



أثر النمو الاقتصادي على التدهور البيئي في الاقتصاد الليبي: دراسة قياسية باستخدام نموذج (ARDL) للفترة (1990-2024)

محمد عبيد^a، عبدالحكيم امبيه^{b*}

^aقسم الاقتصاد، كلية الاقتصاد، جامعة طرابلس، ليبيا.
^bقسم الاقتصاد، مدرسة العلوم الإدارية والمالية، الأكاديمية الليبية، ليبيا.

الكلمات المفتاحية:

النمو الاقتصادي.
تدهور البيئة.
ليبيا.
منحنى كوزنتس البيئي.
نموذج *ARDL*.

الملخص

يهدف البحث إلى قياس أثر النمو الاقتصادي على التدهور البيئي في ليبيا خلال الفترة (1990-2024)، واختبار صحة فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC). استُخدم نموذج الانحدار الذاتي للفترة الزمنية الموزعة (ARDL) للتحليل على المدى القصير والطويل، مع تطبيق أسلوب توسيط البيانات (Mean-Centering) لمتغيرات النمو الاقتصادي ومربعه لمعالجة مشكلة الارتباط الخطي المتعدد. أكدت النتائج التجريبية وجود علاقة توازن على المدى الطويل بين المتغيرات. وكانت النتيجة الرئيسية هي رفض فرضية منحنى كوزنتس البيئي على المدى الطويل بالنسبة لليبي، مما يشير إلى وجود علاقة خطية موجبة بين النمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويشير هذا إلى أن الاقتصاد الليبي لم يصل بعد إلى نقطة التحول البيئي. وقد بلغت سرعة التكيف نحو التوازن حوالي 55.5% سنويًا. وتوصي الدراسة باتخاذ سياسات فعالة لتبني استراتيجيات النمو الأخضر وتنويع الاقتصاد لضمان الاستدامة البيئية على المدى الطويل.

The Impact of Economic Growth on Environmental Degradation in the Libyan Economy: An Econometric Study using the ARDL Model for the Period (1990-2024)

Mohamed Abaid^a, Abdelhakim Embaya^{b*}

^aDepartment of Economics, Faculty of Economics, University of Tripoli, Tripoli, Libya.

^bEconomic Department, School of Administrative and Financial Sciences, Libyan Academy for Postgraduate Studies, Tripoli, Libya.

Keywords:

Economic Growth.
Environmental Degradation.
Libya.
Environmental Kuznets Curve.
ARDL Model.

ABSTRACT

The research aims to measure the impact of economic growth on environmental degradation in Libya during the period 1990-2024 and to test the validity of the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis. The Autoregressive Distributed Lapse (ARDL) model was used for short- and long-term analysis, with mean centering applied to economic growth variables and its square to address the multicollinearity problem. The empirical results confirmed a strong long-term equilibrium relationship between the variables. The main finding was the rejection of the long-term Ecological Kuznets Curve hypothesis for Libya, indicating a positive linear relationship between economic growth and carbon dioxide emissions. This suggests that the Libyan economy has not yet reached the ecological tipping point. The rate of adaptation toward equilibrium has been approximately 55.5% annually. The study recommends taking effective policies to adopt green growth strategies and diversify the economy to ensure long-term environmental sustainability.

الطبيعية. فتواجه دول العالم اليوم تحديًا مزدوجًا يتمثل في كيفية الموازنة بين متطلبات التنمية الاقتصادية الضرورية لتحسين مستويات المعيشة، وضرورة الحفاظ على البيئة لضمان حقوق الأجيال القادمة. هذا التحدي يعكس ضرورة تكامل الجهود لتحقيق تنمية مستدامة تشمل الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

1. المقدمة

تعدّ العلاقة المعقدة بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي قضية بارزة في الأدبيات الاقتصادية المعاصرة. فلم يعد يُنظر إلى التنمية من منظور الأرقام والنمو الكمي فحسب، بل من منظور الاستدامة ومرونة النظم البيئية أيضًا، لا سيما في ظلّ التحديات العالمية المتفاقمة كالتغير المناخي وتزايد ندرة الموارد

*Corresponding author.

E-mail addresses: abdelhakim.embaya@academy.edu.ly, (M. Abaid) m.abaid@uot.edu.ly.

يستمد هذه البحث أهميته من كونه يثري الأدبيات الاقتصادية العربية والليبية بدراسة تطبيقية حديثة تربط بين المتغيرات الاقتصادية والبيئية باستخدام بيانات سنوية تمتد حتى عام 2024. كما انه يقدم توصيات ومقترحات علمية لصناع القرار في ليبيا، تُسهم في صياغة استراتيجيات تنموية متوازنة، تضمن النمو الاقتصادي مع الحفاظ على البيئة دون المساس بالحقوق البيئية للأجيال القادمة، والانتقال نحو اقتصاد أكثر استدامة.

6. حدود البحث

1.6. الحدود المكانية: تقتصر الدراسة على الاقتصاد الليبي باعتباره نموذجاً للاقتصادات الريعية التي تعتمد بشكل أساسي على قطاع النفط والغاز، مما يجعل للنمو الاقتصادي فيها أثراً بيئياً ذا طبيعة خاصة تستوجب التحليل.

2.6. الحدود الزمنية: تغطي الدراسة السلسلة الزمنية الممتدة من عام 1990 إلى 2024 باستخدام بيانات سنوية. وقد اختيرت هذه الفترة نظراً لتوفر قاعدة بيانات متسقة ومتصلة للمتغيرات الاقتصادية والبيئية محل الدراسة، ولأنها تغطي دورات اقتصادية وتقلبات في أسعار النفط تتيح اختبار فرضية "منحنى كوزنتس" بكفاءة إحصائية عالية.

7. الإطار النظري

تُعد نظرية منحنى كوزنتس البيئي (Environmental Kuznets Curve - EKC) النموذج النظري الأبرز في تحليل العلاقة بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي، وقد استوحى هذا المنحنى اسمه من منحنى كوزنتس الأصلي الذي يصف العلاقة بين عدم المساواة في الدخل والنمو الاقتصادي [1]. تم تطوير مفهوم EKC بشكل تجريبي أولاً من قبل Grossman & Krueger, 1991 في دراستهم حول الآثار البيئية المحتملة لاتفاقية نافتا (NAFTA agreement) [2]، ثم تمت صياغته نظرياً لاحقاً. حيث تفترض هذه النظرية وجود علاقة غير خطية على شكل حرف (U) مقلوب بين مؤشرات التدهور البيئي (مثل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفرد) ومستوى الدخل الفردي (أو النمو الاقتصادي)، ويمكن تفسير هذا الشكل من خلال ثلاث مراحل متتالية:

مرحلة التحول الهيكلية والتصنيع: ففي المراحل الأولى للتنمية يتركز النشاط الاقتصادي في القطاعات كثيفة الاستخدام للموارد والملوثة، مثل الزراعة التقليدية والصناعات التحويلية الأساسية، حيث تؤدي زيادة الإنتاج والاستهلاك مع انخفاض الأولوية للاعتبارات البيئية وغياب التشريعات الفعالة إلى تدهور بيئي متسارع مع نمو الاقتصاد [3].

مرحلة الذروة (نقطة التحول): عند بلوغ الاقتصاد مستوى معيناً من الدخل الفردي (نقطة التحول)، تبدأ اتجاهات التدهور البيئي في الاستقرار ثم الانخفاض، ويرجع ذلك إلى عدة عوامل منها: التحول الهيكلي للاقتصاد، وهو انتقال الاقتصاد من الاعتماد على الصناعة إلى قطاع الخدمات الأقل تلويثاً. التقدم التكنولوجي، أي ظهور وتطبيق تكنولوجيات أكثر كفاءة وأقل استهلاكاً للطاقة وأكثر نظافة تغير تفضيلات المجتمع، فمع ارتفاع الدخل يزيد الطلب العام على السلع العامة عالية الجودة مثل الهواء النظيف والمياه الآمنة مما يدفع الحكومات لتبني سياسات بيئية أكثر صرامة [4].

مرحلة التحسن البيئي: بعد نقطة التحول، يستمر النمو الاقتصادي مع تحسن في جودة البيئة، حيث تصبح آثار التحول الهيكلي والتقدم التكنولوجي والتنظيمي هي المهيمنة. يوضح الشكل رقم (1) رسماً بيانياً للفرضية منحنى كوزنتس البيئي والتي تأخذ شكل حرف U مقلوب.

تُشكل ليبيا حالة دراسية مثيرة للاهتمام نظراً لهيكلها الاقتصادي الذي يعتمد بشكل شبه كامل على قطاع النفط والغاز باعتباره حجر الزاوية في إيرادات الدولة والمحرك الرئيسي لجميع أنشطة التنمية. وبينما ساهم هذا النموذج الريعي القائم على الموارد في تحقيق معدلات نمو عالية خلال فترات استقرار أسعار النفط، إلا إنه جاء بتكلفة بيئية باهظة وتُشكل مخاطر جسيمة، ومثل غيرها من الدول التي تعتمد على الصناعات الاستخراجية. شهدت ليبيا تدهوراً ملحوظاً في نظامها البيئي، تجلّى في عدة جوانب مثل تلوث الهواء الناتج عن حرق الغاز المصاحب في حقول النفط والانبعاثات الصناعية الكثيفة، بالإضافة إلى الاستنزاف المفرط لموارد المياه الجوفية بمعدلات تتجاوز قدرتها الطبيعية على التجدد، وتفاقم التصحر الذي أدى إلى تراجع الغطاء النباتي وتقلص الأراضي الزراعية. يُضاف إلى ذلك التحدي المستمر المتمثل في سوء إدارة النفايات الصلبة والسائلة.

وفي إطار العلاقة التبادلية والتفاعلية بين المتغيرات الاقتصادية والبيئية، والتي تُشكل الأساس الجوهري للأنشطة الاقتصادية، يُعدّ منحنى كوزنتس البيئي (Environmental Kuznets Curve - EKC) أحد أبرز الفرضيات التي تُفسّر هذه العلاقة، إذ يُشير إلى ضرورة مواءمة الأولويات الاقتصادية الرامية إلى تحقيق النمو مع تطبيق أدوات الاقتصاد البيئي لضمان الحفاظ على جودة النظم البيئية.

2. مشكلة البحث

على الرغم من الدور المحوري الذي يلعبه قطاع النفط في دفع عجلة النمو الاقتصادي في ليبيا، إلا أن هذا النمو لا يزال يعتمد على نموذج استخراجي يفرض ضغوطاً متزايدة على النظام البيئي. تكمن المشكلة في فجوة معرفية وعملية فيما يتعلق بالعلاقة بين ارتفاع دخل الفرد وتدهور المؤشرات البيئية، وهل يتبع مسار النمو الاقتصادي في ليبيا فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC)، بحيث يؤدي التوسع الاقتصادي في نهاية المطاف إلى تحسين البيئة، أم أن الاقتصاد الليبي لا يزال عالقاً في مرحلة يتزايد فيها التدهور البيئي بالتناسب مع النمو. عليه، يطرح البحث السؤال التالي:

ما أثر النمو الاقتصادي القائم على استغلال الموارد الطبيعية على التدهور البيئي في ليبيا خلال الفترة من 1990 إلى 2024؟

3. أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى تحقيق الأهداف التالية:

قياس تأثير النمو الاقتصادي (ممثلاً بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي) والتدهور البيئي (ممثلاً بانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون) في الاقتصاد الليبي خلال الفترة من 1990 إلى 2024.

قياس واختبار صحة فرضية منحنى كوزنتس البيئي ومدى قابليتها للتطبيق في إطار الاقتصاد الليبي خلال الفترة من 1990 إلى 2024.

4. فرضيات البحث

يستند هذا البحث إلى الفرضيات الأساسية التالية:

يؤثر النمو الاقتصادي على التدهور البيئي في الاقتصاد الليبي.

قبول فرضية منحنى كوزنتس البيئي (EKC) في الاقتصاد الليبي خلال فترة الدراسة.

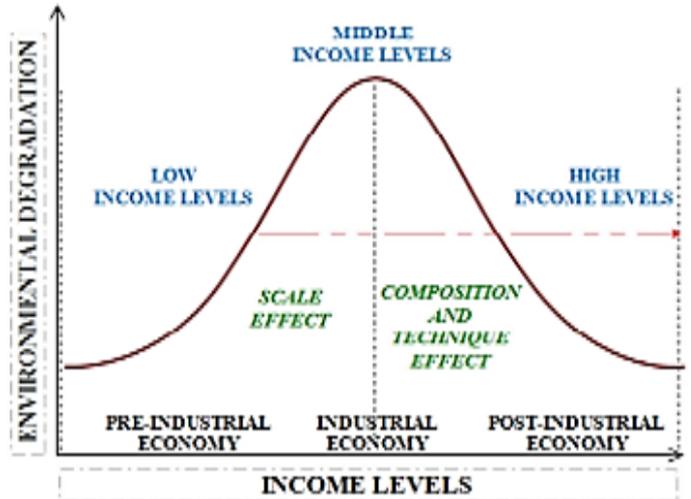
5. أهمية البحث

وقد أسفرت الاختبارات التجريبية لفرضية منحني كوزنتس البيئي (EKC) على مستوى العالم عن نتائج متباينة، مما يعكس تعقيد هذه العلاقة وتأثيرها بالبيئات المختلفة. فمن ناحية، وجدت العديد من الدراسات ما يدعم فرضية منحني كوزنتس البيئي على شكل حرف U المقلوب، وهو ما أكدته الأبحاث والدراسات التي أجراها كل من (Balibey)، (زراري وحدة)، (Bibi & Jamil)، (بوعافية وآخرون)، (Teng et al)، (ذهب وأبوقرين)، (الطائي و أكومحمد)، (Leonardo et al)، (عطيتو وآخرون) و (Soyode & Afolabi). [16-7].

من جهة أخرى، انتقد العديد من الباحثين بشدة فرضية منحني كوزنتس البيئي، مشككين في قابليتها للتعميم، كما يتضح من دراسات وإبحاث كل من (مسعود وساسي)، (Özden & Beşe)، (البلتاجي والجوهري)، (Sancar)، (Akbaş, Suluk, & Polat)، (Almeida et al) و (جارالني وآخرون) [22-17].

ووجدت بعض الدراسات أن العلاقة بين الناتج المحلي الإجمالي وانبعثات ثاني أكسيد الكربون تأخذ شكل حرف "N" بدلاً من شكل حرف "U" مقلوب، كما أشارت أبحاث كل من (Simionescu) [23] و(الحويج) [24]، مما يوحي بأن التحسن البيئي قد يكون مؤقتاً وأن التدهور البيئي قد يعود بعد فترة معينة. وعلى الرغم من الأهمية القصوى لهذا الموضوع، لا تزال الدراسات التي تركز تحديداً على ليبيا محدودة للغاية. فقد كانت معظم الدراسات التي تناولت ليبيا جزءاً من دراسات أوسع نطاقاً حول مناطق مثل شمال أفريقيا أو الدول العربية، دون تحليل معمق للوضع الليبي.

تُظهر البيانات الواردة في الجدول رقم (1) الدراسات الحديثة التي بحثت العلاقة بين التدهور البيئي والنمو الاقتصادي، وركزت على اختبار فرضية منحني كوزنتس البيئي.



الشكل رقم (1): منحني كوزنتس البيئي على شكل حرف U مقلوب

المصدر: [5] (Sarkodie & Vladimir)

وجدير بالذكر أن صحة فرضية EKC ليست حتمية لجميع الملوثات أو جميع الدول، حيث تعتمد على طبيعة الملوث، والسياسات المتبعة، والهيكل الاقتصادي للدولة [6].

8. الدراسات السابقة

يهدف هذا الجانب إلى استعراض أهم الدراسات التجريبية الحديثة التي تناولت العلاقة بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي، واختبرت صحة فرضية هذه العلاقة على المستويات الدولية والإقليمية والوطنية، ويساعد هذا في وضع الدراسة الحالية ضمن إطار البحث العلمي، وتبسيط الضوء على الفجوة التي تسعى هذه الدراسة إلى سدها.

الجدول رقم (1): دراسات حول العلاقة بين التدهور البيئي والنمو الاقتصادي "فرضية منحني كوزنتس البيئي"

اسم الباحث (السنة)	الحدود الزمنية	الحدود المكانية	المنهجية المستخدمة	النتائج
Balibey, 2015	2011-1974	تركيا	VAR	توصلت الدراسة إلى انطباق فرضية منحني كوزنتس البيئي، حيث يعمل النمو الاقتصادي في البداية على زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ولكن من المحتمل أن يعمل لاحقاً على خفضها. [7]
زراري وحدة، 2020	2017-1984	الإمارات العربية المتحدة	ARDL	توصلت الدراسة إلى صحة وانطباق فرضية منحني كوزنتس البيئي. [8]
Bibi & Jamil, 2020	2018-2000	سنة مناطق حول العالم	REM & FEM	توصلت الدراسة إلى انسجام فرضية منحني كوزنتس البيئي، باستثناء منطقة جنوب الصحراء الكبرى في أفريقيا. [9]
مسعود وساسي، 2020	2018-1996	ليبيا	ARDL	توصلت الدراسة إلى عدم انطباق فرضية منحني كوزنتس البيئي على الاقتصاد الليبي. [17]
بوعافية وآخرون، 2021	2017-1980	الجزائر	VAR	توصلت الدراسة إلى انسجام مع فرضية منحني كوزنتس البيئي. [10]
Simionescu, 2021	2019-1990	دول أوروبا الوسطى والشرقية	Panel Threshold and Dynamic Panel Models	توصلت الدراسة إلى وجود علاقة معكوسة على شكل حرف N أي عدم انطباق فرضية منحني كوزنتس البيئي. [23]
Teng et al, 2021	2020-1985	الولايات المتحدة الأمريكية	ARDL	توصلت الدراسة إلى صحة وانطباق فرضية منحني كوزنتس البيئي في حالة الولايات المتحدة الأمريكية. [11]
Özden & Beşe, 2021	2014-1970	أستراليا	NARDL	توصلت الدراسة إلى عدم وجود تأكيد لفرضية منحني كوزنتس البيئي بالنسبة لأستراليا. [18]
ذهب وأبوقرين، 2021	2014-1975	دول المغرب العربي	FMOLS والتكامل المشترك	توصلت الدراسة إلى وجود انسجام مع فرضية منحني كوزنتس البيئي. [12]
البلتاجي والجوهري، 2022	2020-1965	مصر	ECM	توصلت الدراسة إلى عدم انطباق فرضية منحني كوزنتس البيئي على الاقتصاد المصري. [19]
الطائي و أكومحمد، 2022	2018-1992	40 دولة ذات أكبر CO ₂	PCSE FGLS	توصلت الدراسة إلى انطباق فرضية منحني كوزنتس البيئي على عينة الدراسة. [13]
Leonardo et al, 2023	2021-1980	أندونيسيا	ECT, ECM	توصلت الدراسة إلى انطباق فرضية منحني كوزنتس البيئي حيث أن النمو الاقتصادي في مرحلة مبكرة يزيد من التدهور البيئي، ولكنه بعد نقطة التحول يقلل من التدهور البيئي. [14]
الحويج، 2024	2024-1970	ليبيا	Augmented ARDL	توصلت الدراسة إلى انطباق فرضية منحني كوزنتس البيئي وتتخذ العلاقة في ليبيا الشكل التكميلي. [24]
Almeida et al, 2024	2020-1990	158 دولة و 44 منطقة حول العالم مصنفة حسب مستويات الدخل	CCC	توصلت الدراسة إلى وجود نمطاً غير متجانس لمنحني كوزنتس البيئي عبر فئات الدخل المختلفة. تشير النتائج إلى أن البلدان ذات الدخل المرتفع تُظهر فصلاً بين النمو الاقتصادي وانبعثات ثاني أكسيد الكربون؛ بينما لا تزال البلدان ذات الدخل المنخفض تُظهر ارتباطاً إيجابياً بين كلا المتغيرين. [21]
عطيتو وآخرون، 2025	2023-1985	مصر	ARDL	توصلت الدراسة إلى صحة فرضية منحني كوزنتس البيئي في مصر في الأجل الطويل. [15]

اسم الباحث (السنة)	الحدود الزمنية	الحدود المكانية	المنهجية المستخدمة	النتائج
جار النبي وآخرون، 2025	2000-2022	السودان	ARDL	توصلت الدراسة إلى وجود علاقة موجبة بين النمو الاقتصادي والتلوث البيئي في الأجلين القصير والطويل، مما يعني أن ارتفاع معدل نمو اقتصاد السودان لا يؤدي إلى تحسين مستوى البيئة. [22]
Soyode & Afolabi, 2025	1971-2021	الولايات المتحدة الأمريكية	OLS GLS	توصلت الدراسة إلى دعماً واضحاً لفرضية منحني كوزنتس البيئي في الولايات المتحدة الأمريكية. [16]
Sancar, Akbaş, Suluk, & Polat, 2025	1996-2022	البرازيل، روسيا، الهند، الصين، جنوب إفريقيا وتركيا	Panel Fourier approach	توصلت الدراسة إلى وجود علاقة عكسية بين النمو الاقتصادي والتلوث مما يعني عدم انطباق فرضية منحني كوزنتس البيئي في هذه الدول خلال فترة الدراسة. [20]

استهلاك الطاقة (EC) الذي استخدم في معظم الدراسات السابقة ويُدرج لأنه المحرك المباشر والأكثر وضوحاً للانبعاثات ولذلك يعتبر تضمينه ضروري لفصل تأثير استخدام الطاقة عن تأثير النمو الاقتصادي بشكل دقيق (Cole)، (Halicioglu)، (Bilgili)، (Dogan)، (Ertugrul)، (Le) (Halkos). [25-31]. عليه تصبح العلاقة الدالية كالتالي:

$$CO_2 = f(GDP, GDP^2, EC, ...) \quad (2)$$

ويمكن التعبير عن هذا النموذج في صيغته القياسية كالتالي:

$$CO_2_t = \alpha_0 + \beta_1 GDP_t + \beta_2 (GDP_t)^2 + \beta_3 EC_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

في المعادلة (3) يرمز (CO_2_t) إلى مستوى التدهور البيئي في ليبيا، ويرمز (GDP_t) لنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في ليبيا والرمز (GDP^2) يشير إلى مربع نصيب الفرد من الناتج الإجمالي في ليبيا، ويشير الرمز (EC) إلى استهلاك الطاقة في ليبيا، أما الرمز α فهو يشير إلى الحد الثابت Intercept، بالنسبة إلى β_1 و β_2 و β_3 يمثلون معاملات النموذج. في حال تحقق الفرضية، من المتوقع أن تكون ($\beta_1 > 0$) و ($\beta_2 < 0$)، ومن المتوقع أن تكون (β_3) موجبة، حيث تؤدي زيادة استهلاك الطاقة إلى ارتفاع الانبعاثات.

تم تحويل جميع المتغيرات المستخدمة في النموذج إلى صيغتها اللوغاريتمية الطبيعية، حيث أكدت العديد من الدراسات أن مواصفات النموذج اللوغاريتمي توفر تفسيراً دقيقاً وفعالاً للمرونة بين المتغيرات المختبرة ويسهل مقارنة النتائج مع الدراسات الدولية الأخرى في أدبيات اختبار فرضية منحني كوزنتس البيئي. كما يقلل النموذج اللوغاريتمي تباين البيانات فهو يساعد على تقليل حدة التقلبات والتشتت في السلاسل الزمنية، مما يجعلها أكثر استقراراً وقرباً من التوزيع الطبيعي. عليه وبناءً على المعادلة (3) والتي تمت إعادة صياغتها في المعادلة (4) لإظهار التأثير في الأجل الطويل بين المتغيرات تصبح المعادلة كالتالي:

$$\ln CO_2_t = \alpha_0 + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 \ln (GDP_t)^2 + \beta_3 \ln EC_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

وباستخدام تقنية الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة (ARDL) التي طوّرها بيساران وآخرون عام (1995) [32]، من أكثر الطرق شيوعاً في الاقتصاد القياسي، وذلك لما تتمتع به من مزايا أهمها:

لا تشترط هذه الطريقة أن تكون جميع المتغيرات من نفس درجة التكامل؛ إذ يُمكن استخدامها سواء كانت المتغيرات مستقرة عند المستوى $I(0)$ ، أو عند الفرق الأول $I(1)$ ، أو مزيجاً من الاثنين (شريطة عدم وجود متغير مستقر عند الفرق الثاني $I(2)$).

تتميز هذه الطريقة بكفاءة إحصائية عالية وقدرة أكبر على توفير نتائج موثوقة عند دراسة عينات صغيرة أو متوسطة الحجم، مقارنةً بطرق أخرى مثل طريقة جوهانسون.

يتيح النموذج تقدير العلاقات طويلة الأجل وقصيرة الأجل في آن واحد ضمن معادلة واحدة (نموذج تصحيح الخطأ غير المقيد).

تم تحويل المعادلة (4) إلى نموذج (ARDL) غير المقيد (Unrestricted Error Correction Model - UECM) من أجل التحقق في تأثير النمو الاقتصادي على التدهور البيئي في ليبيا وستكون المعادلة أعلاه كالتالي:

بناءً على الاستعراض للدراسات السابقة، يمكن تحديد الإسهامات الرئيسية والفجوة البحثية التي يسعى البحث إليها، حيث يقدم هذا البحث تحليلاً حديثاً وشاملاً يغطي الفترة حتى عام 2024، وهي فترة شهدت تقلبات اقتصادية وسياسية غير مسبوقه في ليبيا، بما في ذلك حظر النفط وتقلبات أسعاره العالمية والازمة المالية العالمية والتغيرات السياسية وجائحة كوفيد19. هذا التحديث يسمح بفحص مرونة العلاقة بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي في ظل ظروف عدم الاستقرار، مما يضيف بُعداً زمنياً جديداً للتحليل. لا يقتصر هذا البحث على نماذج الانحدار الخطية، بل تقوم بتوسيع النموذج القياسي وإدراج متغير استهلاك الطاقة كمتغير تفسيري ضابط في الحالة الليبية، مما يوفر تحليلاً أكثر دقة وواقعية. بالإضافة إلى التحقق من الشكل الأمثل للعلاقة بين المتغيرات من خلال اختبار أشكال مختلفة (خطية، تربيعية، تكعيبية) لتحديد ما إذا كانت العلاقة تتبع منحني كوزنتس البيئي شكل "U" المقلوب أو شكل "N"، أو الشكل الخطي البسيط. تسهم هذه الدراسة في إثراء الإطار النظري من خلال اختبار فرضية منحني كوزنتس البيئي (EKC) ودمجها مع إطار نظرية "لعنة الموارد". هذا التكامل يقدم تفسيراً أعمق وأكثر واقعية للعلاقة في اقتصاد ريعي يعتمد بشكل شبه كلي على الموارد الطبيعية في مثل حالة الاقتصاد الليبي، ويساعد في تفسير سبب احتمالية اختلاف مسار العلاقة في ليبيا عن المسار الكلاسيكي. وبالتالي، يسهم هذا البحث أيضاً في إثراء النقاش حول قابلية تطبيق فرضية (EKC) في الاقتصادات الريفية التي تعاني من تحديات سياسية ومؤسسية، من خلال تقديم تحليل قياسي حديث ومتكامل ينطلق من الواقع المحلي.

9. منهجية وبيانات البحث

1.9. منهجية البحث

يستند الإطار النظري لهذه الدراسة إلى نموذج "منحني كوزنتس البيئي" (EKC) الذي قدمه كل من Grossman & Krueger [2]، كأساس لتحليل العلاقة بين النمو الاقتصادي والبيئة. يفترض هذا النموذج علاقة غير خطية على شكل حرف U مقلوب بين مؤشرات التدهور البيئي ومستوى الدخل الفردي. فالنموذج الأساسي يعبر عن العلاقة الدالية الأساسية لمنحني كوزنتس البيئي بين التدهور البيئي (ED) معبراً عنه بالغازات الدفيئة المتعددة مثل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، غاز الميثان (CH_4) وغاز أكسيد النيتروز (N_2O) وبين النمو الاقتصادي المستدام (مقاساً بنصيب الفرد الخطي والمربع في الدخل بالأسعار الثابتة) على النحو التالي:

$$ED = f(GDP, GDP^2, Z) \quad (1)$$

توضح العلاقة الدالية رقم (1) فرضية منحني كوزنتس البيئي حيث يشير الرمز (ED) إلى التدهور البيئي معبراً عنه بانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المتغير التابع، والرمز (GDP) يشير إلى نصيب الفرد من الناتج الإجمالي والرمز (GDP^2) يشير إلى مربع نصيب الفرد من الناتج الإجمالي (لاختبار الفرضية غير الخطية)، والرمز (Z) يشير إلى متجه المتغيرات المتحكممة "الضابطة" الأخرى التي يمكن أن تؤثر في التدهور البيئي مثل

$$\sum_{i=0}^{q_3} \beta_{3,i} \Delta \ln EC_{t-i} + \varepsilon_t \quad \dots (5b)$$

2.9. بيانات البحث

اعتمد البحث على البيانات السنوية المستمدة من مؤشرات التنمية العالمية، البنك الدولي "World Development Indicators, World Bank" للفترة من 1990 إلى 2024 كما هو موضح في الجدول رقم (2).

الجدول رقم (2): يوضح وصف المتغيرات المستخدمة في الدراسة [33]

المتغير	رمز المتغير	الوصف	المصدر
التدهور البيئي	CO2	يُقاس تدهور البيئة بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO2)، الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري نتيجةً لنشاط الصناعة والأنشطة البشرية. في هذه الدراسة يُعتبر متغير مستقلاً يُقاس "بالأطنان المترية للفرد".	البنك الدولي، 2025
النمو الاقتصادي	GDP	في هذه الدراسة، يُقاس النمو الاقتصادي باستخدام نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي (بسعر الدولار الأمريكي الثابت لعام 2015)، وهو القيمة الإجمالية للسلع والخدمات التي تنتجها دولة ما مقسومة على عدد سكانها. ويُعتبر هذا المتغير متغيراً تابعاً في الدراسة.	البنك الدولي، 2025
استهلاك الطاقة	EC	متوسط استهلاك الفرد من الطاقة في الدولة، معبراً عنه بمكافئ كيلوجرام من النفط. وهو مقياس للكثافة الاستهلاكية للطاقة على مستوى الفرد. متغيراً ضابطاً.	البنك الدولي، 2025

10. تحليل البيانات ونتائج البحث

1.1.10 الإحصاءات الوصفية

يعرض الجدول رقم (3) الإحصاءات الوصفية (Descriptive statistics) لمتغيرات الدراسة بعد توسيط متغير الناتج المحلي الإجمالي، وتشير النتائج إلى أن متوسط متغير الناتج المحلي الإجمالي المتوسط (LnGDP_CEN) يقترب من الصفر، مما يؤكد نجاح معالجة البيانات في تجنب مشكلة الارتباط الخطي المتعدد المرتفع بين المتغير الخطي ومربعه. علاوة على ذلك، تُظهر نتائج اختبار Jarque-Bera أن كلاً من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والناتج المحلي الإجمالي المتوسط يتبعان التوزيع الطبيعي، بقيم احتمالية (0.20) و(0.18) على التوالي، وهي أكبر من مستوى الدلالة 5%. على الرغم من انحراف متغيري استهلاك الطاقة ومربع الناتج المحلي الإجمالي عن التوزيع الطبيعي، إلا أن النموذج يظل فعالاً بالنظر إلى طبيعة بيانات السلاسل الزمنية في البلدان النامية، والتي غالباً ما تتعرض لصدمات اقتصادية تؤثر على انتظام التوزيع.

الجدول رقم (3): الخصائص الإحصائية الوصفية لمتغيرات الدراسة

الإحصاء الوصفي	lnCO2	lnGDP_CEN	lnGDP_CEN ²	lnEC
المتوسط (Mean)	2.163	0.000 ≈	0.049	7.947
الوسيط (Median)	2.200	0.073	0.029	7.983
الانحراف المعياري (Std. D)	0.115	0.226	0.056	0.140
الالتواء (Skewness)	-0.715	-0.665	1.696	-1.317
التفرطح (Kurtosis)	2.629	2.256	6.221	6.290
جارك-بيرا (Jarque-Bera)	3.189	3.388	31.923	25.920
الاحتمالية (Probability)	0.202	0.183	0.000	0.000
(Observations)	35	35	35	35

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12".

2.10. تحليل مصفوفة الارتباط بين المتغيرات

يعرض الجدول رقم (4) مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة بعد معالجة الارتباط الخطي المتعدد. تُظهر النتائج نجاح معالجة الارتباط الخطي المتعدد، وتُقدم مؤشرات أولية تدعم فرضية منحنى كوزنتس للبيبا، حيث تُبين وجود

$$\Delta \ln CO2_t = \alpha_0 + \theta_1 \ln CO2_{t-1} + \theta_2 \ln GDP_{t-1} + \theta_3 \ln(GDP_{t-1})^2 + \theta_4 \ln EC_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta \ln CO2_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_1} \beta_{1,i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_2} \beta_{2,i} \Delta \ln(GDP_{t-i})^2 + \sum_{i=0}^{q_3} \beta_{3,i} \Delta \ln EC_{t-i} + \varepsilon_t \quad \dots (5)$$

حيث جزء التكامل المشترك في المدى الطويل (Long-Run Relationship) يمثل بمعاملات θ . واختبار حدود التكامل (Bounds Test) يتم من خلال اختبار الفرضية:

$$(H_0: \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = 0) \text{ لا يوجد علاقة تكامل مشترك إذا كانت:}$$

$$(H_1: \theta_1 \neq \theta_2 \neq \theta_3 \neq \theta_4 \neq 0) \text{ يوجد علاقة تكامل مشترك إذا كانت:}$$

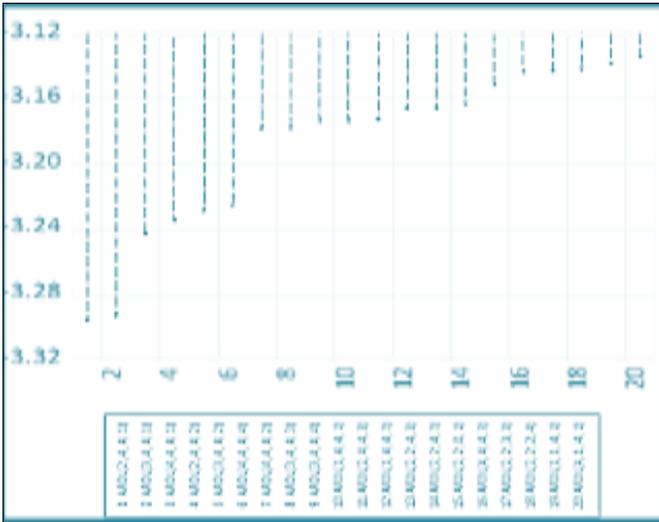
فإذا تم رفض (H_0)، فهذا يعني وجود علاقة توازن طويلة الأجل بين المتغيرات. وفيما يتعلق بجزء الديناميكية في الأجل القصير (Short-Run Dynamics) يتم تمثيله بمعاملات (Δ) (فروق المتغيرات) والمعاملات (β) تعكس هذه المعاملات التعديلات والتأثيرات الفورية والمؤقتة للمتغيرات المستقلة على المتغير التابع. ومعامل تصحيح الخطأ (ECM - Error Correction Term) يُشتق من هذا النموذج. ففي نموذج تصحيح الخطأ القياسي يكون المعامل ($ECT_{t-1} = \ln CO2_{t-1} - \bar{LR}_{t-1}$)، حيث (\bar{LR}) هي العلاقة في الأجل الطويل المقدر. ويشير معامل (ECT) (عادةً بين 1- و 0) إلى سرعة العودة إلى حالة التوازن بعد صدمة ما. أما بالنسبة لفترة الإبطاء (Lag Orders) فيشير الرمز (p) إلى فترة الإبطاء المثلى للمتغير التابع ($\Delta \ln CO2$) وتشير الرموز (q_1, q_2, \dots) إلى عدد فترات الإبطاء المثلى لكل متغير مستقل. يتم تحديد هيكل الإبطاء الأمثل (p, q_1, q_2, \dots) باستخدام معايير مثل معيار معلومات أكايكي (AIC).

تعد مشكلة الارتباط الخطي المتعدد المرتفع (High Multicollinearity) تحدياً شائعاً عند اختبار فرضية منحنى كوزنتس البيئي، نظراً للارتباط القوي بين متغير الدخل (GDP) ومربعه (GDP^2). في هذه الدراسة، وعند استخدام البيانات المحولة لوغاريتمياً، تُظهر مشكلة الارتباط التام وحل هذه المشكلة جذرياً وضمان استقرار النموذج، تم استخدام أسلوب "توسيط البيانات" (Mean-Centering Technique). تتمثل هذه الطريقة في طرح المتوسط الحسابي للوغاريتم الناتج المحلي الإجمالي من كل مشاهدة قبل القيام بعملية الترتيب. فلاستخدام التوسيط عدة مبررات من أهمها (كسر الارتباط والحفاظ على التفسير)، فيكسر هذا الإجراء الارتباط الخطي التام بين المتغير الخطي والمربع، مما يسمح لنا بتقدير معاملات النموذج بكفاءة ودون تحيز. كما يحافظ التوسيط على طبيعة العلاقة غير الخطية (منحنى كوزنتس البيئي على شكل حرف U المقلوب) ويبقى تفسير المعاملات كمرونات (Elasticities). وعليه، أصبح النموذج القياسي النهائي جاهزاً للتقدير باستخدام المتغيرات: $\ln CO2$ (التابع)، و ($\ln GDP_CEN$) و ($\ln GDP_CEN^2$) و ($\ln EC$) (المتغيرات المستقلة) كما في المعادلة (4b):

$$\ln CO2_t = \alpha_0 + \beta_1 \ln GDP_CEN_t + \beta_2 (\ln GDP_CEN_t)^2 + \beta_3 \ln EC_t + \varepsilon_t \quad \dots (4b)$$

وعليه يكون نموذج الانحدار الذاتي لفترات الإبطاء الموزعة (ARDL) كما في المعادلة (5b):

$$\Delta \ln CO2_t = \alpha_0 + \theta_1 \ln CO2_{t-1} + \theta_2 \ln GDP_{t-1} + \theta_3 (\ln GDP_CEN_{t-1})^2 + \theta_4 \ln EC_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta \ln CO2_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_1} \beta_{1,i} \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_2} \beta_{2,i} \Delta (\ln GDP_CEN_{t-i})^2 + \sum_{i=0}^{q_3} \beta_{3,i} \Delta \ln EC_{t-i} + \varepsilon_t$$



الشكل رقم (2): نتائج اختبار تحديد نموذج (ARDL) الأمثل

المصدر: مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12".

5.10. نتائج اختبار الحدود للتكامل المشترك

بعد تحديد فترات التأخير المثلى للنموذج والتأكد من خصائص استقرار السلاسل الزمنية، تم استخدام منهجية اختبار الحدود لاختبار التكامل المشترك (F-Bounds Test for Cointegration) التي طورها بيساران وآخرون عام 2001 [34]، لتحديد ما إذا كانت هناك علاقة تكامل مشترك طويلة الأجل بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مع باقي متغيرات النموذج. تعتمد آلية اتخاذ القرار في اختبار الحدود على مقارنة إحصائية F المحسوبة بالقيم الحرجة للحد الأدنى [I(0)] والحد الأعلى [I(1)]، حيث تنص الفرضية الصفرية للاختبار على عدم وجود تكامل مشترك. يوضح الجدول رقم (6) أدناه أن إحصائية "F" المحسوبة (6.2859) أكبر من قيمة الحد الأعلى الحرجة عند مستوى دلالة 5%. تؤكد هذه النتيجة وجود علاقة توازنه طويلة الأجل بين متغيرات الدراسة خلال الفترة قيد الدراسة، وهذا يبرر التحول إلى تقدير النموذج طويل الأجل وتحليل معاملات نموذج (ARDL).

الجدول رقم (6): نتائج اختبار الحدود للتكامل المشترك (Bounds Test)

إحصائية الاختبار	القيمة (Value)	مستوى المعنوية (%)	الحد الأدنى I(0)	الحد الأعلى I(1)
F-statistic	6.2859	10%	3.29	4.176
		5%	3.936	4.918
		1%	5.654	6.926

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12".

6.10. تقديرات نموذج ARDL الطويل والقصير الأجل

1.6.10. تحليل نتائج المدى الطويل

يعرض الجدول رقم (7) نتائج تقدير نموذج طويل الأجل (Long-Run Analysis)، الذي يربط بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، والنتائج المحلي الإجمالي، واستهلاك الطاقة في ليبيا. تُظهر النتائج طويلة الأجل وجود علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين الناتج المحلي الإجمالي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، بمعامل قدره (0.4245)، مما يشير إلى أن زيادة الدخل بنسبة 1% تؤدي إلى زيادة في الانبعاثات بنسبة 0.42% تقريباً على المدى الطويل. أما فيما يتعلق باختبار فرضية منحني كوزنتس البيئي (EKC)، فقد كان معامل المتغير التربيعي سالباً (-0.2075)، ولكنه غير ذي دلالة إحصائية لان (Prob. = 0.8591). تؤكد هذه النتيجة رفض فرضية منحني كوزنتس البيئي طويل الأجل

علاقة طردية بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والنتائج المحلي الإجمالي، وعلاقة عكسية مع مربعه.

الجدول رقم (4): تحليل الارتباط بين متغيرات الدراسة

Variables	LnCO2	LnGDP_CEN	(LnGDP_CEN)2	LnEC
LnCO2	1.0000			
LnGDP_CEN	0.4997	1.0000		
(LnGDP_CEN)2	-	-0.5936	1.0000	
LnEC	0.5110	0.1026	-0.5239	1.0000

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12".

3.10. اختبار استقرار السلاسل الزمنية

لضمان ملاءمة البيانات للتحليل القياسي، أُجري اختبارا ديكي-فولر المُعزز (ADF) وفيليبس-بيرون (PP) للتحقق من وجود جذر وحدة لمتغيرات الدراسة.

الجدول رقم (5): نتائج اختبار جذر الوحدة "ADF, PP" لمتغيرات الدراسة

رتبة	اختبار (ADF)	اختبار (PP)	Variables
التكامل	المستوى الفرق الأول	المستوى الفرق الأول	
ثابت	-7.87 ***	-9.54 ***	LnCO2
I(0)	-7.79 ***	-12.97 ***	ثابت واتجاه
بدون	-7.96 ***	-9.76 ***	LnGDP_CEN
I(1)	-4.12 **	-4.59 ***	ثابت واتجاه
بدون	-3.18no	-5.57 ***	LnGDP_CEN
ثابت	-2.73 **	-4.61 ***	(LnGDP_CEN)2
I(0)	-6.81 ***	-11.58 ***	ثابت واتجاه
بدون	-6.73 ***	-14.61 ***	LnEC
ثابت	-6.92 ***	-11.44 ***	LnEC
بدون	-3.64 **	-12.08 ***	LnEC
I(0)	-3.64 **	-12.62 ***	ثابت واتجاه
بدون	-3.73 ***	-12.28 ***	LnEC

(*) تشير إلى دلالة المعنوية الإحصائية: * دال عند 10%؛ ** دال عند 5%؛ *** دال عند 1%؛ وnغير دال.

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12". تُشير النتائج في الجدول رقم (5) إلى تباین في درجة استقرار المتغيرات، حيث أن كل من المتغيرات: التدهور البيئي ومربع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي واستهلاك الطاقة مستقرة عند المستوى I(0)، وفي المقابل أظهر متغير نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي استقراره عند الفرق الأول I(1). وبما أنه لم يُعثر على أي متغير مستقر عند الفرق الثاني I(2)، فإن هذا المزيج من رتب التكامل يُبرر استخدام نموذج الانحدار الذاتي للفترة الزمنية الموزعة (ARDL)، كونه المنهجية الأنسب والأكثر كفاءة للتعامل مع السلاسل الزمنية ذات رتب التكامل المختلطة I(0) و I(1).

4.10. تحديد النموذج الأمثل للقياس

بعد التأكد من استقرار السلاسل الزمنية للمتغيرات، الخطوة التالية هي تحديد فترات التأخير المثلى للنموذج باستخدام معيار معلومات أكايكي (Akaike Information Criterion (AIC) لاختبار النموذج الأكثر كفاءة وملاءمة إحصائياً من بين جميع التوليفات الممكنة، ويوضح الشكل رقم (2) أفضل 20 نموذجاً تم تقييمها بناءً على معيار AIC. تشير النتائج الموضحة في الشكل إلى أن النموذج الأقل قيمة لمعيار معلومات أكايكي (AIC) هو النموذج الأنسب إحصائياً، وهو (ARDL (2, 4, 4, 1).

رقم (9) التالي يعرض نتائج الاختبارات التشخيصية:

الجدول رقم (9): ملخص نتائج الاختبارات التشخيصية لجودة النموذج

الاختبار التشخيصي	الفرضية الصفرية (Null Hypothesis)	إحصائية الاختبار	Probability
Breusch-Godfrey LM	لا يوجد ارتباط ذاتي	Obs*R2: 3.346	0.1877
Jarque-Bera	البواقي تتبع التوزيع الطبيعي	J-B Statistic: 0.535	0.7651
Breusch-Pagan-Godfrey	تجانس التباين موجود	F-statistic: 1.030	0.4775
ARCH Test	لا توجد مشكلة ARCH	F-statistic: 0.112	0.7397

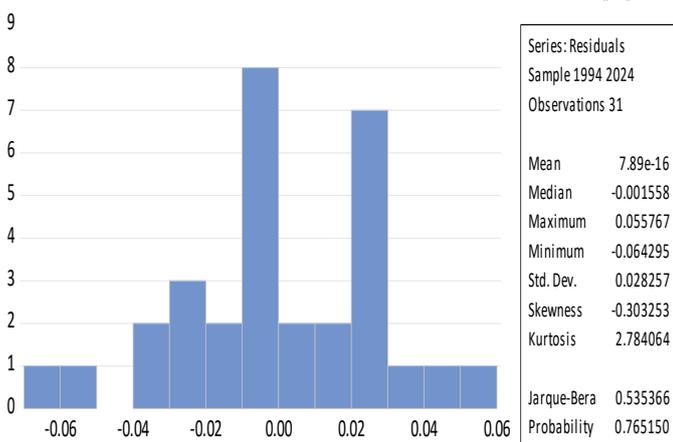
المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12".

1.7.10 اختبار الارتباط الذاتي

استُخدم اختبار Breusch-Godfrey LM للتحقق من وجود مشكلة الارتباط الذاتي للبواقي (Serial Correlation). وقد أسفرت نتائج الاختبار الموضحة بالجدول رقم (9) عن قيمة احتمالية قدرها (0.1877)، وهي أعلى من مستوى الدلالة 5%. وهذا يؤدي إلى قبول الفرضية الصفرية القائلة بعدم وجود ارتباط ذاتي، مما يؤكد كفاءة تقديرات النموذج.

2.7.10 اختبار التوزيع الطبيعي للبواقي

للتأكد من أن البواقي تتبع التوزيع الطبيعي (Normality)، أُجري اختبار جارك-بيرا. بلغت قيمة الاحتمالية (Prob.) للاختبار (0.7651)، وهي أعلى بكثير من مستوى الدلالة 5%. يؤكد هذا أن البواقي تتبع التوزيع الطبيعي، كما هو موضح في الشكل رقم (3) أدناه.



الشكل رقم (3): اختبار التوزيع الطبيعي للبواقي

المصدر: مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12".

3.7.10 اختبار تجانس التباين

استُخدم اختبارا Breusch-Pagan-Godfrey و ARCH كما موضح بالجدول رقم (9) للتحقق من مشكلة عدم ثبات تباين البواقي (Heteroskedasticity) بمرور الوقت. في كلا الاختبارين، كانت القيم الاحتمالية (0.4775 و 0.7397) على التوالي أكبر من 5% وهذا يؤكد قبول الفرضية الصفرية لتجانس التباين، مما يدل على استقرار تباين الخطأ العشوائي.

4.7.10 اختبار الاستقرار الهيكلي لمعاملات النموذج

يجرى الاختبار لتأكد من خلو البيانات المستخدمة من أي تغيرات هيكلية، ونستخدم الاختبارين: اختبار المجموع التراكمي للبواقي المعاوذة (CUSUM) واختبار المجموع التراكمي لمربعات البواقي المعاوذة (CUSUM SQ). الشكلان (4) و (5) يوضحان ان الاختباران يقعان داخل الحدود الحرجة عند مستوى معنوي 5% مما يعني خلو البيانات المستخدمة من أي تغيرات هيكلية وأن المعاملات المقدرة للنموذج مستقرة هيكلية خلال فترة الدراسة.

في ليبيا، وتشير إلى أن العلاقة بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي تتبع مساراً تصاعدياً خطياً، وأن نقطة التحول البيئي لم يتم الوصول إليها بعد.

الجدول رقم (7): يوضح نتائج نموذج "ARDL" في الأجل الطويل

Variables	(Coefficient)	(Std. Error)	t-Statistic	Prob.
lnGDP_CEN	0.424482	0.168646	2.516995	0.0237**
(lnGDP_CEN)2	-0.207501	1.148833	-0.180619	0.8591
LnEC	-0.397565	0.364419	-1.090954	0.2925
@TREND	0.001506	0.005478	0.274877	0.7872

العلاقة التوازنية التي يتم تصحيح الأخطاء نحوها:

$$EC_t = \ln CO2_t - (4.0116 + 0.4245 \ln GDP_CEN_t - 0.2075 (\ln GDP_CEN_t)^2 - 0.3976 \times \ln EC_t + 0.0015 @TREND_t)$$

ملاحظة: (*) تشير إلى دلالة المعنوية الإحصائية: * دال عند 10%؛ ** دال عند 5%؛ *** دال عند 1%.

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12".

2.6.10 تحليل نتائج المدى القصير ونموذج تصحيح الخطأ

يعرض الجدول رقم (8) تحليل نتائج المدى القصير ونموذج تصحيح الخطأ (Short-Run Analysis & ECM) حيث يبين ان معامل تصحيح الخطأ (CointEq(-1)) سالباً وذا دلالة إحصائية عالية لان Prob. = 0.000، مما يؤكد وجود علاقة تكامل مشترك وطويلة الأجل. تشير القيمة المطلقة للمعامل إلى تصحيح ما يقارب 55.5% من أي اختلال سنوياً، مما يدل على معدل تعديل مرتفع.

الجدول رقم (8): يوضح تقديرات الأجل القصير (ECM Regression)

Variables	(Coefficient)	(Std. Error)	t-Statistic	Prob.
C	2.9674	0.4689	6.3282	0.0000***
D(lnCO2(-1))	0.3225	0.1288	2.5032	**0.0243
D(lnGDP_CEN)	0.4552	0.0707	6.4322	0.0000***
D(lnGDP_CEN(-1))	-0.1674	0.0732	-2.2868	0.0372**
D(lnGDP_CEN(-2))	-0.0912	0.0833	-1.0936	0.2914
D(lnGDP_CEN(-3))	-0.1836	0.0632	-2.9031	0.0109**
D((lnGDP_CEN)2)	0.31532	0.3149	-1.0011	0.3326
D((lnGDP_CEN)2 (-1))	-0.5523	0.2343	-2.3571	0.0324**
D((lnGDP_CEN)2 (-2))	-0.6580	0.2477	-2.6559	0.0180**
D((lnGDP_CEN)2 (-3))	-0.7590	0.2028	-3.7415	0.0020**
D(lnEC)	0.0523	0.0761	0.6877	0.5021
CointEq(-1)*	-0.5553	0.0880	-6.3095	0.0000***

إحصائيات الملاءمة: Prob(F): 0.000 DW: 2.04 Adj. R2: 0.917 R2: 0.947

(*) تشير إلى دلالة المعنوية الإحصائية: * دال عند 10%؛ ** دال عند 5%؛ *** دال عند 1%.

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12". أما فيما يتعلق بالديناميكيات قصيرة الأجل، فقد كان لمتغير الناتج المحلي الإجمالي الموسوم تأثير إيجابي ذو دلالة إحصائية عالية (0.4552) على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يؤكد أن الزيادات الفورية في النمو الاقتصادي تزيد التلوث بشكل مباشر. على الرغم من أن المتغير التربيعي لم يكن ذا دلالة إحصائية في المدى القصير أيضاً، إلا أن معاملاته المتأخرة أظهرت علامات على تأثير كايح، مما يشير إلى ديناميكيات معقدة تستلزم سياسات بيئية موجهة لتعزيز هذا التأثير الإيجابي.

7.10 الاختبارات التشخيصية وجودة النموذج المقدر

بعد تقدير نموذج الانحدار الذاتي للفترة الزمنية الموزعة (ARDL) وتحليل العلاقات طويلة وقصيرة الأجل، من الضروري التحقق من جودة النموذج المقدر وصحته الإحصائية. يتطلب ذلك إجراء سلسلة من الاختبارات التشخيصية للتأكد من استيفاء الافتراضات الكلاسيكية للانحدار. والجدول

التوازن طويل الأجل إلى حوالي 55.5% سنوياً، وهذا يدل على استجابة سريعة نسبياً للنظام الاقتصادي/البيئي لأي صدمات أو انحرافات عن مسار التوازن. عليه تشير النتائج إلى أن التأثيرات الاقتصادية على البيئة في ليبيا هي تأثيرات تراكمية تظهر على المدى الطويل كعلاقة توازن، ويمكن أن تكون الاستجابة السريعة مؤشراً إيجابياً على أن أي سياسة بيئية جديدة يتم تنفيذها يمكن أن يكون لها تأثير سريع في دفع الاقتصاد نحو توازن بيئي جديد.

استناداً إلى النتائج السابقة، توصي الدراسة صانعي السياسات في ليبيا بما يلي:

الاستثمار الفعال في الطاقة المتجددة، ونظراً لرفض فرضية منحى كوزنتس البيئي، فإن التدخل المباشر ضروري لخفض الانبعاثات. وتوصي الدراسة بالاستفادة من إمكانات الطاقة الشمسية الهائلة في ليبيا من خلال تقديم حوافز استثمارية وتسهيلات إدارية لمشاريع الطاقة المتجددة واسعة النطاق وربطها بالشبكة العامة.

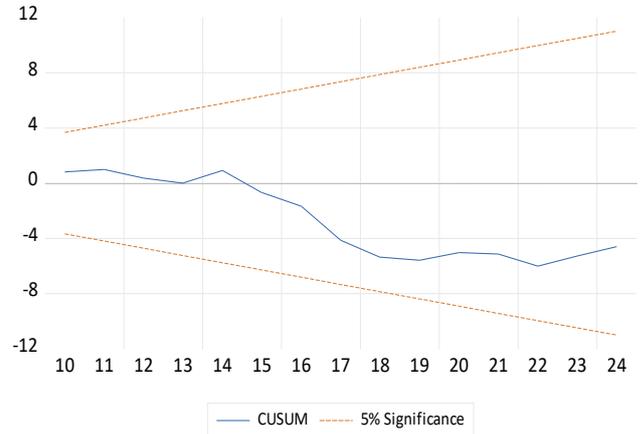
تفعيل الإطار التشريعي والتنظيمي، ثمة حاجة ملحة لإنفاذ القوانين البيئية القائمة وتطبيق ضوابط صارمة على الانبعاثات الصناعية لضمان أن يتحول الأثر الإيجابي، وإن كان قصير الأجل، إلى أثر مستدام طويل الأجل. ولذلك، يجب تعزيز دور وزارة البيئة في ليبيا.

تطوير اقتصاد أزرق مستدام، يُتيح ساحل ليبيا الطويل فرصاً واعدة للتنوع الاقتصادي الصديق للبيئة. وتوصي الدراسة بالتركيز على تطوير أنشطة بحرية مستدامة، مثل صيد الأسماك، والسياحة الساحلية، والنقل البحري النظيف، باعتبارها مسارات نمو جديدة تُسهم في تقليل الاعتماد على القطاعات المُسببة لانبعاثات الكربون وتحقيق الاستدامة البيئية.

تحسين كفاءة الطاقة من خلال إطلاق برامج وطنية لتعزيز استهلاك الطاقة في القطاعين الصناعي والسكني للحد من الهدر والاستنزاف، وتوفير التمويل الأخضر للشركات التي تتبنى ممارسات مستدامة.

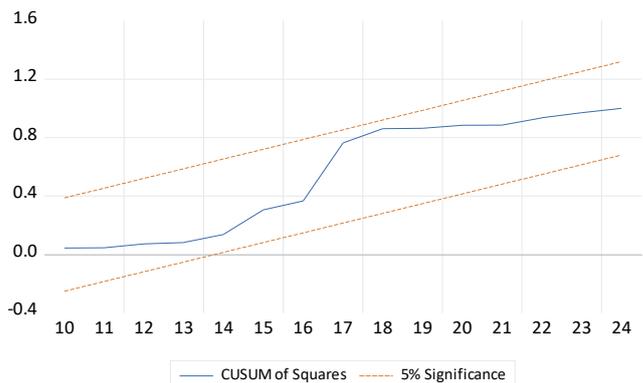
12. المراجع:

- [1] S. Kuznets, "Economic growth and income inequality," The American Economic Review, vol. 45, no. 1, pp. 1–28, 1955.
- [2] G. M. Grossman and A. B. Krueger, "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement," National Bureau of Economic Research, Working Paper no. 3914, Nov. 1991. doi: 10.3386/w3914.
- [3] D. I. Stern, "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve," World Development, vol. 22, no. 8, pp. 1419–1439, 2004.
- [4] T. Panayotou, "Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development," ILO World Employment Programme Research, 1993. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:128480472>
- [5] S. A. Sarkodie and V. Strezov, "Empirical study of the Environmental Kuznets Curve and Environmental Sustainability Curve hypothesis for Australia, China, Ghana and USA," Journal of Cleaner Production, vol. 201, pp. 98–110, 2018.
- [6] S. Dinda, "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey," Ecological Economics, vol. 49, no. 4, pp. 431–455, 2004.
- [7] M. Balibey, "Relationships among CO2 emissions, economic growth and foreign direct investment and the Environmental Kuznets Curve hypothesis in Turkey," International Journal of Energy Economics and Policy, vol. 5, no. 4, pp. 1042–1049, 2015.



الشكل رقم (4): يوضح اختبار المجموع التراكمي للبواقي (CUSUM)

المصدر: مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12".



الشكل رقم (5): اختبار المجموع التراكمي لمربعات البواقي (CUSUM of Squares)

المصدر: مخرجات البرنامج الاحصائي "Eviews12".

11. النتائج والتوصيات

استناداً إلى المنهجية القياسية (نموذج ARDL) والاختبارات التشخيصية الشاملة التي أكدت صحة النموذج وقوته، يمكن تلخيص أبرز النتائج التجريبية على النحو التالي:

أولاً، تم التوصل إلى علاقة توازن طويلة الأجل، وأكد اختبار الحدود F وجود علاقة تكامل مشتركة قوية وطويلة الأجل بين النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وهذا يدل على مسار مشترك تتحرك فيه هذه المتغيرات معاً بمرور الزمن، مما يؤكد أن الديناميكيات البيئية والاقتصادية في ليبيا ليست معزولة بل مترابطة جوهرياً.

ثانياً، تم رفض فرضية منحى كوزنتس البيئي (EKC). وكانت النتيجة الأهم هي رفض الفرضية الصفرية لعلاقة طويلة الأجل على شكل حرف U مقلوب. وأشارت النتائج بوضوح إلى أن العلاقة بين الناتج المحلي الإجمالي والانبعاثات في ليبيا هي علاقة خطية موجبة {معامل (lnGDP_CEN) ذو دلالة إحصائية وموجب، بينما ليس كذلك بالنسبة لمعامل $(\ln GDP_CEN)^2$ }. تتفق هذه النتيجة مع الأبحاث التي أجريت في الدول الريفية المعتمدة على النفط، وتؤكد أن الاقتصاد الليبي لم يصل بعد إلى نقطة التحول البيئي. ومن الواضح أيضاً أن النمو الحالي في ليبيا كثيف الكربون ويعتمد بشكل أساسي على الصناعات الاستخراجية الثقيلة (النفط والغاز)، التي تولد تولدًا مستمرًا. علاوة على ذلك، يعكس غياب التأثير للمتغير التريبيي نقص السياسات البيئية الفعالة أو الاستثمار الكافي في التقنيات النظيفة التي تفصل النمو عن التدهور البيئي. ثالثاً، توجد ديناميكيات تكيفية قوية، حيث يصل معدل التكيف نحو

of financial stability, globalization, and economic stability on ecological footprint from the perspective of EKC hypothesis: New evidence from a Fourier panel data analysis for BRICS-T countries," Sustainability, vol. 16, no. 22, 2025.

[21] D. Almeida, L. Carvalho, P. Ferreira, A. Dionísio, and I. U. Haq, "Global Dynamics of Environmental Kuznets Curve: A Cross-Correlation Analysis of Income and CO2 Emissions," Sustainability, vol. 16, no. 20, art. no. 9089, 2024. doi: 10.3390/su16209089.

[22] س. أحمد، ج. جارالني و ص. حب الله، "اختبار فرضية منحني كوزنتس للعلاقة بين النمو الاقتصادي والتلوث البيئي في السودان خلال المدة 2000-2022"، مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية والقانونية، مج. 9، ع. 2، ص. 94-85، 2025.

[23] M. Simionescu, "Revised environmental Kuznets curve in CEE countries. Evidence from panel threshold models for economic sectors," Environmental Science and Pollution Research, vol. 28, pp. 60881-60899, 2021.

[24] ح. الحويج، "اختبار فرضية منحني كوزنتس البيئي في الاقتصاد الليبي"، مجلة آفاق اقتصادية، مج. 2، ع. 10، ص. 1-12، 2024.

[25] M. A. Cole, "Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: Examining the linkages," Ecological Economics, vol. 48, no. 1, pp. 71-81, 2004.

[26] F. Halicioglu, "Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member," Ecological Economics, vol. 68, no. 6, pp. 1667-1675, 2009.

[27] F. K. Bilgili, "The dynamic impact of renewable energy consumption on CO2 emissions: A revisited Environmental Kuznets Curve approach," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 54, pp. 838-845, 2016.

[28] E. Dogan and B. S. Seker, "The influence of real output, renewable and non-renewable energy, trade and financial development on carbon emissions in the top renewable energy countries," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 60, pp. 1074-1085, 2016.

[29] H. M. Ertugrul, "The impact of trade openness on global carbon dioxide emissions: Evidence from the top ten emitters among developing countries," Ecological Indicators, vol. 67, pp. 543-555, 2016.

[30] T.-H. C. Le, "Trade openness and environmental quality: International evidence," Energy Policy, vol. 92, pp. 45-55, 2016.

[31] G. E. Halkos, "The channels of the effect of government expenditure on the environment: Evidence using dynamic panel data," Journal of Environmental Planning and Management, vol. 60, no. 1, pp. 135-157, 2017.

[32] H. Pesaran and Y. Shin, "An autoregressive distributed lag modeling approach to co-integration analysis," in Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium, Cambridge: Cambridge University Press, 1995, ch. 31. doi: 10.1017/CCOL0521633230.011.

[33] World Bank, World Development Indicators, 2025. Available: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

[34] M. H. Pesaran, Y. Shin, and R. J. Smith, "Bounds testing approaches to the analysis of level relationships," Journal of Applied Econometrics, vol. 16, pp. 289-326, 2001.

[8] س. زراري و ح. رايس، "منحنى كوزنتس البيئي: دراسة حالة الإمارات العربية المتحدة باستخدام منهج الانحدار الذاتي لفترات الإبطاء الموزعة (ARDL) خلال الفترة 1984-2017"، مجلة الاستراتيجية والتنمية (الجزائر)، مج. 10، ع. 4، ص. 11-29، 2020.

[9] F. Bibi and M. Jamil, "Testing environment Kuznets curve (EKC) hypothesis in different regions," Environmental Science and Pollution Research International, vol. 28, no. 11, pp. 13581-13594, 2020.

[10] س. بوعافية، ب. رحالي و ر. زهواني، "العلاقة بين النمو الاقتصادي والتدهور البيئي في ظل فرضيات منحني كوزنتس البيئي: دراسة قياسية لحالة الجزائر خلال الفترة 1980-2017"، مجلة الإصلاحات الاقتصادية والتكامل، مج. 15، ع. 1، ص. 242-254، 2021.

[11] J. Z. Teng, M. K. Khan, M. I. Khan, M. Z. Chishti, and M. O. Khan, "Effect of foreign direct investment on CO2 emission with the role of globalization, institutional quality with pooled mean group panel ARDL," Environmental Science and Pollution Research International, vol. 28, no. 5, pp. 5271-5282, 2021.

[12] س. ذهب و س. أبوقرين، "اختبار فرضية منحني كوزنتس البيئي بين النمو الاقتصادي والتلوث البيئي: دراسة حالة دول المغرب العربي خلال الفترة 1975-2014"، مجلة دراسات الاقتصاد والأعمال (ليبيا)، مج. 8، ع. 2، ص. 15-32، 2021.

[13] ح. الطائي و ت. أكو محمد، "اختبار تحقق فرضية منحني كوزنتس البيئي في أربعين دولة ذات أكبر انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكربون: دراسة قياسية باستخدام بيانات البانل للفترة 1992-2018"، مجلة البشائر الاقتصادية (الجزائر)، مج. 8، ع. 1، ص. 712-719، 2022.

[14] D. Leonardo, M. Maulana, and J. Hartanto, "Impact of economic growth and FDI on Indonesia environmental degradation: EKC and pollution hypothesis testing," Jurnal Ekonomi Pembangunan, no. 21, pp. 15-30, 2023. doi: 10.22219/jep.v21i01.24294.

[15] س. عطيتو، ن. خشبة و أ. خطاب، "تأثير النمو الاقتصادي على البيئة: اختبار فرضية منحني كوزنتس البيئي في مصر"، المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية، مج. 16، ع. 3، ص. 4985-5009، 2025.

[16] E. Soyode and Z. Afolabi, "Testing the Environmental Kuznets Curve (EKC) for the United States," Asian Journal of Economics, Business and Accounting, vol. 25, no. 11, pp. 378-383, 2025. doi: 10.9734/ajeba/2025/v25i112059.

[17] ي. مسعود و س. سامي، "اختبار فرضية منحني 'Kuznets' البيئي: دراسة حالة الاقتصاد الليبي"، مجلة أبعاد اقتصادية (ليبيا)، مج. 10، ع. 1، ص. 83-103، 2020.

[18] C. Özden and E. Beşe, "Environmental Kuznets Curve (EKC) in Australia: Evidence from nonlinear ARDL model with a structural break," Polish Journal of Environmental Studies, vol. 30, no. 3, pp. 2245-2254, 2021.

[19] و. البلتاجي و م. الجوهري، "العلاقة السببية بين النمو الاقتصادي وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في جمهورية مصر العربية خلال الفترة (1965-2020)"، المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والتجارية، كلية التجارة، جامعة دمياط، مج. 3، ع. 1، ص. 1267-1291، 2022.

[20] C. Sancar, Y. E. Akbaş, S. Suluk, and M. A. Polat, "The impact