات سعر البترول العالمي يعد أحد المحددات الرئيسية للانبعاثات الكربونية، حيث إن انخفاض سعر البترول العالمي يصاحبه ارتفاع حجم استهلاك الوقود الأحفوري ومن ثم زيادة الانبعاثات الكربونية، ولذا، تهتم الدراسة الحالية بتحليل تطور العلاقة بين سعر البترول العالمي وحجم الانبعاثات الكربونية من غاز ثاني أكسيد الكربون، خاصة وأن سعر البترول محرك أساسي لحجم استهلاك الوقود الأحفوري، الذي يعد أحد قنوات نقل أثر الأزمات الاقتصادية إلى الانبعاثات، **كما هو موضح بالجدول رقم (2)، والشكل رقم (5).**

جدول رقم (2): تطور العلاقة بين سعر البترول وحجم الانبعاثات الكربونية في مصر خلال الفترة (1972 -2021)

الفترة / البيان	المتوسط السنوي لحجم الانبعاثات الكربونية مليون طن (CO_2)	المتوسط السنوي لسعر البترول (بالدولار)
1972 – 1982	37,6	18,8
1983 – 1992	71,2	21,5
1993 – 2002	110,9	19,8
2003 – 2012	184,8	72,2
2013 – 2021	238,6	67,5
1972 – 2021	124,6	38,9

المصدر: إعداد الباحثين، بالاعتماد على ملحق رقم (3).

الشكل رقم (5): تطور العلاقة بين سعر البترول وحجم الانبعاثات الكربونية في مصر خلال الفترة (1972 -2021)



المصدر: إعداد الباحثين، بالاعتماد على ملحق رقم (3).

يتضح من الجدول السابق والشكل السابق ما يلي:

- ارتفاع سعر برميل البترول العالمي من 18.8 دولار في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1972-1982) إلى 21.5 دولار في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1983-1992)، بينما انخفض إلى 19.8 في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1993-2002)، كما انخفض سعر برميل البترول العالمي من72.2 دولار في المتوسط سنويًا خلال الفترة (2003-2012) إلى 67.5 دولار في المتوسط سنويًا خلال الفترة (2013-2021)، ليكون متوسط سعر برميل البترول العالمي 38.9 دولار عن فترة الدراسة. ويوضح التحليل الاتجاهي ارتفاع سعر برميل البترول عبر الزمن كما هو مبين من معادلة خط الاتجاه العام ذات الميل الموجب، التي تبين ارتفاع سعر برميل البترول عبر الزمن بحوالي 1.5 دولار في المتوسط سنويًا، كما يتميز هذه الارتفاع بالاستقرار النسبي عبر الزمن كما توضحه ارتفاع قيمة (R2 = 0.53). ويتضح مما سبق استقرار نسبي لسعر البترول بعد الارتفاع الذي شهدته الفترة التالية لحرب 1973 الأمر الذي صاحبه تحسن في عمليات التصنيع من ثم زيادة استهلاك الوقود الأحفوري وزيادة الانبعاثات الكربونية، ويتضح أيضًا انخفاض المتوسط السنوي لأسعار البترول خلال الفترة (2013 -2021) مقارنة بالفترة السابقة لها (2003-2012) الأمر الذي يشجع على زيادة الاستهلاك من الوقود والانبعاثات الكربونية بالتبعية.

3-4 تطور العلاقة بين نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وحجم الانبعاثات الكربونية

تختلف العلاقة بين نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وحجم الانبعاثات الكربونية باختلاف فترة التنمية التي تمر بها الدولة، فعادة ما تكون العلاقة بين نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وحجم الانبعاثات الكربونية إيجابية في المراحل الأولى للتنمية بينما تكون العلاقة سلبية في المرحلة المتقدمة للتنمية، ولذا، تهتم الدراسة الحالية بتحليل تطور العلاقة بين نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وحجم الانبعاثات الكربونية.

يوضح الجدول رقم (3)، والشكل رقم (6) ارتفاع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي من 375 دولار في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1972–1982) إلى 714 دولار في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1983–1992)، وقد صاحب ذلك الارتفاع زيادة في حجم الانبعاثات الكربونية من 37.5 مليون طن إلى 71.2 مليون طن، كما استمر ارتفاع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي إلى 1113 دولار في المتوسط سنويًا خلال الفترة (1993–2002)، وصاحب ذلك ارتفاع حجم الانبعاثات الكربونية إلى 110.9 مليون طن. واستمر ارتفاع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي من 1849 دولار في المتوسط سنويًا خلال الفترة (2003–2012) إلى 3075 دولار في المتوسط سنويًا خلال الفترة (2013–2021)، وشهدت تلك الفترة ارتفاع مصاحب في حجم الانبعاثات الكربونية من 184.8 مليون طن إلى 238.6 مليون طن. ليكون متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي 1372 دولار عن فترة الدراسة. ويوضح التحليل الاتجاهي ارتفاع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي عبر الزمن كما هو مبين من معادلة خط الاتجاه العام ذات الميل الموجب، التي تبين ارتفاع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي عبر الزمن بحوالي 64 دولار في المتوسط سنويًا، كما يتميز هذه الارتفاع بالاستقرار النسبي عبر الزمن كما توضحه ارتفاع قيمة (R2 = 0.82). يتضح مما سبق أن الارتفاع المستمر في نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي خلال فترة الدراسة الأمر الذي صاحبه ارتفاع مستمر في حجم استهلاك الوقود الأحفوري ومن ثم زيادة الانبعاثات من غاز ثاني أكسيد الكربون، تلك النتيجة تتفق مع فرضية منحني كوزنتس البيئي، ففي المراحل الأولى للتنمية يكون الاهتمام بالتوسع في التصنيع أكبر من الاهتمام بالجوانب البيئية، ويكون

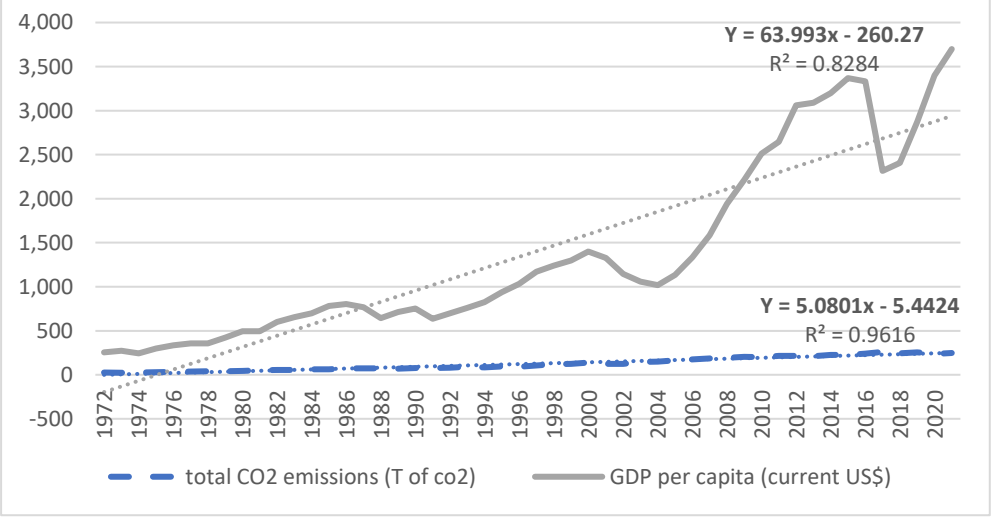
تطبيق اللوائح البيئية غير متشدد من قبل الحكومات وبخاصة أن درجة الوعي البيئي لدى بعض الفئات في المجتمع في تلك المرحلة للتنمية يكون محدوداً.

جدول رقم (3): تطور العلاقة بين نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وحجم الانبعاثات الكربونية في مصر خلال الفترة (1972- 2021)

البيان / الفترة	المتوسط السنوي لحجم الانبعاثات الكربونية مليون طن (CO2)	المتوسط السنوي لنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي (بالدولار)
1982 - 1972	37,6	375
1992 - 1983	71,2	714
2002 - 1993	110,9	1,113
2012 - 2003	184,8	1,849
2021 - 2013	238,6	3,075
2021 - 1972	124,6	1,372

المصدر: إعداد الباحثين، بالاعتماد على ملحق رقم (3).

شكل رقم (6): تطور العلاقة بين نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وحجم الانبعاثات الكربونية في مصر خلال الفترة (1972- 2021)



المصدر: إعداد الباحثين، بالاعتماد على ملحق رقم (3).

5. النموذج القياسي لتقدير أثر الأزمات الاقتصادية على التغيرات المناخية في مصر

يهدف هذا القسم إلى صياغة الإطار النظري للعلاقات الاقتصادية محل الدراسة في صورة قياسية، وسوف يستخدم هذا النموذج في تحديد أثر الأزمات الاقتصادية على التغيرات المناخية في مصر كمياً، ومن ثم، تحديد الأهمية النسبية لكل منهما مقارنة بالعوامل الأخرى المؤثرة على التغيرات المناخية وذلك خلال الفترة (1972–2021). وبالتالي، فإن هذا القسم سوف يتناول:

أولاً: توصيف النموذج وتحديد المتغيرات ومؤشراتها ومصادر البيانات.

ثانياً: تحديد المنهج القياسي الملائم في تقدير المعلمات الخاصة بالنموذج.

ثالثاً: اختبار مدى استقرار المتغيرات بالنموذج.

رابعًا: تحليل التكامل المشترك.

خامسًا: تقدير العلاقات وتفسيرها.

سادسًا: اختبار وجود مشاكل القياس في النموذج.

5-1 توصيف النموذج وتحديد المتغيرات ومؤشراتها ومصادر البيانات

يركز هذا البند على تحديد الصيغة القياسية للنموذج محل الدراسة استناداً إلى الأساس النظري، فضلاً عن تحديد المتغيرات التي يتم إدراجها بكل نموذج وأساليب قياس تلك المتغيرات.

$$CO_{2_t} = f(FF_t, REP_t, OP_t, IND_t, URB_t, GDPP_t, OIL_t, GFC_t, IP_t) \dots\dots\dots (1)$$

تجدر الإشارة إلى أنه تم اختيار الشكل اللوغاريتمي الخطي المزدوج (Double Log Linear Functional Form)، وبالتالي، تكون معادلة النموذج المقترح على الصورة التالية:

$$\ln CO_{2_t} = \beta_0 + \beta_1 \ln FF_t + \beta_2 \ln REP_t + \beta_3 \ln OP_t + \beta_4 \ln IND_t + \beta_5 \ln URB_t + \beta_6 \ln GDPP_t + \beta_7 OIL_t + \beta_8 GFC_t + \beta_9 IP_t + U_t \dots\dots\dots (2)$$

ويرجع استخدام الصيغة اللوغاريتمية المزدوجة للأسباب الآتية (نجا، 2020):

- أنها تساعد على أن موافاة الدالة للخطية المطلوبة في المعلمات لاستخدام طريقة المربعات الصغرى العادية (OLS) في تقدير النموذج القياسي والتحليل القياسي للنتائج.

- تتسم نتائج هذا الشكل من الدوال بجودة توفيق عالية (Superior Fit)، ذلك لأنه يعمل على تدنية الخطأ المعياري للبواقي المقدرة، مما يَنتج عنه أقل خطأ معياري للبواقي مقارنةً بالدوال الأخرى.
- المعلمات المقدرة وفقاً لهذه الصيغة تُمثل المرونات مما يساعد على تحديد وتفسير التأثير النسبي لكل متغير مستقل على المتغير التابع دون التأثر بوحدات القياس الخاصة بكل متغير.

وفقاً للمعادلة رقم (2)، فسوف يتم استعراض رموز المتغيرات والمؤشرات التي تعبر عنها وطريقة قياسها، فضلاً عن التوقعات القبلية للمتغيرات التفسيرية وأثرها على الانبعاثات الكربونية بما يتوافق مع الأدبيات الاقتصادية النظرية والتطبيقية السابق استعراضها، على النحو التالي:

CO_{2_t} **انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:** تُقاس من خلال إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون السنوية الناجمة عن استخدام الوقود الأحفوري في الإنتاج، مقاسة بالأطنان، ويستخدم كمؤشر للتغيرات المناخية، وارتفاع تلك القيمة يدل على تفاقم حدة التغيرات المناخية وزيادة مشكلة الاحتباس الحراري، والعكس صحيح.

FF_t **الوقود الأحفوري:** يُقاس بإجمالي استهلاك الوقود الحفري مقاس بالتيرا وات لكل ساعة، ويستخدم كمؤشر لاستخدام الطاقة غير المتجددة، وارتفاع تلك القيمة يعني تزايد استخدام الطاقة غير المتجددة، والعكس صحيح، ومن المتوقع أن يكون له تأثير إيجابي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{\beta_1 > 0}$.

REP_t **الطاقة المتجددة:** تُقاس بنصيب الفرد من الطاقة المتجددة مقاسة بالميجا واط للساعة لكل فرد، وتستخدم كمؤشر لاستخدام الطاقة المتجددة، وارتفاع تلك القيمة يعني تزايد استخدام الطاقة من المصادر المتجددة، والعكس صحيح، ومن المتوقع أن يكون لها تأثير سلبي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{\beta_2 < 0}$.

OP_t **أسعار البترول:** تُقاس بمتوسط سعر برميل البترول بالدولار الأمريكي (خام برنت)، ويستخدم كمؤشر لتكلفة الطاقة غير المتجددة المستخدمة في مختلف النشاطات، ومن المتوقع أن يكون لها تأثير سلبي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{\beta_3 < 0}$.

IND_t **القطاع الصناعي:** يُقاس بالقيمة المضافة لقطاع الصناعة كنسبة من إجمالي الناتج المحلي، ويستخدم كمؤشر على حجم مشاركة قطاع الصناعة في الناتج المحلي

الإجمالي، ومن المتوقع أن يكون لها تأثير إيجابي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{\beta_4 > 0}$.

$\boldsymbol{URB_t}$ **سكان الحضر:** تُقاس بعدل النمو السكاني في المناطق الحضرية سنويًا، ويستخدم كمؤشر على تزايد استخدام مصادر الطاقة خاصة غير المتجددة، ومن المتوقع أن يكون له تأثيراً إيجابياً على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{\beta_5 > 0}$.

$\boldsymbol{GDPP_t}$ **النمو الاقتصادي:** يُقاس من خلال متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي مقدراً بالأسعار الثابتة لعام 2015، وزيادة قيمته مع مر الزمن تعني ارتفاع معدل النمو الاقتصادي بالمجتمع، والعكس صحيح، ومن المتوقع أن يكون للنمو الاقتصادي تأثير إيجابي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{\beta_6 > 0}$.

$\boldsymbol{Oil_t}$ **أزمة البترول:** متغير صوري يشير إلى أزمة البترول في عام 1973 وسوف يتم التعويض عنه بصفر قبل عام (1973)، وبواحد صحيح ابتداءً من عام (1973) وحتى عام (1977)، ثم بصفر حتى نهاية فترة الدراسة، ويُستخدم كمؤشر للأزمات الاقتصادية، ومن المتوقع أن يكون لها تأثير سلبي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{\beta_7 < 0}$.

$\boldsymbol{GFC_t}$ **الأزمة المالية العالمية:** متغير صوري يشير إلى الأزمة المالية العالمية من منتصف عام 2007 إلى مطلع عام 2009 وسوف يتم التعويض عنها بصفر قبل عام (2008)، وبواحد صحيح ابتداءً من عام (2008) وحتى عام (2011)، ثم بصفر وحتى نهاية فترة الدراسة، ويُستخدم كمؤشر للأزمات المالية في العالم وانعكاساتها على الانبعاثات الكربونية في مصر المصاحبة لهذه الأزمة، ومن المتوقع أن يكون لها تأثير سلبي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{\beta_8 < 0}$.

$\boldsymbol{IP_t}$ **فترات عدم الاستقرار السياسي:** متغير صوري يشير إلى الأزمات السياسية التي مرت بها مصر منذ عام 2011 وحتى عام 2014 وسوف يتم التعويض عنه بصفر قبل عام (2011)، وبواحد صحيح ابتداءً من عام (2011) وحتى عام (2014)، ثم بصفر حتى نهاية فترة الدراسة، ويُستخدم كمؤشر للتبعات الاقتصادية للأزمات السياسية وانعكاساتها على التغيرات المناخية في مصر المصاحبة لهذه الأزمة، ومن

المتوقع أن يكون لها تأثير إيجابي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون < β_9 0.

يعتمد هذا البحث على استخدام بيانات ثانوية في صورة سلاسل زمنية سنوية، وقد تم الحصول على البيانات الخاصة بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون من بيانات Global Carbon Project، والوقود الأحفوري، والطاقة المتجددة، من (BP Statistical Review of World Energy)، بينما تم الحصول على البيانات الخاصة بأسعار الوقود من بيانات مؤسسة Statista وقد تم تحويل وحدة القياس من المتر المكعب إلى البرميل، وتم الحصول على البيانات الخاصة بالنمو الاقتصادي مقاساً بالأسعار الثابتة لعام 2015، والقطاع الصناعي، وسكان الحضر من خلال مؤشرات التنمية الدولية (WB – World Development Indicators – WDI) الصادرة عن البنك الدولي عام 2021. وذلك في مصر خلال الفترة (1972 – 2021).

5-2 المنهج القياسي

سوف يتم توظيف نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمني الموزعة (Autoregressive Distributed Lag Model – ARDL) لتقدير العلاقات بين المتغيرات، والذي يعتمد على إدخال فترات تباطؤ لكل متغير من المتغيرات التفسيرية بالإضافة إلى فترات تباطؤ للمتغير التابع ضمن نموذج الانحدار، كما يستند هذا النموذج في الأساس على ركيزة رئيسية وهي أن ثمة تكامل مشترك بين كافة متغيرات النموذج ذلك الذي يؤدي إلى وجود علاقة طويل الأجل تشكل توليفة خطية بين كافة المتغيرات، مما يجعل كافة المتغيرات محل البحث تسير وكأنها متغير واحد فقط وهو الأمر الذي يتسنى من خلاله إمكانية الوصول إلى تقدير قيم توازنية لمعلمات النموذج بالأجل الطويل. ولاشك إن الوصول إلى قيم توازنية طويلة الأجل للمعلمات المقدرة للنموذج أنما يمثل أهمية بالغة لصانعي السياسات الاقتصادية ومتخذي القرارات، إذ أن وجود قيمة توازنية لكل معلمة يجعل من المتغيرات التفسيرية التي يتضمنها النموذج بمثابة أدوات (Instruments) يتسنى من خلالها التأثير على الظاهرة محل البحث.

3-5 اختبار مدى استقرار المتغيرات – اختبار جذر الوحدة (Unit Root Test)

يُظهر **الجدول رقم (4)** النتائج الموجزة لاختبار جذر الوحدة سواء للمتغيرات في صورتها الأصلية أو بعد أخذ الفرق الأول لها، وذلك من خلال اختباري: ديكي–فولار الموسع { Augmented Dickey-Fuller (ADF)}، وفيليبس–بيرون {Phillips-Perron (PP)}.

جدول رقم (4): نتائج اختبار استقرار متغيرات الدراسة (UR) باستخدام اختباري: ديكي - فولار (ADF)، وفيليبس – بيرون (PP)

البيان	المتغير في وضعه الأصلي (LEVEL)				المتغير في الفرق الأول {D(1)} 1st Difference				رتبة المتغير I ( )
المتغير	ديكي – فولار		فيليبس – بيرون		ديكي – فولار		فيليبس – بيرون		
	Constant	Constant & Trend	Constant	Constant & Trend	None	Constant	None	Constant	
$ln\ CO_{2_t}$	-3.281 (0.0213)	-1.720 (0.7273)	-2.829 (0.0615)	-1.452 (0.8324)	-8.672 (0.0000)	-2.657 (0.089)	-8.521 (0.0000)	-6.277 (0.0000)	1
$ln\ FF_t$	-4.677 (0.0004)	-3.104 (0.1169)	-3.625 (0.0087)	-0.971 (0.9386)	-4.356 (0.0011)	-2.489 (0.0138)	-4.558 (0.0006)	-2.527 (0.0125)	1
$ln\ REP_t$	-3.315 (0.0196)	-4.496 (0.0040)	-2.314 (0.1717)	-2.609 (0.2782)	-4.402 (0.0010)	-4.464 (0.0000)	-4.004 (0.0030)	-3.990 (0.0002)	1
$ln\ OP_t$	-3.038 (0.0382)	-3.250 (0.0868	-3.038 (0.0383)	-3.273 (0.0828)	-6.441 (0.0000)	-6.278 (0.0000)	-6.415 (0.0000)	-6.257 (0.0000)	1
$ln\ IND_t$	-2.540 (0.1124)	-2.440 (0.3552)	-2.514 (0.1183)	-2.363 (0.3935)	-6.368 (0.0000)	-6.346 (0.0000)	-6.355 (0.0000)	-6.326 (0.0000)	1
$ln\ URB_t$	-2.174 (0.2180)	-2.467 (0.3418)	-2.391 (0.1494)	-3.902 (0.0193)	-3.597 (0.0095)	-3.645 (0.0005)	-2.946 (0.0475)	-3.035 (0.0031)	1
$ln\ GDPP_t$	-2.842 (0.0603)	-4.980 (0.0010)	-3.018 (0.0401)	-1.939 (0.6190)	-3.495 (0.0125)	-1.539 (0.1149)	-4.212 (0.0017)	-2.188 (0.0289)	1

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام البرنامج الإحصائي (EViews 12).

- **القيم الحرجة عند المستوى الأصلي (Level):** في حالة وجود الحد الثابت فقط عند مستوى معنوية 1% = 3.574-، وعند 5% = 2.923–، وفي حالة وجود الحد الثابت والاتجاه (Trend) معاً بالدالة عند مستوى معنوية 1% = 4.161-، وعند 5% = 3.506-.

- **القيم الحرجة عند الفرق الأول (1st Difference):** في حالة وجود الحد الثابت فقط عند مستوى معنوية 1% = 3.574−، وعند 5% = 2.923-، وفي حالة عدم وجود كل من الحد الثابت والاتجاه بالدالة (None) عند مستوى معنوية 1% = 2.614-، وعند 5% = 1.947-.

يتضح من نتائج اختبارات جذر الوحدة الموضحة بالجدول رقم (4)، أن اللوغاريتم الطبيعي لكافة المتغيرات محل البحث بات مستقراً بعد أخذ الفرق الأول له، وذلك عند مستوى معنوية 1% لكافة متغيرات البحث في ظل عدم وجود كل من الحد الثابت والاتجاه الزمني (Trend)، وذلك وفقاً لكلا الاختبارين، باستثناء اللوغاريتم الطبيعي لنصيب الفرد من إنتاج الطاقة المتجددة، حيث جاء مستقراً بعد أخذ الفرق الأول له ولكن عند مستوى معنوية 5% وفقاً لكلا الاختبارين، أما عن اللوغاريتم الطبيعي لنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، فقد جاء مستقراً بعد أخذ الفرق الأول له في ظل عدم وجود كل من الحد الثابت والاتجاه الزمني، وذلك وفقاً لاختبار فيليبس – بيرون، ويتضح من نتائج هذا التحليل، أنه وفقاً لكلا الاختبارين، فإن جميع متغيرات البحث باتت متكاملة ومستقرة بعد أخذ الفرق الأول لها في ظل عدم وجود كل من الحد الثابت والاتجاه الزمني، وهو ما يعني أن كافة المتغيرات محل البحث تكون متكاملة من الدرجة الأولى I(1)، ولا يوجد أي متغير له رتبة تكامل أعلى من الدرجة الأولى، وهذا يتيح إمكانية تطبيق منهجية نموذج (ARDL)، وإجراء اختبار الحدود Bound Testing Approach، للكشف عن مدى وجود التكامل المشترك بين متغيرات النموذج، إذ لا تشترط منهجية الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية الموزعة وفقاً لاختبار الحدود أن تحمل جميع المتغيرات محل البحث نفس رتبة التكامل.

5-4 اختبار التكامل المشترك (Co-Integration Test)

بعد التعرف على درجة تكامل السلاسل الزمنية للمتغيرات محل البحث، والتأكد من عدم وجود سلاسل زمنية تكون رتبة تكاملها أعلى من الرتبة الأولى، تأتي الخطوة التالية وهي تحديد مدى توافر خاصية التكامل المشترك بين متغيرات النموذج، ويُقصد بخاصية التكامل المشترك، أن ثمة علاقة طويلة الأجل تربط بين متغيرات كل نموذج، أي أن هناك توليفة خطية (Linear Combination) تجعل كافة متغيرات النموذج تبدو وكأنها متغير واحد مستقر، الأمر الذي يتسنى معه تقدير القيم التوازنية لمعلمات النموذج.

جدول رقم (5): نتائج اختبارات التكامل المشترك باستخدام (Bounds Test)

مستوى المعنوية	Lower Bound Value	Upper Bound Value
1%	**2.66**	**4.05**
5%	**2.04**	**3.24**
10%	**1.75**	**2.87**
قيمة إحصائية F-Statistics المحسوبة		**12.070**
Probability		**0.000**

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام البرنامج الإحصائي (EViews 12)، واعتماداً على نتائج اختبارات التكامل المشترك الواردة بالملحق رقم (1).

ويوضح الجدول رقم (5) نتائج اختبار التكامل المشترك بين انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون كمتغير تابع ومحدداته كمتغيرات تفسيرية، وذلك من خلال استخدام اختبار الحدود الذي تقوم عليه منهجية التكامل المشترك وفقاً لنموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية الموزعة (Auto-Regressive Distributed Lags Model - ARDL) لذلك سوف يتم الاعتماد في اختبار مدى وجود تكامل مشترك بين متغيرات النموذج على اختبار الحدود Bounds Test، ويتضح من نتائج الجدول رقم (5) أن قيمة إحصائية F-Statistics المحسوبة أعلى من القيمة الحرجة القصوى Upper Bound Critical Value وذلك عند مستوى معنوية 5%، ومستوى معنوية 1%، ومن ثمّ، يتم رفض فرض العدم، وقبول الفرض البديل ، مما يعني أن ثمة تكامل مشترك بين متغيرات النموذج، أي أن هناك علاقة طويلة الأجل وأن هناك توليفة خطية تربط بين حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون كمتغير تابع، وبين محدداته من كافة المتغيرات التفسيرية المدرجة بالنموذج، مما يشير إلى إمكانية تقدير القيم التوازنية لمعلمات النموذج بالأجل الطويل.

5-5 تقدير العلاقات وتفسيرها

5-5-1 تقدير العلاقات الكمية في الأجل الطويل:

يتم قياس العلاقات طويلة الأجل من خلال استخدام نموذج الانحدار الذاتي ذي الفجوات الزمنية الموزعة (ARDL)، الذي تعتمد فكرته على إضافة عدد من فترات الإبطاء المناسبة –التي تم تحديدها مسبقاً بواسطة هذا النموذج– للمتغيرات المستقلة بالنموذج وللمتغير التابع ضمن المتغيرات

التفسيرية بالنموذج، **وتكون الصيغة العامة لمعادلات الأجل الطويل وفقاً لهذا النموذج على الصورة التالية:**

$$ln\,CO2_t = \eta_0 + \sum_{i=1}^{P} \eta_1\, ln\, FF_{t-i} + \sum_{i=1}^{P} \eta_2\ ln\, REPt - i + \sum_{i=1}^{P} \eta_3\, ln\, GDPP_{t-i} + \sum_{i=1}^{P} \eta_4\, ln\, IND_{t-i} + \sum_{i=1}^{P} \eta_5\, ln\, URB_{t-i} + \sum_{i=1}^{P} \eta_6\, ln\, OP_{t-i} + \eta_7\, OILt + \eta_8\, GFCt + \eta_9\, IPt + u_t \dots\dots (3)$$

حيث تمثل المعلمات الموضحة أعلاه معلمات النموذج بالأجل الطويل، وهي تعد بمثابة مرونات بين المتغير التابع من جهة وبين المتغيرات التفسيرية من جهة أخرى، (u_t) تشير إلى حد الخطأ العشوائي الذي يكون وسطه الحسابي صفر وتباينه ثابت. (P) هي العدد الأمثل لفترات التباطؤ الزمني لكل متغير تفسيري، حيث سوف يتم الاعتماد على ثلاث فترات إبطاء لكل متغير من متغيرات النموذج، وذلك وفقاً لأفضل النتائج التي تم التوصل إليها. وتوضح بيانات **الجدول رقم (6)** النتائج الموجزة التي تم تقديرها للعلاقات بين متغيرات النموذج في الأجل الطويل، والمناظرة للمعادلات السابقة. ويُلاحظ أنه استناداً للأساس النظري لنموذج (ARDL)، فإنه من المزمع أن يتم إجراء عملية التطبيع (Normalization)، وتُبنى فكرة ذلك الإجراء على أساس أنه في الأجل الطويل تميل متغيرات النموذج إلى أن تكون مستقرة عند مستوياتها التوازنية، وبناءً على ذلك لا يوجد اختلاف جوهري بين قيمة المتغير محل البحث في الفترة الحالية وقيمه في فترات الإبطاء المختلفة.

جدول رقم (6): نتائج تقدير معلمات الأجل الطويل وفقاً لنموذج (ARDL)

المتغير المستقل	المتغير التابع $ln\,CO_{2_t}$	
	قيمة المعلمة المقدرة	Prob.
$ln\,FFt$	**0.466	0.015
$ln\,REPt$	*-0.645	0.000
$ln\,GDPPt$	**0.828	0.020
$ln\,INDt$	*1.191	0.000
$ln\,URBt$	*1.420	0.001
$ln\,OPt$	*-0.196	0.000
$OILt$	*-0.301	0.002
$GFCt$	0.016	0.536
IPt	**0.083	0.015
R^2	0.998	
$Adj.R^2$	0.996	
DW	2.231	
F. Statistics	12.070	
(P-Value)	(0.000)	

حيث (*)، (**)، (***)، تشير إلى أن المتغير معنوي إحصائياً عند مستوى معنوية 1%، 5%، 10% على التوالي.

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام البرنامج الإحصائي (EViews 12)، واعتماداً على نتائج تقدير معلمات الأجل الطويل الواردة بالملحق رقم (1).

اعتماداً على النتائج المُبيّنة في الجدول السابق، يمكن صياغة معادلة الانحدار المقدرة في الأجل الطويل في شكلها النهائي القابل للتفسير على الصورة الآتية:

$$ln\,CO2_t = 0.466\ ln\,FF_t - 0.645\ ln\,REPt + 0.828\,ln\,GDPP_t + 1.191\ ln\,IND_t + 1.420\ ln\,URB_t - 0.196\ ln\,OP_t - 0.301\ OILt + 0.016\ GFCt + 0.083\ IPt + u_t \quad \ldots\ldots (4)$$

يمكن بالاعتماد على قيمة وإشارة كل معلمة من المعلمات السابقة تقديم تفسير لكل معلمة على حدة، وذلك على النحو المبين فيما يلي:

- يتضح من إشارة المعلمة المقدرة **لاستهلاك الوقود الأحفوري** ($\boldsymbol{ln\,FFt}$) أن له تأثيراً إيجابياً على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ($\boldsymbol{ln\,CO2t}$)، وتبين قيمتها أن زيادة استهلاك الوقود الأحفوري بنسبة 1%، تؤدي إلى زيادة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0,466%، ويتضح من قيمة تلك المعلمة أن هذا التأثير غير مرن، وقد تحقق ذلك التأثير عند مستوى معنوية 5%، ويُعزى هذا التأثير الإيجابي لاستهلاك الوقود الأحفوري على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ما ينتج عن استهلاك مصادر الطاقة غير المتجددة والمتمثلة في الوقود الأحفوري (الفحم والبترول والغاز الطبيعي) من زيادة جلية في الانبعاثات الكربونية، والحق أن هذا التأثير الإيجابي إنما تبلور من خلال ثلاث قنوات رئيسية: **أولها** ما يستتبع استهلاك الوقود الأحفوري من زيادة الناتج المحلي الإجمالي، الأمر الذي يترتب عليه ارتفاع معدل النمو الاقتصادي، وبخاصةٍ في المراحل الأولى للتنمية الاقتصادية، وحيث إن مصر لم تزل في طور المراحل الأولى من التنمية الاقتصادية لكونها إحدى الدول النامية، لذا فإنه من المرجع وفقاً للأساس النظري لمنحنى كوزنتس البيئي، أن يصاحب ارتفاع معدل النمو الاقتصادي في مراحل التنمية الاقتصادية زيادة الانبعاثات الكربونية ومن بينها انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. **وثانيها** ما يقترن بزيادة استهلاك الوقود من توسع النشاط الإنتاجي للقطاع الصناعي، ولا شك أن ذلك يستتبعه زيادة المخلفات والنفايات الصناعية الضارة، ومن ثمّ، زيادة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، **وثالث** تلك القنوات هو أن زيادة استهلاك الوقود الأحفوري يصاحبه زيادة نسبة سكان الحضر وارتفاع الكثافة السكانية بالمدن، وبخاصة المناطق الحضرية والصناعية، الأمر الذي يؤدي إلى تزايد انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، ومن ثمّ يكون لذلك تأثير سلبي على الظروف البيئية والتغيرات المناخية.
- يتضح من إشارة المعلمة المقدرة **لنصيب الفرد من إنتاج الطاقة المتجددة** ($\boldsymbol{ln\,REPt}$) أن لها تأثيراً سلبياً على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ($\boldsymbol{ln\,CO2t}$)، وتبين قيمتها أن زيادةً في نصيب الفرد من إنتاج الطاقة المتجددة بنسبة 1%، يترتب عليها تراجع حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0,645% تقريباً، وذلك عند مستوى معنوية 1%، إذ أن ذلك التأثير السلبي

ما فتئ يتضح جلياً منذ أن أولت المنظمات الدولية اهتمامها بتحقيق أهداف التنمية المستدامة، تلك التي تستوجب تقنين استهلاك مصادر الطاقة غير المتجددة حفاظاً عليها من النفاد ومراعاةً لحقوق الأجيال القادمة في استهلاك مصادر الطاقة المتجددة وغير المتجددة على حدٍ سواء. وقد استهدفت الحكومة المصرية في الآونة الأخيرة الارتقاء بمصادر الطاقة المتجددة والاعتماد عليها في توليد الطاقة الكهربائية من خلال الاستفادة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وتقنين بل وتقليل الاعتماد على استهلاك الوقود الأحفوري، الأمر الذي ترتب عليه تراجع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، ولكن يلاحظ أن هذا التأثير غير مرن، وهو ما يدل على أن مصر لم تزل تخطو بخطوات حثيثة في مجال التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة، وهو ما يفسر محدودية فعالية التأثير السلبي لاستهلاك مصادر الطاقة المتجددة على الانبعاثات الكربونية، وقد جاءت تلك النتيجة متفقة تماماً مع نتائج الدراسات السابقة.

- يتضح من إشارة المعلمة المقدرة **للنمو الاقتصادي مقاساً بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي** $(\boldsymbol{ln\,GDPPt})$، أن له تأثيراً إيجابياً غير مرن على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $(\boldsymbol{ln\,CO2t})$، وتبين قيمتها أن زيادة متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 1% يترتب عليها زيادة حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0,828%، ويُلاحظ أن هذا التأثير غير المرن وتحقق عند مستوى معنوية 5%، وقد جاءت تلك النتيجة متفقة مع المنطق الاقتصادي الذي رسخته فرضية منحنى كوزنتس البيئي، حيث إن مصر لم تزل في المراحل الأولى للتنمية الاقتصادية، تلك التي ينصب فيها الاهتمام على تحقيق التنمية بالقطاع الصناعي تحديداً على نحوٍ يفوق الاهتمام بالنواحي البيئية، ولعل ذلك له ما يبرره نظراً لمحدودية الموارد المحلية، مما يُعظم تكلفة الفرصة البديلة للاهتمام بالنواحي البيئية على حساب توسع النشاط الإنتاجي للقطاع الصناعي، وقد ترتب على كل ذلك تزايد الانبعاثات الكربونية المصاحبة لارتفاع معدل النمو الاقتصادي، وجاءت تلك النتيجة متفقة مع العديد من الدراسات السابقة.
- يتضح من إشارة المعلمة المقدرة **للقيمة المضافة لقطاع الصناعة** كنسبة من الناتج المحلي الإجمالي $\boldsymbol{ln\,INDt}$ ، أن لها تأثيراً إيجابياً على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{ln\,CO2t}$، وتبين قيمتها أن زيادة النصيب النسبي لقطاع الصناعة من الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 1%، يترتب عليها زيادة حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 1,191%،

ويُلاحظ مرونة التأثير الإيجابي لتوسع القطاع الصناعي على الانبعاثات الكربونية، وقد تحقق هذا التأثير عند مستوى معنوية 1%. وتتفق تلك النتيجة مع المنطق الاقتصادي والواقع العملي لعديد من الدول النامية ومن بينها مصر، إذ أن الأساليب الفنية والفنون الإنتاجية المصاحبة لتوسع ناتج القطاع الصناعي لم تزل تعتمد بشكل جلي على استهلاك الوقود الأحفوري ولم تتحول تلك الأساليب بعد إلى مصادر الطاقة النظيفة، وقد ترتب على ذلك كله زيادة الانبعاثات الكربونية التي استتبعت توسع النشاط الإنتاجي لقطاع الصناعة المصري.

- يتضح من إشارة المعلمة المقدرة **لسكان الحضر كنسبة من إجمالي عدد السكان** في مصر $\boldsymbol{ln\ URBt}$، أن لها تأثيراً إيجابياً على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{ln\ CO2t}$، وتبين قيمتها أن زيادة نسبة سكان الحضر إلى إجمالي عدد السكان بنسبة 1%، يترتب عليها زيادة حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 1,42%، وقد تحقق ذلك عند مستوى معنوية 1%، ويُلاحظ أن هذا التأثير الإيجابي لنسبة سكان الحضر من إجمالي عدد السكان هو الأقوى والأكثر مرونة مقارنةً بكافة المتغيرات التفسيرية الأخرى بالنموذج، مما يدلل على أن الكثافة السكانية بالمناطق الحضرية والمدن في مصر هي أحد المسببات الرئيسية لأزمات المناخ وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وقد اتفقت تلك النتيجة مع المنطق الاقتصادي والدراسات السابقة، إذ يترتب بطبيعة الحال على الزيادة السكانية بالمناطق الحضرية والصناعية زيادة المخلفات والنفايات الصناعية والعضوية، ومن ثمّ، زيادة الانبعاثات الكربونية.
- يتضح من إشارة المعلمة المقدرة لسعر البترول $\boldsymbol{ln\ OPt}$، أن له تأثيراً سلبياً على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون $\boldsymbol{ln\ CO2t}$، وتبين قيمتها أن ارتفاع أسعار البترول بنسبة 1%، سوف يترتب عليه انخفاض حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 0,196%، وتحقق ذلك عند مستوى معنوية 1%، وهو تأثير غير مرن، وقد جاءت تلك النتيجة متفقة مع كل من النظرية الاقتصادية والدراسات السابقة، حيث إن ارتفاع أسعار البترول سوف يؤدي بالضرورة إلى تراجع الطلب عليه، ومن ثمّ، انخفاض معدلات استهلاك الوقود الأحفوري، وعليه، سوف تنخفض بالضرورة الانبعاثات الكربونية المصاحبة لاستهلاك الوقود الأحفوري، بيد أن ارتفاع أسعار البترول اتسم بتأثيره السلبي غير المرن على الانبعاثات الكربونية، مما يدل على أن الوقود الأحفوري يعد من السلع الضرورية التي يصعب الاستغناء عنها أو حتى التقليل منها بشكل

ملحوظ، ولا شك أن ذلك يعكس اعتماد الاقتصاد المصري على أنشطة إنتاجية تعتمد بشكل مكثف على مصادر الطاقة التقليدية.

- **أزمة البترول عام 1973 OIL_t:** يتضح من إشارة معلمتها المقدرة أن لها تأثيراً سلبياً على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وقد تحقق ذلك عند مستوى معنوية 1%، وهو ما يتفق مع العديد من الدراسات السابقة، حيث إنه من المعلوم أن تلك الأزمة قد صاحبها ارتفاع حاد في أسعار البترول نظراً لما خلفته تلك الأزمة من نقص شديد في المعروض من مصادر الوقود الأحفوري، الأمر الذي ترتب عليه حدوث ارتفاع كبير في أسعار الوقود الأحفوري على نحوٍ غير مسبوق، مما أدى إلى تراجع استهلاكه بشكل كبير، ومن ثمّ، انخفض حجم الانبعاثات الكربونية خلال تلك الأزمة.
- **فترات عدم الاستقرار السياسي IP_t:** يتضح من إشارة المعلمة المقدرة لفترات أزمة عدم الاستقرار السياسي التي برزت على الصعيدين السياسي والاقتصادي منذ عام 2011، أن لها تأثيراً إيجابياً على حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وقد تحقق ذلك عند مستوى معنوية 5%، وتتفق تلك النتيجة مع العديد من الدراسات السابقة، إذ يتخلل الأزمات السياسية –عادةً– انفلات أمني وتراجع للوسائل والأدوات الرقابية وإجراءات إنفاذ وتطبيق القانون، ولعل ذلك قد شجع الكثير من الصناعات الملوثة للبيئة وذات الانبعاثات الغازية الضارة أن تطفو على السطح وأن تتوسع في نشاطها الإنتاجي دون رقيب عليها، ويمكن أيضاً أن يكون قد صاحب تلك الأزمات قيام العديد من الصناعات دون ترخيص أو مراجعة للأساليب الإنتاجية التي تستخدمها في مباشرة النشاط الإنتاجي، ودون الوقوف على مدى تأثير ذلك على العوامل البيئية، مما يفسر زيادة الانبعاثات الكربونية المصاحبة لأزمات عدم الاستقرار السياسي.

يتضح من نتائج القياس التي تم عرضها في الجدول رقم (6) ارتفاع المقدرة التفسيرية للنموذج المُقدر، حيث تُظهر قيمة كل من معامل التحديد ومعامل التحديد المعدل أن التغيرات في اللوغاريتم الطبيعي للمتغيرات التفسيرية مجتمعة والموضحة بالعلاقة السابقة تفسر نحو 99% تقريباً من التغيرات في اللوغاريتم الطبيعي لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، مما يدلل على ارتفاع المقدرة التفسيرية للنموذج وتمتعه بجودة توفيق عالية جداً، كما أن إحصائية **(F)** للنموذج المقدر مرتفعة ومعنوية عند مستوى معنوية 1%، مما يدلل على جودة تقدير النموذج.

توصلت نتائج تقدير العلاقات الكمية بالأجل الطويل إلى أن جميع متغيرات الدراسة لها تأثير معنوي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، باستثناء المتغير الصوري الذي يعبر عن الأزمة المالية العالمية (GFC_t)، التي أصابت الاقتصاد العالمي عام 2008، ولعل ذلك له ما يبرره، نظراً لقصر المدى الزمني لتلك الأزمة من ناحية، وكونها حدثت بالسوق العقاري في الولايات المتحدة الأمريكية من ناحية أخرى، وانحصار المردود السلبي لها على القطاع المالي والنقدي دون القطاع الإنتاجي الحقيقي من ناحية الثالثة، وعدم وجود تأثير ملحوظ لتداعيات تلك الأزمة على استهلاك الوقود الأحفوري في مصر. كما أظهرت نتائج الأجل الطويل أن ثمة خمسة متغيرات كان لها تأثير إيجابي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، هي: الوقود الأحفوري الذي يعكس استهلاك مصادر الطاقة غير المتجددة، والنمو الاقتصادي مُقاساً بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، ونسبة مساهمة قطاع الصناعة في الناتج المحلي الإجمالي، ونسبة سكان الحضر من إجمالي عدد السكان، وفترات أزمات عدم الاستقرار السياسي بدايةً من عام 2011، في حين كان لثلاثة متغيرات تفسيرية أخرى تأثير سلبي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، هي: نصيب الفرد من إنتاج الطاقة المتجددة، وأسعار البترول، وأزمة البترول عام 1973.

5-5-2 تقدير العلاقات الكمية في الأجل القصير:

بعد تقدير علاقات الأجل الطويل تأتي الخطوة التالية وهي تقدير علاقات الأجل القصير لمعرفة حجم واتجاه تأثير كل متغير تفسيري على حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في مصر في الأجل القصير، وتحقيقاً لذلك، سوف يتم الاعتماد على تقدير نموذج تصحيح الخطأ (ECM)، الذي يعتمد على تقدير حد الخطأ العشوائي (البواقي) من انحدار الأجل الطويل إلى انحدار الأجل القصير في صورتها كمتغيرات تفسيرية. وتتمثل فكرة هذا النموذج في إجراء انحدار المتغير التابع على كل من: المتغيرات التفسيرية بفترات إبطاء مناسبة – تقل بفترة واحدة عن نموذج الأجل الطويل، وحد تصحيح الخطأ بفترة إبطاء واحدة، وذلك بعد أخذ الفرق الأول لجميع المتغيرات عدا المتغير الذي يعكس حد تصحيح الخطأ، ومن ثمّ، يتمثل نموذج الأجل القصير في المعادلة الآتية:

$$\Delta ln\, CO2_t = \eta_0 + \sum_{i=1}^{P} \eta_1\, \Delta ln\, FF_{t-i} + \sum_{i=1}^{P} \eta_2\, \Delta\ ln\, REPt - i + \sum_{i=1}^{P} \eta_3\, \Delta\ ln\, GDPP_{t-i} + \sum_{i=1}^{P} \eta_4\, \Delta\ ln\, IND_{t-i} + \sum_{i=1}^{P} \eta_5\, \Delta\ ln\, URB_{t-i} + \sum_{i=1}^{P} \eta_6\, \Delta\ ln\, OP_{t-i} + \eta_7\, OILt + \eta_8\, GFCt + \eta_9\, IPt + \varphi\, ECTW_{t-1} + \varepsilon_t \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (5)$$

حيث تمثل المعلمات الموضحة أعلاه معلمات النموذج بالأجل القصير، وهي تعد بمثابة مرونات بين المتغير التابع من جهة وبين المتغيرات التفسيرية من جهة أخرى، ولكن على المدى القصير، وتشير (ε_t) إلى حد الخطأ العشوائي الذي يكون وسطه الحسابي صفر وتباينه ثابت. ويمثل $ECTW_{t-1}$ حد تصحيح الخطأ (Error-Correction Term)، وهو يقيس سرعة التكيف أو سرعة التعديل (Speed of Adjustment)، التي من خلالها تتم معالجة اختلال التوازن في الأجل القصير، كي يتم تحقيق التوازن في الأجل الطويل، وبالتالي، يتم من خلال معامل سرعة التعديل تحديد عدد الفترات الزمنية اللازمة لتحقيق التوازن في الأجل الطويل، وتمثل φ معامل سرعة التعديل، وهذا المعامل يمثل النسبة التي يتم تعديلها كل فترة من اختلال التوازن في الفترة السابقة، الأمر الذي يعني أن القيمة المطلقة لهذا المعامل تعكس السرعة التي يتم بها استعادة التوازن، ويتوقع أن يحمل هذا المعامل إشارة سالبة، حتى يتم تصحيح خطأ التوازن والاتجاه ناحية التوازن مرة أخرى.

استناداً لما تقدم، فإنه يمكن توضيح نتائج النموذج في الأجل القصير بالاعتماد على المعلمات التي أظهرت معنوية إحصائياً في الأجل القصير من خلال **الجدول رقم (7)**

جدول رقم (7): نتائج تقدير معلمات الأجل القصير وفقاً لنموذج (ARDL)

المتغير	قيمة المعلمة المقدرة	Prob.
$\Delta \ln REPt$	*-0.335	0.005
$\Delta \ln REPt-1$	*0.519	0.000
$\Delta \ln REPt-2$	**0.335	0.011
$\Delta \ln GDPPt$	*1.747	0.000
$\Delta \ln GDPPt-1$	*1.192	0.000
$\Delta \ln GDPPt-2$	**0.711	0.045
$\Delta \ln INDt$	*0.618	0.000
$\Delta \ln INDt-1$	*-0.565	0.000
$\Delta \ln URBt$	*23.469	0.000
$\Delta \ln URBt-1$	*24.268	0.003
$\Delta \ln OPt$	*-0.073	0.004
$\Delta \ln OPt-1$	**0.072	0.011
$\Delta \ln OPt-2$	***-0.039	0.067
$ECTW_{t-1}$	*-1.225	0.000
R^2	0.85	
$Adj.R^2$	0.76	
DW	2.231	

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام البرنامج الإحصائي (EViews 12)، واعتماداً على نتائج تقدير معلمات الأجل القصير الواردة بالملحق رقم (2).

حيث (*)، (**)، (***)، تشير إلى أن المتغير معنوي إحصائياً عند مستوى معنوية 1%، 5%، 10% على التوالي.

يتضح من الجدول رقم (7) ما يلي:

- يتضح من معامل حد تصحيح الخطأ –معامل سرعة التعديل– أنه يتخذ إشارة سالبة، فضلاً عن أنه معنوي إحصائياً عند مستوى معنوية 1%، الأمر الذي يؤكد على النتائج التي تم الحصول عليها في اختبار الحدود، وهو وجود تكامل مشترك بين متغيرات النموذج، أما بالنسبة لقيمة هذا المعامل فهي تعني أن 123% تقريباً من خطأ التوازن الناشئ عن صدمات العام السابق يتم تصحيحه سنوياً في المتوسط، وهذا يعني أن التوازن يتم استعادته في خلال عشرة شهور تقريباً سنوياً، الأمر الذي يدل على ارتفاع سرعة التعديل بالنسبة لهذا النموذج.
- بالنسبة لتأثير نصيب الفرد من إنتاج الطاقة المتجددة $\boldsymbol{ln\,REPt}$ فيلاحظ أن هذا التأثير قد احتفظ بنفس إشارته بالأجل الطويل، وذلك في الأجل القصير وفي خلال نفس الفترة الزمنية أي خلال نفس العام، غير أنه قد أظهر تأثيراً إيجابياً ومعنوياً على الانبعاثات الكربونية مع وجود فترة إبطاء وفترتي إبطاء على التوالي في الأجل القصير، وربما يُفسر ذلك من خلال ما يتطلبه استهلاك مصادر الطاقة المتجددة من مشروعات واستثمارات خضراء تتطلب مدى زمني طويل الأجل نسبياً حتى تبرز آثارها الإيجابية في الحد من الانبعاثات الكربونية، ولعل ذلك هو السبب في تغير إشارة هذا المتغير في الأجل الطويل عنها في الأجل القصير، كما يمكن تفسير التأثير الإيجابي لمصادر الطاقة المتجددة في الأجل القصير من خلال ما تتطلبه المشروعات والصناعات الصديقة للبيئة من تكاليف مرتفعة في بداية فترات العمر الإنتاجي لها، وعدم وجود مرونة كافية للتحول وللإحلال الطاقة المتجددة محل الطاقة غير المتجددة في الأجل القصير.
- بالنسبة لتأثير النمو الاقتصادي مُقاساً بمتوسط نصب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي $\boldsymbol{ln\,GDPPt}$ يتبين أن له تأثيراً إيجابياً ومعنوي ومرن على حجم الانبعاثات الكربونية في الأجل القصير وقد اتفقت إشارة ذلك التأثير في الأجلين الطويل والقصير، وهو ما يتفق مع فرضية منحنى كوزنتس البيئي، بيد أنه يلاحظ أن هذا التأثير الإيجابي للنمو الاقتصادي في زيادة حجم الانبعاثات الكربونية كان أقوى في الأجل القصير عنه في الأجل الطويل.
- بالنسبة لتأثير مساهمة القيمة المضافة لقطاع الصناعة من الناتج المحلي الإجمالي $\boldsymbol{ln\,INDt}$ فقد أظهرت النتائج تأثيراً إيجابياً ومعنوياً يتفق تماماً مع تأثير ذات المتغير في الأجل الطويل، وقد تحقق ذلك في الأجل القصير لنفس العام، بينما تحول هذا التأثير إلى تأثير سلبي ومعنوي

في الأجل القصير، ولكن مع وجود فترة إبطاء واحدة، وربما يرجع ذلك إلى أن النفايات الصناعية المحدثة للانبعاثات الكربونية تتطلب هي الأخرى مدى زمني حتى يتسنى الوقوف على آثارها البيئية.

- بالنسبة لتأثير نسبة سكان الحضر من إجمالي عدد السكان $\boldsymbol{ln\,URBt}$ فقد اتفق تأثيره الإيجابي في زيادة الانبعاثات الكربونية في الأجلين الطويل والقصير، كما أنه التأثير الأكبر في زيادة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بالأجل القصير، وهو ما يتفق تماماً مع نتائج تحليل الأجل الطويل.
- بالنسبة لسعر البترول $\boldsymbol{ln\,OPt}$ يتبين أن له تأثير سلبي على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الأجل القصير خلال نفس العام ومع وجود فترتي إبطاء، وهو ما يتفق تماماً مع نتائج تأثير نفس المتغير في الأجل الطويل، ولكن يُلاحظ أن تأثير أسعار البترول قد تحول من التأثير السلبي إلى تأثير إيجابي في الأجل القصير وذلك في ظل وجود فترة إبطاء واحدة، ولعل ذلك يمكن تفسيره استناداً إلى بطء وعدم مرونة التحول إلى استخدام الطاقة المتجددة سريعاً في الأجل القصير، حيث إنه على الرغم من ارتفاع أسعار البترول في الأجل القصير إلا أنه لا يمكن أن يتم تقليل استهلاكه أو الحد من الطلب عليه في الأجل القصير مباشرةً لمجرد حدوث ارتفاع في سعره، إذ يتطلب ذلك الأمر مدى زمني طويل نوعاً ما.

5-6 مشاكل القياس:

فحص النموذج الخاص بكل معادلة للتأكد من عدم وجود مشكلتي الارتباط الذاتي للبواقي (Serial Autocorrelation)) وعدم ثبات تباين البواقي (Heteroscedasticity Residual)، وتوزيع البواقي توزيعاً طبيعياً (Normal Distribution)؛ وذلك باستخدام اختبارات Breusch–Godfrey Serial Correlation LM test، و Breusch–Pagan–Godfrey LM test، وWhite Heteroscedasticity Test، و Normality Test على التوالي.

جدول رقم (8): نتائج اختبارات مشاكل القياس

الاختبار	قيمة الإحصائية المحسوبة	*P-value*
B-G Serial Correlation LM Test	**F – statistic 1.054**	**F (4,20) 0.4047**
Breusch-Pagan-Godfrey Heteroscedasticity Test	**F – statistic 0.960**	**F (23,23) 0.5382**
White's Heteroscedasticity Test	**F – statistic 0.790**	**F (23,23) 0.7112**
Normality Test	**Jarque-Bera 0.2518**	**0.8816**

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام البرنامج الإحصائي (EViews 12) واعتماداً على مخرجات النموذج.

يتضح من نتائج الاختبارات بالجدول رقم (8) أن قيمة P-value أكبر من (0,1)، مما يعني قبول الفرض العدم لكل اختبار من الاختبارات التشخيصية للنماذج المقدرة، مما يعني قبول فرض العدم بعدم وجود ارتباط ذاتي وقبول فرض العدم بثبات تباين البواقي وهو ما يعكس خلو البواقي من مشكلة الارتباط التسلسلي أو الذاتي، وعدم ثبات تباين الأخطاء.

6. الاستنتاجات والتوصيات

بحثت هذه الدراسة في أثر الأزمات الاقتصادية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، والذي يعد المساهم الأكبر في مشكلة المناخ، وخلُصت الدراسة إلى أن تأثير الأزمات الاقتصادية على الانبعاثات يتوقف على طبيعة الأزمة وآلية تأثيرها على الانبعاثات. فبالتطبيق على مصر خلال الفترة (1972–2021)، توصلت نتائج البحث إلى أن أزمة حظر البترول في عام 1973 أثرت سلبياً على الانبعاثات لفترة اربعة أعوام وذلك بسبب انخفاض النشاط الاقتصادي والارتفاع الكبير في أسعار البترول نتيجة الحظر مما سبب انخفاض في استهلاك الطاقة أيضاً. وهذا يتفق مع الدراسات التي وجدت أن الصدمات الإيجابية لأسعار البترول لها تأثير سلبي على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. أما فيما يتعلق بأثر الأزمة المالية العالمية في 2008 فأشار الدراسات السابقة إلى أن أثرها يختلف من دولة لأخري حسب مستوي الدخل والاندماج العالمي. وتوصلت نتائج البحث إلى أن الأزمة المالية في

2008 لم يكن لها تأثير معنوي على الانبعاثات في مصر وذلك بسبب محدودية اندماج القطاع المصرفي والمالي المصري في أسواق المال العالمية. وأخيرا تسببت فترة عدم الاستقرار السياسي في مصر خلال الفترة من 2011–2014 في زيادة الانبعاثات وهذا متفق مع دراسات عديدة وجدت أن الاستقرار السياسي يساعد على خفض الانبعاثات (Aller, Ductor, and Grechyna, 2021)[5].

من خلال قياس أثر بعض المتغيرات التي تتأثر بالأزمات الاقتصادية وبدورها تؤثر على الانبعاثات مثل النشاط الاقتصادي، والطاقة الأحفورية والمتجددة وأسعار البترول، وجدت الدراسة أن كل من النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة الأحفورية يؤثر إيجابياً على الانبعاثات وهذا متفق مع حقيقة أن مصر في المراحل الأولي للتنمية وأن، كما توضح فرضية كوزنتس، المزيد من النمو الاقتصادي في هذه المرحلة يتبعه تدهور في البيئة نتيجة زيادة الإنتاج الصناعي والاعتماد الكبير على مصادر الطاقة الأحفورية في الإنتاج. على الناحية الأخرى وجدت الدراسة الحالية أن كل من أسعار البترول وإنتاج الطاقة المجددة يؤثر سلباً على الانبعاثات، ومن هنا نستنتج أن الأزمات الاقتصادية في العموم قد تؤدي إلى زيادة الانبعاثات في الأجل الطويل إذا صاحب هذه الأزمات انخفاض في الموارد المالية الموجهة للطاقة المتجددة.

توصي هذه الورقة البحثية بضرورة سعى الدولة لتحقيق الاستقرار السياسي وضمان كفاءة وصرامة تطبيق الإجراءات البيئية. وعند مواجهة الأزمات الاقتصادية، من الممكن أن تستغل الدولة حاجتها إلى سياسيات للتعافي من الأزمة عن طريق إنشاء برامج خضراء لتحفيز الاقتصاد. وفي هذا السياق، توفر تجربة برامج التحفيز الأخضر المُنفذة في أعقاب الأزمة المالية لعام 2009 دروسا مفيدة في تصميم السياسات (Varro, L., et al., 2020). بالرغم من اهتمام الحكومة المصرية حديثا بالاستثمار والتحول إلى الطاقة المتجددة، توضح نتائج البحث أن فعالية تأثيرها على خفض الانبعاثات مازال محدوداً وذلك للاعتماد الكبير على الطاقة الأحفورية في مزيج الطاقة في مصر. وهنا نوصي بضرورة الإسراع في زيادة نسبة الطاقة المتجددة المستخدمة وهذا متسق مع ما تستهدفه مصر من زيادة نسبة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة إلى 42% بحلول عام 2035.

نظراً لحداثة كل من جائحة كورونا والأزمة الروسية الأوكرانية، فكان من الصعب اختبار أثرهما في النموذج القياسي، ولكن من الممكن التنبؤ بأنه بالرغم من انخفاض الانبعاثات أثناء جائحة

[5] تستخدم هذه الدراسات مؤشرات تعبر عن لاستقرار السياسي.

كورونا بسبب انخفاض النشاط بجميع القطاعات المستهلكة للطاقة، إلا أن الركود الاقتصادي الذي خلفته الجائحة قد يعرقل التحول للطاقة النظيفة لما يتطلبه من موارد مالية لتمويل المناخ. على الجانب الأخر، من المتوقع أن تؤدي الأزمة الروسية الأوكرانية إلى انخفاض الانبعاثات في مصر مثلها في ذلك مثل أزمة حظر البترول في 1973 وذلك لتشابه تأثيرهما خاصة ارتفاع أسعار البترول، بالإضافة إلى ما تمر به مصر من تخفيض في قيمة العملة، والذي قد يؤدي إلى انخفاض واردات البترول واستهلاكه وبالتالي انخفاض الانبعاثات والسعي للتوجه لمصادر بديلة للطاقة.

يُمهد هذا البحث إلى المزيد من البحوث المستقبلية من خلال قياس أثر بعض المتغيرات الأخرى التي من الممكن أن تتأثر بالأزمات الاقتصادية خاصة الأزمات العالمية وتؤثر على الانبعاثات الكربونية في مصر مثل الانفتاح التجاري. أيضا تزايد الاهتمام حديثا بدراسة العلاقة بين التحول الرقمي والانبعاثات في الأجلين القصير والطويل. من الممكن أيضا أن تتجه البحوث المستقبلية في هذا الموضوع الي دراسة أثر الازمات الاقتصادية على مجموعة من الدول المصدرة والمستوردة للبترول والمقارنة بينهما وذلك للتأثير المختلف المتوقع لأسعار البترول على النمو الاقتصادي والانبعاثات في كل مجموعة من الدول.

7. المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية:

1. الحسنين، مروة (2021)، " تحليل العلاقة بين استهلاك الطاقة المتجددة والنمو الاقتصادي في المغرب باستخدام نموذج الانحدار الذاتي للإبطاء الموزع غير الخطي (NARDL)"، **مجلة كلية الاقتصاد والعلوم السياسية**, 22(2), 7-34.
2. السيد، أشرف لطفي، وراضي، محمد محمد السيد، (2019)، " النمو الاقتصادي والبيئة: اختبار منحنى كوزنتس البيئي في الاقتصاد المصري خلال الفترة (1971-2017)"، **مجلة كلية التجارة للبحوث العلمية**، جامعة الإسكندرية، مجلد 56 ،العدد 1، 1-20.
3. الناقة, أحمد؛ عبده، عبير شعبان؛ الشرقاوي, رانيا (2021)، " العلاقة بين الطاقة المستهلكة والنمو الاقتصادي والبيئة في مصر خلال الفترة (1980-2017)"، **المجلة العلمية لكلية الدراسات الإقتصادية و العلوم السياسية**, 6(12), 51-94.

4. نجا، علي عبد الوهاب (2020)، "العلاقة بين الفساد وعدم االستقرار السياسي والنمو الاقتصادي في مصر خلال الفترة (1990 – 2018)"، **مجلة التنمية والسياسات الاقتصادية**، المعهد العربي للتخطيط، المجلد 22، العدد 2، ص ص 7 –48.

ثانياً: المراجع باللغة الإنجليزية:

1. Adebayo, T. S., & Beton Kalmaz, D. (2021). Determinants of CO 2 emissions: empirical evidence from Egypt. ***Environmental and Ecological Statistics***, *28*, 239-262.
2. Aller, C., Ductor, L., & Grechyna, D. (2021). Robust determinants of CO2 emissions. ***Energy Economics***, *96*, 105154.
3. Alsamara, M., Mimouni, K., Mrabet, Z., & Temimi, A. (2021). Do economic downturns affect air pollution? Evidence from the global financial crisis. ***Applied Economics***, *53*(35), 4059-4079.
4. BP (2021). Statistical Review of World Energy.
5. Chien, F., Hsu, C.-C., Ozturk, I., Sharif, A., & Sadiq, M. (2022). The role of renewable energy and urbanization towards greenhouse gas emission in top Asian countries: Evidence from advance panel estimations. ***Renewable Energy***, *186*, 207-216.
6. Coglianese, J., Davis, L. W., Kilian, L., & Stock, J. H. (2017). Anticipation, tax avoidance, and the price elasticity of gasoline demand. ***Journal of Applied Econometrics***, *32*(1), 1-15.
7. Ebaid, A., Lean, H. H., & Al-Mulali, U. (2022). Do Oil Price Shocks Matter for Environmental Degradation? Evidence of the Environmental Kuznets Curve in GCC Countries. *Frontiers in Environmental Science*, 539.
8. Genç, M. C., Ekinci, A., & Sakarya, B. (2022). The impact of output volatility on CO2 emissions in Turkey: testing EKC hypothesis with Fourier stationarity test. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(2), 3008-3021.
9. Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and the Environment. ***The Quarterly Journal of Economics***, *110*(2), 353-377.
10. Hamilton, J. D. (1983). Oil and the macroeconomy since World War II. ***Journal of political economy***, *91*(2), 228-248.
11. IEA (2009), The impact of the financial and economic crisis on global energy investment.
12. IEA (2020), Global Energy Review 2020, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020
13. IEA (2021), World Energy Balances: Overview, IEA, Paris, https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview.
14. IEA (2022), Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021, IEA, Paris.
15. IEA. (2022). World Energy Outlook 2022. In: IEA, Paris, France.
16. IEA. (2022, October 26). *Annual change in CO2 emissions from energy combustion and industrial processes, 1900-2021*. https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/annual-change-in-co2-emissions-from-energy-combustion-and-industrial-processes-1900-2021
17. IPCC, A. (2014). IPCC Fifth Assessment Report—Synthesis Report. In: IPCC New York, NY, USA.

18. IPCC (2021), Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
19. Jalles, J. T. (2020). The impact of financial crises on the environment in developing countries. ***Annals of Finance***, *16*(2), 281-306.
20. Obani, P. C., & Gupta, J. (2016). The impact of economic recession on climate change: eight trends. ***Climate and Development***, *8*(3), 211-223.
21. Pacca, L., Antonarakis, A., Schröder, P., & Antoniades, A. (2020). The effect of financial crises on air pollutant emissions: An assessment of the short vs. medium-term effects. *Science of the Total Environment*, *698*, 133614.
22. Roinioti, A., & Koroneos, C. (2017). The decomposition of CO2 emissions from energy use in Greece before and during the economic crisis and their decoupling from economic growth. ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, *76*, 448-459.
23. Ross, M. L. (2013). How the 1973 oil embargo saved the planet. *Foreign Affairs*, *15*, 16.
24. Sadorsky, P. (2020). Energy related CO2 emissions before and after the financial crisis. *Sustainability*, *12*(9), 3867.
25. Skare, M., Streimikiene, D., & Skare, D. (2021). Measuring carbon emission sensitivity to economic shocks: a panel structural vector autoregression 1870–2016. ***Environmental Science and Pollution Research***, *28*(32), 44505-44521.
26. Steffen, B., & Patt, A. (2022). A historical turning point? Early evidence on how the Russia-Ukraine war changes public support for clean energy policies. ***Energy Research & Social Science***, *91*, 102758.
27. UN. (n.d.). *What is Climate Change?*. https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-climate-change.
28. UNDP (2013), Potential Impacts of Climate Change on the Egyptian Economy.
29. Varro, L., Beyer, S., Journeay-Kaler, P., & Gaffney, K. (2020). Green Stimulus after the 2008 Crisis: Learning from Successes and Failures. *IEA. June*, *29*, 2020.
30. Wang, C.-H., Padmanabhan, P., & Huang, C.-H. (2022). The impacts of the 1997 Asian financial crisis and the 2008 global financial crisis on renewable energy consumption and carbon dioxide emissions for developed and developing countries. *Heliyon*, *8*(2), e08931.
31. Zakeri, B., Paulavets, K., Barreto-Gomez, L., Echeverri, L. G., Pachauri, S., Boza-Kiss, B., Ürge-Vorsatz, D. (2022). Pandemic, War, and Global Energy Transitions. *Energies*, *15*(17), 6114.

الملاحق

ملحق رقم (1): نتائج تقدير معلمات الأجل الطويل وفقاً لنموذج (ARDL) ونتائج اختبارات التكامل المشترك باستخدام (Bounds Test)

ARDL Long Run Form and Bounds Test
Dependent Variable: D(LNCO2)
Selected Model: ARDL(1, 0, 3, 3, 2, 2, 3)
Case 1: No Constant and No Trend
Date: 04/03/23 Time: 19:37
Sample: 1972 2021
Included observations: 47

Conditional Error Correction Regression

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNCO2(-1)*	-1.224943	0.150353	-8.147096	0.0000
LNFF**	0.570592	0.230547	2.474950	0.0208
LNREP(-1)	-0.789597	0.155467	-5.078865	0.0000
LNOP(-1)	-0.239735	0.036708	-6.530886	0.0000
LNIND(-1)	1.458761	0.194942	7.483044	0.0000
LNURB(-1)	1.738812	0.528157	3.292225	0.0031
LNGDPP(-1)	1.013654	0.424159	2.389798	0.0251
D(LNREP)	-0.335225	0.231936	-1.445332	0.1613
D(LNREP(-1))	0.519004	0.172371	3.010976	0.0060
D(LNREP(-2))	0.334831	0.182850	1.831181	0.0795
D(LNOP)	-0.072657	0.029576	-2.456644	0.0216
D(LNOP(-1))	0.072247	0.032492	2.223556	0.0358
D(LNOP(-2))	-0.039161	0.029140	-1.343896	0.1915
D(LNIND)	0.618524	0.145262	4.257981	0.0003
D(LNIND(-1))	-0.564501	0.142875	-3.951013	0.0006
D(LNURB)	23.46866	8.369507	2.804067	0.0098
D(LNURB(-1))	24.26845	9.269442	2.618113	0.0151
D(LNGDPP)	1.747000	0.825991	2.115036	0.0450
D(LNGDPP(-1))	1.192274	0.434285	2.745371	0.0113
D(LNGDPP(-2))	0.711489	0.519187	1.370390	0.1832
OIL	-0.301192	0.087028	-3.460875	0.0020
GFC	0.016355	0.026028	0.628336	0.5357
IP	0.082767	0.031468	2.630174	0.0147

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.
** Variable interpreted as Z = Z(-1) + D(Z).

Levels Equation
Case 1: No Constant and No Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNFF	0.465811	0.177121	2.629902	0.0147
LNREP	-0.644599	0.106372	-6.059865	0.0000
LNOP	-0.195711	0.025557	-7.657947	0.0000
LNIND	1.190881	0.137226	8.678249	0.0000
LNURB	1.419504	0.382362	3.712458	0.0011
LNGDPP	0.827511	0.330564	2.503327	0.0195

EC = LNCO2 - (0.4658*LNFF -0.6446*LNREP -0.1957*LNOP + 1.1909 *LNIND + 1.4195*LNURB + 0.8275*LNGDPP)

F-Bounds Test — Null Hypothesis: No levels relationship

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
		Asymptotic: n=1000		
F-statistic	12.07045	10%	1.75	2.87
k	6	5%	2.04	3.24
		2.5%	2.32	3.59
		1%	2.66	4.05
Actual Sample Size	47		Finite Sample: n=50	
		10%	-1	-1
		5%	-1	-1
		1%	-1	-1
			Finite Sample: n=45	
		10%	-1	-1
		5%	-1	-1
		1%	-1	-1

t-Bounds Test — Null Hypothesis: No levels relationship

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-8.147096	10%	-1.62	-3.7
		5%	-1.95	-4.04
		2.5%	-2.24	-4.34
		1%	-2.58	-4.67

المصدر: من تقدير الباحثين باستخدام البرنامج الإحصائي (EViews 12)، اعتمادًا على بيانات السلاسل الزمنية للمتغيرات.

ملحق رقم (2): نتائج تقدير معلمات الأجل القصير وفقاً لنموذج (ARDL)

ARDL Error Correction Regression
Dependent Variable: D(LNCO2)
Selected Model: ARDL(1, 0, 3, 3, 2, 2, 3)
Case 1: No Constant and No Trend
Date: 04/03/23 Time: 19:40
Sample: 1972 2021
Included observations: 47

ECM Regression
Case 1: No Constant and No Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNREP)	-0.335225	0.106953	-3.134309	0.0045
D(LNREP(-1))	0.519004	0.127307	4.076792	0.0004
D(LNREP(-2))	0.334831	0.120571	2.777050	0.0105
D(LNOP)	-0.072657	0.022947	-3.166363	0.0042
D(LNOP(-1))	0.072247	0.026280	2.749158	0.0112
D(LNOP(-2))	-0.039161	0.020431	-1.916754	0.0673
D(LNIND)	0.618524	0.116314	5.317701	0.0000
D(LNIND(-1))	-0.564501	0.111873	-5.045900	0.0000
D(LNURB)	23.46866	5.929748	3.957784	0.0006
D(LNURB(-1))	24.26845	7.338509	3.307000	0.0030
D(LNGDPP)	1.746999	0.374504	4.664833	0.0001
D(LNGDPP(-1))	1.192274	0.297031	4.013971	0.0005
D(LNGDPP(-2))	0.711489	0.336864	2.112093	0.0453
OIL	-0.301192	0.056344	-5.345585	0.0000
GFC	0.016355	0.018634	0.877697	0.3888
IP	0.082767	0.018774	4.408485	0.0002
CointEq(-1)*	-1.224943	0.119193	-10.27698	0.0000

R-squared	0.853591	Mean dependent var	0.048052
Adjusted R-squared	0.775507	S.D. dependent var	0.066972
S.E. of regression	0.031732	Akaike info criterion	-3.788540
Sum squared resid	0.030207	Schwarz criterion	-3.119338
Log likelihood	106.0307	Hannan-Quinn criter.	-3.536715
Durbin-Watson stat	2.231921		

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

F-Bounds Test — Null Hypothesis: No levels relationship

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	12.07045	10%	1.75	2.87
k	6	5%	2.04	3.24
		2.5%	2.32	3.59
		1%	2.66	4.05

t-Bounds Test — Null Hypothesis: No levels relationship

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-10.27698	10%	-1.62	-3.7
		5%	-1.95	-4.04
		2.5%	-2.24	-4.34
		1%	-2.58	-4.67

المصدر: من تقدير الباحثين باستخدام البرنامج الإحصائي (EViews 12)، اعتمادًا على بيانات السلاسل الزمنية للمتغيرات

ملحق رقم (3): بيانات السلاسل الزمنية للمتغيرات محل الدراسة

Years	[1] CO_{2_t}	[2] FF_t	[3] REP_t	[4] OP_t	[5] IND_t	[6] URB_t	[7] $GDPP_t$	Oil_t	GFC_t	IP_t
1972	25,474,998	89.02644	0.420128	2.483554	21.66745	3.017216	980.147	0	0	0
1973	23,761,076	83.3353	0.410482	3.294715	20.49537	3.007695	992.928	1	0	0
1974	26,089,140	93.95104	0.476828	11.5966	23.27608	3.006775	986.8834	1	0	0
1975	31,059,912	104.2025	0.517999	11.54652	25.40798	3.050563	1051.668	1	0	0
1976	34,450,452	124.9577	0.596896	12.81834	23.77472	3.067218	1165.081	1	0	0
1977	37,815,064	134.5471	0.658601	13.93995	24.70188	2.66646	1240.92	1	0	0
1978	39,261,004	140.9897	0.706263	14.04009	26.1684	2.46933	1315.598	0	0	0
1979	42,889,508	157.6716	0.666396	31.6553	34.72936	2.544254	1341.364	0	0	0
1980	45,176,028	182.6771	0.662538	36.88278	33.38866	2.620763	1438.006	0	0	0
1981	50,902,684	210.8949	0.672622	35.98149	31.28132	2.633443	1504.105	0	0	0
1982	56,431,170	237.9749	0.673131	33.01725	30.04542	2.650295	1610.47	0	0	0
1983	56,980,476	261.7882	0.612926	29.59235	28.58647	2.744205	1647.299	0	0	0
1984	63,704,310	288.6369	0.584994	28.82125	28.76582	2.791532	1758.713	0	0	0
1985	63,807,230	301.7989	0.540623	27.5995	29.59517	2.790866	1810.02	0	0	0
1986	74,392,900	309.7864	0.515906	14.45068	27.88662	2.773556	1844.708	0	0	0
1987	74,613,520	330.1075	0.501931	18.46146	25.94175	2.5429	1864.047	0	0	0

Years	[1] CO_{2_t}	[2] FF_t	[3] REP_t	[4] OP_t	[5] IND_t	[6] URB_t	[7] $GDPP_t$	Oil_t	GFC_t	IP_t
1988	74,309,480	335.7696	0.48081	14.94523	27.44967	2.416633	1913.094	0	0	0
1989	71,904,560	353.4148	0.503049	18.25223	26.58961	2.362091	1954.417	0	0	0
1990	75,217,530	361.8925	0.514395	23.75982	27.40605	2.259373	2012.88	0	0	0
1991	77,295,850	367.1112	0.500273	20.02958	32.13333	2.10496	1987.037	0	0	0
1992	79,939,880	363.6475	0.483062	19.34853	31.41121	2.016751	2028.225	0	0	0
1993	92,277,976	363.0694	0.48619	16.99596	31.14691	1.987372	2039.694	0	0	0
1994	84,555,820	381.5049	0.505331	15.84029	30.50286	1.935837	2073.653	0	0	0
1995	94,890,390	404.726	0.515758	17.04107	30.2451	1.883888	2122.881	0	0	0
1996	93,568,660	427.3188	0.517928	20.69811	29.51874	1.844607	2181.253	0	0	0
1997	107,512,840	445.6936	0.519552	19.11995	28.99962	2.101496	2251.989	0	0	0
1998	121,465,780	464.5144	0.522936	12.73388	28.64509	2.252407	2327.102	0	0	0
1999	124,496,184	497.1099	0.569019	17.99583	28.40085	2.22098	2416.362	0	0	0
2000	140,349,710	526.3706	0.590753	28.53629	30.75187	2.181716	2517.581	0	0	0
2001	124,293,720	550.4415	0.588467	24.47892	30.89886	2.163845	2553.528	0	0	0
2002	125,782,376	568.773	0.55745	25.05912	32.18176	2.198414	2560.457	0	0	0
2003	146,462,660	607.6346	0.504941	28.87202	33.37059	2.195053	2587.631	0	0	0
2004	149,143,330	643.6226	0.495744	38.31984	34.66792	2.138747	2639.347	0	0	0
2005	165,043,680	661.7481	0.476363	54.59922	34.14873	2.09031	2703.223	0	0	0
2006	176,019,060	698.5427	0.47255	65.23743	36.15474	2.053453	2832.548	0	0	0

Years	[1] CO_{2_t}	[2] FF_t	[3] REP_t	[4] OP_t	[5] IND_t	[6] URB_t	[7] $GDPP_t$	Oil_t	GFC_t	IP_t
2007	185,907,330	742.5012	0.511784	72.49282	35.06539	1.96328	2974.688	0	0	0
2008	194,764,000	786.8004	0.537155	97.39535	36.21255	1.911946	3125.748	0	1	0
2009	203,169,680	820.306	0.483799	61.75965	35.81645	1.912018	3208.452	0	1	0
2010	200,841,470	855.1744	0.457722	79.60947	35.78452	1.98116	3305.883	0	1	0
2011	213,026,640	897.4458	0.45553	111.415	35.95172	2.163465	3290.762	0	1	1
2012	213,733,500	934.4486	0.446807	111.8297	39.2513	2.135928	3288.794	0	0	1
2013	211,418,900	927.7029	0.433091	108.8142	39.88696	2.192219	3283.741	0	0	1
2014	226,899,340	915.9149	0.418149	99.08781	39.89033	2.217821	3301.204	0	0	1
2015	224,479,730	929.656	0.430441	52.46184	36.63021	2.079125	3370.382	0	0	0
2016	239,385,570	983.2111	0.424633	43.79685	32.45595	1.962353	3444.268	0	0	0
2017	260,110,600	1024.652	0.405252	54.2701	33.75076	1.926563	3517.588	0	0	0
2018	243,907,870	1023.593	0.417053	71.41226	34.96339	1.896589	3634.834	0	0	0
2019	256,140,160	993.5246	0.51283	64.30259	35.62345	1.854868	3768.628	0	0	0
2020	235,819,780	919.1225	0.600903	41.8983	32.00914	1.857087	3836.091	0	0	0
2021	249,624,140	988.2385	0.600978	71.01352	30.79125	1.842867	3898.517	0	0	0

المصدر: من إعداد الباحثين، اعتمادًا على بيانات Global Carbon Project، BP، Statista، WB – World Development Indicators.

1 بالاعتماد على بيانات Global Carbon Project

2، 3 بالاعتماد على بيانات BP Statistical Review of World Energy

4 بالاعتماد على بيانات Statista

5، 6، 7 بالاعتماد على بيانات البنك الدولي WB